

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ЕКОНОМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЕКОНОМІЧНОЇ КІБЕРНЕТИКИ**

**Кваліфікаційна робота
магістра**

на тему

Прогнозування динаміки портфельних інвестицій на фондовому ринку

Виконала студентка 2 курсу, групи 8.0519-ек-з
спеціальності 051 Економіка
(код і назва спеціальності)

освітньої програми Економічна кібернетика
(код і назва освітньої програми)

Д. Д. Педан

(ініціали та прізвище)

Керівник: професор, д. е. н., проф. Максишко Н. К.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент: доцент, к.е.н., доцент Макаренко О.І.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет _____

Кафедра _____

Рівень вищої освіти _____

Освітня програма _____

(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

(підпис)

«_____» _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Педан Дарья Дмитрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Прогнозування динаміки портфельних інвестицій на фондовому ринку

керівник роботи д. е. н., проф. Максишко Наталія Костянтинівна

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «_____» _____ 20__ року № _____

2 Строк подання студентом роботи _____

3 Вихідні дані до роботи _____

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

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

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра містить три розділи, 93 с., 18 рис., 9 табл.

Об'єкт дослідження – динаміка портфельних інвестицій на фондовому ринку.

Предмет дослідження – методи прогнозування динаміки портфельних інвестицій на фондовому ринку.

Метою роботи є обґрунтування та побудова прогнозної моделі динаміки обраних портфельних інвестицій на фондовому ринку.

Методи дослідження – статистичний аналіз, комплексний фрактальний аналіз, модель експоненційного згладжування Хольта, прогнозування на базі нейронної мережі, засоби програмного продукту Deductor.

У роботі досліджено сутність та значення портфельного інвестування на фондовому ринку, проведено огляд теоретичних аспектів застосування методів прогнозування економічної динаміки. Для аналізу та прогнозування обрано два фінансових інструменти – ціни акцій біржових інвестиційних фондів SPDR S&P 500 ETF TRUST (SPY) та VanEck Vectors Gold Miners (GDX). На базі застосування статистичного та комплексного фрактального аналізу проведено передпрогнозний аналіз динаміки цін акцій за період з 2015 по січень 2020 р., виявлено її особливості та нелінійний характер. Із застосуванням моделі експоненційного згладжування Хольта та нейронної мережі (реалізованої засобами програмного продукту Deductor) побудовано прогнозні моделі, здійснена оцінка їх точності, сформульовано рекомендації щодо вибору та застосування прогнозних моделей для прогнозування портфельних інвестицій на фондовому ринку.

ПОРТФЕЛЬНІ ІНВЕСТИЦІЇ, БІРЖОВИЙ ІНВЕСТИЦІЙНИЙ ФОНД,
ДИНАМІКА, ПРОГНОЗУВАННЯ, НЕЙРОННА МЕРЕЖА

SUMMARY

Master's qualification work consists of three sections, *к-сть* p., *к-сть* figures, *к-сть* tables.

The object of research is the dynamics of portfolio investments in the stock market.

The subject of research is methods of forecasting the dynamics of portfolio investments in the stock market.

The purpose of the work is to substantiate and build a forecast model of the dynamics of selected portfolio investments in the stock market.

Research methods - statistical analysis, complex fractal analysis, Holt exponential smoothing model, forecasting neural networks, Deductor software product.

The essence and significance of portfolio investment in the stock market are investigated, the review of theoretical aspects of application of methods of forecasting of economic dynamics is carried out. Two financial instruments were selected for analysis and forecasting - stock prices of exchange-traded investment funds SPDR S&P 500 ETF TRUST (SPY) and VanEck Vectors Gold Miners (GDX). Based on the application of statistical and complex fractal analysis, a pre-forecast analysis of the dynamics of stock prices for the period from 2015 to January 2020, revealed its features and nonlinear nature. Using the Holt exponential smoothing model and the neural network (implemented by Deductor software), forecast models were built, their accuracy was assessed, and recommendations for the selection and application of forecast models for forecasting portfolio investments in the stock market were formulated.

PORTFOLIO INVESTMENTS, EXCHANGE INVESTMENT FUND,
DYNAMICS, FORECASTING, NEURAL NETWORK

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОРТФЕЛЬНОГО ІНВЕСТУВАННЯ НА ФОНДОВОМУ РИНКУ	10
1.1 Характеристика фінансових інструментів на ринку портфельного інвестування.....	10
1.2 Біржові інвестиційні фонди як альтернатива традиційному портфельному інвестуванню.....	18
1.3 Можливості для здійснення інвестицій на світових фінансових ринках в Україні та інформаційні платформи для отримання вхідних даних.....	25
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДИНАМІКИ	31
2.1 Класифікація методів прогнозування	31
2.2 Огляд статистичних методів прогнозування часових рядів	36
2.3 Огляд методів прогнозування нелінійної динаміки	50
РОЗДІЛ 3 ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ФІНАНСОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ НА РИНКУ ПОРТФЕЛЬНОГО ІНВЕСТУВАННЯ	59
3.1 Передпрогнозний аналіз динаміки обраних фінансових інструментів	59
3.2 Прогнозування динаміки біржових інвестиційних фондів статистичними методами та із застосуванням нейронних мереж.....	69
3.3 Порівняння якості побудованих моделей та результатів прогнозування динаміки інвестиційних інструментів.....	82
ВИСНОВКИ.....	88
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	92

ВСТУП

Фондові ринки є невід'ємною частиною будь-якої сучасної економічної системи, без якої неможливий ефективний розподіл ресурсів. А питання передбачення руху цін фінансових інструментів на фондових ринках і прогнозування їх прибутковості давно цікавили теоретиків і практиків ринку капіталу.

Під портфельним інвестуванням розуміється інвестиційна активність інвесторів, яка передбачає вкладення коштів у декілька інвестиційних об'єктів, замість одного, генеруючи тим самим їх певну диверсифіковану сукупність.

Фінансові ринки (у тому числі фондові ринки як їх сегмент) в сучасних умовах характеризуються нестационарними, стохастичними, кризовими явищами різної природи. В таких умовах з метою зниження ризиків фінансове інвестування традиційно було пов'язане з формуванням інвестиційного портфеля. Проте, застосування традиційної портфельної теорії і класичних методів фінансової математики, що представляють собою оптимізацію інвестиційного портфеля по заданим критеріям співвідношення рівня його очікуваної прибутковості і ризику, виявляється часто недосяжним для широкого кола інвесторів.

Тому сьогодні на ринку з'являється новий універсальний вид фінансових інструментів - Біржові інвестиційні фонди (БІФ – ETF – Exchange Traded Funds), які є видом цінних паперів, які торгуються на біржі та виконують роль сертифіката на портфель акцій, облігацій, біржових товарів.

Історія БІФ почалася у 90 рр. минулого століття та за 30 років вони набули значної популярності серед інвесторів: за станом на 2019 рік у світі існувало 6970 БІФ, які оцінювались у 6,18 трлн. дол. США.

Необхідно зауважити, що хоча на сьогодні на території України такий вид інвестування не є доступним (відсутнє правове регулювання БІФ), проте, для українського інвестора існує можливість проінвестувати зарубіжні БІФ

(відкрити рахунок у іноземного брокера, отримати у податковій дозвіл на переведення інвестицій за кордон, відкрити у банку рахунок для цього).

На сьогодні БІФ є універсальним видом інвестування з низьким порогом входження, постійною диверсифікацією інвестицій, різним спрямуванням тощо. Такий вид інвестування є відкритим для інвестора будь-якого рівня та в будь-якому напрямі.

Важливою проблемою для потенційного інвестора є вибір інструмента інвестування з наявних БІФ. Для вирішення цієї проблеми актуальним завданням є дослідження характеру динаміки таких інструментів, вміння будувати прогнози щодо їх майбутніх цін. При цьому важливим є вибір релевантної прогнозової моделі та її обґрунтування. На вирішення саме цих питань і спрямовані дослідження автора.

Об'єктом дослідження є динаміка портфельних інвестицій на фондовому ринку.

Предметом дослідження є методи прогнозування динаміки портфельних інвестицій на фондовому ринку.

Метою роботи є обґрунтування та побудова прогнозової моделі динаміки обраних портфельних інвестицій на фондовому ринку.

Відповідно до поставленої мети в роботі поставлені та вирішені наступні завдання:

- ознайомитися з особливостями портфельного інвестування на фондовому ринку;
- розглянути теоретичні аспекти застосування сучасних методів прогнозування економічної динаміки;
- обрати конкретні фінансові інструменти портфельного інвестування та провести передпрогнозний аналіз їх динаміки;
- побудувати прогнозні моделі для обраних фінансових інструментів портфельного інвестування та здійснити оцінку точності побудованих моделей;
- сформулювати рекомендації щодо вибору та застосування

прогнозних моделей для прогнозування динаміки портфельних інвестицій.

Методи дослідження – статистичний аналіз, комплексний фрактальний аналіз, модель експоненційного згладжування Хольта, прогнозування на базі нейронної мережі (реалізовано в програмному продукті Deductor), модель експоненційного згладжування.

Наукова новизна роботи полягає в удосконаленні методології передпрогнозного аналізу та прогнозування показників динаміки портфельних інвестицій на фондовому ринку за рахунок використання методів комплексного фрактального аналізу та нейронної мережі.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОРТФЕЛЬНОГО ІНВЕСТУВАННЯ НА ФОНДОВОМУ РИНКУ

1.1 Характеристика фінансових інструментів на ринку портфельного інвестування

Останнім часом в провідних економіках світу відбувається ускладнення механізмів трансформації заощаджень різних суб'єктів економіки в реальні інвестиції. А в останні десятиліття схожі тенденції спостерігаються і в Україні.

При цьому найважливішою ланкою такої трансформації стає фінансовий ринок, виникають нові фінансові інструменти, відбувається різке підвищення активності портфельного інвестування, прискорюється збільшення кількості як приватних так і професійних інвесторів (страхових компаній, інвестиційних фондів, хедж-фондів, пенсійних фондів), збільшуються обсяги активів, що залучені на фінансових ринках.

У країнах з найбільш розвиненими фінансовими ринками обсяг активів інвестиційних фондів, орієнтованих на приватних вкладників, становить 10-20% ВВП, а частка домогосподарств, які вкладають заощадження в різні форми колективного інвестування, досягає 50% [0].

Одночасно кардинально змінився характер поведінки фінансових і товарних ринків, міжнародних, національних. Характерними рисами їх поведінки в сучасних умовах стали глобалізація, посилення міжринкової залежності, підвищення інформаційної насиченості [2]. Результат таких змін - зростання цінової нестабільності, непередбачуваності, загострення реакції ринків на різні економічні та позаекономічні чинники і події.

Перераховані обставини породили потребу в розробці нових, більш ефективних методик комплексного портфельного аналізу та вибору найкращих інвестиційних інструментів із безлічі альтернатив для всіх інвестиційних горизонтів - від короткострокового (спекулятивного) до

довгострокового (стратегічного) - з урахуванням характеру інвестиційної поведінки його учасників і нових можливостей економіко-математичного моделювання фінансово-економічних процесів.

Більшість відомих сьогодні методів портфельного інвестування, вперше запропонованих в середині ХХ століття, характеризуються недостатньою ефективністю і слабкою адаптованістю до зовнішніх умов, що підтверджується результатами криз, які регулярно виникають на світових фінансових ринках і призводять до тяжких наслідків для більшості портфельних інвесторів. У другій половині ХХ ст. в економіці розвинених країн відбулися радикальні зміни. Вони були пов'язані з бурхливим нарощуванням інвестицій. На місці окремих ізольованих регіональних фінансових ринків виник єдиний міжнародний фінансовий ринок [3].

До традиційного набору фінансових інструментів (іноземна валюта, акції та облігації підприємств, державні облігації) додався постійно зростаючий список нових похідних інструментів - таких, як депозитарні розписки, форвардні контракти, ф'ючерси на товари, опціони, варанти, свопи на відсоткові ставки[4].

Ці інструменти дозволяють реалізувати складніші і тонші стратегії управління прибутковістю і ризиком фінансових угод, які відповідають індивідуальним потребам інвесторів, а також вимогам керуючих активами, гравців на фінансовому ринку[4].

Загалом інструменти інвестування можна розділити на 3 основні групи [0]:

а) базові інструменти інвестування;

- 1) банківський вклад;
- 2) придбання нерухомості;
- 3) дорогоцінні метали;
- 4) купівля цінних паперів;
- 5) купівля валюти;

б) сучасні фінансові інструменти;

- 1) вкладення в пайові інвестиційні фонди (ПФФ);
 - 2) акції біржових інвестиційних фондів (БІФ);
 - 3) P2P-кредитування;
 - 4) бінарні опціони;
 - 5) ПАММ – рахунки;
- в) альтернатива класичного погляду на інвестування;
- 1) вкладення в мистецтво;
 - 2) бізнес і інтернет проекти;
 - 3) інвестиції в себе.

Головним недоліком інвестицій, що не відносяться до фінансових, є низька ліквідність та значні комісійні витрати на здійснення та обслуговування інвестицій: придбання нерухомості та альтернативні види інвестування вимагають значних затрат часу для здійснення вкладення та специфічних навичок і знань (розбиратися в особливостях операцій з нерухомістю або бути знавцем предметів мистецтва)[2].

Банківські вклади зазвичай відрізняються низькою прибутковістю, хоча значною перевагою є визначений рівень доходності. Тому банківські вклади часто використовують як частку інвестиційного портфелю для зниження значення загального ризику інвестицій [4-7].

Цінні папери, як інструмент інвестування, можна розділити на три різновиди [8]:

- первинні цінні папери;
- вторинні цінні папери або деривативи;
- цінні папери на пред'явника.

Первинні цінні папери (цінні папери першого порядку). Такі цінні папери характеризуються їх випуском в обіг первинним емітентом і підтверджують прямі майнові права або відносини кредиту (акції, облігації, чеки, векселі тощо).

Вторинні цінні папери або деривативи (цінні папери другого порядку) характеризують фондові інструменти, що підтверджують право або

зобов'язання їх власника купити або продати звертаються первинні цінні папери, валюту, товари або нематеріальні активи на попередньо визначених умовах у майбутньому періоді [9].

Цінні папери на пред'явника. Зазначена особливість випуску таких фондових інструментів не перешкоджає процесу їх вільного обігу, а відповідно і підвищує потенційний рівень їхньої ліквідності.

Найбільш поширеними цінними паперами є акції компаній. Інтегральна оцінка інвестиційних якостей акцій здійснюється за такими основними параметрами:

а) характеристика виду акцій відповідно до вищенаведеної схеми класифікації цінних паперів;

б) оцінка галузі, в якій здійснює свою діяльність емітент.

Інтегральна оцінка інвестиційних якостей облігацій здійснюється за такими основними параметрами:

а) характеристика виду облігації відповідно до вищенаведеної схеми класифікацією цінних паперів;

б) оцінка інвестиційної привабливості регіону (така оцінка проводиться тільки за облігаціями внутрішньої місцевої позики).

Головним завданням такої оцінки є виявлення кредитного рейтингу підприємства, ступеня його фінансової стійкості і її прогноз на період погашення облігації [10].

Інтегральна оцінка інвестиційних якостей ощадних (депозитних) сертифікатів здійснюється за такими параметрами:

а) характеристика виду ощадного (депозитного) сертифіката відповідно до вищенаведеної схеми класифікації цінних паперів;

б) оцінка надійності банку-емітента.

Найбільш поширеним є інвестування в портфелі цінних паперів. Це пояснюється наступним:

- по-перше, цінні папери більш ліквідні, ніж реальні кошти;

- по-друге, інвестування в реальні активи вимагає значних фінансових коштів, а цінні папери відносно дешеві;

- по-третє, інформація про прибутковість цінних паперів регулярно публікується, що дозволяє інвесторові співвідносити ризик інвестицій в цінний папір і їх віддачу.

У зв'язку з цим, цінні папери є досить привабливим як для приватного, так і для інституціональних інвесторів.

До того ж цінні папери виконують ряд суспільно значимих функцій [11]:

- несуть яскраво виражену інформаційну функцію, свідчать про стан економіки. Стабільні курси цінних паперів або їх підвищення, як правило, свідчать про нормальний економічний стан;

- відіграють важливу роль при перетікання капіталу між різними сферами економіки (перерозподільна функція);

- використовуються для мобілізації тимчасово вільних грошових заощаджень громадян (мобілізуюча функція);

- використовуються для регулювання грошового обігу (регулююча функція);

- банки, підприємства і організації використовують цінні папери як універсальний кредитно-розрахунковий інструмент (розрахункова функція).

При здійсненні операцій інвестування суб'єкт інвестиційної діяльності, як правило, не зупиняється на одному інструменті, а формує свій особистий портфель на основі власних цілей, вподобань та установок. Розглянемо основні моменти портфельного інвестування при купівлі цінних паперів на фондовому ринку.

Портфельні інвестиції - інвестиції, метою яких є отримання прибутку за рахунок відсотків або дивідендів, при цьому інвестор не ставить своїм завданням управління підприємством або проектом, в які вкладаються кошти. Портфельні інвестиції мають більшу ліквідністю [5, 6]. Більш того, в разі несприятливої кон'юнктури у інвестора є можливість піти з ринку, продавши цінні папери. Масовий відхід інвесторів з портфельних інвестицій, тобто

розпродаж цінних паперів на ринку і переорієнтація на альтернативні вкладення, призводить до біржових криз.

Портфелі цінних паперів можуть класифікуватися як фіксовані і змінюються (керовані). Фіксований портфель являє собою сукупність цінних паперів, які залишаються на весь період існування портфеля в незмінному стані. Як правило, такі портфелі представлені державними цінними паперами. Фіксований портфель гарантує інвестору високу безпеку, але не дає великих прибутків, тому інвестори, як правило, формують змінюється портфель цінних паперів, якими вони можуть управляти відповідно до своїх інвестиційними цілями. Основними принципами такого формування прибутковість, безпека, зростання і ліквідність вкладень [7].

Ключовим критерієм відбору об'єктів інвестування є їх прибутковість. Прибутковість об'єктів інвестування складається з двох складових: дохід, що отримується інвестором від володіння даним об'єктом інвестування (дивіденди і процентні платежі), а також приріст курсової вартості в результаті зміни ряду релевантних факторів.

До об'єктів інвестування, які приносять дохід від їх володіння, відносяться депозити, ОВДП, корпоративні облігації і привілейовані акції.

Найбільше зростання курсової вартості забезпечують акції молодих компаній, які впроваджують нові технології, «ноу-хау», компаній, що виходять на нові ринки збуту, а також акції тих компаній, які є об'єктом корпоративних злиттів або поглинань [12-14].

Середнє зростання дають високонадійні акції (так звані блакитні фішки, які зазвичай включені в розрахункову базу фондового індексу). Самий незначний ріст забезпечують корпоративні облігації і ОВГЗ.

Іншою метою інвестора при виборі об'єктів інвестування в інвестиційний портфель є їх безпеку. Так, цінні папери з збільшенням ступеня їх ризику будуть представлені таким чином: ОВДП, корпоративні облігації, привілейовані акції і звичайні акції [15].

Більшість інвесторів при формуванні інвестиційних портфельів розглядають рівень ліквідності об'єктів інвестування, від якої залежить можливість своєчасного звернення інвестиційних активів в грошові кошти.

Розглядаючи питання про створення портфеля, інвестор повинен визначити для себе параметри, якими він буде керуватися.

Тип портфеля. Можлива побудова портфельів двох типів [16]:

- орієнтований на переважне одержання доходу за рахунок відсотків і дивідендів;
- спрямований на переважний приріст курсової вартості що входять в нього об'єктів інвестування.

Оцінити прийнятне для інвестора поєднання ризику і прибутковості інвестиційного портфеля, і відповідно визначити питому вагу в ньому об'єктів інвестування з різними рівнями ризику і доходу.

Дане завдання впливає із загального принципу, який діє на фінансових ринках: чим вищий потенційний ризик несе в собі об'єкт інвестування, тим більш високу потенційну прибутковість він має, і навпаки.

Зменшення ризику вкладень, як правило, досягається за рахунок диверсифікації (розподілу) портфеля, тобто невисокі доходи по одним цінним паперам компенсуються високоприбутковими. При цьому ризик скорочується за рахунок використання цінних паперів підприємств різних галузей економіки, не пов'язаних між собою.

За дослідженнями зарубіжних економістів визначено, що ризик портфеля зменшується, якщо в нього включено 8-20 видів цінних паперів [17]. При цьому слід пам'ятати, що диверсифікація усуває тільки ризик, пов'язаний з придбанням цінних паперів певної організації.

Перш ніж прийняти рішення про формування портфеля інвестицій, необхідно виконати об'ємну аналітичну роботу. Інвестиційний процес являє собою прийняття інвестором рішення щодо цінних паперів, в які здійснюються інвестиції, обсягів і термінів інвестування. Наступна процедура, що включає п'ять етапів, становить основу інвестиційного процесу [18]:

- 1) вибір інвестиційної політики;
- 2) аналіз ринку цінних паперів;
- 3) формування портфеля цінних паперів;
- 4) перегляд портфеля цінних паперів;
- 5) оцінка ефективності портфеля цінних паперів.

Перший етап - вибір інвестиційної політики - включає визначення мети інвестора та обсягу інвестованих коштів, цілі інвестування повинні формулюватися з урахуванням як дохідності, так і ризику.

Другий етап інвестиційного процесу, відомий як аналіз цінних паперів, включає вивчення окремих видів цінних паперів (або груп паперів) в рамках основних категорій, зазначених вище. Однією з цілей такого дослідження є визначення тих цінних паперів, які представляються невірно оціненими зараз.

Третій етап інвестиційного процесу - формування портфеля цінних паперів - включає визначення конкретних активів для вкладення коштів, а також пропорцій розподілу інвестованого капіталу між активами.

Четвертий етап інвестиційного процесу - перегляд портфеля - пов'язаний з періодичним повторенням трьох попередніх етапів. Тобто через деякий час цілі інвестування можуть змінитися, в результаті чого поточний портфель перестане бути оптимальним. Іншою підставою для перегляду портфеля є зміна курсу цінних паперів з плином часу. Рішення про перегляд портфеля залежить крім інших факторів від розміру транзакційних витрат і очікуваного зростання прибутковості переглянутого портфеля.

П'ятий етап інвестиційного процесу - оцінка ефективності портфеля - включає періодичну оцінку, як отриманої прибутковості, так і показників ризику, з якими стикається інвестор. При цьому необхідно використовувати прийнятні показники прибутковості і ризику, а також відповідні стандарти («еталонні» значення) для порівняння.

Таким чином, формування інвестиційного портфелю є кропіткою роботою, що потребує спеціальних навичок, досвіду, витрат часу на вибір

цінних паперів та моніторинг змін як на ринку, так і по кожному окремому емітенту.

1.2 Біржові інвестиційні фонди як альтернатива традиційному портфельному інвестуванню

Розвиток фондових ринків, запит від ринку колективного інвестування, що вимагав створення нових більш гнучких інструментів та комп'ютеризація ринку цінних паперів призвела до створення нового сучасного інвестиційного інструмента – біржового інвестиційного фонду (Exchange Traded Fund, ETF).

Створенню біржових інвестиційних фондів також сприяв розвиток портфельної теорії, яка зробила стратегію придбання «ринку» (індексна стратегія) особливо популярною, так як портфель, що моделює структуру конкретного фондового індексу, відбиває загальний тренд розвитку певної галузі або економіки в цілому, згладжуючи специфічні ризики окремих цінних паперів.

У 1990 році на фондовому ринку Канади був створений перший біржовий інвестиційний фонд. В 1993 році фонд такого типу з'явився у Сполучений Штатах Америки, звідки він і почав свою триумфальну ходу світом.

Біржові інвестиційні фонди – це інструмент фондового ринку, який поєднує в собі найкращі риси пайових інвестиційних фондів (скорочено ПФ чи англ. Mutual funds) та акцій [19].

Суть біржового інвестиційного фонду полягає в тому, що купуючи його акції, інвестор опосередковано стає власником портфелю заздалегідь визначених активів, найчастіше акцій або облігацій.

Портфельне інвестування, чим по суті є вкладення в більшість ETF, дозволяє автоматично уникати несистематичних ризиків (ризиків, пов'язаних з внутрішніми факторами діяльності конкретних компаній) та дозволяє досягти високого рівня диверсифікації.

Індустрія біржових фондів почала розвиватися не так давно, однак вже сьогодні вона є чи не найбільш швидкозростаючою галуззю у глобальній інвестиційній сфері. Найбільш відомим із перших біржових фондів був запущений компанією State Street в 1993 році на американський індекс S & P500 [20].

В кінці 1990-х років кількість біржових фондів була все ще незначною - всього 33 фонди, а їх загальні активи становили лише \$ 40 млрд. Переважна більшість фондів оберталася на ринку США, і перший європейський біржовий фонд був створений лише в 2000 році.

Саме з початком нового тисячоліття в індустрії біржових фондів почався справжній бум. За наступні 10 років кількість фондів зросла в 74 рази, а їх активи - в 33 рази [20]. На сьогодні маємо тисячі подібних фондів, з них не менше ніж 2280 тільки на ринку США. У них вкладено близько п'яти трильйонів доларів, вони дозволяють інвесторам отримати експозицію на будь-який фінансовий ринок в світі, будь-якої країни і регіону, будь-який сектор, індустрію або нішу, будь-який тип активів.

Однак останні роки ринок ETF стає все більш насиченим, новим фондам все складніше пробитися на ринок і заробити для своїх клієнтів, кількість введених на ринок нових фондів почалося знижуватися з 2015 року. У 2018 році створено 268 ETF [21].

Існує декілька підходів для визначення біржового інвестиційного фонду. Деякими авторами біржовий інвестиційний фонд визначається як портфель активів, право власності в якому засвідчує цінний папір, випущений на пул цих активів. Інші автори роблять акцент на формальну складову біржового фонду - організаційно-правову форму. З огляду на різноманітність підходів до визначення сутності БФ, біржовий індексний фонд можна розглядати як інвестиційний фонд, який здійснює емісію / погашення випусків цінних паперів, що обертаються на біржі і що засвідчують частку власника паперів в праві власності на майно в інвестиційному портфелі фонду, що відстежує динаміку базового індексу [19].

На підставі аналізу звітів міжнародних компаній автором [20] була запропонована наступна класифікація біржових фондів.

В залежності від стратегії управління портфелем:

- індексні БФ (використовують пасивну стратегію);
- активно-керовані фонди (використовують стратегії активного управління).

Стратегія управління портфелем визначається на етапі формування і реєстрації фонду.

В залежності від типу базисних активів в портфелі фонду:

- ETFs;
- ETNs;
- ETVs (ETCs і ETIs).

В залежності від можливості використання кредитного плеча:

- маржинальні фонди;
- фонди, які не використовують маржинальне кредитування.

Маржинальні фонди це фонди, що демонструють фінансовий результат, який в кілька раз перевищує фінансовий результат відповідного індексу [22].

В залежності від напрямку відображення динаміки індексу:

- прямі фонди;
- інверсійні фонди (inverse ETF).

Прямий фонд в точності повторює динаміку індексу.

Інверсійний фонд демонструє прямо протилежний фінансовий результат. Зворотня динаміка досягається за рахунок використання похідних фінансових інструментів. [23].

ETF є гібридним інструментом, якому вдалося поєднати в собі найкращі риси пайових інвестиційних фондів та цінних паперів. Придбання паїв ETF відбувається на фондовій біржі аналогічно звичайним акціям у будь-який момент роботи біржи по дійсній ціні. При цьому, придбаваючи ETF, інвестори отримують сформований портфель заздалегідь відомих активів, зазвичай цінних паперів (акцій чи облігацій) (рис. 1.1).

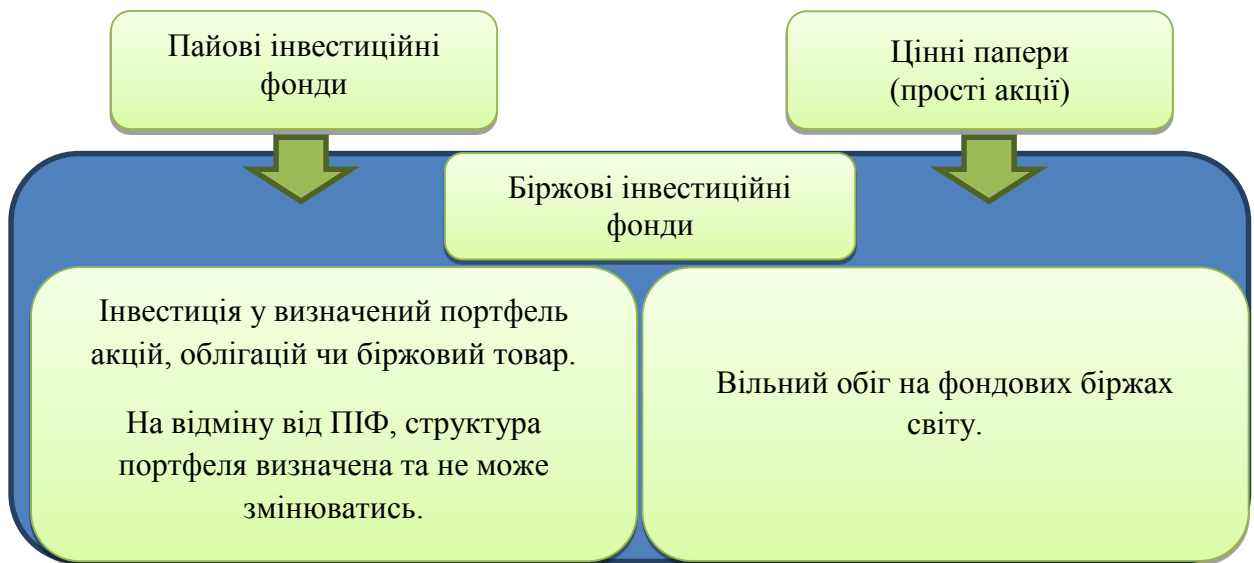


Рисунок 1.1 – Спільні риси біржових інвестиційних фондів, паіових інвестиційних фондів та простих акцій

Тенденції останніх років свідчать про те, що біржові фонди користуються великою популярністю у інвесторів, на тлі відчутного зниження інтересу до традиційних інвестиційних фондів. Біржові фонди мають чимало переваг у використанні, в порівнянні зі звичайними фондами. За офіційними оцінками, близько третини обсягу торгів в США припадає на операції з біржовими фондами [24].

Основними перевагами біржових інвестиційних фондів для інвестора є легкість придбання, висока ліквідність, низький поріг входу на ринок, висока ступінь диверсифікації портфелю та низькі комісійні витрати. Недоліком є неможливість отримання прибутковості більшу ніж на обраному ринку.

Розглянемо недоліки та переваги біржових інвестиційних фондів в порівнянні з акціями компаній та паіовими інвестиційними фондами (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Особливості біржових інвестиційних фондів, пайових інвестиційних фондів та простих акцій

Особливості	ПФ	ETF	Прості акції
Базовий актив	Портфель активів, що змінюється в залежності від стратегії КУА	Портфель активів, встановлений при створенні ETF	Акції, придбані інвестором
Сума первісних вкладень	Встановлюється КУА. Наприклад, мінімальна інвестиція в найбільший відкритий ПФ України «ОТП Фонд акцій» становить 20 000 грн.	Інвестиція в портфель акцій значно перевищує ціну акції ІБФ, що відображає аналогічний портфель. Наприклад, 1 акція ІБФ S&P500 станом на 01.05.2020 становить 283\$, а ціна акції Apple, що входить в цей індекс та доля якої складає 3,9% в індексі, становить 289\$.	
Управління	Активне управління портфелем керуючою компанією	Структура портфелю залишається незмінною	Портфель акцій створюється інвестором
Ліквідність	Відкриті – повернення коштів впродовж 3-х днів, закриті – раз на рік	В будь-який час впродовж роботи біржі	
Ризики	Ризиками управляє керівники фонду	За рахунок диверсифікації відбувається зменшення несистемних ризиків (ризиків, пов'язаних з діяльністю конкретної компанії)	Волатильність на ринку акцій значна більша, ніж волатильність індексу, тому ризики інвестування зростають одночасно із можливістю отримати прибуток більший за середній на ринку
Комісії за управління	Винагорода КУА (від 1%), витрати на депозитарій	Від 0,09% (Vanguard), в середньому 0,2%. Витрати на торговий термінал, брокера	Комісія брокера та витрати на торговий термінал

Розроблено автором

Найперша можливість, яку відкривають ETF-фонди для інвестора - можливість диверсифікації активів і входження на будь-які ринки за умови невеликих вкладень. Ще одна можливість, яку надають інвесторові ETF-фонди - отримання прибутку з неліквідних ринків за допомогою ліквідного фінансового інструменту.

ETF фонди і пасивне управління. Ідея, закладена в біржовий інвестиційний фонд, досить вдала:

- довірче управління-компанія сама вирішує, у що інвестувати гроші в рамках декларації фонду;
- брокеридж і самостійне інвестування. інвестор заводить собі рахунок, самостійно приймає всі рішення з придбання або продажу цінних паперів, сам розраховує свої ризики.

Обидва варіанти мають свої переваги і недоліки.

Вигоди ETF для інвестора.

Керуюча компанія, під чиїм керівництвом знаходиться індексний фонд, не займається активним управлінням. Вона витрачається на створення інфраструктури: вибір провайдера, який збирає бажаний індекс (наприклад, розробників мобільних ігор в Китаї), вибір депозитарію і так далі. Склад фонду і прибутковість тут розкриваються щохвилини, оскільки все це торгується на біржі. За цими показниками стежать регулюючі органи. На цьому управління фактично закінчується.

Вся складність полягає в побудові інфраструктури, інвестування передбачає вибір відповідної стратегії, де важливо не стільки величезний дохід, скільки стабільність і мінімізація ризиків, якщо закрийється ETF-провайдер або сам фонд ETF, інвестор не втратить гроші, він зможе передати активи під управління іншій компанії або продати цінні папери на ринку.

Найбільш ймовірний ризик для власників ETF, як і для будь-яких інвестиційних інструментів, пов'язаний зі зниженням їх вартості.

Співвідношення ризику і прибутковості багато в чому залежить від класу активів, закладених в ETF, тому краще скласти збалансований портфель з різних інвестиційних інструментів.

ETF - це інструмент для довгострокового інвестування.

Левову частку від усіх ETF складають фонди, базовим активом яких виступають акції компаній, при чому перелік компаній та доля акцій в загальному портфелі встановлюється відповідно до зазначеного заздалегідь індексу (наприклад, такі гіганти як SPDR S&P500 та PowerShares QQQ (NASDAQ 100)). Однак базовим активом біржових фондів можуть виступати і

облігації (в тому числі державні), і валюти, і навіть товари. Згідно визначенням [24], біржові інвестиційні фонди – це такий різновид цінних паперів, що містить в собі визначений портфель цінних паперів (наприклад, акцій), які зазвичай відстежують базовий індекс, хоча фонди можуть інвестувати в будь-яку галузь чи актив або використовувати інші різноманітні стратегії формування базового активу.

Сьогодні лінійка біржових фондів не обмежується тільки акціями та індексами. Активно створюються облігаційні, сировинні, металеві, валютні біржові фонди, фонди окремих країн і регіонів, фонди нерухомості, змішані фонди, фонди певного стилю управління (наприклад, захисні або зростання), фонди з левериджу, інверсні фонди та ін.

В світі ETF-фондів сьогодні панує високий ступінь різноманіття. Фахівці виділяють цілий ряд різновидів біржових інвестиційних фондів, серед яких такі, як:

- ринкові - повторюють структуру певного фондового індексу, наприклад, standard & poor's 500 або nasdaq-100. даний вид etf-фондів є найстарішим (наприклад, spy, що можна зрозуміти з його повної назви, створювався з метою відстеження s & p500);
- облігаційні - інвестують в різні види державних, муніципальних і корпоративних зобов'язань з фіксованою прибутковістю;
- галузеві - повторюють структуру індексу того чи іншого сектора економіки (наприклад, таких, як нафтопереробка, високі технології або фармацевтика);
- товарні - відстежують біржові ціни того чи іншого товару, починаючи від дорогоцінних металів і закінчуючи зерном;
- стильові - орієнтуються на той чи інший стиль інвестування (наприклад, відстежують різну ринкову капіталізацію компаній, зростання або вартість індексу);
- країнні (регіональні) - як випливає з самої назви, відстежують індекси цінних паперів конкретної країни або географічного регіону;

- інверсні - орієнтовані на «гру на пониження», отримання прибутку від зниження індексу певного ринку або галузі;
- біржові ноти (etn) - різновид боргових зобов'язань, що випускаються банком, відмінною рисою яких є прихильність їх вартості в біржовий ціни якого-небудь активу (наприклад, певного виду цінних паперів або дорогоцінного металу) [20].

Хоча серед вчених, що досліджують ETF, є ті, що вбачають в стрімкому зростанні обсягів біржових інвестиційних фондів ознаки бульбашки [25], біржові інвестиційні фонди залишаються перспективним та затребуваним фінансовим інструментом. ETF можна розглядати як сучасний інноваційний продукт, поширення якого знаходиться в залежності від рівня інформаційних та комунікаційних технологій притаманній конкретній країні чи регіону. І звичайно ж, особливу увагу як науковців так і інвесторів займає можливість передбачення динаміки біржових інвестиційних фондів.

1.3 Можливості для здійснення інвестицій на світових фінансових ринках в Україні та інформаційні платформи для отримання вхідних даних

Довгий час, внаслідок низького рівня розвитку фінансових ринків України, традиційним інструментом заощаджень для українців були банківські депозити. Фондовий ринок України та пайові інвестиційні фонди (ПІФ) так і не змогли завоювати довіру широкої маси інвесторів та зайняти значну частку в їх інвестиційному портфелі [26-29].

Створення та функціонування фондового ринку України стало можливим після прийняття основних законодавчих документів, що регулює діяльність з цінними паперами:

- Указ Президента України «Про державну комісію з цінних паперів і фондового ринку» від 12 червня 1995 року;

- Закон України «Про державне регулювання ринку цінних паперів України» від 30 жовтня 1996 року;

- закон "Про внесення змін і доповнень до закону України «Про цінні папери і фондову біржу» від 9 липня 1996 року.

У роботі [30] проведений ґрунтовний аналіз стану фондового ринку України. Основним висновком є констатація низького рівня розвитку ринку, що пояснюється такими причинами:

- мала кількість емітентів на ринку: наприклад, на «Українській біржі» у 2020 році зареєстровано 42 емітентів акцій, при загальному рівні капіталізації 709 млрд.грн., що становить лише 0,017% від ВВП [30];

- низька ліквідність ринку, що є наслідком малої кількості угод;

- системне маніпулювання цінами;

- висока волатильність цін, що є наслідком нестабільності економічної та політичної ситуації в Україні;

- низька інвестиційна привабливість блакитних фішок фондового ринку України;

- низький рівень залучення збережень населення до фондових ринків;

- відсутність інтересу до фондового ринку України іноземних інвесторів.

Крім того, на фондовому ринку України відсутні такі інвестиційні інструменти, як біржові інвестиційні фонди (ETF) і світові і українські.

Значним проривом на українському фондовому ринку стала можливість здійснювати торгівлю цінними паперами за допомогою інтернет-трейдингу. Значний вклад у це здійснила «Українська біржа» [31]. Доступ до біржі надається через мережу інтернет за допомогою онлайн-брокера разом з програмним забезпеченням та технічною підтримкою.

Іншим способом залучитись до фондових ринків є програми інвестиційного страхування життя. Перевагою таких програм від попереднього варіанту є те, що інвестор не обмежений фондовим ринком

України, а може інвестувати в міжнародні пайові інвестиційні фонди (ПІФи) та біржові інвестиційні фонди. Іншою перевагою є невисокі пороги входу (згідно сайту компанії Capital System Group Financial Planning & Investing [21] початкова сума вкладу становить від 100 дол.США щомісячно або від 10 000 дол.США одноразово). Також отриманий дохід за програмами страхування життя не підлягають оподаткуванню. Однак мінімальний термін інвестування складає 5 років. Тобто даний механізм підходить для довготермінових горизонтів інвестицій.

Ще однією можливістю здійснення інвестицій на світових ринках є відкриття власного брокерського рахунку за кордоном. На початку 2019 року внаслідок впровадження політики валютної лібералізації для пересічних українців спростилася процедура здійснення іноземних інвестицій завдяки використанню е-лімітів [32]. Це дало можливість працювати з міжнародними брокерами на підставі міжнародного законодавства. Тобто перед приватними інвесторами відкрилися широкі горизонти інвестування у сучасні світові фінансові інструменти: цінні папери міжнародних компаній, облігації іноземних держав, біржові інвестиційні фонди тощо.

Але і в цьому випадку існує кілька обмежень: щомісячна сума інвестицій таким шляхом не може перевищувати 100 000 євро на рік (або еквівалент цієї суми у будь-якій іншій іноземній валюті). До того ж, прибуток від таких операцій підлягає оподаткуванню на загальних підставах по українському законодавству сплачуючи 19,5%. Обов'язковим стає і подання щорічної податкової декларації. Поріг входу при інвестиціях даного типу теж становить 10 000 дол.США.

Незважаючи на недоліки прямих закордонних інвестицій цей шлях набуває популярності у українців. Згідно з оцінками Приватбанку лише за карантинний квітень 2020 року сума витрачена українцями на міжнародні інвестиції збільшилась утричі в порівнянні з лютим цього ж року [33].

Для підтримки прийняття інвестиційних рішень та аналізу поточної ситуації на ринку існує багато інформаційних платформ, що пропонують

інформацію щодо котирувань в режимі реального часу та історичні дані, аналітику та технічний аналіз, новини та економічні календарі.

Вибір платформи для відстеження динаміки фінансових інструментів є важливим і відповідальним кроком для здійснення вдалої інвестиційної діяльності.

Одним із найпотужніших і впливових інформаційних агентств є Bloomberg. Незважаючи на те, що продуктами Bloomberg є мережа телевізійних каналів, кожний з яких спеціалізується на окремому ринку, декілька журналів (Bloomberg Markets, Bloomberg BusinessWeek), сайти Bloomberg.com [34] та BusinessWeek.com, радіо BloombergRadio і навіть мобільні додатки, основним досягненням цього потужного інформаційного постачальника є Bloomberg Terminal.

Bloomberg Terminal дозволяє моніторити та аналізувати поточні та історичні дані практичні всіх фінансових ринків світу. Цей програмний продукт дає доступ до найактуальнішої інформації та новин у світі фінансів, а головне, до системи торгівлі цінними паперами. Однак доступ до інформації сайту Bloomberg.com та до Bloomberg Terminal є платним.

Investing.com [35] – потужна інформаційна платформа, що дає доступ до котирувань в режимі реального часу до широкого кола інвестиційних інструментів: валют, індексів, акцій, облігацій, біржових товарів, металів, біржових інвестиційних фондів світу, облігацій, крипто валют, сертифікатів тощо. Містить новини фінансового світу, аналітику, технічний аналіз, графіки. Виступає ланкою, що поєднує між собою інвесторів та брокерів. Перевагою сайту є його багатомовність: доступно 24 мови.

Розглянемо представлення інформації платформи Investing.com на прикладі біржового інвестиційного фонду SPDR S&P 500 (рис.1.2).

До того ж на сайті Investing.com можливо створювати свій портфель інвестицій, що дозволяє відслідковувати зміни по окремих обраних інструментах.



Рисунок 1.2 – Можливості інформаційної платформи Investing.com на прикладі біржового фонду SPDR S&P 500

Враховуючи безкоштовний доступ до даних та аналітики по широкому колу світових фінансових інструментів та потужні можливості платформи Investing.com обираємо її для подальшого аналізу і прогнозування динаміки обраних фінансових інструментів на ринку портфельного інвестування.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДИНАМІКИ

2.1 Класифікація методів прогнозування

Розвиток прогностики як науки в останні десятиліття призвів до створення безлічі методів, процедур, прийомів прогнозування, нерівноцінних за своїм значенням. За оцінками зарубіжних і вітчизняних систематиків прогностики вже налічується понад ста методів прогнозування, в зв'язку з чим перед фахівцями постає завдання вибору методів, які давали б адекватні прогнози для досліджуваних процесів або систем. Однак на практиці використовується в якості основних 15-20 [36].

Для розуміння того, які переваги дають пропоновані методи аналізу даних і прогнозування, необхідно вказати на три принципові проблеми, що виникають при прогнозуванні.

Перша проблема полягає в так званому «проклятті розмірності». Бажання врахувати в моделі якомога більше показників і критеріїв оцінки може призвести до того, що необхідна для її рішення комп'ютерна система впритул наблизиться до «межі Тьюринга» (обмеження на швидкодюю і розміри обчислювального комплексу в залежності від кількості інформації, що обробляється в одиницю часу) [37].

Друга проблема - наявність феномена «надсистемності». Взаємодіючі системи утворюють систему більш високого рівня, яка має власні властивості, що робить принципово недосяжною можливість надсистемного відображення і цільових функцій з точки зору систем, що входять до складу надсистеми.

Для подолання перелічених проблем робляться спроби застосування таких розділів сучасної фундаментальної та обчислювальної математики, як нейрокомп'ютери, теорія стохастичного моделювання, теорія ризиків, теорія катастроф, синергетика і теорія систем, що самоорганізуються (включаючи

генетичні алгоритми). Вважається, що ці методи дозволять збільшити глибину прогнозу за рахунок виявлення прихованих закономірностей і взаємозв'язків серед тих, що погано формалізуються звичайними методами макроекономічних, політичних і глобальних фінансових показників.

Однією з найбільш важливих класифікаційних ознак методів прогнозування є [36]:

- ступінь формалізації, яка досить повно охоплює прогностичні методи;
- загальний принцип дії методів прогнозування,
- спосіб отримання прогнозованої інформації.

Визначимо поняття методу або методів економічного і соціального прогнозування. Під ними слід розуміти сукупність прийомів і способів мислення, які дозволяють на основі аналізу ретроспективних даних, екзогенних (зовнішніх) і ендогенних (внутрішніх) зв'язків об'єкта прогнозування, а так само їх вимірювань в рамках даного явища або процесу, вивести судження певної достовірності щодо його (об'єкта) майбутнього розвитку.

На стадії ретроспекції відбувається збір, зберігання і обробка інформації, джерел, необхідних для прогнозування, оптимізація як складу джерел, так і методів вимірювання та подання ретороінспекційної інформації, уточнення і остаточне формування структури і складу характеристик об'єкта прогнозування.

На стадії діагнозу проводиться аналіз об'єкта прогнозування, який лежить в основі прогнозованої моделі. На стадії діагнозу аналіз об'єкта прогнозування, як правило закінчується не тільки розробкою моделі прогнозування, а й вибором адекватного методу прогнозування.

На стадії проспекції виявляється відсутня інформація про об'єкт прогнозування, уточняється раніше отримана, вносяться корективи в модель прогнозованого об'єкта відповідно до нових надходжень інформації.

Основні етапи прогнозування наведені на рисунку 2.1.

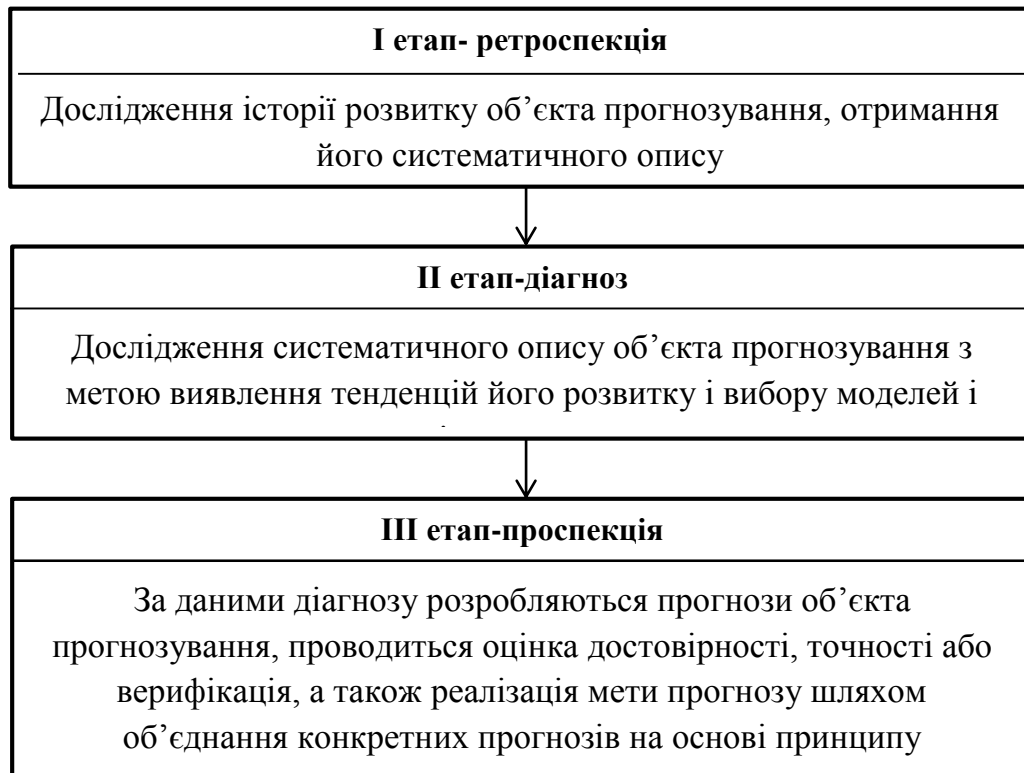


Рисунок 2.1 – Етапи прогнозування

Науково обґрунтована класифікація дає можливість збільшити кількість прийомів (модифікацій) на нижніх рівнях класифікації, куди можуть бути внесені нові елементи.

Класифікаційна схема математичних методів прогнозування наведена на рисунку 2.2.

За ступенем формалізації (за першою класифікаційною ознакою) методи економічного прогнозування можна поділити на інтуїтивні і формалізовані.

Інтуїтивні методи прогнозування використовуються в тих випадках, коли неможливо врахувати вплив багатьох факторів через значну складність об'єкта прогнозування.

В цьому випадку використовуються оцінки експертів. При цьому розрізняють індивідуальні та колективні експертні оцінки [2].

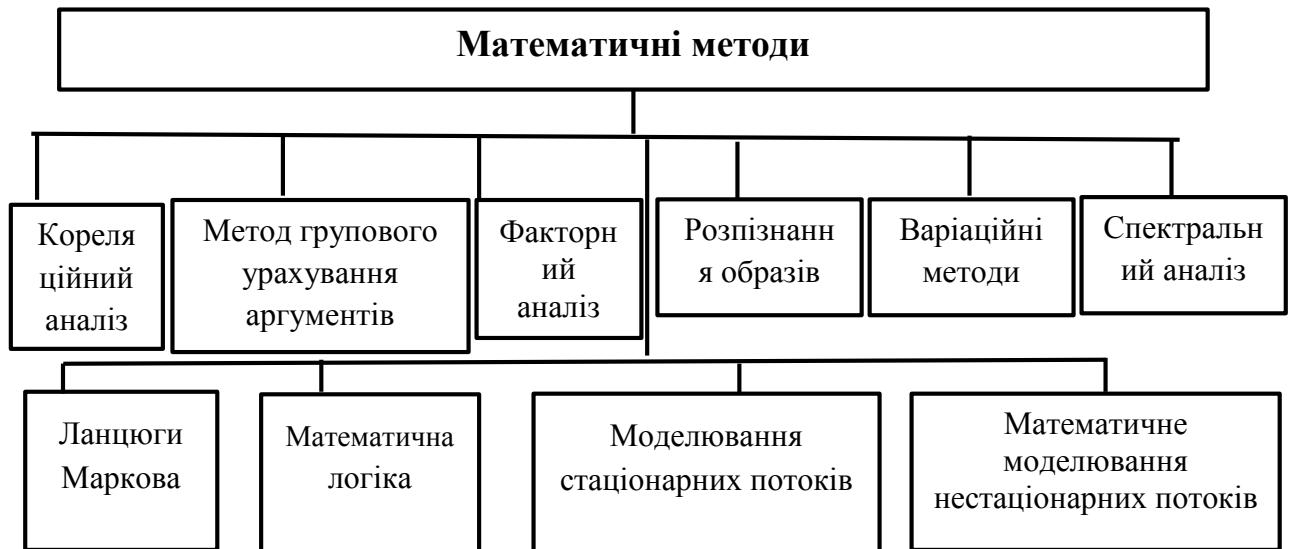


Рисунок 2.2 – Класифікаційна схема математичних методів прогнозування [5]

До складу індивідуальних експертних оцінок входять:

- метод «інтерв'ю», при якому здійснюється безпосередній контакт експерта з фахівцем за схемою «питання – відповідь»;
- аналітичний метод, при якому здійснюється логічний аналіз будь-якої прогнозованої ситуації та складаються аналітичні доповідні записки;
- метод написання сценарію, який базується на визначенні логіки процесу чи явища в часі за різних умов [37].

Методи колективних експертних оцінок містять в собі:

- метод «комісій»;
- метод «колективної генерації ідей» («мозкова атака»);
- метод «Делфі»;
- матричний метод.

Ця група методів ґрунтується на тому, що при колективному мисленні, по-перше, вище точність результату, і, по-друге, при обробці індивідуальних незалежних оцінок, що виносяться експертами, щонайменше можуть виникнути продуктивні ідеї.

До групи формалізованих методів входять дві підгрупи: екстраполяція і моделювання. До першої підгрупи відносяться метод найменших квадратів, експоненціального згладжування та ковзних середніх. До другої - структурні, сіткове та матричне моделювання, імітаційне моделювання [43].

Особливе місце в класифікації методів економічного прогнозування займають так звані комбіновані методи, які об'єднують різні інші методи. Наприклад, колективні експертні оцінки і методи моделювання або статистичні та опитування експертів.

При класифікації методів прогнозування необхідно мати на увазі, що змістовна систематизація методів прогнозування повинна визначатися самим об'єктом прогнозування, економічними процесами розвитку і їх закономірностями.

Клас формалізованих методів в залежності від загальних принципів дії можна поділити на групи екстраполяційних, системно-структурних, асоціативних методів і методів випереджаючої інформації.

До групи методів прогнозної екстраполяції можна включити методи найменших квадратів, експоненціального згладжування, імовірнісного моделювання та адаптивного згладжування.

До групи системно-структурних методів можна віднести методи функціонально-ієрархічного моделювання, морфологічного аналізу, матричного, сіткового моделювання, структурної аналогії. Асоціативні методи можна розділити на методи імітаційного моделювання та історико-логічного аналізу.

До групи методів випереджаючої інформації можна включити методи аналізу потоків публікацій, оцінки значущості винаходів і аналізу патентної інформації.

У виборі методів прогнозування важливим показником є глибина попередження прогнозу. При цьому необхідно не тільки знати абсолютну величину цього показника, але і віднести його до тривалості еволюційного циклу розвитку об'єкта прогнозування [44].

Для цього можна використовувати безрозмірний показник глибини (дальності) прогнозування (τ)

$$\tau = \frac{\Delta t}{t},$$

де Δt - абсолютний час попередження, t - величина еволюційного циклу об'єкту прогнозування.

2.2 Огляд статистичних методів прогнозування часових рядів

Аналіз часового ряду - це метод аналізу даних, заснований на побудові регресії, метою якого є встановлення причинних зв'язків за допомогою впорядкування даних.

На відміну від аналізу випадкових вибірок, аналіз часових рядів ґрунтується на припущенні, що послідовні значення у файлі даних спостерігаються через рівні проміжки часу, тоді як в інших методах не важлива і часто не цікава прив'язка спостережень до часу.

Часові ряди описують надзвичайно широке коло явищ, наприклад, як часовий ряд можна розглядати курс акцій, сонячну активність, загальний рівень захворюваності і так далі.

Економічні показники на різному рівні також можна розглядати як тимчасові ряди, намагаючись знайти в них закономірності, приховані періодичності, прогнозувати моменти появи піків.

Існують дві основні мети аналізу часових рядів:

- 1) визначення природи ряду;
- 2) прогнозування, тобто передбачення майбутніх значень часового ряду по теперішнім і минулим значенням.

Обидві ці цілі вимагають, щоб модель ряду була визначена і формально описана. Як тільки модель визначена, можна з її допомогою інтерпретувати отримані дані (наприклад, використовувати для розуміння сезонні зміни цін

на товари). Потім можна прогнозувати ряд на основі знайденої моделі, тобто передбачити його майбутні значення.

Основні характеристики і компоненти часового ряду

Особливістю аналізу часових рядів є залежність даних, причому характер цієї залежності може визначатися положенням спостережень в послідовність.

Основні цілі аналізу:

- прогнозування, на основі знання минулого;
- стислий опис характерних особливостей ряду;
- управління процесом, що породжує ряд.

В теорії часових рядів розроблено різні методи дослідження і аналізу: кореляційний і спектральний аналізи, методи згладжування і фільтрації, моделі авторегресії і ковзної середньої.

В аналізі часового ряду, як і в більшості статистичних методів, передбачається, що вихідні дані містять детерміновану і випадкову складові. У загальному випадку детермінована складова може бути представлена у вигляді комбінації наступних компонент:

- тренда, що визначає головну тенденцію часового ряду;
- більш-менш регулярних коливань відносного тренда - цикла;
- періодичних коливань.

Тренд є загальна систематична лінійна або нелінійна компонента, яка може змінюватися в часі.

Сезонна складова - це періодично повторювана компонента

Обидва ці виду регулярних компонент часто присутні в ряді одночасно.

Часовий ряд може бути представлений різними математичними моделями.

Нехай $x(t)$ - тренд, $W(t), s(t), e(t)$ - відповідно циклічна, сезонна і випадкова залишкова складові.

Аддитивна модель записується у вигляді:

$$y(t) = x(t) + W(t) + s(t) + e(t).$$

Мультиплікативна модель має вигляд:

$$y(t) = x(t)W(t)s(t)e(t),$$

і при переході до логарифма зводиться до адитивної моделі.

Якщо припустити, що сезонна складова Ct пропорційна сумі тренда і циклічної складової

$$x(t) + Wt, st = (x(t) + W(t)) C(t),$$

то часовий ряд буде представлений у вигляді змішаної моделі:

$$y(t) = (x(t) + W(t)) (1 + C(t)) + e(t).$$

З математичної точки зору часовий ряд є реалізацією випадкового процесу з дискретним цілочисельним параметром t .

Експоненціальне згладжування і прогнозування дозволяє згладити спостережуваний ряд, виділити з нього шум і спрогнозувати наступне значення.

Декомпозиція дозволяє проаналізувати адитивні моделі часових рядів.

Регресійні моделі для двох часових рядів дозволяють побудувати регресію одного ряду на інший.

Це важливо, наприклад, в тому випадку, коли необхідно передбачити значення залежного ряду на основі вимірів зі зміщенням незалежного ряду, як це часто буває в економіці, де одні вимірювання випереджають інші.

Основні завдання аналізу часових рядів складаються у виявленні і наданні аналітичного виразу компонентам $W(t), s(t), e(t)$ та оцінюванні параметрів відповідних функцій, а також оцінці випадкової складової. За

результатами цього аналізу необхідно спрогнозувати значення аналізованого показника, знаючи його минулі і теперішні значення.

Нехай модель процесу $\tilde{x}_t = f(t)$.

Прогноз (передбачення, пророкування) – це ймовірнісне судження про майбутній стан об'єкта дослідження:

$$\tilde{x}_{t+\tau} = f(t + \tau).$$

Період упередження прогнозу τ - проміжок часу, на який розробляється прогноз.

Прогнозний горизонт τ_{max} - максимально можливий період упередження прогнозу заданої точності.

Точність прогнозу - оцінка довірчого інтервалу прогнозу (x_1, x_2) для заданої ймовірності p його здійснення.

Достовірність прогнозу - оцінка ймовірності здійснення прогнозу для заданого довірчого інтервалу:

$$p = P(x_1 < f(t + \tau) < x_2).$$

Помилка прогнозу – апостеріорна величина відхилення прогнозу від дійсного стану об'єкта.

Наприклад, середня абсолютна помилка прогнозу (Mean Absolute Percentage Error - *MAPE*):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{x_t - \tilde{x}_t}{x_t} \right| \cdot 100\%,$$

де \tilde{x}_t - прогнозоване значення моделлю.

Показник $MAPE$, як правило, використовується для порівняння точності прогнозів різнорідних об'єктів прогнозування, оскільки він характеризує відносну точність прогнозу.

Для прогнозів високої точності $MAPE < 10\%$,

хорошої - $10\% < MAPE < 20\%$,

задовільною - $20\% < MAPE < 50\%$,

незадовільною - $MAPE > 50\%$.

Доцільно пропускати значення ряду, для яких $x_t = 0$.

Інший критерій оцінки помилки прогнозування - середній квадрат помилки (Mean Square Error - MSE):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (x_t - \tilde{x}_t)^2.$$

Найчастіше MSE використовується при виборі оптимального методу прогнозування. У більшості пакетів програм з прогнозування саме цей показник приймається як критерій при оптимальному виборі параметрів моделей.

Згладжування простої ковзної середньої

При аналізі часових рядів можуть застосовуватися різні методи згладжування [37].

У методі ковзної середньої від початкових значень ряду x_t переходять до середніх значень x_{ct} на деякому інтервалі часу m (непарне), обране заздалегідь:

$$x_{ct} = \frac{1}{m} \sum_{i=t-\frac{m-1}{2}}^{t+\frac{m-1}{2}} x_i.$$

Інтервал «ковзає» вздовж ряду; згладжування відбувається за рахунок того, що розсіювання (дисперсія) середніх значень в m разів менше, ніж дисперсія вихідних даних.

Цей метод корисний при наявності сезонних коливань. Це найбільш простий метод згладжування.

Визначається кількість спостережень, що входять в інтервал згладжування (вікно). При цьому якщо необхідно згладити невеликі коливання, то інтервал згладжування беруть великим, і, навпаки, інтервал зменшують, коли потрібно зберегти більш дрібні коливання.

Як правило, приймають непарне значення: 3,5,7,11.

Процедура згладжування приводить до повного усунення періодичних коливань в часі ряду, якщо довжина інтервалу згладжування береться рівною або кратною циклу, періоду коливань.

При парному числі рівнів прийнято перше і останнє спостереження на активній ділянці брати з половинними вагами [37].

Тоді для згладжування сезонних коливань при роботі з тимчасовими рядами квартальної або місячної динаміки можна використовувати такі ковзні середні (для квартальної та місячної динаміки відповідно):

$$x_{ct} = \frac{\frac{1}{2}x_{t-2} + x_{t-1} + x_t + x_{t+1} + \frac{1}{2}x_{t+2}}{4},$$

$$x_{ct} = \frac{\frac{1}{2}x_{t-6} + x_{t-5} + \dots + x_t + \dots + x_{t+5} + \frac{1}{2}x_{t+6}}{12}.$$

Згладжування зваженої ковзної середньої

Якщо процес носить нелінійний характер, то застосування методу простий ковзної середньої може привести до значних спотворень, більш надійним є використання методу зваженої ковзної середньої:

- згладжування всередині інтервалу проводиться не по прямій, а по кривій більш високого порядку;

- підсумовування членів ряду, що входять в інтервал згладжування, проводиться з певними вагами, розрахованими за методом найменших квадратів.

Часовий ряд – це статистичні дані про значення довільних параметрів (в найпростішому випадку одного) досліджуваного процесу за певні проміжки часу чи на певний момент часу [36].

В інших джерелах часовим рядом називають послідовність значень статистичного показника (ознаки), впорядковану у хронологічному порядку.

Виявлення структури часового ряду необхідно для того, щоб побудувати математичну модель того явища, яке є джерелом часового ряду, що аналізується [36].

Прогноз майбутніх значень часового ряду використовується для ефективного прийняття рішень та може бути застосований у багатьох галузях, наприклад: кліматологія, океанологія, геофізика, техніка, обробка зображень, медицина, економетрія та багато інших [36].

Вхідні дані представлені у вигляді числового ряду, як таблиця значень від певної функції від часу $f(t) = x$, де t час, x показник.

У якості $f(t)$ може виступати як ціна певного суб'єкту ринку на певний момент часу, так і певний фінансовий індикатор чи інші чинники інвестування.

При дослідженні часових рядів застосовують такі основні методи:

- 1) кореляційний аналіз, який дає змогу виявляти істотні періодичні залежності та їх лаги (затримки) всередині певного процесу (автокореляція) або між декількома процесами (кроскореляція);
- 2) спектральний аналіз, що застосовують для визначення періодичних та квазіперіодичних компонент часового ряду;
- 3) методи згладжування та фільтрації, призначені для перетворення часових рядів з метою видалення з них високочастотних та сезонних коливань;
- 4) методи авторегресії та ковзних середніх, які використовують для опису і прогнозування процесів, що здійснюють випадкові коливання навколо

певного середнього значення;

5) методи прогнозування, що дають можливість на основі обраної моделі часового ряду оцінювати його найбільш імовірні значення в майбутньому.

Залежно від характеру часового параметра розрізняють моментні та інтервальні часові ряди. У моментних рядах рівні характеризують значення показника станом на певний момент часу. Їм відповідають змінні типу запасу (stock variables).

Зокрема, моментними є ряди цін на різноманітні товари станом на певні моменти часу, курсів валют, кількості населення, маси об'єкта, тощо.

В інтервальних рядах рівні характеризують значення показника за певні періоди (інтервали) часу. Їм відповідають змінні типу потоку (flow variables). Прикладами є ряди динаміки виробництва продукції (річного, квартального, місячного, добового), міграції населення, прибутку підприємства, валового національного доходу, тощо.

Часовий ряд, сформований із перших різниць рівнів моментного ряду, є інтервальним. Часовий ряд, рівні якого отримані підсумовуванням наростаючим підсумком всіх рівнів інтервального ряду, починаючи з певного визначеного рівня, є моментним.

Співвідношення між моментними та інтервальними часовими рядами аналогічно співвідношенню між функціями та їх похідними. Розрізняють повні й неповні часові ряди. У неповних часових рядів відсутні рівні, що відповідають певним моментам часу.

Часовий ряд правильно відображає об'єктивний закон зміни економічного показника, коли рівні цього ряду є порівнянними, однорідними, сталими та мають достатню сукупність спостережень. Невиконання однієї із цих умов робить некоректним застосування математичного апарату для аналізу часового ряду. Порівнянність означає, що рівні часових рядів повинні мати однакові одиниці вимірювання, однакову періодичність обліку окремих спостережень, однаковий ступінь агрегування, обчислюватися за тією самою

методикою [37].

В економіці й соціології найпоширенішими є такі причини непорівнянності [37]:

- за територією, внаслідок зміни кордонів регіону, за яким збирають статистичні дані;

- за колом охоплення об'єктів і підпорядкуванням або формою власності. Наприклад, унаслідок переходу частини підприємств конкретного об'єднання до іншого;

- за часовим періодом, коли дані кількох років наведено за станом на різні дати, або місяці мають різну тривалість, на порівнянність економічних і соціологічних даних впливають свята;

- через розбіжність у структурі одиниць сукупності, для якої їх обчислено. Наприклад, дані стосовно кількості населення залежать не лише від зміни кількості народжених і померлих, а й від зміни вікового складу населення впродовж періоду спостереження;

- за вартісними показниками. Навіть у тих випадках, коли значення цих показників фіксуються в незмінних цінах, їх часто важко зіставити.

Існують й інші причини. Непорівнянність часових рядів неможливо усунути лише формальними методами, тому на неї зважають у процесі змістовного тлумачення рядів спостережень і результатів їхнього статистичного аналізу [37].

Однорідність означає відсутність нетипових, аномальних спостережень, а також викривлень тенденції. Під аномальним рівнем розуміють окреме значення рівня часового ряду, яке не відповідає потенційним можливостям економічної системи, що вивчається, і яке, залишаючись рівнем ряду, чинить суттєвий вплив на значення основних характеристик часового ряду.

Формально аномальність виявляється як несподіваний стрибок (або спад) із подальшим поступовим встановленням попереднього рівня.

Аномальність призводить до зміщення оцінок і, отже, до спотворення результатів аналізу. Причинами аномальних спостережень можуть бути

помилки технічного порядку, або помилки першого роду: агрегування та дезагрегування показників, під час передання інформації та з інших технічних причин. Помилки першого роду слід виявляти й виправляти.

Крім того, аномальні рівні в часових рядах можуть виникати через помилки другого роду: значення відображають об'єктивний розвиток процесу, але істотно відхиляються від загальної тенденції розвитку процесу; значення, що виникають через зміну методики обчислення, тощо [37].

Ці помилки трапляються епізодично, тобто дуже рідко, і не підлягають усуненню. Для виявлення аномальних рівнів часових рядів використовують методи, призначені для статистичних сукупностей (метод Ірвіна тощо).

Декомпозиція часового ряду

Реальні часові ряди в економіці, як правило, є динамічно нестабільними, отже – не стаціонарними, і поняття стаціонарності процесу часто є лише зручною абстракцією для застосування статистичних методів. Кожен рівень часового ряду формується під впливом великої кількості чинників, які відображають закономірність і випадковість його формування.

Завдання розкладення часового ряду полягає в аналізі чинників, що впливають на значення його рівнів, у вирізненні серед них головних і другорядних (випадкових), а потім серед головних – еволюційних та періодичних (сезонних тощо). Еволюційні чинники визначають загальний напрям розвитку економічного показника, провідну його тенденцію. Тенденція – це не випадкова складова часового ряду, яка змінюється повільно, і описується за допомогою певної функції, залежної від часу, яку називають функцією тренду або просто трендом. Тренд відображає вплив на економічний показник деяких постійних чинників, дія яких акумулюється в часі. У широкому сенсі під трендом розуміють будь-який упорядкований процес, що відрізняється від випадкового, тобто функцію. Іноді під трендом розуміють також зміщення у часі математичного сподівання [37].

Серед чинників, що визначають регулярні коливання ряду, розрізняють такі:

– сезонні, що відповідають коливанням, які мають періодичний або близький до нього характер упродовж одного року. Наприклад, ціни на сільгосппродукцію взимку вищі, ніж улітку; рівень безробіття в курортних містах у зимовий період зростає відносно до літнього. Сезонні чинники можуть охоплювати причини, пов'язані з діяльністю людини (свята, відпустки, релігійні традиції тощо). Так, у ряду щомісячних даних слід очікувати наявності сезонних коливань із періодом 12, у квартальних рядах - із періодом 4.

– .. циклічні (кон'юнктурні) коливання схожі на сезонні, але виявляються на триваліших інтервалах часу. Циклічні коливання пояснюються дією довготермінових циклів економічної, демографічної або астрофізичної природи. Наприклад, за багаторічними спостереженнями активність сонця має циклічність у 10,5 – 11 років, причому сплески сонячної радіації впливають на врожайність зернових культур, репродуктивну властивість тварин тощо. Отже динаміка показника містить характерні зміни, що повторюються з однаковою циклічністю.

Тренд, сезонна й циклічна компоненти не є випадковими, тому їх називають систематичними компонентами часового ряду.

Випадкові чинники не підлягають вимірюванню, але неминуче супроводжують будь-який економічний процес і визначають стохастичний характер його елементів. До випадкових чинників можна віднести помилки вимірювання, випадкові збурення тощо.

Деякі часові ряди, наприклад стаціонарні, не мають тенденції та сезонної складової, кожен наступний рівень їх утворюється як сума середнього рівня ряду і випадкової (додатної або від'ємної) компоненти

Результат впливу випадкових чинників обчислюють як залишок або похибку, що залишається після вилучення з часового ряду систематичних компонент. Варто зауважити, що це не означає, що така складова не підлягає подальшому аналізу, оскільки містить лише хаос.

Авторегресійна модель (AR)

Авторегресійна модель, autoregressive model (AR) – модель часових рядів, в якій значення часового ряду в даний момент лінійно залежать від попередніх значень цього ж ряду.

Авторегресійний процес порядку p визначається наступним чином:

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

де a_1, \dots, a_p – параметри моделі (коефіцієнти авторегресії);

c – константа;

ε_t – білий шум.

Білим шумом (white noise) називають часові ряди, рівні яких мають середню, що дорівнює нулю, сталу дисперсію та нульову коваріацію послідовних спостережень, тобто нульову автокореляцію.

Наведене визначення білого шуму характеризує його як стаціонарний ряд, хоча стаціонарний ряд необов'язково буде білим шумом, оскільки може мати середню або коваріацію, відмінні від нуля.

Найкращим передбаченням або прогнозом білого шуму є його нульове середнє значення.

Білий шум відіграє важливу роль в аналізі часових рядів. На практиці білий шум трапляється не надто часто, але він утворює складніші процеси. Прикладом цього є процес випадкового блукання.

Випадкове блукання (random walk), яке іноді називають броунівським рухом - це такий стохастичний процес, де зміна рівня ряду, скажімо, рівня інфляції, досягається додаванням до нього випадкової змінної t із постійною дисперсією та середнім, що дорівнює нулю.

Випадкове блукання задається так:

$$y_t = y_{t-1} + \varepsilon_t$$

де ε_t – білий шум.

Цей процес можна розглядати як авторегресію із коефіцієнтом 1. Зазначимо, що лише ε_t має нульову середню та постійну дисперсію.

Моделі експоненціального згладжування

Моделі експоненціального згладжування побудовані на ідеї про формування прогнозу шляхом обчислення середньозваженого значення результатів попередніх спостережень з експоненціальним зменшенням ваги попередніх спостережень в міру надходження нових даних.

Таким чином, останні значення (або спостереження) матимуть більший вплив на прогноз, ніж раніше отримані. Даний тип моделей являє собою фільтр, на вхід якого поступово надходять значення, а на виході формується прогнозне значення на основі експоненційної середньої.

Моделі даного класу здатні створювати швидкі достовірні прогнози для широкого класу ТР.

Поряд з авторегресійною моделлю експоненціальне згладжування є найбільш часто використовуваними для прогнозування тенденцій зміни ТР.

Залежно від характеристик досліджуваного процесу (наявність тренда, сезонної складової тощо) застосовується одна з різновидів експоненційної моделі, найбільш вдала для даного конкретного випадку.

Просте експоненціальне згладжування (модель Брауна) може бути застосоване для короткострокових прогнозів часового ряду і здійснюється по рекурентній формулою:

$$Y_i = \alpha x_i + (1 - \alpha)Y_{i-1} = \alpha \sum_{n=0}^{i-1} (1 - \alpha)^n x_{i-n} + (1 - \alpha)^i Y_0,$$

де параметр $\alpha \in (0,1)$, чим він менший, тим більшою мірою фільтруються коливання вихідного часового ряду;

Y_0 - початкове значення (арифметична середня всіх наявних даних або якихось їх частин).

Недоліком даної моделі є те, що вона не враховує тренд (довгострокову тенденцію динаміки показника) і сезонні зміни.

З метою усунення недоліку, пов'язаного з відсутністю обліку лінійного тренда, була розроблена модель Хольта. Вона включає в себе рівняння прогнозу і два «згладжуючих» рівняння (одне - для рівня, а інше – для тренда):

$$Y_{i+h} = a_i + hb_i$$

$$a_i = \alpha_i Y_i + (1 - \alpha_i)(a_{i-1} - b_{i-1})$$

$$b_i = \alpha_2(a_i - a_{i-1}) + (1 - \alpha_2)b_{i-1}$$

тут h - інтервал часу для прогнозування;

a_i - прогноз, «очищений» від тренда (рівня);

b_i - параметр лінійного тренда;

$\alpha_1, \alpha_2 \in (0,1)$ – коефіцієнти, що визначають чутливість моделі.

Розвитком викладеного підходу стала модель з мультиплікативним експоненціальним трендом і урахуванням сезонності, що отримала назву модель Хольта - Уінтерса.

Вона включає в себе рівняння прогнозу і три рівняння, що відносяться до згладжування: a_i - для рівня, для тренда b_i і для сезонної складової - s_i із «згладжуючими» параметрами α, β і γ :

$$Y_{i+h} = a_i + hb_i + s_{i-m+h_m},$$

$$a_i = \alpha(Y_i - s_{i-m}) + (1 - \alpha)(a_{i-1} + b_{i-1}),$$

$$b_i = \beta^*(a_i - a_{i-1}) + (1 - \beta)b_{i-1},$$

$$s_i = \gamma(Y_i - a_i - b_{i-1}) + (1 - \gamma)s_{i-m},$$

де m - період сезонності.

Параметри α, β і γ знаходяться експериментальним шляхом.

До переваг моделей експоненціального згладжування слід віднести їх придатність для довгострокового прогнозування, а також простоту їх аналізу та модифікування. Недоліком даного класу моделей є їх обмежена гнучкість.

Незважаючи на те, що в розпорядженні дослідників і практиків знаходиться велика кількість методів прогнозування ТР, на сьогоднішній день немає універсального підходу, що дозволяє однозначно визначити найкращий метод стосовно об'єктів конкретної предметної області.

Нерідко доводиться здійснювати експериментальну порівняльну оцінку ефективності різних алгоритмів на базі наявного масиву вихідних даних. Швидкодія експоненційних моделей дозволяє застосовувати їх для оперативного прогнозування ТР навіть при наявності великих обсягів вихідних даних.

2.3 Огляд методів прогнозування нелінійної динаміки

У нелінійних моделях, як випливає з назви підгрупи, залежність прогнозних значень від минулих спостережень має нелінійний характер і задається у вигляді структури і правил переходу по ній.

До даної підгрупи моделей відносяться:

- нейромережеві моделі;
- моделі на базі опорних векторів (SVM);
- моделі на базі ланцюгів Маркова;
- моделі на базі дерев.

В основі прогнозування методами нелінійної динаміки лежить теорія хаосу. Термін «теорія хаосу» визначається як вчення про складні нелінійних динамічних системи [38].

Під терміном «нелінійні» іноді розуміється рекурсія і математичні алгоритми, а під терміном «динамічні» - непостійні, мінливі в часі

У хаосі є порядок: в основі випадковості лежить якась геометрична структура. Хаос накладає принципові обмеження на можливість прогнозування, але в той же час передбачає причинні зв'язку там, де раніше їх ніхто не підозрював. Уявний парадокс полягає в тому, що хаос детермінований

певними правилами, які самі по собі не включають ніяких елементів випадковості.

В принципі, майбутнє повністю визначено минулим, однак на практиці малі невизначеності ростуть і тому поведінка, яка допускає короткостроковий прогноз, непередбачувана на довгий термін. Таким чином, в хаосі є порядок: в основі хаотичного поведінки лежать витончені геометричні структури, які створюють випадковість таким же чином.

Поняття хаосу відноситься до теорії динамічних систем.

Динамічна система складається з двох частин: поняття стану (суттєвої інформації про систему) і динаміки (правила, що описує еволюцію системи в часі).

Еволюцію можна спостерігати в просторі станів, або фазовому просторі, - абстрактному просторі, в якому координатами служать компоненти стану. При це координати вибираються в залежності від контексту.

Фазовий простір дає потужний засіб для вивчення хаотичних систем, так як він дозволяє представити їх поведінку в геометричній формі. Атрактор відповідає стадії поведінці системи - тієї, до якої вона прагне з плином часу.

Одна і та ж система може мати кілька атракторів.

Якщо це так, то різні початкові умови можуть привести до різних атракторів. Безліч точок, що призводять до деякого атрактору, називається його областю тяжіння [39].

Мікроскопічні обурення накопичуються і впливають на макроскопічну поведінку. При спостереженні фізичної системи через появу неминучих помилок вимірювання не можна точно задати її стан. одному стану відповідає не крапка, а мала область в фазовому просторі граничні розміри області встановлюють співвідношення невизначеностей, але, на справді, різного роду шуми погіршують точність вимірювань і сприяють появі більш помітних помилок.

Локалізація системи в малій області фазового простору, досягнута шляхом вимірювання, дає певну кількість інформації про цій системі. Чим

точніше проведено вимірювання, тим більше знає спостерігач про стан системи.

І навпаки, чим більше область, тим менше впевненості у спостерігача. Оскільки в не хаотично системі близько розташовані точки залишаються близькими в процесі еволюції, частина інформації, отриманої виміром, зберігається в часі.

Саме в цьому сенсі такі системи передбачувані: початковий вимір містить інформацію, якою можна скористатися для прогнозу майбутнього поведінки. Інакше кажучи, передбачувані динамічні системи не особливо чутливі до помилок вимірювання [40].

Методика, якій Такенс дав математичне обґрунтування, дозволяє відтворити («реконструювати») фазовий простір і шукати хаотичні атрактори. Її основна ідея полягає в тому, що еволюція всякої окремої компоненти системи визначається іншими компонентами, з якими вона взаємодіє.

Таким чином, інформація про такі компоненти неявно міститься в «історії» окремої частини. Щоб відтворити «еквівалентний» фазовий простір, ми беремо просто одну компоненту і звертаємося з вимірним значенням при фіксованих запізненнях (наприклад, секунду назад, дві секунди тому і т. д) так, як ніби це нові розмірності.

Ці значення, що «запізнилися» можна розглядати як нові координати, які визначають точку в багатовимірному фазовому просторі. Повторюючи процедуру з іншими інтервалами запізнювання, отримуємо багато таких точок. Потім іншими прийомами можна перевірити, лежать або не лежать ці точки на атрактор. Хоча таке уявлення в багато в чому довільне, виявилось, що воно зберігає багато важливих властивостей атрактора, які, як з'ясувалося, не залежать від деталей реконструкції [41].

Нейронні мережі увійшли в практику всюди [38-49], де потрібно вирішувати завдання прогнозування, класифікації або управління. Цей успіх визначається декількома причинами.

Великі можливості. Нейронні мережі дозволяють відтворювати складні залежності. Крім того, нейронні мережі справляються з "прокляттям розмірності", яке не дозволяє моделювати лінійні залежності в разі великого числа змінних.

Простота у використанні. Нейронні мережі навчаються на прикладах. Користувач нейронної мережі підбирає дані, запускає алгоритм навчання, який автоматично сприймає структуру даних. Від користувача потрібен набір знань про те, як слід відбирати і готувати дані, вибирати потрібну архітектуру мережі та інтерпретувати результати, проте рівень знань, необхідний для успішного застосування нейронних мереж, набагато скромніше, ніж, наприклад, при використанні традиційних методів статистики.

Нейронні мережі засновані на примітивній біологічній моделі нервових систем. Аксони клітини з'єднуються з дендритами інших клітин за допомогою синапсів. При активації нейрон посилає електрохімічний сигнал по своєму аксону. Через синапси цей сигнал досягає інших нейронів, які можуть в свою чергу активуватися. Нейрон активується тоді, коли сумарний рівень сигналів, які прийшли в його ядро з дендритів, перевищить певний рівень (поріг активації).

Інтенсивність сигналу, одержуваного нейроном, сильно залежить від активності синапсів. Кожен синапс має протяжність, і спеціальні хімічні речовини передають сигнал вздовж нього. Один з найавторитетніших дослідників нейросистем, Дональд Хебб, висловив постулат, що навчання полягає в першу чергу в змінах "сили" синаптичних зв'язків [43].

Розглянемо приклади застосування нейронних мереж.

Клас задач, які можна вирішити за допомогою нейронної мережі, визначається тим, як мережа працює і тим, як вона навчається. При роботі нейронна мережа приймає значення вхідних змінних і видає значення вихідних змінних [44].

Як правило, нейронна мережа використовується тоді, коли невідомий точний вид зв'язків між входами і виходами. Інша суттєва особливість

нейронних мереж полягає в тому, що залежність між входом і виходом знаходиться в процесі навчання мережі.

Для навчання нейронних мереж застосовуються алгоритми двох типів (різні типи мереж використовують різні типи навчання): кероване ("навчання з учителем") і не кероване ("без вчителя") [44].

Для керованого навчання мережі користувач повинен підготувати набір навчальних даних. Ці дані представляють собою приклади вхідних даних і відповідних їм виходів. Мережа навчається встановлювати зв'язок між першими і другими.

Потім нейронна мережа навчається за допомогою того чи іншого алгоритму керованого навчання (найбільш відомим з них є метод зворотного поширення, запропонований в роботі Rumelhart et al., 1986), при якому наявні дані використовуються для коригування ваг і порогових значень мережі таким чином, щоб мінімізувати помилку прогнозу на навчальній множині.

Якщо мережа навчена добре, вона набуває здатності моделювати (невідому) функцію, яка б пов'язала значення вхідних і вихідних змінних, і згодом таку мережу можна використовувати для прогнозування в ситуації, коли вихідні значення невідомі [44].

Класифікація нейронних мереж та їх властивості

Нейронні мережі розрізняють за топологічними типами відповідно до структури зв'язків між нейронами мережі, а також за типом використаних формальних нейронів.

ШНМ можуть розглядатися як спрямований граф зі зваженими зв'язками, у якому штучні нейрони є вузлами.

По архітектурі зв'язків ШНМ можуть бути згруповані в два класи (рис. 2.3): мережі прямого поширення, у яких графи не мають петель, і рекурентні мережі, або мережі зі зворотними зв'язками [44].

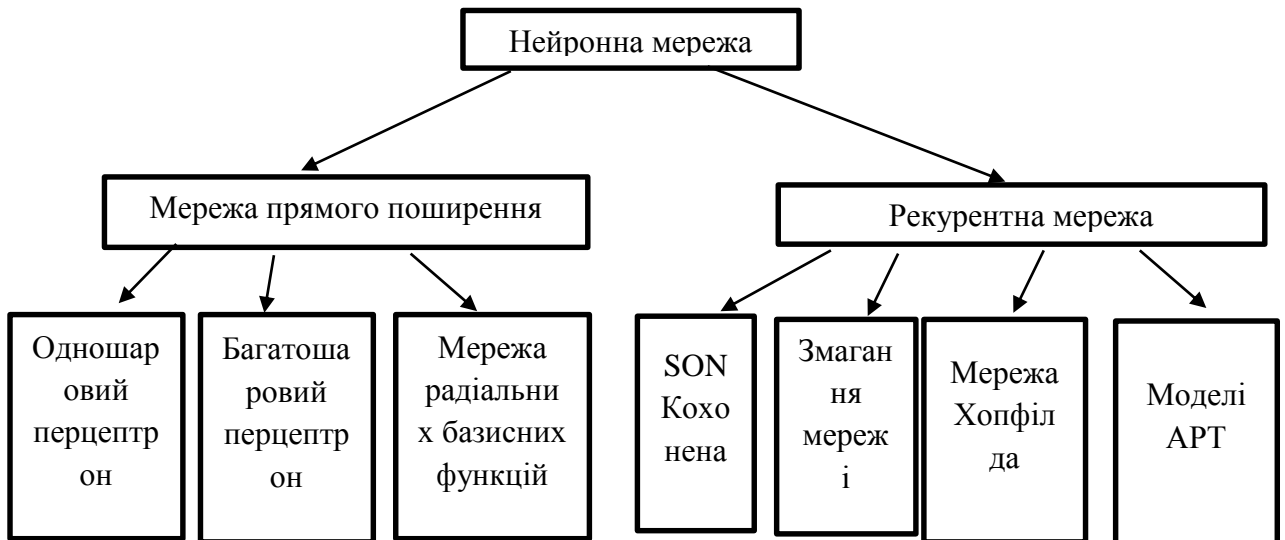


Рисунок 2.3. Класифікація нейронних мереж

Розглянемо більш детально, як здійснюється *збір даних для нейронної мережі*.

Якщо завдання буде вирішуватися за допомогою нейронної мережі, то необхідно зібрати дані для навчання. Навчальний набір даних являє собою набір спостережень, для яких вказані значення вхідних і вихідних змінних. Перше питання, яке потрібно вирішити, - які змінні використовувати і скільки (і яких) спостережень зібрати [45].

Нейронні мережі можуть працювати з числовими даними, що лежать в певному обмеженому діапазоні. Це створює проблеми у випадках, коли дані мають нестандартний масштаб, коли в них є пропущені значення, і коли дані є нечисловими. Числові дані масштабуються в відповідний для мережі діапазон, а пропущені значення можна замінити на середнє значення (або на іншу статистику) цієї змінної по всім наявних навчальних [44].

Питання про те, скільки спостережень потрібно мати для навчання мережі, часто виявляється непростим. Відомий ряд евристичних правил, що погоджує число необхідних спостережень з розмірами мережі (найпростіше з них говорить, що число спостережень має бути в десять разів більше числа зв'язків в мережі). Насправді це число залежить також від (заздалегідь невідомої) складності того відображення, яке нейронна мережа прагне

відтворити. З ростом кількості змінних кількість необхідних спостережень зростає нелінійно, так що вже при досить невеликому (наприклад, п'ятдесят) числі змінних може знадобитися величезне число спостережень. Ця трудність відома як "прокляття розмірності" [45].

Важливим поняттям для усвідомлення процесу роботи нейронної мережі відіграє поняття «багатошаровий перцептрон» (MLP)- архітектура мережі, яка використовується зараз найбільш часто [46]. Вона була запропонована в роботі Rumelhart, McClelland (1986) і детально обговорюється майже у всіх підручниках по нейронних мережах. Кожен елемент мережі будує зважену суму своїх входів з поправкою у вигляді доданка і потім пропускає цю величину активації через передавальну функцію, і таким чином виходить вихідне значення цього елемента. Елементи організовані в пошарову топологію з прямою передачею сигналу. Таку мережу легко можна інтерпретувати як модель вхід-вихід, в якій ваги і порогові значення (зміщення) є вільними параметрами моделі. Така мережа може моделювати функцію практично будь-якого ступеня складності, причому число шарів і число елементів в кожному шарі визначають складність функції. Визначення числа проміжних шарів і числа елементів в них є важливим питанням при конструюванні MLP [47].

Кількість вхідних і вихідних елементів визначається умовами завдання. Сумніви можуть виникнути щодо того, які вхідні значення використовувати, а які ні. В якості початкового наближення можна взяти один проміжний шар, а число елементів в ньому покласти рівним напівсумі числа вхідних і вихідних елементів [47].

Перейдемо до опису процедури *навчання багатошарового перцептрона*.

Після того, як визначено число шарів і число елементів в кожному з них, потрібно знайти значення для ваг і порогів мережі, які б мінімізували помилку прогнозу, що видається мережею. Саме для цього служать алгоритми навчання. З використанням зібраних історичних даних ваги і порогові значення автоматично коригуються з метою мінімізувати цю помилку. По суті цей процес являє собою підгонку моделі, яка реалізується мережею, до

наявних навчальних даних. Помилка для конкретної конфігурації мережі визначається шляхом прогону через мережу всіх наявних спостережень і порівняння реально видаються вихідних значень з бажаними (цільовими) значеннями. Всі такі різниці підсумовуються в так звану функцію помилок, значення якої і є помилка мережі. В якості опції помилок найчастіше береться сума квадратів помилок, тобто коли всі помилки вихідних елементів для всіх спостережень зводяться в квадрат і потім сумуються. Далі користувачеві видається так звана середньоквадратична помилка (RMS) - описана вище величина нормується на число спостережень і змінних, після чого з неї витягується квадратний корінь - це дуже хороша міра помилки, усереднена по всьому навчальному безлічі і по всьому вихідним елементам.

У традиційному моделюванні можна алгоритмічно визначити конфігурацію моделі, що дає абсолютний мінімум для зазначеної помилки. Ціна, яку доводиться платити за більш широкі (нелінійні) можливості моделювання за допомогою нейронних мереж, полягає в тому, що, коректуючи мережу з метою мінімізувати помилку, ми ніколи не можемо бути впевнені, що не можна домогтися ще меншою помилки [46].

У цих розглядах виявляється дуже корисним поняття поверхні помилок. Кожному з ваг і порогів мережі (тобто вільних параметрів моделі; їх загальне число позначимо через N) відповідає один вимір в багатовимірному просторі. $N + 1$ -е вимір відповідає помилку мережі. Для всіляких поєднань ваг відповідну помилку мережі можна зобразити точкою в $N + 1$ -вимірному просторі, і всі такі точки утворюють там деяку поверхню - поверхню помилок. Мета навчання нейронної мережі полягає в тому, щоб знайти на цій багатовимірної поверхні найнижчу точку [47].

У разі нейронної мережі поверхня помилок має складну будову і має низку неприємних властивостей, зокрема, може мати локальні мінімуми, плоскі ділянки, сідлові точки і довгі вузькі яри .

Аналітичними засобами неможливо визначити положення глобального мінімуму на поверхні помилок, тому навчання нейронної мережі по суті справи полягає в дослідженні поверхні помилок. Відштовхуючись від випадкової початкової конфігурації ваг і порогів (тобто випадково взятої точки на поверхні помилок), алгоритм навчання поступово відшукує глобальний мінімум. Як правило, для цього обчислюється градієнт (нахил) поверхні помилок в даній точці, а потім ця інформація використовується для просування вниз по схилу. Зрештою алгоритм зупиняється в нижній точці, яка може виявитися всього лише локальним мінімумом [47].

РОЗДІЛ 3

ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ ФІНАНСОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ НА РИНКУ ПОРТФЕЛЬНОГО ІНВЕСТУВАННЯ

3.1 Передпрогнозний аналіз динаміки обраних фінансових інструментів

Перед інвестором постає альтернатива: здійснювати самостійний вибір цінних паперів свого портфелю, що супроводжується додатковими витратами, як фінансовими так і витратами часу, чи придбати вже сформований портфель, використовуючи біржові інвестиційні фонди.

Наразі існує велика кількість біржових інвестиційних фондів, що формують портфелі акцій, облігацій як по окремим секторам економіки, так і за регіональними ознаками. Існують навіть інвестиційні фонди на реальні товари.

Одним із найбільших і найвідоміших інвестиційних фондів є SPDR S&P 500 ETF Trust (біржовий тикер SPY). Придбаваючи акції цього фонду інвестор отримує збалансований портфель, що повторює набір акцій і їх пропорції в індексі S&P 500. Структура SPY включає в себе 500 найбільших американських корпорацій. Для того, щоб сформувати аналогічний портфель окремому інвестору знадобиться значно більша сума первинних інвестицій: наприклад, ціна однієї акції SPDR S&P 500 ETF на початок 2020 року становила приблизно 325 дол. США, при тому що одна акція Facebook, що входить до портфелю ETF, становила 200 дол. США, акція Microsoft – 170 дол. США. А ставши власником навіть однієї акції SPY інвестор має можливість прийняти участь в отриманні доходів від руху всього американського фондового ринку. І це не враховуючі значну економію на комісійних і брокерських витратах, що сплачує інвестор за операції з цінними паперами та за їх зберігання.

Сформований портфель SPDR S&P 500 ETF складається з великої кількості «блакитних фішок», і для того, щоб потрапити до індексу S&P 500 компанії повинні відповідати достатньо жорстким вимогам: ринкова капіталізація повинна складати не менше 5 млн. дол. США, а мінімальний обсяг торгів – не менше ніж 250 тис. акцій на місяць. І ці критерії час від часу переглядаються в сторону підвищення вимог.

При утворенні індексу Standard & Poor's у 1957 році до переліку входило 500 компаній: 425 акцій промислового сектора, 60 - енергетичного і 15 - залізничного. Сьогодні до переліку включено 505 компаній, сектора економіки наведені на рис. 3.1 [50] (інформація станом на жовтень 2020 року):



Рисунок 3.1 – Питома вага секторів економіки підприємств, що входять у портфель SPDR S&P 500 ETF Trust

Топ 10 компаній по питомій вазі у портфелі інвестиційного фонду наведено у табл. 3.1 [50].

Таблиця 3.1 – Топ 10 компаній по питомій вазі у портфелі SPDR S&P 500

№	Назва компанії	Сектор економіки
1	Apple Inc.	Інформаційні технології
2	Microsoft Corp	Інформаційні технології
3	Amazon.com Inc	Виробництво дискреційних товарів споживання
4	Facebook Inc	Комунікації, зв'язок
5	Alphabet Inc A	Комунікації, зв'язок
6	Alphabet Inc C	Комунікації, зв'язок
7	Berkshire Hathaway	Фінанси
8	Johnson & Johnson	Медицина
9	Procter & Gamble	Виробництво товарів споживання першої необхідності
10	Nvidia Corp	Інформаційні технології

Керуюча компанія фонду SPDR State Street Global Advisors за рахунок значних обсягів свого портфелю та великої кількості інвесторів, що вкладають гроші в володіння акціями фонду, дотримується стратегії мінімізації комісійних витрат, що вони стягують за керування. Комісійні витрати за управління фондом складають лише 0,0945%.

Другим біржовим інвестиційним фондом, що було обрано для аналізу та прогнозування є VanEck Vectors Gold Miners (біржовий тикер GDX). Інвестиційний портфель цього фонду складається з акцій компаній, що займаються видобутком золота. Базовим є Gold Miners Index, а динаміка акцій біржевого фонду наслідую динаміку золота, однак може і відрізнитися за рахунок того, що золотодобувні компанії найчастіше займаються кількома напрямками видобутку дорогоцінних металів, наприклад сріблом чи платиною. Крім того, перевагою цього ETF є можливість отримання дивідендних доходів, що виключено при торгівлі безпосередньо на ринку золота.

Золото є одним із найдавніших інвестиційних інструментів і в умовах кризи завжди є «тихою гаванню» для вкладень. А при зростанні базового активу динаміка акцій золотодобувних компаній демонструє випереджальне зростання. До того ж біржовий інвестиційний фонд на відміну від свого

базового активу – золота, характеризується високою ліквідністю і значно меншими витратами на управління (0,51%). До того ж придбаваючи акції фонду GDX інвестор отримує високу диверсифікацію портфеля.

Основні характеристики SPDR S&P 500 ETF TRUST та VanEck Vectors Gold Miners наведено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Основні характеристики біржових інвестиційних фондів SPDR S&P 500 ETF TRUST та VanEck Vectors Gold Miners

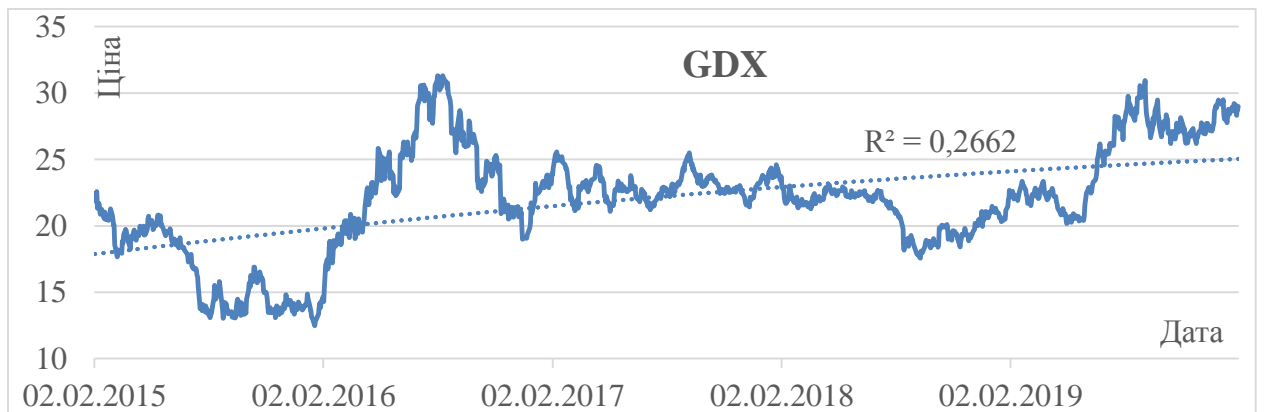
Назва ETF	SPDR S&P 500 ETF TRUST	VanEck Vectors Gold Miners
Тікер	SPY	GDX
Керуюча компанія	SPDR State Street Global Advisors	VanEck
Об'єкт інвестування	акції	акції
Географія інвестування	США	Глобальна
Сектор	глобальний	кольорова металургія
Бенчмарк	S&P 500 Index	Gold Miners Index
Валюта фонду	дол.США	дол.США
Дата заснування	22.01.1993	16.05.2006
Коефіцієнт загальних витрат	0,0945%	0,51%
Ринкова капіталізація станом на початок 2020 року	296,5 млрд. дол. США	8,2 млрд. дол. США

Для аналізу з метою прогнозування обрано два фінансових інструментів: біржовий інвестиційний фонд SPDR S&P 500 ETF TRUST (SPY) та VanEck Vectors Gold Miners (GDX). Період дослідження: останні п'ять років: з 2015 по січень 2020 року. Дані для аналізу отримано з інформаційної платформи для біржової торгівлі investing.com, що входить у трійку найбільших світових фінансових веб-сайтів по версії SimilarWeb и Alexa та налічує більше ніж 21

мільйон користувачів на місяць та більше ніж 180 мільйонів сесій [35].
Графічне представлення динаміки обраних ETF наведено на рис. 3.2.



а)



б)

Рисунок 3.2 – Динаміка біржових інвестиційних фондів за період з 2015 року по січень 2020 року: а) SPDR S&P 500 ETF TRUST (SPY); б) VanEck Vectors Gold Miners ETF (GDX)

Часовий ряд біржового фонду SPDR S&P 500 має явно виражений висхідний тренд: коефіцієнт детермінації і для лінійного ($R^2=0,904$) і для поліноміального тренду другого порядку ($R^2=0,916$) перевищує 0,9. Динаміка ж GDX, навпаки, немає вираженого тренду (найбільший коефіцієнт детермінації для поліноміального тренду складає 0,266), напрям руху постійно змінюється: після стрімких підйомів слідує такі ж стрімкі спади,

хоча на кінець періоду, що досліджується, ціна цього фонду знаходиться на підйомі.

Розглянемо основні статистичні характеристики часових рядів (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Основні статистичні показники часових рядів

Основні статистичні показники	SPY	GDX
Середнє	247,8	21,9
Стандартна помилка	1,0	0,1
Медіана	246,9	22,2
Стандартне відхилення	36,2	4,0
Дисперсія	1 312,2	16,0
Ексцес	-1,2	2,0
Асиметрія	0,1	-0,2
Інтервал	149,1	18,9
Мінімум	182,9	12,5
Максимум	332,0	31,3
Сума	301 788,3	26 714,1
Рахунок	1218	1222
Коефіцієнт осциляції	0,6	0,9
Коефіцієнт варіації	0,15	0,18

Коефіцієнти осциляції та варіації дозволяють порівняти часові ряди між собою і дають уявлення про діапазон значень ряду в порівнянні з середнім значенням. І коефіцієнт осциляції, і коефіцієнт варіації більший у часового ряду GDX, що ще раз показує нестійкий характер динаміки та значний діапазон значень ціни. Показник асиметрії обох рядів наближений до нуля, як при нормальному розподілі. Ексцес SPY має від'ємне значення, а GDX – додатне, тобто в обох випадках це не відповідає ексцесу нормально розподіленої величини. Середнє і медіана практично співпадають для двох рядів, але для більш повного уявлення про відповідність часових рядів законам нормального розподілу випадкової величини проведемо наступні статистичні тести:

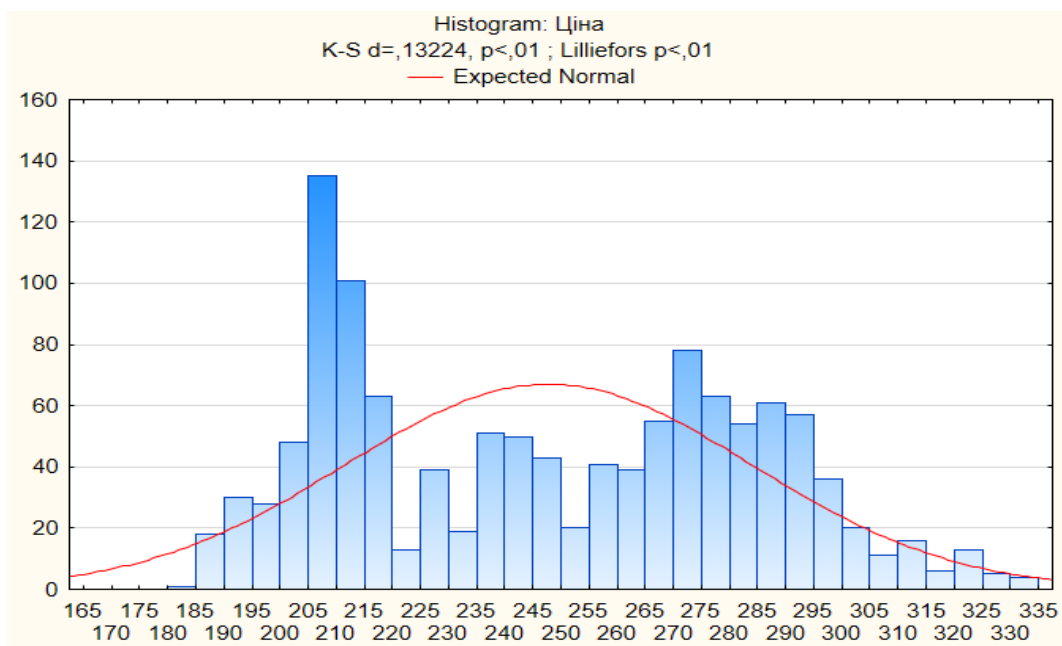
- статистична перевірка рівності середнього та медіани (різниця по модулю між середнім та медіаною не повинно перевищувати трьох стандартних помилок середнього);
- статистична перевірка відповідності асиметрії нулю (порівняння розрахованого значення асиметрії з трьома стандартними помилками асиметрії);
- статистична перевірка відповідності ексцесу нулю (порівняння розрахованого значення ексцесу з трьома стандартними помилками ексцесу);
- тест Колмогорова-Смірнова на нормальний розподіл;
- Шапіро-Вілка тест.

Результати перевірки часових рядів інвестиційних інструментів на закони нормального розподілу наведені у табл. 3.4.

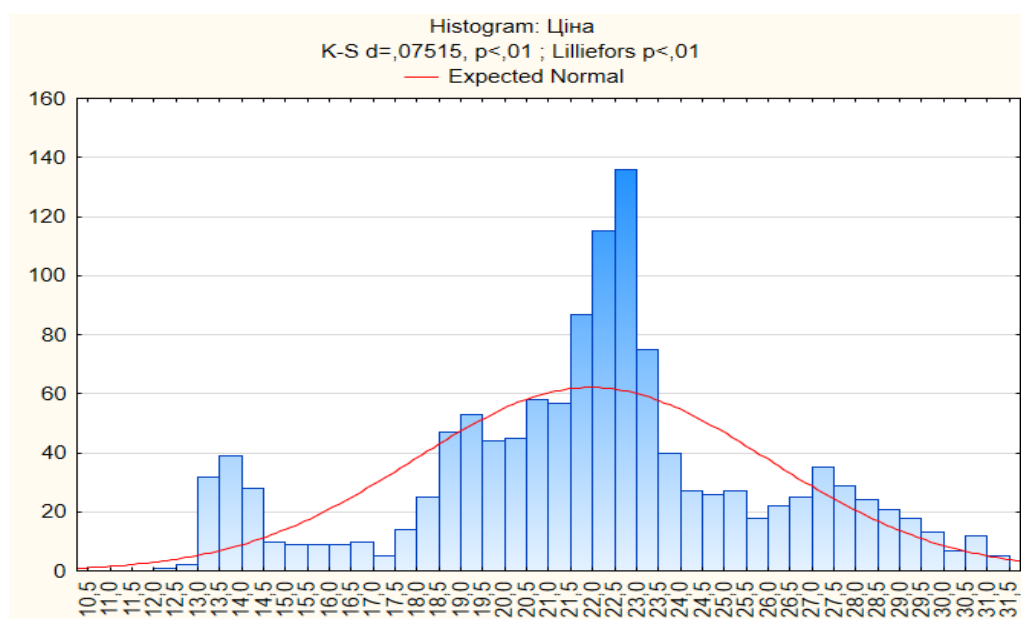
Таблиця 3.4 – Перевірка відповідності часових рядів законам випадково розподіленої величини

№	Критерій нормального розподілу	SPY	GDX
1.	Рівність середнього та медіани	+	-
2.	Відсутність асиметрії	+	+
3.	Перевірка ексцесу	-	-
4.	Тест Колмогорова-Смірнова	-	-
5.	Шапіро-Вілка тест	-	-

Більшість критеріїв часових рядів SPY та GDX не відповідають законам нормального розподілу та не може описуватись та прогнозуватись статистичними методами. Про невідповідність динаміки інвестиційних інструментів випадково розподіленої величині свідчать і гістограми розподілу частот (рис. 3.3). З рисунку видно, що гістограма розподілу частот для часового ряду SPDR S&P 500 має дві «голови» та не відповідає кривій нормального розподілу (червона лінія на графіку). Гістограма розподілу VanEck Vectors Gold Miners має занадто високий ексцес, та «важкі хвости».



a)



б)

Рисунок 3.3 – Гістограма розподілу частот для часового ряду: а) SPDR S&P 500 ETF TRUST (SPY); б) VanEck Vectors Gold Miners ETF (GDX)

Вигляд гістограм розподілу частот часових рядів підтверджує припущення про не випадковий характер динаміки ціни інвестиційних інструментів. Тому дослідимо динаміку ціни біржових інвестиційних фондів

методами нелінійної динаміки, що дозволить виявити наявність прихованих закономірностей структури ряду.

Одним із основних показників, що засвідчує наявність фрактальної нелінійної динаміки часових рядів є показник Херста [41]. Значення показника Херста знаходиться в діапазоні від нуля до одиниці ($H \in [0;1]$). У випадку, коли динаміка часового ряду має випадковий характер та не є передбачуваною, попередні події ніяк не пов'язані з наступними, то показник Херста наближений до 0,5. Чим більше значення показника наближається до одиниці, тим більш персистентним є вивчаємий ряд. Властивість персистентності означає здатність зберігати пам'ять про попередні події та показує зв'язок між сучасним та минулим. При $H=1$ отримуємо повністю детермінований ряд – кожна наступна подія є точно визначена і передбачувана. У випадку коли $H < 0.5$, ряду притаманна властивість антиперсистентності, що означає: зміна напрямку руху буде відбуватись частіше, ніж при випадковому блуканні.

Розрахуємо показники Херста для обраних інвестиційних інструментів, а також перевіримо, як зміниться показник H при перемішуванні значень часових рядів (табл. 3.5).

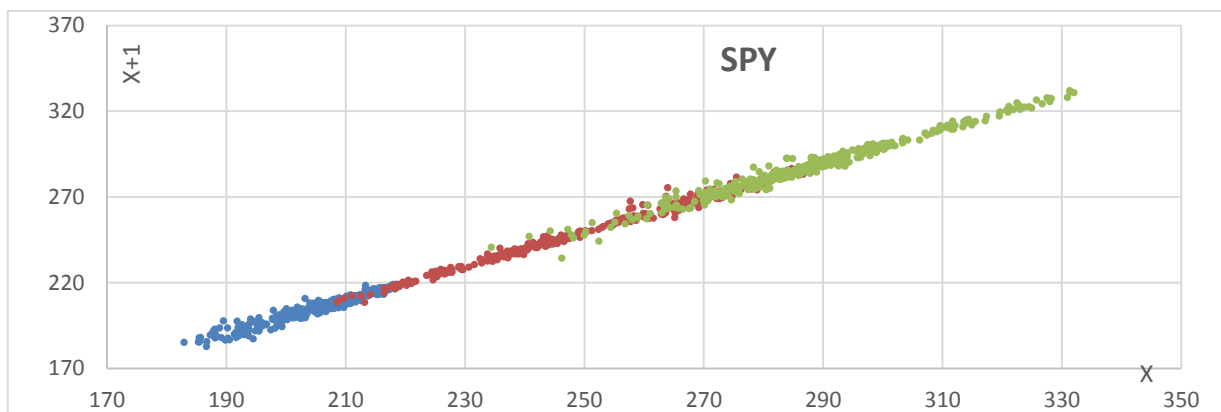
Таблиця 3.5 – Розрахункові значення показника Херста для часових рядів інвестиційних інструментів, а також для перемішаних часових рядів

Інвестиційний інструмент	Показник Херста (H)	Показник Херста для перемішаних даних (H_p)
SPDR S&P 500 ETF TRUST (SPY)	0,948	0,608
VanEck Vectors Gold Miners ETF (GDX)	0,949	0,587

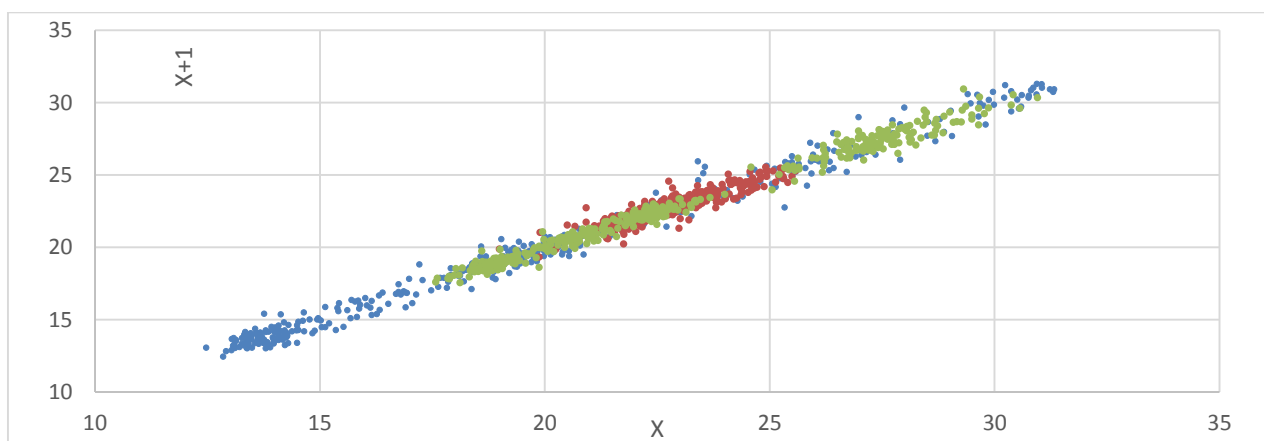
Розраховані значення показника Херста початкових даних близькі до одиниці, що свідчить про високу персистентність часових рядів: минулі події впливають на майбутні, динаміці характерні внутрішні закономірності та фрактальний порядок. При перемішуванні даних внутрішні закономірності

руйнуються і пам'ять часових рядів зникає, а значення Херста наближається до 0.5, що показує випадковий характер зміни ціни перемішаного ряду.

Ще одним тестом, що дозволяє встановити наявність зв'язків між подіями у часі є побудова псевдофазового простіру, де на осі абсцис ординат позначаються події X , а на осі ординат числові значення наступних за ними подій $X+1$ (рис. 3.4). Часові ряди для побудови розбиті на три рівні інтервали (синій – початок досліджуємого періоду, помаранчевий – середина, а сірий – кінець). Це дозволяє не тільки встановити зв'язок між подіями у часі, а й наявно продемонструвати зміни трендів, що відбувалися впродовж всього часу.



а)



б)

Рисунок 3.4 – Псевдофазовий простір часових рядів: а) SPDR S&P 500 ETF TRUST (SPY); б) VanEck Vectors Gold Miners ETF (GDX)

Псевдофазовий простір часового ряду SPDR S&P 500 та VanEck Vectors Gold Miners демонструє наявність сильних зав'язків між подіями у часі. При чому видно, що ряд SPY рівномірно зростає впродовж всього періоду. Ряд GDХ має більше розсіювання як і відносно сусідніх точок, так і в залежності від періоду спостереження (початок, середина чи кінець 2015-2019 року). Найбільше розсіювання спостерігалось на початку періоду.

Підсумовуючі результати предпрогнозного аналізу можна зробити наступні висновки:

- динаміка часових рядів обраних інвестиційних інструментів не описується законами нормального розподілу випадкової величини та не підпорядковується суто випадковим процесам;
- обидва часові ряди мають персистентний характер (наявна пам'ять про попередні події) та фрактальну структуру, тобто динаміка ціни підпорядковується внутрішнім нелінійним законам розвитку;
- для прогнозування динаміки обраних часових рядів доцільно застосовувати нелінійні моделі, що здатні вловлювати закономірності структури часових рядів.

3.2 Прогнозування динаміки біржових інвестиційних фондів статистичними методами та із застосуванням нейронних мереж

З метою прогнозування здійснимо побудову моделей динаміки часових рядів. Розглянемо та порівняємо стандартні статистичні методи прогнозування з методом інтелектуального аналізу даних, а саме моделлю нейронної мережі. Найбільш поширеним і простим методом побудови короткотермінового прогнозу є метод експоненційного згладжування та ковзної середньої.

Ковзна середня (moving average, MA). Для отримання прогнозу цим методом треба знайти усереднені значення попередніх подій за визначений

період. Суть цього методу полягає в припущенні, що майбутні події приблизно дорівнюють середньому значенню минулих подій. Головною задачею, що постає перед аналітиком є визначення ширини вікна (T), тобто визначити скільки попередніх періодів буде враховано в розрахунку.

Здійснимо побудову моделі ковзної середньої для часового ряду SPDR S&P 500 використовуючи різну ширину вікна і порівняємо показники якості кожної з них (Таблиця 3.6)

Таблиця 3.6 – Показники якості моделі ковзної середньої для часового ряду SPDR S&P 500 ETF TRUST (SPY) при зміні ширини вікна T

Ширина вікна	Середнє абсолютне відхилення (MAD)	Середня абсолютна похибка (MAPE)
$T=15$	3,36	1,36%
$T=5$	2,10	0,86%
$T=3$	1,77	0,72%
$T=2$	1,59	0,65%

З таблиці 3.6 видно, що при зменшенні ширини вікна якість моделі поліпшується, тому для подальшого застосування визначимо ширину вікна $T=2$.

Експоненційне згладжування та модель Хольта. Одним з найпопулярніших методів короткострокового прогнозування є метод експоненційного згладжування. Сутність цього методу полягає в тому, що кожен елемент (рівень) часового ряду згладжується за допомогою зваженої середньої, причому її вага зменшується по мірі віддалення від кінця ряду.

Основні переваги методу полягають у можливості обліку ваг вихідної інформації, в простоті обчислювальних операцій, гнучкості опису різних динамік. Основою методу є вибір параметра ваги α .

При застосуванні даного методу слід зазначити, що модель експоненційного згладжування не враховує наявність тренду у ряді, що є суттєвим недоліком для прогнозування динаміки часового ряду SPDR

S&P 500, якому притаманна наявність яскраво вираженого висхідного тренду. Тому для моделювання динаміки SPY будемо застосовувати модель експоненційного згладжування Хольта з коефіцієнтом тренду.

Для визначення параметру α застосуємо функцію MS EXCEL «Пошук рішення». Задані параметри «Пошуку рішення»:

- функція оптимізації – це сума абсолютних відхилень прогнозних значень від фактичних;
- функція оптимізації прагне до мінімуму;
- змінюємо значення параметру α ;
- обмеження задачі оптимізації $\alpha \leq 0$.

При побудові моделі Хольта, крім коефіцієнта згладжування α необхідно визначити коефіцієнт тренду t . В цьому випадку при пошуку рішення задаємо додатковий змінюваний параметр t та додаткове обмеження: $t \leq 0$.

В результаті застосування моделі експоненційного згладжування до розрахункових даних та використання інструменту «Пошук рішення» встановлено, що для часового ряду :

- SPDR S&P 500 $\alpha=0.78$;
- SPDR S&P 500 (модель Хольта) $\alpha=0.94$;
- VanEck Vectors Gold Miners $\alpha=0.87$.

Нейронна мережа. Для створення нейронної мережі та прогнозу на базі моделі нейронної мережі застосовуємо програмне забезпечення для бізнес-аналітики Deductor Studio Academic від компанії Loginom Company (раніше BaseGroup Labs). Вибір цього продукту обумовлений такими перевагами:

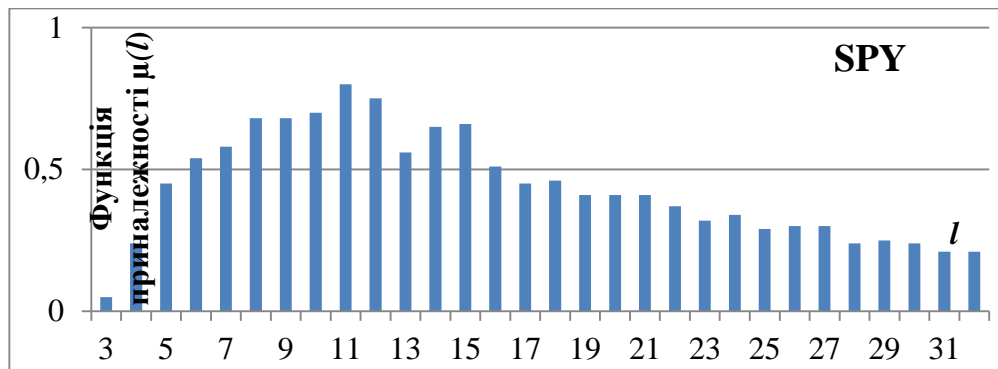
- зручний інтерфейс та простота використання. Можливість застосування просунутої аналітики без необхідності програмування. Сценарії обробки налаштовуються аналітиком самостійно за допомогою діалогових вікон майстрів;
- широкий діапазон можливостей, зручна та ґрунтовна візуалізація;
- освітня версія, що включає в себе всі алгоритми аналізу та візуалізації, є безкоштовною.

Для побудови нейронної мережі одним із важливих кроків є визначення з архітектурою нейронної мережі, а саме, обґрунтувати:

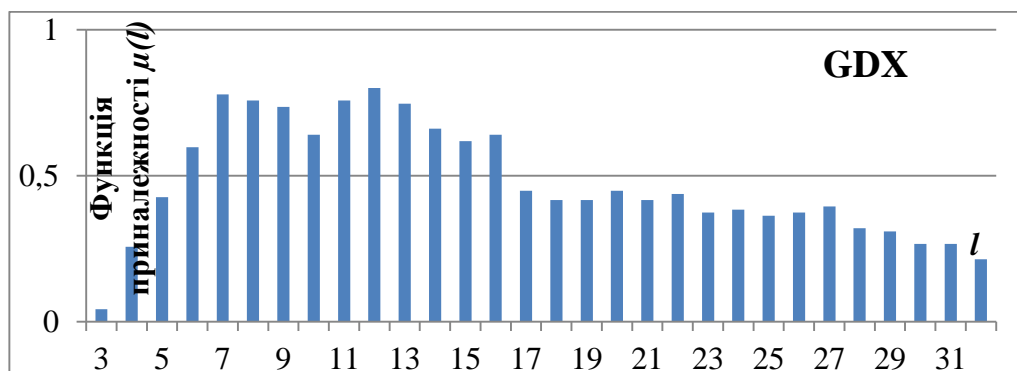
- кількість вхідних нейронів;
- кількість прихованих шарів нейронів;
- кількість нейронів у кожному прихованому шарі.

Слід зазначити, що визначення архітектури нейронної мережі для моделювання природних процесів є актуальним питанням, відповіддю на яке займаються вчені та практики світу [46-49], та є одним із вирішальним для створення адекватної прогностної моделі.

Спираючись на те, що динаміка часових рядів була визначена як фрактальна, для визначення кількості вхідних нейронів, що будуть приймати участь в побудові прогнозу, нами був проведений послідовний R/S-аналіз [41]. В результаті отримана нечітка множина глибини пам'яті (рис. 3.5).



а)



б)

Рисунок 3.5 – Нечітка множина глибини пам'яті часових рядів: а) SPDR S&P 500 ETF TRUST (SPY); б) VanEck Vectors Gold Miners ETF (GDX)

Аналізуючи отриману нечітку множину глибини пам'яті треба відмітити, що найбільше значення $(0,8)$ функції приналежності досягається при значенні $l=11$ для SPY та 12 для GDX. Це означає, що найчастіше, пам'ять зберігається для послідовності з 11 і 12 подій. Високий рівень значущості наявний і для більших значень l . Однак після глибини пам'яті l , що дорівнює 15 днів для SPY та 16 для GDX рівень значущості стрімко падає менше ніж 0,6 ($\mu(l) \leq 0,6$).

Засновуючись на вищенаведеному вважаємо, що найбільший вплив на наступну подію становить 15 попередніх подій для часового ряду SPY та 16 попередніх для GDX. Відповідно, кількість вхідних нейронів, що буде застосовуватись в моделі прогнозування становить 15 та 16 відповідно.

Згідно досліджень [38] більшість процесів можна змоделювати за допомогою нейронної мережі з одним-двома внутрішніми шарами. Застосування 3 і більше шарів потребує детального обґрунтування. Враховуючи відносно невелику кількість вхідних нейронів, в створенні моделі будемо застосовувати один прихований шар. Згідно [38], уніфікованого механізму для визначення кількості нейронів прихованого шару також не існує, але найчастіше їх кількість приблизно дорівнює кореню від кількості вхідних нейронів, тому кількість нейронів прихованого шару моделі біржових інвестиційних фондів визначимо як 4 ($\sqrt{15} \approx 4$, $\sqrt{16} = 4$).

Для цілей навчання нейронної мережі будемо використовувати 95% початкового ряду, 5 % буде використовуватись як тестова вибірка: навчання буде проводитись на навчальній виборці, зменшуючи помилку навчання до тих пір, поки помилка тестової вибірки також буде знижуватись. Випадок, коли помилка навчальної вибірки зменшується, а тестової збільшується, свідчить про перенавчання нейронної системи, а саме підгонка її під конкретну вибірку, замість вловлювання закономірностей системи.

Спосіб розділення вхідної множини даних встановимо як «випадковий», це пояснюється тим, що вивчаємі ряди мають неоднорідну структуру,

динаміка на початку і на кінці ряду відрізняється, це унеможливило розділення ряду «за порядком».

Представлення діалогового вікна, в якому здійснюється розбиття вхідного набору даних на навчальну і тестову підмножини наведено на рис. 3.6.

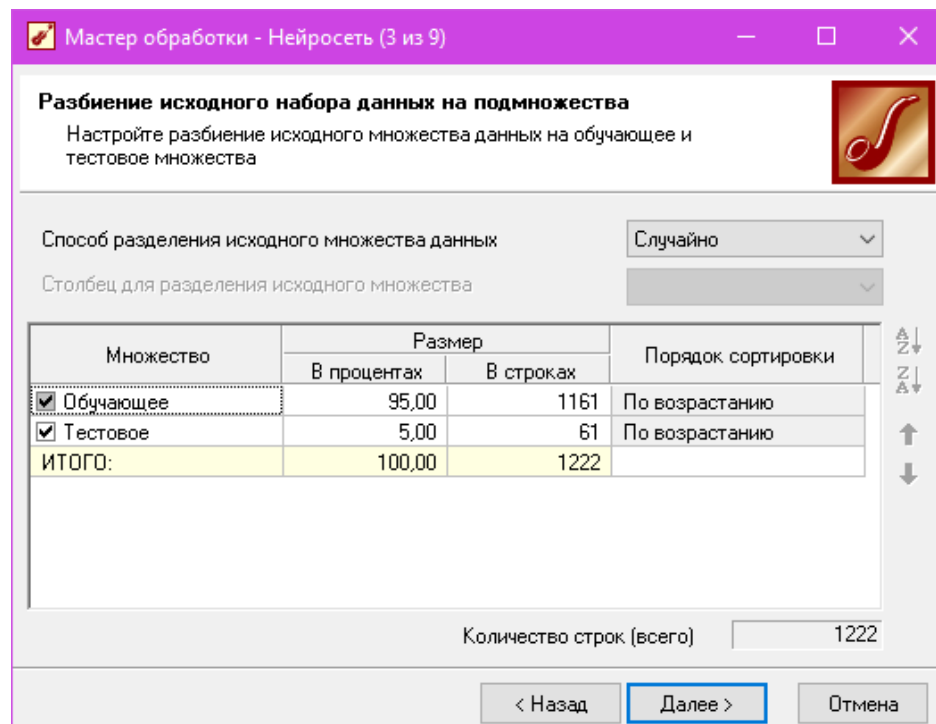


Рисунок 3.6 – Діалогове вікно «Розбиття вхідного набору даних на підмножини» при створенні нейромережевої моделі

Програмою Deductor Studio Academic надана можливість встановлення трьох типів активаційної функції:

- сигмоїда;
- гіпертангенс;
- арктангенс.

Для створення нейромережевої моделі використовуємо тип функції сигмоїда з рівнем крутизни 1. Діалогове вікно, в якому задається структура нейронної мережі наведено на рис. 3.7.

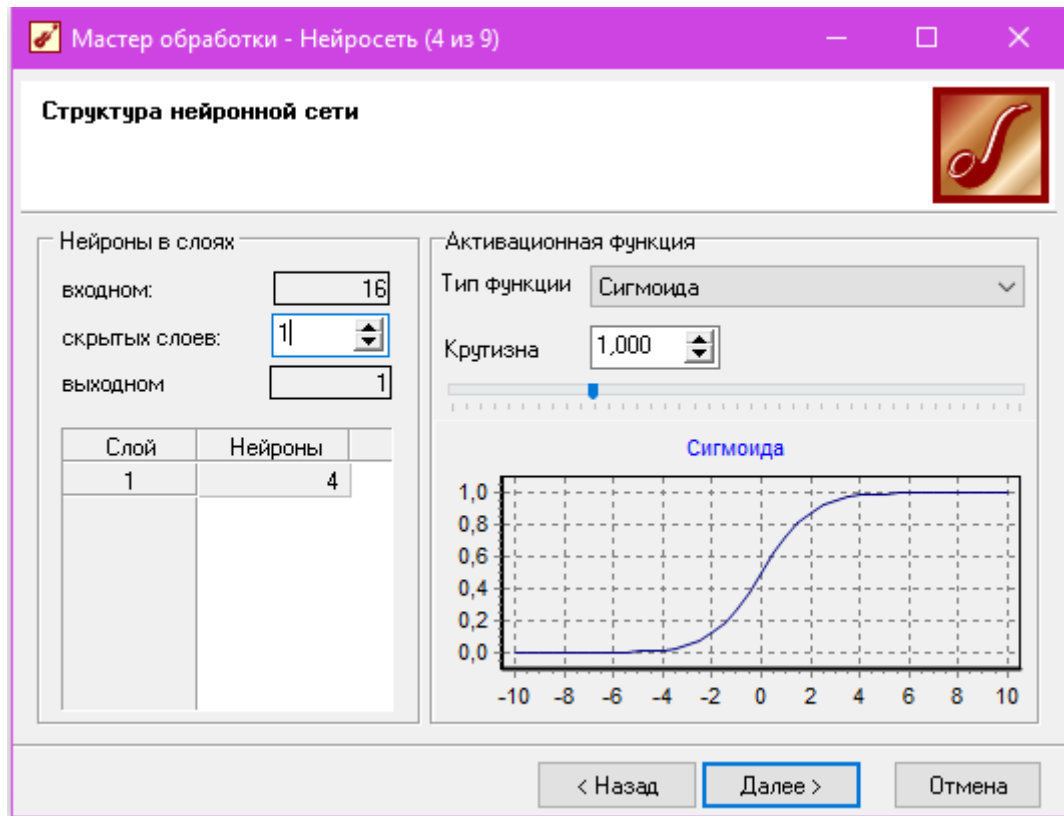
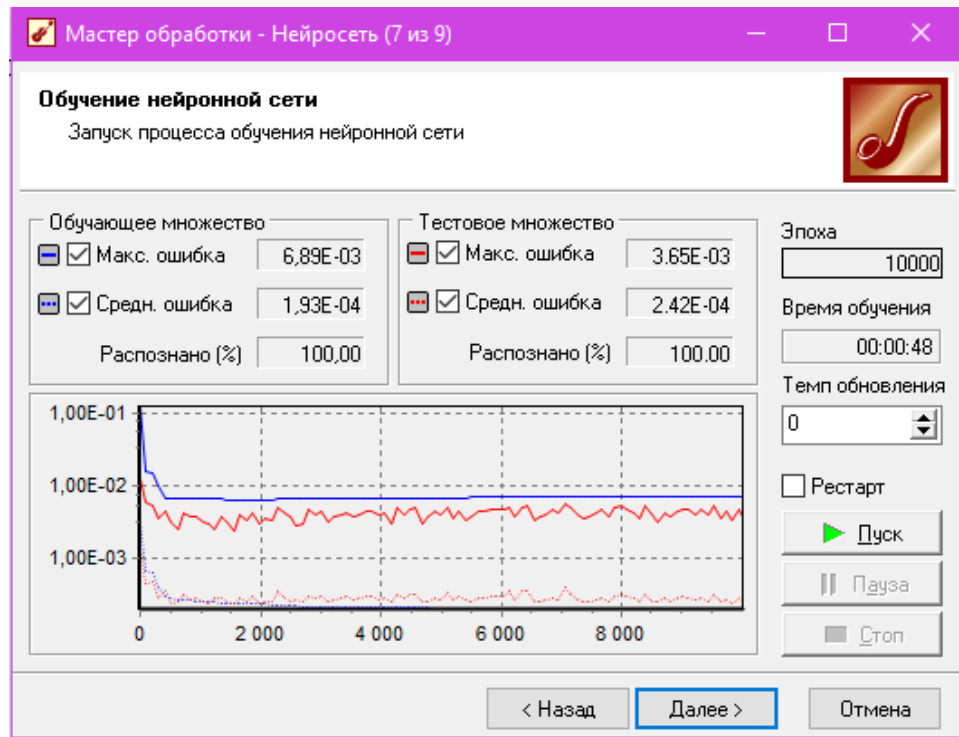


Рисунок 3.7 – Діалогове вікно «Структура нейронної мережі» при створенні прогнозної моделі

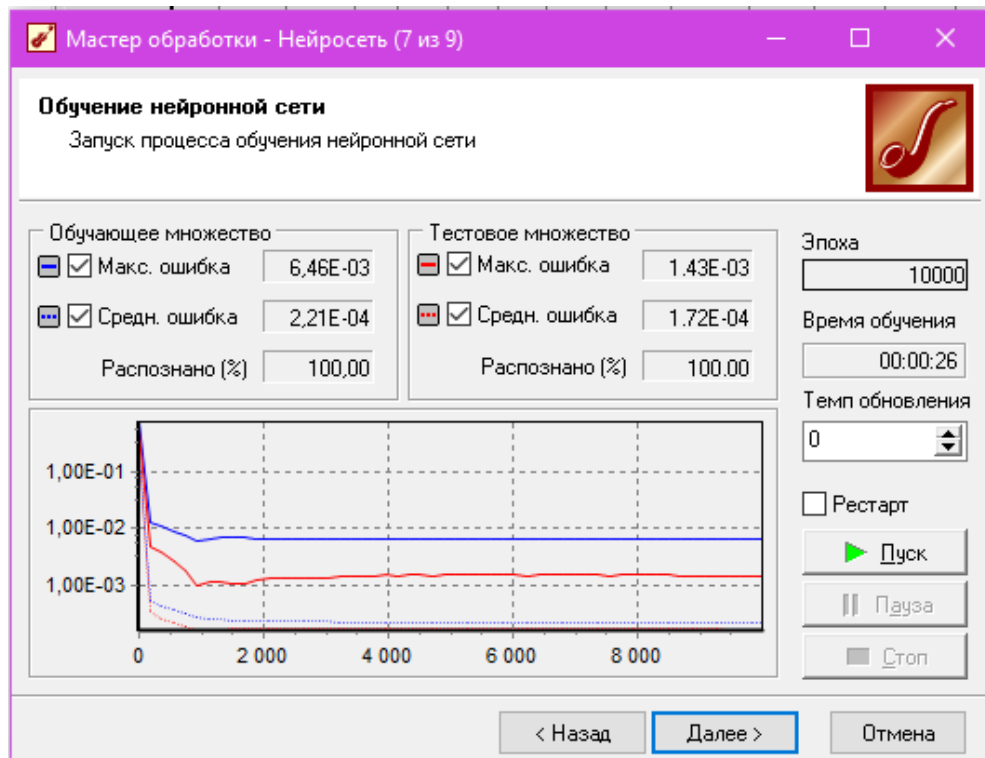
В програмному продукті Deductor Studio Academic є можливість застосування двох алгоритмів навчання нейронної мережі:

- алгоритм зворотного поширення помилки (Back-Propagation);
- алгоритм стійкого поширення помилки (Resilient Propagation, RPROP).

Другий алгоритм є модифікацією методу градієнтного спуску (Back-Propagation). Відмінністю методів є момент корекції ваги нейрону, що в методі Back-Propagation відбувається після пред'явлення кожного прикладу навчальної множини, а для алгоритму Resilient Propagation тільки після пред'явлення всієї множини. Перевагою алгоритму RPROP є швидкість його реалізації. Для прикладу було побудовано дві моделі різними методами навчання. Результати побудови, із зазначенням часу навчання наведені на рис. 3.8.



а)



б)

Рисунок 3.8 – Результаты навчання нейронної мережі: а) алгоритм зворотного поширення помилки (Back-Propagation); б) алгоритм стійкого поширення помилки (Resilient Propagation, RPROP)

Зважаючи на те, що час навчання мережі алгоритмом Back-Propagation майже в 2 рази більша, ніж Resilient Propagation (48 секунд до 26секунд), а помилки тестової множини менше, то для подальшого моделювання обираємо алгоритм Resilient Propagation.

Представлення діалогового вікна, в якому здійснюється налаштування процесу навчання нейронної мережі наведено на рис. 3.9.

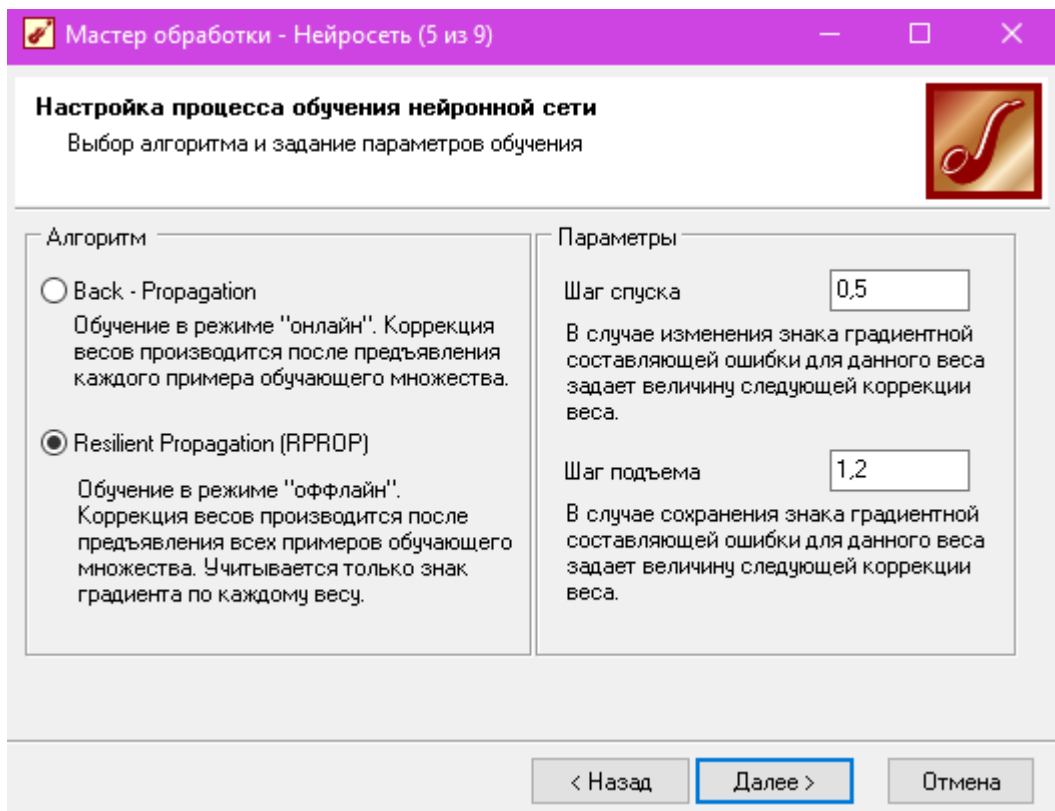
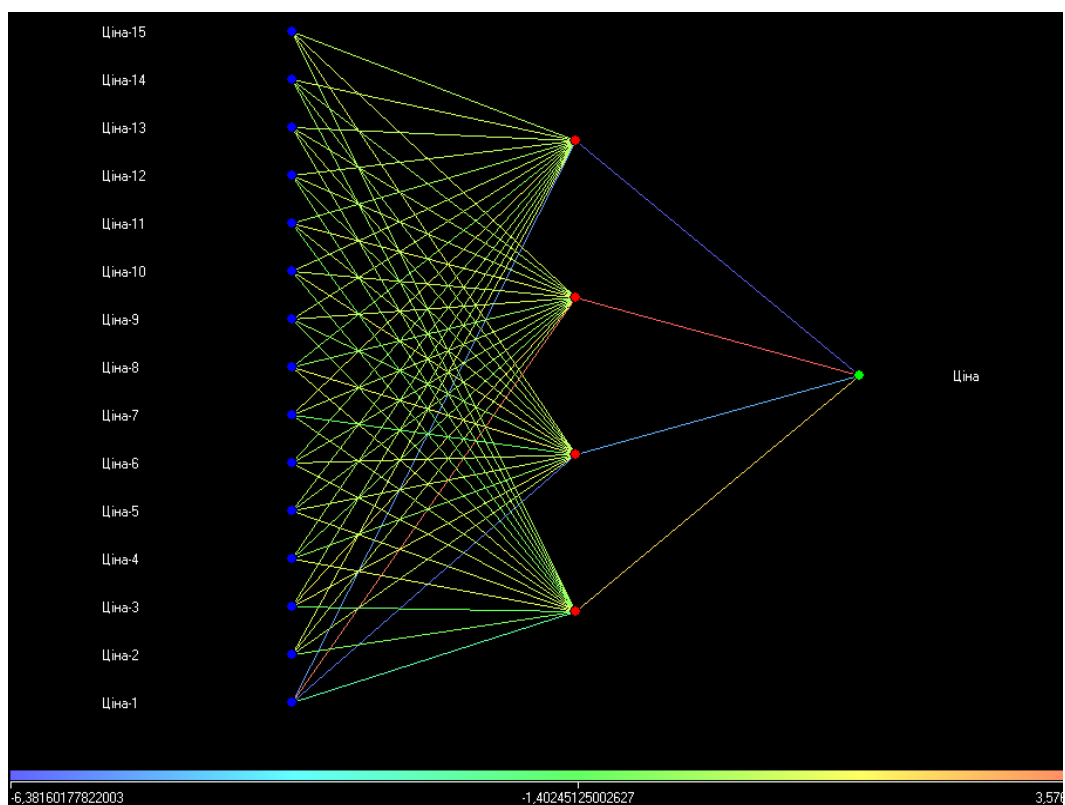


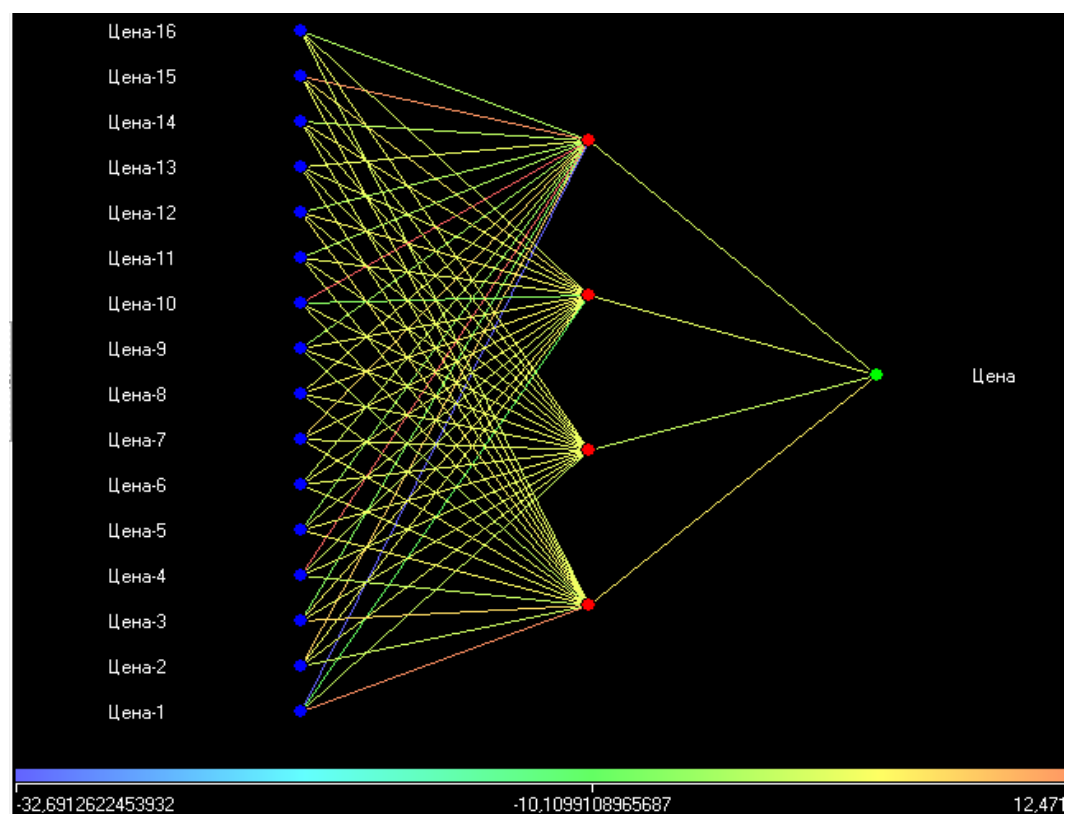
Рисунок 3.9 – Вибір алгоритму навчання нейронної мережі при створенні прогнозової моделі

В результаті отримали дві нейромережеві моделі динаміки біржових інвестиційних фондів.

Розглянемо архітектуру отриманих моделей на рис. 3.10. Для позначення характеру зав'язків між нейронами використана кольорова палітра, згідно якої синім позначені найбільші зворотні зв'язки (із знаком мінус), а червоним – найбільші прямі.



а)



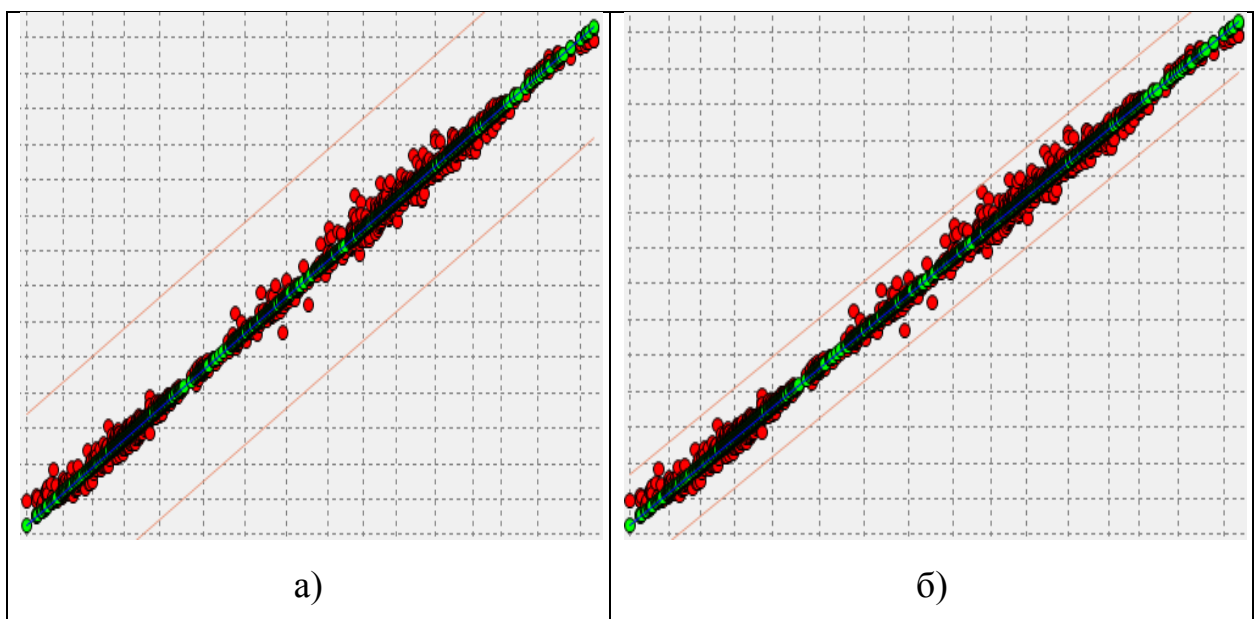
б)

Рисунок 3.10 – Граф нейронної мережі: а) SPDR S&P 500 ETF TRUST (SPY);
б) VanEck Vectors Gold Miners ETF (GDX)

Проаналізувавши отримані графи можна дійти висновку, що найбільший вплив на наступне значення моделі становить попереднє значення, а для часового ряду GDX додатково можна виділити четвертий, десятий і п'ятнадцятий день. Така закономірність пояснюється п'ятиденною роботою біржі: тобто існує деяка нелінійна залежність в ціні від дня тижня, у який здійснюється торгівля.

Одним із візуальних інструментів програмного продукту Deductor Studio Academic, що характеризує якість моделі, є діаграма розсіювання. Діаграма розсіювання показує наскільки значення моделі відрізняються від фактичних значень часових рядів інвестиційних фондів.

В результаті моделювання отримані якісні моделі динаміки ціни біржових інвестиційних інструментів, що засвідчують побудовані діаграми розсіювання (рис. 3.11). Зеленим кольором позначені фактичні данні, а червоним – прогнози. Для порівняння було побудовано діаграми з рівнем значущості 0,05 та 0,01. Як видно із діаграм побудована модель для SPDR S&P 500 ETF TRUST показує прекрасні результати навіть при рівні значущості 0,05. А модель для VanEck Vectors Gold Miners для рівня значущості 0,01 має чотири точки, що випадають із допустимого діапазону.



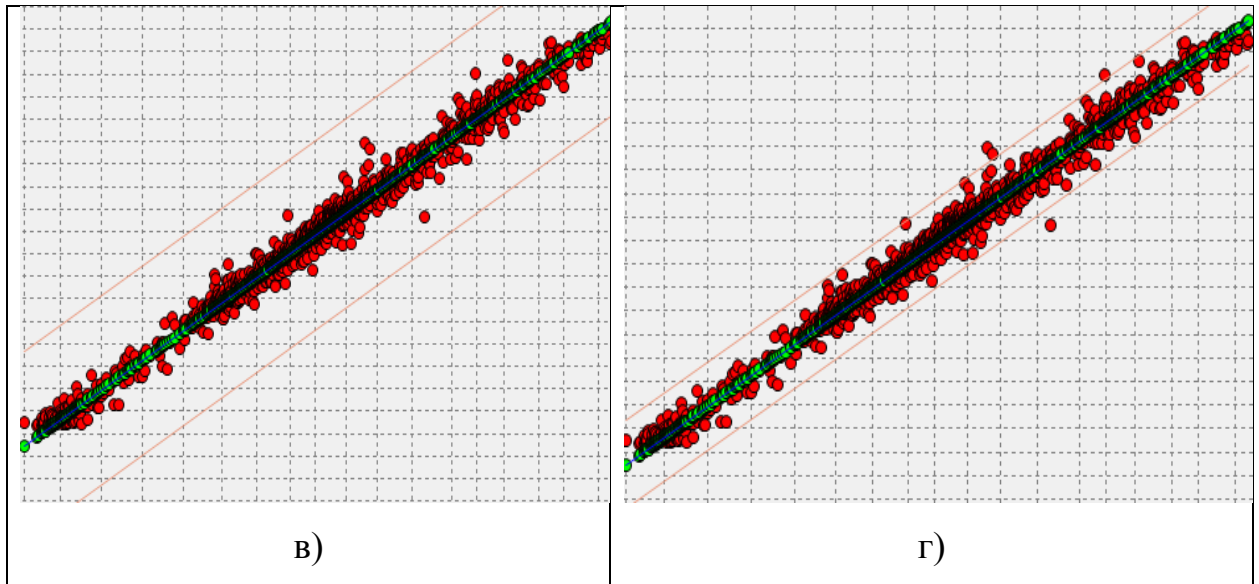


Рисунок 3.11 – – Діаграма розсіювання моделі для: а) SPDR S&P 500 ETF TRUST (SPY) з рівнем значущості 0,05; б) SPDR S&P 500 ETF TRUST (SPY) з рівнем значущості 0,01; в) VanEck Vectors Gold Miners ETF (GDX) з рівнем значущості 0,05; г) VanEck Vectors Gold Miners ETF (GDX) з рівнем значущості 0,01

Порівнюємо основні статистичні характеристики первісного та отриманого ряду, а також помилок моделі (рис. 3.12).

Статистичні характеристики моделі свідчать, що ціна спрогнозована моделлю (Ціна_OUT) має менший розмах (мінімальне значення вище, а максимальне нижче, ніж у фактичному часовому ряді), при тому що середнє та стандартне відхилення майже ідентичні. Із порівняння статистичних характеристик фактичних рядів та даних, отриманих за допомогою моделі, важко оцінити, наскільки одна модель краще за іншу. Для цих цілей порівнюємо статистичні характеристики помилок двох моделей. Аналіз характеристик помилок моделі (Ціна_ERR) демонструє, що модель динаміки SPDR S&P 500 краще описує відповідний часовий ряд, ніж модель динаміки VanEck Vectors Gold Miners ETF: всі значення помилки моделі SPY ближчі до нуля, ніж відповідні показники GDX.

Метка столбца	Гистогра...	Статистика: Кол-во значений = 1218					Сумма
		Минимум	Максимум	Среднее	Стандартное...		
1 9.0 Цена		182,86	331,95	247,7736535	36,22376996	301788,31	
2 9.0 Цена_OUT		187,9753039	327,9138985	247,764014	36,1243024	301776,5691	
3 9.0 Цена_ERR		1,729079267E-10	0,008617834104	0,0001943011492	0,0004879521061	0,2366587998	

а)

Метка столбца	Гистогра...	Статистика: Кол-во значений = 1222					Сумма
		Минимум	Максимум	Среднее	Стандарт...		
1 9.0 Цена		12,47	31,32	21,86096563	4,001873012	26714,1	
2 9.0 Цена_OUT		13,12681587	30,62919278	21,8609527	3,985624781	26714,0842	
3 9.0 Цена_ERR		4,319774002E-10	0,01909728067	0,0005851022209	0,00124486436	0,714994914	

б)

Рисунок 3.12 – Основні статистичні характеристики вхідного ряду в порівнянні з отриманим при моделюванні та характеристики помилок моделі для: а) SPDR S&P 500 ETF TRUST (SPY); б) VanEck Vectors Gold Miners ETF (GDX)

Із двох побудованих моделей нейронної мережі обидві моделі продемонстрували високу якість, однак модель, що описує динаміку біржового фонду SPDR S&P 500 виявився більш точним.

3.3 Порівняння якості побудованих моделей та результатів прогнозування динаміки інвестиційних інструментів

В результаті дослідження були побудовані статистичні моделі динаміки на основі методу ковзної середньої, простого експоненційного згладжування та експоненційного згладжування Хольта, а також модель нелінійної динаміки

на основі нейронної мережі для двох біржових інвестиційних фондів: SPDR S&P 500 ETF TRUST та VanEck Vectors Gold Miners.

Для моделей ковзної середньої підібрана ширина вікна (параметр t), що найкращим чином впливає на якість моделей. Для моделей експоненційного згладжування також визначені параметри, при яких можливо отримати найкращу модель. Проведена побудова архітектура та навчання нейронної мережі. У підсумку, маємо три типи моделей (дві статистичні та одну нейронну), з яких необхідно вибрати таку, що буде якісно і достовірно здійснювати прогнозування динаміки обраних біржових інвестиційних фондів.

Порівняємо якість отриманих моделей використовуючи наступні оцінки:

- MAD (Mean Absolute Deviation) – середнє абсолютне відхилення. Вимірюється у тих же одиницях, що і елементи часового ряду, в даному випадку у дол. США;

- MAPE (Mean Absolute Percent Error) – середня абсолютна похибка, вимірюється у %. Показує наскільки значними є помилки в порівнянні зі значеннями ряду. За допомогою цього показника можна порівнювати різні моделі для часових рядів різних інвестиційних інструментів.

Розраховані значення оцінок якості моделей динаміки біржових інвестиційних фондів наведені у табл. 3.7.

Для часового ряду SPDR S&P 500 найкращі значення оцінки моделі (найменші відхилення прогнозу від фактичних даних) продемонструвала модель експоненційного згладжування Хольта, наступна за якістю модель – модель нейронної мережі. За рахунок врахування трендової складової ряду SPY модель Хольта значно покращила результати моделі експоненціального згладжування.

Для часового ряду VanEck Vectors Gold Miners ETF найкращі результати показала нейромережева модель. Найгірші результати в обох випадках отримано по моделі ковзної середньої.

Таблиця 3.7 – Помилки моделі динаміки біржових інвестиційних фондів

Застосована модель	MAD	MAPE
SPDR S&P 500 ETF TRUST (SPY)		
Експоненційне згладжування ($\alpha=0,78$)	1,47	0,61%
Експоненційне згладжування Хольта ($\alpha=0,94$)	1,40	0,58%
Ковзна середня (по 2 попереднім значенням)	1,59	0,65%
Нейронна мережа (структурою 15x3x1)	1,45	0,59%
VanEck Vectors Gold Miners ETF (GDХ)		
Експоненційне згладжування ($\alpha=0,87$)	0,36	1,68%
Ковзна середня (по 2 попереднім значенням)	0,38	1,80%
Нейронна мережа (структурою 16x3x1)	0,34	1,58%

Однак слід зазначити, що і для моделей SPY, так і для моделей GDХ різниці у похибках моделей є незначними: для SPY показники MAPE знаходяться в діапазоні [0.58%; 0.65%], а для GDХ [1.58%; 1.8%]. Тобто всі побудовані моделі адекватно описують динаміку часових рядів.

Так як всі моделі мають високі показники якості, то перейдемо до прогнозу динаміки ціни на періоди, що не брали участь в побудові моделі, а саме січень 2020 року.

Горизонт прогнозу визначимо на 15 днів, що дорівнює трьом біржовим тижням. Визначення горизонту прийнято згідно кількості вхідних нейронів нейромережевої моделі: прогноз не може перевищувати часовий інтервал заданий на вході і, зазвичай становить 30% від вхідних даних. В таблиці 3.8 наведені розраховані прогнозні дані ціни побудовані за різними моделями.

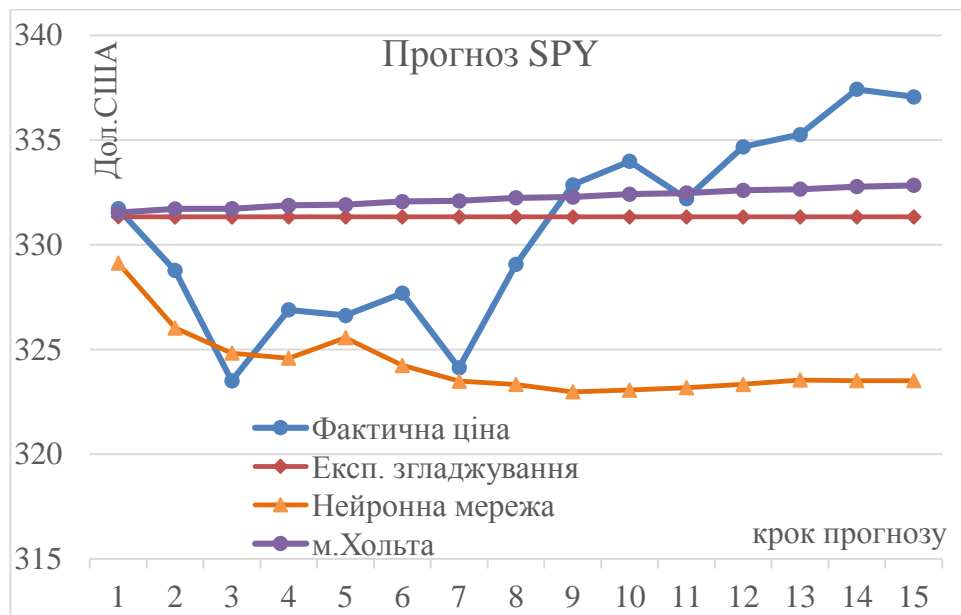
Таблиця 3.8 – Прогнозні значення ціни біржових інвестиційних фондів, побудовані за різними прогнозними моделями

Шаг прогнозу	SPDR S&P 500				VanEck Vectors Gold Miners			
	Факт	Ковзна середня.	модель Хольта	Нейронна модель	Факт	Ковзна середня	Експ. згладжування	Нейронна модель
1	331,72	331,32	331,53	329,13	29,35	29,39	29,00	29,22
2	328,77	331,33	331,71	326,02	29,17	29,33	29,21	29,10
3	323,5	331,33	331,72	324,82	29,22	29,36	29,06	28,55

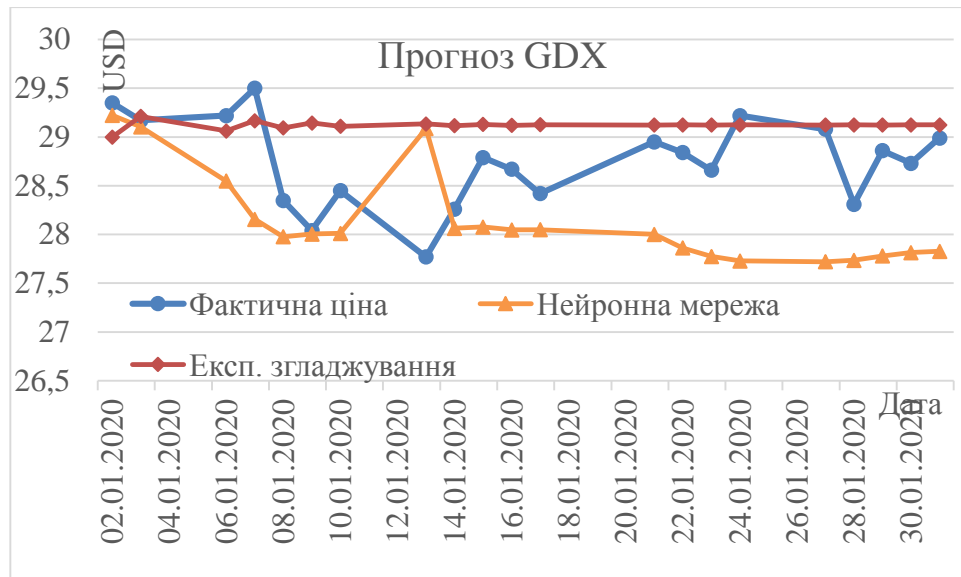
Продовження таблиці 3.8

Шаг прогнозу	SPDR S&P 500				VanEck Vectors Gold Miners			
	Факт	Ковзна середня.	Модель Хольта	Нейронна мережа	Факт	Ковзна середня.	Експ. згладжування	Нейронна мережа
4	326,89	331,33	331,88	324,58	29,5	29,35	29,17	28,16
5	326,62	331,33	331,91	325,56	28,35	29,35	29,09	27,98
6	327,68	331,33	332,06	324,24	28,04	29,35	29,14	28,00
7	324,12	331,33	332,09	323,49	28,45	29,35	29,11	28,01
8	329,06	331,33	332,24	323,33	27,77	29,35	29,13	29,09
9	332,86	331,33	332,28	322,98	28,26	29,35	29,12	28,06
10	333,98	331,33	332,42	323,06	28,79	29,35	29,13	28,08
11	332,2	331,33	332,47	323,18	28,67	29,35	29,12	28,05
12	334,68	331,33	332,60	323,34	28,42	29,35	29,13	28,05
13	335,26	331,33	332,65	323,54	28,95	29,35	29,12	28,00
14	337,42	331,33	332,78	323,51	28,84	29,35	29,12	27,86
15	337,06	331,33	332,84	323,51	28,66	29,35	29,12	27,77

На рис. 3.13 продемонстровані прогнозні значення ціни біржових інвестиційних фондів.



а)



б)

Рисунок 3.13 – Порівняння прогнозу динаміки ціни: а) SPDR S&P 500 ETF TRUST (SPY); б) VanEck Vectors Gold Miners ETF (GDX)

Аналізуючи отриманий прогноз можна зазначити, що, незважаючи на високу якість отриманих статистичних моделей, здійснення прогнозу з їх допомогою можливо лише для горизонту прогнозу, що складає один біржовий день. Наступні прогнозні значення не відображають коливань ціни біржових інструментів, а повторюють останнє фактичне значення. Модель, побудована на основі нейронної мережі, навпаки, показує гірший прогноз для першого прогнозного значення, однак вловлює динаміку і напрям зміни ціни як по біржовому інвестиційному фонду SPY, так і по GDX. Тобто за допомогою навчання нейронна мережа здатна встановлювати приховані нелінійні закономірності динаміки ціни. Але горизонт прогнозу нейронної мережі теж є обмежаним і приблизно через 5-7 значень затухає і коливається змінюючись несуттєво в межах одного рівня. Тому, згідно отриманих результатів, прогноз за допомогою побудованої нейронної мережі доцільно будувати не більше як на один біржовий тиждень.

ВИСНОВКИ

В роботі проаналізовано основні інвестиційні напрями, за якими можливо здійснювати формування інвестиційного портфелю. Розглянутий новий сучасний фінансовий інструмент – біржові інвестиційні фонди (ETF), що поєднують в собі найкращі риси акцій та пайових інвестиційних фондів (взаємних фондів), як альтернативу традиційного підходу до формування інвестиційного портфелю.

Придбаваючи акції біржового інвестиційного фонду інвестор стає власником частини збалансованого пакету базового активу (зазвичай акцій чи облігацій). На сьогоднішній день на фондовому ринку світу представлено декілька тисяч ETF, які умовно можна класифікувати як:

- ринкові - повторюють структуру певного фондового індексу;
- облігаційні - інвестують в облігації державних і корпоративних зобов'язань за певною ознакою. Наприклад, в державні облігації США або в облігації внутрішньої державної позики країн, що розвиваються;
- галузеві - наслідують індекс обраного сектора економіки (наприклад, акції та облігації підприємств, що займаються видобутком кольорових металів);
- товарні - відстежують біржові ціни того чи іншого товару, починаючи від дорогоцінних металів і закінчуючи зерном;
- стильові - орієнтуються на той чи інший стиль інвестування (наприклад, відстежують різну ринкову капіталізацію компаній, зростання або вартість індексу);
- країнні (регіональні) - як випливає з самої назви, відстежують індекси цінних паперів конкретної країни або географічного регіону;
- інверсні - орієнтовані на «гру на пониження», отримання прибутку від зниження індексу певного ринку або галузі;
- біржові ноти (etn) - різновид боргових зобов'язань, що випускаються банком, відмінною рисою яких є прихильність їх вартості в

біржовий ціни якого-небудь активу (наприклад, певного виду цінних паперів або дорогоцінного металу).

Тому перед учасником стає завдання не аналізу великої кількості інвестиційних інструментів для формування портфелю, а вибір конкретного привабливого ринку або країни (регіону), або базового активу (акції чи облігації), в якому він би хотів прийняти участь.

Також в роботі проаналізовані можливості приватних інвесторів України для виходу на світові фінансові ринки та розглянуті інформаційні платформи, що надають доступ до актуальної фінансової інформації. В результаті аналізу обрано інформаційну платформу Investing.com, що дає можливість отримувати дані по широкому колу фінансових інструментів як в режимі реального часу, так і ретроспективні дані.

Для прогнозування динаміки були вибрані два біржових інвестиційних фондів:

- індексний фонд корпорацій США SPDR S&P 500 ETF Trust (SPY), що відтворює набір акцій і їх пропорції в індексі S&P 500. Структура SPY включає в себе 500 найбільших американських корпорацій;
- галузевий SPDR S&P 500 (GDX). Інвестиційний портфель цього фонду складається з акцій найбільших компаній світу, що займаються видобутком кольорових металів, зокрема, золота.

Період дослідження динаміки для побудови прогнозу складає останні п'ять років: з 2015 по січень 2020 року. Для часових рядів SPDR S&P 500 та SPDR S&P 500 був проведений статистичний та фрактальний аналіз, що дозволив оцінити характер динаміку кожного ряду.

В результаті передпрогнозного аналізу було встановлено, що:

- часовий ряд біржового фонду SPDR S&P 500 має явно виражений висхідний тренд. Динаміка ж GDX, навпаки, немає вираженого тренду, напрям руху постійно змінюється: після стрімких підйомів слідує такі ж стрімкі спади;

- динаміка часових рядів обраних інвестиційних інструментів не описується законами нормального розподілу випадкової величини та не підпорядковується суто випадковим процесам;
- обидва часові ряди мають персистентний характер (наявна пам'ять про попередні події) та фрактальну структуру, тобто динаміка ціни підпорядковується внутрішнім нелінійним законам розвитку;
- для прогнозування динаміки обраних часових рядів доцільно застосовувати нелінійні моделі, що здатні вловлювати закономірності структури часових рядів.

Для прогнозування динаміки обраних інвестиційних інструментів застосовано наступні моделі, дві статистичні (ковзної середньої та експоненційного згладжування) та одну модель нелінійної динаміки (нейромережеву модель). Враховуючи наявність сильного висхідного тренду для часового ряду SPDR S&P 500 ETF, крім стандартної моделі експоненційного згладжування, застосовуємо модифіковану модель Хольта, що дозволяє враховувати вплив тренду на наступні значення ціни.

В результаті підбору оптимальних параметрів застосованих моделей отримано моделі високої точності: похибки MAPE знаходяться в діапазоні [0.58%; 0.65%] для SPY, та [1.58%; 1.8%] для GDХ. Тобто всі побудовані моделі адекватно описують динаміку часових рядів.

Однак побудовані прогнози показали, що незважаючи на високу якість отриманих статистичних моделей, здійснення прогнозу з їх допомогою можливе лише для горизонту прогнозу, що складає один біржовий день. Наступні прогнозні значення не відображають коливань ціни біржових інструментів, а повторюють останнє фактичне значення. Модель, побудована на основі нейронної мережі, навпаки, показує гірший прогноз для першого прогнозного значення, однак вловлює динаміку і напрям зміни ціни як по біржовому інвестиційному фонду SPY, так і по GDХ. Тобто за допомогою навчання нейронна мережа здатна встановлювати приховані нелінійні закономірності динаміки ціни. Але горизонт прогнозу нейронної мережі теж є

обмеженим і приблизно через 5-7 значень затухає і коливається змінюючись несуттєво в межах одного рівня. Тому, згідно отриманих результатів, прогноз за допомогою побудованої нейронної мережі доцільно будувати не більше як на один біржовий тиждень.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Федоренко В.Г. Інвестознавство: підручник : навч. посіб. Київ : МАУП, 2004. 139 с.
2. Гитман Л. Дж., Джонк М. Д. Основы инвестирования: уч. пособ. Москва: Дело, 1997. 1008 с.
3. Іващенко О.А. Фінансово-інституційні інструменти управління ризиками у зовнішньоекономічній діяльності : навч. посіб. Київ : ЦУЛ, 2006. 21 с.
4. Корнєєв В. В. Фінансові посередники як інститути розвитку : монографія. Київ : Основа, 2007. 192 с.
5. Fabozzi Frank J., Markowitz Harry M. The Theory and Practice of Investment Management. Hoboken, NJ: Wiley. 2002. 235 p.
6. Markowitz Harry M. Portfolio Selection. Journal of Finance. 1952. Vol. 7. № 1. 71–91 p. URL: www.unctad.org/diae. (дата зверення 11.09.2020)
7. Sharpe W. Portfolio Theory and Capital Markets. Fifth edition. New York: John Wiley & Sons, 2008. 340 p.
8. Мозговий О.М. Фондовий ринок : навч. посіб. Київ : КНЕУ, 2008. 316 с.
9. Шелудько В. М. Фінансовий ринок: навч.посіб. Київ: Знання-Прес, 2003. 11 с.
10. Гитман Л. Дж., Джонк М. Д. Основы инвестирования : уч. пособ. Москва: Дело, 1997. 1008 с.
11. Ходаківська В.П. Ринок фінансових послуг : навч. посіб. Ірпінь : Академія ДПС України, 2001. 501 с.
12. Миллер Р. Л. Современные деньги и банковское дело: уч. пособ. Москва : ИНФРА, 2000. 856 с.
13. Килячков А. А. Практикум по російському рынку ценных бумаг : уч. пособ. Москва : БЕК, 1997. 71 с.

14. Оспіщева В. І. *Фінанси: Курс для фінансистів* : навч. посіб. Київ, 2008. 567 с.
15. Базилевич В. Д. Розвиток фінансового ринку в сучасних умовах. *Фінанси України*. Київ, 2009. 36-42 с.
16. Бланк І. А. *Фінансовий менеджмент* : навч. посіб. Київ : Ніка-центр, 2002. 57 с.
17. Черников Г. П. *Фондовая биржа: международный опыт*. Москва, 1991. 150 с.
18. Тьюлз Р. *Фондовый рынок: уч. пособ.* Москва: ИНФРА, 2000. 648 с.
19. Офіційний сайт депозитарної установи ТОВ “КІНТО, Лтд”. URL: <https://www.kinto.com/exchange-traded-funds> (дата звернення: 09.07.2020).
20. Бойко М.С. Биржевые инвестиционные фонды: сущность, предпосылки зарождения, факторы развития, классификация. *Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал*. 2016. №3. С.55-60. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/birzhevye-investitsionnye-fondy-suschnost-predposylki-zarozhdeniya-factory-razvitiya-klassifikatsiya>
21. Офіційний сайт компанії Capital System Group. Financial Planning & Investing. URL: <https://www.groupcs.com.ua/etf-fond-ta-pif-shcho-tse-v-chomu-riznytsia-ta-ia-ukraintsiam-investuvaty-v-nykh/> (дата звернення: 09.07.2020).
22. Minder C., Ananth M. The Dynamics of Leveraged and Inverse-Exchange Traded Funds. *Journal Of Investment Management*. 2009. №7 (4). Pp.43-62.
23. Avellaneda M., Zhang St. Path-Dependence of Leveraged ETF Returns. *Journal on Financial Mathematics*. 2010. Vol. 1. Pp. 586–603.
24. Інформаційна фінансова платформа [investopedia.com](https://www.investopedia.com/terms/e/etf.asp#:~:text=An%20exchange%20traded%20fund%20(ETF,sectors%20or%20use%20various%20strategies). URL: [https://www.investopedia.com/terms/e/etf.asp#:~:text=An%20exchange%20traded%20fund%20\(ETF,sectors%20or%20use%20various%20strategies](https://www.investopedia.com/terms/e/etf.asp#:~:text=An%20exchange%20traded%20fund%20(ETF,sectors%20or%20use%20various%20strategies) (дата звернення: 09.07.2020).

25. Tokic D. The passive investment bubble. *J Corp Acct Fin.* 2020. Vol.31. Pp. 7-11.
26. Шишпанова Н. О., Іванов А. О. Фінансовий ринок України: сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку. Львів: Modern Economics. 2017. с.66-72.
27. Пшик Б. І. Сучасні проблеми розвитку ринків небанківських фінансових послуг в Україні та шляхи їх вирішення. *Ефективна економіка.* 2017. № 9. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=5759>. (дата звернення 11.09.2020)
28. Опарин В.М. Фінансова система України : теоретико-методичні засади: монографія. Київ: КНЕУ, 2005. 150 с.
29. Поддєрьогіна Я. А. Функціонування фондового ринку України: стан та перспективи розвитку. *Міжнародний науковий журнал.* 2016. № 3. с.134-142.
30. Брагін С., Макаренко О. Недержавні пенсійні фонди на неефективному фондовому ринку: приклад України. *Вісник Національного Банку України.* 2011. №2. с.27-36.
31. Сайт АТ Українська біржа. URL: <http://www.ux.ua/> (дата звернення 01.10.2020).
32. Положення про заходи захисту та визначення порядку здійснення окремих операцій в іноземній валюті. Постанова правління Національного Банку України від 02.01.2019 № 5. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0005500-19#Text> (дата звернення 01.10.2020).
33. Новини інформаційного сайту UBR. URL: <https://ubr.ua/finances/banking-sector/ukraintsy-na-karantine-uvlechili-zahranichnye-investitsii-cherez-privatbank-vtroe-3892615> (дата звернення 01.10.2020).
34. Платформа доступу до фінансової аналітики Bloomberg.com. URL: <https://www.bloomberg.com/> (дата звернення 01.10.2020).

35. Глобальний фінансовий портал Investing.com. URL: <https://ru.investing.com/> (дата звернення 10.09.2020).
36. Геєць В.М., Клебанова Т.С. Черняк О.І. Моделі і методи соціально-економічного прогнозування: Підручник. Харків: ВД «ІНЖЕК». 2005. 396 с.
37. Ковтун Н.В. Особливості використання статистичних методів при періодизації інвестиційної діяльності в умовах короткої динаміки. *Статистика України*. 2005. №1. с.4-9.
38. Черняк О.І., Захарченко П.В. Інтелектуальний аналіз даних. Київ, 2010. 821 с.
39. Мандельброт Б., Хадсон Р. Л. (Не)послушные рынки: фрактальная революция в финансах. Москва : Вильямс, 2006. 400 с.
40. Максишко Н. К. Анализ и прогнозирование эволюции экономических систем : монография. Запорожье : Полиграф, 2006. 248 с.
41. Максишко Н. К. Моделювання економіки методами дискретної нелінійної динаміки : монографія. Запоріжжя : Поліграф, 2009. 416 с.
42. Максишко Н. К. Оцінювання системних характеристик економічної динаміки на базі результатів комплексного фрактального аналізу. *Вісник Запорізького національного університету. Економічні науки*. Запоріжжя 2011. №2(10). С. 119–130.
43. Боровиков В.П. Нейронные сети. Statistica Neural Networks. 2 изд. Москва: Горячая линия - Телеком, 2008. 392 с.
44. Основні положення штучних нейронних мереж. URL: https://dl.nure.ua/pluginfile.php/634/mod_resource/content/2/001.pdf.
45. Терехов С.А. Лекції з теорії і додатків штучних нейронних мереж. Лабораторія штучних нейронних мереж НТО - 2, ВНДІТФ, Снежинск.
46. Уздин Д. Новые меры близости, функции состояний и решающие правила в теории распознавания образов (состояний). Москва: МАКС Пресс. 2015. 96 с.

47. Рутковская Д., Пилинский М. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. 2-е издание. Москва: Горячая линия-Телеком, 2013. 384 с.
48. Aminian F. Forecasting economic data with neural networks. *Computational Economics*. 2006. Vol. 28(1). P. 71–88.
49. Thakur G.S.M., Bhattacharyya R., Mondal S.S. Artificial neural network based model for forecasting of inflation in India. *Fuzzy Information and Engineering*. 2016. Vol. 8(1). P. 87–100.
50. Сайт S&P Global. URL: <https://www.spglobal.com/en> (дата звернення 10.09.2020).

Форма декларації академічної доброчесності
Декларація академічної доброчесності
здобувача вищої освіти ЗНУ

Я _____, студент(ка) _____ курсу,
 форми _____ навчання _____,
 факультету _____,
 спеціальності _____, адреса _____ електронної
 пошти _____,

- підтверджую, що написана мною кваліфікаційна робота на тему
 « _____
 »

відповідає вимогам академічної доброчесності та не містить порушень, що визначені у ст. 42 Закону України «Про освіту», зі змістом яких ознайомлений/ознайомлена;

- заявляю, що надана мною для перевірки електронна версія роботи є ідентичною її друкованій версії;

- згоден/згодна на перевірку моєї роботи на відповідність критеріям *академічної доброчесності у будь-який спосіб, у тому числі за допомогою Інтернет-системи, а також на архівування роботи в базі даних цієї системи.*

Дата _____ Підпис _____ ПІБ (студент) _____
 Дата _____ Підпис _____ ПІБ (науковий керівник) _____