

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет менеджменту та маркетингу

Кафедра економічної кібернетики

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО

Завідувач кафедри

_____ Катерина БОЯРИНОВА

«__» червня 2024 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

**на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо–професійною програмою
«Економічна кібернетика»
спеціальності 051 «Економіка»**

**на тему: «Економіко-математичне моделювання кон'юнктури ринку ІТ-
індустрії»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи УК-02

Кот Яна Вадимівна

Керівник:

професор кафедри економічної кібернетики, д.е.н., професор

Трофименко Олена Олексіївна

Рецензент:

доцент кафедри промислового маркетингу, к.е.н., доцент

Юдіна Наталія Володимирівна

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студентка

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Факультет менеджменту та маркетингу

Кафедра економічної кібернетики

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 051 «Економіка»

Освітньо–професійна програма «Економічна кібернетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Катерина БОЯРИНОВА

«6» лютого 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Кот Яні Вадимівні

1. Тема роботи: «Економіко-математичне моделювання кон'юнктури ринку ІТ-індустрії»

керівник роботи **Трофименко Олена Олексіївна**, д.е.н., професор

затверджені наказом по університету від 30.05.2024 р. № 2222–с

2. Термін подання студентом роботи: 05.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: наукова та навчально-методична література, інформація про розвиток ринку ІТ-індустрії в Україні та світі, динаміка значень кон'юктуроутворюючих факторів ринку ІТ-індустрії України, статистичні дані Державної служби статистики України.

4. Зміст пояснювальної записки

а) теоретична частина:

- дослідити економічну характеристику формування кон'юнктури ринку ІТ-індустрії;
- класифікувати та визначити принципи моніторингу кон'юктуроутворюючих факторів;
- визначити методичний інструментарій дослідження та моделювання кон'юнктури ринку ІТ-індустрії;

б) аналітична частина:

- провести компаративний аналіз ринку ІТ-індустрії в Україні та світі;
- визначити ключові кон'юктуроутворюючі фактори ринку ІТ-індустрії;
- побудувати економіко-математичні моделі динаміки ключових кон'юктуроутворюючих факторів ринку ІТ-індустрії;

в) рекомендаційна частина:

- запропонувати методичні підходи до розробки економіко-математичних моделей;
- провести апробацію моделей для побудови кон'юктурних прогнозів ІТ-індустрії та надати економічно обґрунтовані рекомендації розвитку ІТ-ринку.

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

1. Форми прояву кон'юнктури та їх ознаки.
2. Етапи виконання прогнозу.
3. Процес прогнозування за допомогою екстраполяційного методу.
4. Обсяг експорту ІТ-послуг України, Індії, Бразилії, Польщі та Чехії у 2021–2023 рр.
5. Динаміка зміни експорту ІТ-послуг України протягом 2010–2023 рр.
6. Кількість ІТ-підприємств, зайнятих ІТ-працівників та ФОП ринку ІТ-індустрії у 2010-2023 рр.
7. Порівняння прогнозованих та фактичних значень експорту ІТ-послуг України.
8. Фактичні по кварталах у 2016-2023 рр. та прогнозовані значення експорту ІТ-послуг на 4 квартали 2023 рр.
9. Фактичні значення по кварталах у 2016-2023 рр. та прогнозовані значення експорту ІТ-послуг на 4 квартали 2024-2025 рр.

6. Дата видачі завдання: «06» лютого 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Збір необхідної інформації теоретичного, методичного та практичного змісту, вивчення та аналіз літературних джерел для визначення кон'юнктурутворюючих факторів ринку	07.02.2024– 19.02.2024	
2.	Розгляд теоретико-методичних засад дослідження економіко-математичного моделювання кон'юнктури ринку ІТ-індустрії	20.02.2024 – 18.03.2024	
3.	Вибір ключових кон'юнктурутворюючих чинників ринку ІТ-індустрії для дослідження та постановки економічної задачі	19.03.2024 – 25.03.2024	
4.	Побудова економіко-математичних моделей динаміки ключових кон'юнктурутворюючих факторів ринку ІТ-індустрії	26.03.2024 – 03.04.2024	
5.	Вибір програмного забезпечення, інструментів, розробка програмного коду для автоматизації моделювання	04.04.2024 – 22.04.2024	
6.	Економіко-математичне моделювання кон'юнктури ринку ІТ-індустрії, побудова кон'юнктурних прогнозів	23.04.2024 – 30.04.2024	
7.	Порівняльний аналіз фактичних та прогнозованих значень кон'юнктурутворюючих факторів ринку ІТ-індустрії	01.05.2024 – 12.05.2024	
8.	Формування системи рекомендацій розвитку ІТ-ринку на основі економіко-математичного моделювання	13.05.2024 – 24.05.2024	
9.	Оформлення дипломної роботи першого (бакалаврського) рівня вищої освіти	25.05.2024 – 01.06.2024	

Студентка

(підпис)

Яна КОТ

Керівник дипломної роботи

(підпис)

Олена ТРОФИМЕНКО

РЕФЕРАТ

Дипломна робота першого (бакалаврського) рівня вищої освіти на тему: **«Економіко-математичне моделювання ринку ІТ-індустрії»** містить 90 сторінок, 15 таблиць, 17 рисунків, 2 додатки. Перелік посилань нараховує 35 найменування.

Мета дипломної роботи полягає у поглибленні теоретико-методичних засад та розробленні практичних рекомендацій щодо економіко-математичного моделювання кон'юнктури ринку ІТ-індустрії, визначенні подальших напрямів розвитку ІТ-індустрії в Україні.

Об'єктом дослідження дипломної роботи є процеси економіко-математичного моделювання кон'юнктури ринку ІТ-індустрії.

Предметом дослідження є теоретико-методичні засади та практичні рекомендації щодо економіко-математичного моделювання кон'юнктури ринку ІТ-індустрії на основі фактичних значень його кон'юктуроутворюючих факторів.

Методи дослідження. Аналізу та синтезу, порівняння (для проведення компаративного аналізу ринку ІТ-індустрії в Україні та світі), системно-структурний, індукції та дедукції (для визначення теоретичних засад моделювання кон'юнктури ринку ІТ-індустрії України); графічний, групування, компонентного аналізу, моделювання на основі множинної лінійної регресії (моделювання поточного стану ринку ІТ-індустрії на основі визначених показників) та моделі авторегресійного ковзного середнього (прогнозування значення обсягу експорту ІТ-послуг на майбутній період).

Результати дипломної роботи. Побудовані економіко-математичні моделі множинної лінійної регресії та авторегресійного ковзного середнього, що дозволяють оцінити поточний стан ринку ІТ-індустрії та спрогнозувати значення обсягу експорту ІТ-послуг на майбутній період. Наукова новизна дослідження полягає у вдосконаленні економіко-математичних моделей для оцінки поточного стану ринку ІТ-індустрії та формуванні системи рекомендацій для подальшого його розвитку на основі результатів економіко-математичного моделювання.

Рекомендації щодо використання результатів роботи. Результати роботи можуть бути використані для подальшого прогнозування кон'юктуроутворюючих факторів та розроблення напрямів покращення ситуації на ринку ІТ-індустрії.

Ключові слова: кон'юнктура ринку, ІТ-індустрія, кон'юктуроутворюючі фактори, експорт ІТ-послуг, моделювання, прогнозування.

ABSTRACT

Thesis of the first (bachelor's) level of higher education on "Economic-mathematical modeling of the IT industry market" contains 90 pages, 15 tables, 17 figures, 2 appendices. The list of references includes 35 names.

The purpose of the work is to deepen the theoretical and methodological foundations and develop practical recommendations for economic and mathematical modeling of the IT industry market situation, determining the further directions of development of the IT industry in Ukraine.

The object of the work is the processes of economic and mathematical modeling of the market conditions of the IT industry.

The subject of the work is the theoretical and methodological principles and practical recommendations for economic and mathematical modeling of the IT industry market situation based on the actual values of its situation-forming factors.

Research methods. Analysis and synthesis, comparison (to conduct a comparative analysis of the IT industry market in Ukraine and the world), system-structural, induction and deduction (to determine the theoretical basis for modeling the situation of the IT industry market in Ukraine); graphic, grouping, component analysis, modeling based on multiple linear regression (modeling the current state of the IT industry market based on defined indicators) and autoregressive moving average models (forecasting the value of the export volume of IT services for the future period).

Results of the work. Economic-mathematical models of multiple linear regression and autoregressive moving average were built, which allow to assess the current state of the IT industry market and forecast the value of the volume of IT services exports for the future period. The scientific novelty of the study consists in the improvement of economic-mathematical models for assessing the current state of the IT industry market and the formation of a system of recommendations for its further development based on the results of economic-mathematical modeling.

Recommendations for the use of work results. The results of the work can be used for further forecasting of economic factors and the development of directions for improving the situation in the IT industry market.

Keywords: market situation, IT industry, factors creating the situation, export of IT services, modeling, forecasting.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КОН'ЮНКТУРИ РИНКУ ІТ-ІНДУСТРІЇ.....	11
1.1 Економічна характеристика формування кон'юнктури ринку	11
1.2 Класифікація та принципи моніторингу кон'юнктурутворюючих факторів.....	16
1.3 Методичний інструментарій дослідження та моделювання кон'юнктури ринку ІТ-індустрії	21
Висновок до розділу 1	28
2 ПЕРЕДУМОВИ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КОН'ЮНКТУРИ РИНКУ ІТ-ІНДУСТРІЇ.....	30
2.1 Компаративний аналіз ринку ІТ-індустрії в Україні та світі.....	30
2.2. Визначення ключових кон'юнктурутворюючих факторів ринку ІТ- індустрії.....	40
2.3. Побудова економіко-математичних моделей динаміки ключових кон'юнктурутворюючих факторів ринку ІТ-індустрії	48
Висновки до розділу 2	59
3 АНАЛІЗ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДИНАМІКИ КОН'ЮНКТУРУТВОРЮЮЧИХ ФАКТОРІВ РИНКУ ІТ-ІНДУСТРІЇ	61
3.1 Розрахунок параметрів моделей та розроблення програмного додатка для автоматизації обрахунків результатів моделювання.....	61
3.2 Побудова кон'юнктурних прогнозів ринку ІТ-індустрії із застосуванням запропонованих моделей та формування системи рекомендацій.....	72
Висновки до розділу 3	79
ВИСНОВКИ.....	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83
ДОДАТКИ.....	87

ВСТУП

Актуальність теми дипломної роботи полягає у необхідності дослідження кон'юнктури ринку ІТ-індустрії, головними рисами якого є висока динамічність та інноваційність. На сьогоднішній день ІТ-індустрія є однією з найбільш швидкозростаючих галузей економіки, проте її розвиток супроводжується значними викликами. Висока турбулентність, непередбачуваність ринкових тенденцій та швидкі зміни технологій ускладнюють прогнозування і планування діяльності як для державних регуляторів, так і для окремих суб'єктів господарювання. Відсутність надійних методів аналізу і прогнозування кон'юнктури ринку ІТ-індустрії перешкоджає оптимальному використанню ресурсів та прийняттю стратегічних рішень. Економіко-математичне моделювання ринку ІТ-індустрії дозволить застосувати та розробити науково обґрунтовані інструменти для аналізу ринкових процесів і тенденцій. Наукова та спеціалізована література містить значну кількість робіт, присвячених окремим аспектам ринку ІТ-індустрії, таким як аналіз попиту і пропозиції, конкурентне середовище, вплив інновацій. Проте комплексне економіко-математичне моделювання, що враховує широкий спектр факторів і дозволяє прогнозувати кон'юнктуру ринку в умовах швидких змін, все ще потребує глибшого дослідження.

Мета дипломної роботи полягає у поглибленні теоретико-методичних засад та розробленні практичних рекомендацій щодо економіко-математичного моделювання кон'юнктури ринку ІТ-індустрії, визначенні подальших напрямів розвитку ІТ-індустрії в Україні.

Для досягнення поставленої мети дослідження було визначено такі завдання:

- дослідити сутність формування кон'юнктури ринку ІТ-індустрії та економічну характеристику даного процесу;
- розглянути класифікацію та проаналізувати принципи моніторингу кон'юнктурутворюючих факторів;
- обґрунтувати методичний інструментарій для дослідження та моделювання кон'юнктури ринку ІТ-індустрії;

- провести компаративний аналіз ринку ІТ-індустрії в Україні та світі для визначення ключових тенденцій його розвитку;
- визначити ключові кон'юктуроутворюючі чинники, які впливають на стан ринку ІТ-індустрії;
- побудувати економіко-математичні моделі, які описуватимуть динаміку ключових кон'юктуроутворюючих факторів ринку ІТ-індустрії;
- обчислити параметри моделі та розробити програмний код для автоматизації обрахунків результатів моделювання;
- розрахувати прогнозні значення кон'юктуроутворюючих чинників ринку ІТ-індустрії на основі запропонованих моделей;
- сформувати систему рекомендацій для подальшого розвитку ринку ІТ-індустрії на основі результатів економіко-математичного моделювання.

Об'єктом дослідження дипломної роботи є процеси економіко-математичного моделювання кон'юктури ринку ІТ-індустрії.

Предметом дослідження є теоретико-методичні засади та практичні рекомендації щодо економіко-математичного моделювання кон'юктури ринку ІТ-індустрії на основі фактичних значень його кон'юктуроутворюючих факторів.

База дослідження – ринок ІТ-індустрії.

Методи, які були використані у процесі дослідження теми дипломної роботи: аналізу та синтезу, порівняння (для проведення компаративного аналізу ринку ІТ-індустрії в Україні та світі), системно-структурний, індукції та дедукції (для визначення теоретичних засад моделювання кон'юктури ринку ІТ-індустрії України); графічний, групування, компонентного аналізу, моделювання на основі множинної лінійної регресії (моделювання поточного стану ринку ІТ-індустрії на основі визначених показників) та моделі авторегресійного ковзного середнього (прогнозування значення обсягу експорту ІТ-послуг на майбутній період).

Результатом дипломної роботи є побудовані економіко-математичні моделі множинної лінійної регресії та авторегресійного ковзного середнього, що дозволяють оцінити поточний стан ринку ІТ-індустрії та спрогнозувати значення обсягу експорту ІТ-послуг на майбутній період. Наукова новизна дослідження

полягає у вдосконаленні економіко-математичних моделей для оцінки поточного стану ринку ІТ-індустрії та формуванні системи рекомендацій для подальшого його розвитку на основі результатів економіко-математичного моделювання.

Апробація та висвітлення результатів. Основні положення роботи було висвітлено на Міжнародній науково-практичній конференції. За результатами опубліковано тези: Кот Я. В. Тенденції розвитку ІТ-індустрії. Моделювання та прогнозування економічних процесів. *XVII Міжнародна науково-практична конференція “Моделювання та прогнозування економічних процесів”, 7 грудня 2023 року*. 2024. Т. 1, № 1. URL: <https://mreproc.fmm.kpi.ua/article/view/298182> (дата звернення: 13.04.2024).

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КОН'ЮНКТУРИ РИНКУ ІТ-ІНДУСТРІЇ

1.1 Економічна характеристика формування кон'юнктури ринку

Визначення поняття “ринок” постійно змінювалося разом із періодом розвитку суспільного виробництва. Багато вчених-економістів, таких як Адам Сміт, Альфред Маршалл, Леон Вальрас, Мілтон Фрідман, мали різні погляди стосовно визначення даної економічної категорії [1]. Дехто з них розглядав ринок як систему взаємодії між продавцями та покупцями, де формування цін здійснювалося зважаючи на конкуренцію, інші – як місце, де попит та пропозиція визначають ціни та розподіл ресурсів через саморегулювання. Проте в загальному, можна сказати, що “*ринок*” – це сукупність відносин, своєрідний синтез сфери виробництва зі сферою споживання задля задоволення потреб суб'єктів останньої, заснований на договорі купівлі-продажу.

На основі аналізу праць вчених [2; 3; 4; 5] основними ознаками ринку як економічної категорії є такі:

1. Поєднання різних сфер/елементів і структура взаємодії між ними, яка викликає необхідність надання оцінки раціональному розподілу ресурсів для їх подальшого розвитку.
2. Динамічність, оскільки параметри ринку зазнають постійних змін з плином часу (теперішній стан ринку є таким через зміни у минулому, майбутній – буде іншим ніж теперішній).
3. Реагування на вплив зовнішніх факторів (випадкових та/або постійних), якими зазвичай виступають соціально-економічні та політичні зміни, психологічні настрої суспільства.
4. Постійна циклічність як умова розвитку ринку, що базується на повторюваності основних його характеристик та тенденцій. Зазвичай проводиться аналіз циклів розвитку ринку, що допомагає надати оцінку силі циклічних коливань та запобігти несприятливим змінам, які можуть впливати на нього.

5. Для регулювання ринку необхідно провести детальний аналіз зовнішніх і внутрішніх зв'язків між його основними елементами, які визначають напрямок та темпи розвитку.

Важливо зазначити, що на даний момент труднощі, з якими стикаються українські підприємці, полягають у несвоєчасному прийнятті рішень, не здійсненні превентивних заходів із запобігання прогнозованих проблем на ринку, який характеризується вище згаданими ознаками [1].

Однією з передумов при прийнятті поведінкових рішень на ринку є дослідження його кон'юнктури. Значний внесок в теорію кон'юнктури зробили такі наукові школи: німецька та американська. Зокрема, вчені німецької школи визначили поняття загальногосподарської та часткової кон'юнктури, американської – винайшли технологію макроекономічного прогнозування внаслідок поєднання теорії кон'юнктури із концепцією економічного зростання [2].

Загалом можна зробити висновок, що основними рисами теорії кон'юнктури є її постійна мінливість під впливом зовнішніх чинників, нерівномірність, поєднання непокєднуваних її елементів, що в свою чергу складаються під час процесу формування суспільного капіталу [3]. Саме поняття “кон'юнктура” вперше було визначено німецьким політичним діячем та мислителем – Фернандом Лассалем у 1864 році. Вчений визначав, що значення даного поняття – це таке собі уявлення про цілісний зв'язок існуючих обставин, які оточують людину у матеріальному світі [3].

Загалом сучасна наука виділяє три підходи, що стосуються означення “кон'юнктура” [2]:

— Перший підхід трактує значення кон'юнктури як економічної ситуації, яка сталася у певний період часу на ринку під впливом групи чинників.

— Відповідно до другого підходу дане поняття розглядається як сукупність умов, які визначають стан справ на ринку у визначений період.

— Згідно з третім підходом кон'юнктура – це точка на кривій у визначений період циклу, який відбувається на ринку.

Зважаючи на наукові праці вчених та підходи до визначення поняття, можна узагальнити, що *кон'юнктура ринку* – це економічна ситуація, яка сформувалася на ринку у певний період часу/цикл під впливом групи кон'юктуроутворюючих чинників та характерними рисами якої є рівень раціонального розподілу обсягу попиту та пропозиції, співвідношенням цін на ринку.

Для проведення детального дослідження формування кон'юнктури ринку, важливо розглянути ознаки, за якими її класифікують, серед них виділяють: масштаб ринку (може бути світовою, міжнародною, національною, регіональною, кон'юнктура місцевих ринків), розмір охоплюваного асортименту продукції (загальногосподарська – є однією з найважливіших ознак при визначенні інвестиційного клімату; кон'юнктура товарних ринків, яка відіграє важливу роль при визначенні маркетингової стратегії та економічної діяльності підприємств в кризових умовах, дослідження характеризується систематичним збором та аналізом даних) [2].

Визначення основних напрямків подальшого розвитку ринку вимагає систематичного, цілісного збору даних та їх перегляду, одним з таких є складний вид маркетингового аналізу – кон'юнктурний, що допомагає виявити циклічні коливання та оцінити потенціал. Аналіз кон'юнктури ринку, а саме визначення основних факторів для стимуляції його розвитку, це клопіткий процес, який вимагає вирішення ряду завдань: визначення об'єкту аналізу, стану ринку, маркетингової ситуації; збору та аналізу інформації кон'юнктури; надання оцінки потенціалу та стану взаємодії суб'єктів господарювання, діяльність яких здійснюється на ринку; визначення головних чинників, що впливають на коливання, сезонність та циклічність ринку; прогнозування кон'юнктури. Виконання перелічених завдань зосереджене на глибокому дослідженні стану ринку, взаємодії його елементів.

Процес реалізації завдань можна умовно поділити на два етапи, де на першому – надається загальна характеристика масштабам ринку, його виду, швидкості пристосування до змін та стійкості у кризових умовах; на другому – здійснюється науково-обґрунтований прогноз подальшого розвитку кон'юнктури

ринку на майбутній період, що засновується на аналізі причинно-наслідкових закономірностей і зв'язків [2]. Такий прогноз забезпечує суб'єктів господарювання необхідними знаннями про те, як правильно керувати власними ресурсами для їх раціонального розподілу та формувати ціни на товари/послуги, коли варто розширювати та/або скорочувати обсяг виробництва продукції, тобто загалом – якою повинна бути їх поведінка на ринку для ведення успішної економічної діяльності. Варто зазначити, що такий прогноз є об'єктивним і його головною ціллю є отримання рекомендацій щодо подальшого розвитку маркетингової стратегії підприємства на ринку в умовах кризового стану.

Кон'юнктура ринку має три основні якісні стани, до яких належить дефіцит і надлишок товару, а також ринкова рівновага [1]. Головною ознакою, яка характеризує *стан дефіциту товару*, є перевищення платоспроможним попитом пропозиції при фіксованому рівні ціни. Він може бути короткочасним (з'являється у системі ринкового регулювання економіки та/або за його межами, може виникати внаслідок структурних зрушень економіки) або сталим (головною причиною виникнення є відсутність конкуренції). Стан *надлишку товару* характеризується перевищенням пропозиції над попитом на товар при визначеній його ціні, у той час як стан *ринкової рівноваги* передбачає рівномірний розподіл між попитом та пропозицією. Останній не може бути сталим на ринку, оскільки його практично неможливо зафіксувати на довгий термін.

Зважаючи на невід'ємність визначення особливостей кон'юнктури ринку при формуванні та розвитку світових товарних ринків, її вивчення здійснюється на макро– (дослідження довгострокових змін, які відбуваються на національних ринках, на рівні підприємств державного значення і галузей) та мікрорівнях (зосередження уваги на короткотермінових коливаннях, змінах). Велике значення цій ознаці приділяється при виборі форм та методів боротьби за місце на ринку, а також плануванні бізнес-стратегії.

Яскравим прикладом для розгляду є формування кон'юнктури світових товарних ринків, заснований на циклічному розвитку міжнародного господарства і відображає притаманні ринковій економіці риси. Наукові праці видатного

економіста Миколи Кондратьєва присвячені дослідженню довгострокових циклів кон'юнктури. Вчений визначив роль групи кон'юктуро-формуючих факторів, які безпосередньо впливають на стан справ на ринку, формують його кон'юктуру та простежуються у взаємозв'язках різної періодичності тенденцій.

Розрізняють такі умови формування кон'юнктури ринку [2]:

— *Економічні*, до яких належить розвиток виробничих сил, науково-технічний прогрес, регулювання, ресурси, валютні та фінансові умови, загальна структура економіки.

— *Соціально-політичні*, зокрема суспільно-економічні відносини, ознаки політичної системи, рівень життя і соціальної активності населення, національно-культурні та релігійні традиції.

— *Міжнародні*, які включають розвиток світового господарства, стан міжнародних економічних відносин, зовнішню економічну стратегію країн, рівень залученості країн в міжнародному поділі праці, експортну спеціалізацію, економічну інтеграцію та рівень розвитку міжнародного поділу праці.

Основними формами прояву економічної кон'юнктури, які є результатом взаємодії кон'юктуро-формувальних факторів та умов її формування, є такі [2]:

— *Понижувальна форма*. Притаманними їй рисами є переважання пропозиції над попитом на товар, зниження ціни на нього та кількості укладених угод.

— *Низька форма*, за якої пропозиція переважає над попитом на товар до моменту досягнення точки для їх рівноваги. Прибутки фірми зменшуються, коли число торгівельних операцій та ринкові ціни набувають мінімальних значень.

— *Підвищувальна форма*. Характеризується переважанням попиту над пропозицією товару, підвищенням ринкових цін та кількості укладених угод.

— *Висока форма*. Для неї притаманна тенденція збереження переваги попиту над пропозицією, збільшення прибутків фірми, досягнення максимальних значень ціни на товар та кількості торгівельних угод.

— *Ринкова рівновага*. Характеризується рівновагою попиту та пропозиції на товар. Форма прояву є короткочасною.

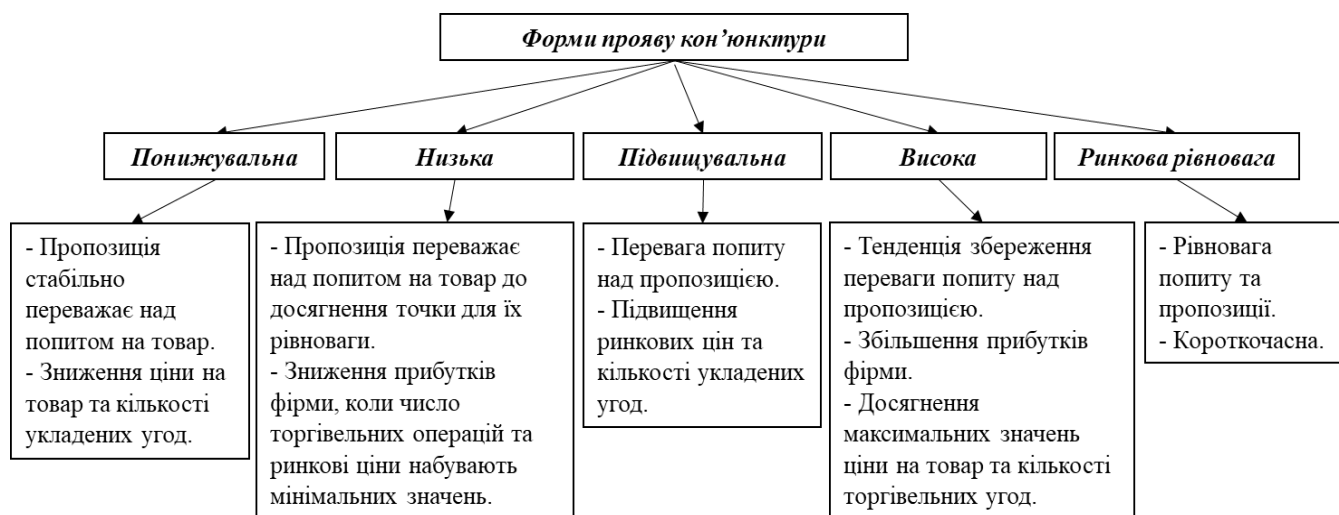


Рисунок 1.1 – Форми прояву кон'юнктури та їх ознаки

Складено автором на основі [2]

В цілому, економічна сутність кон'юнктури полягає у її несталому характері та динамічності, яка відображає вплив різних короткострокових і довгострокових факторів. Такі зміни є суперечливими, оскільки можуть одночасно спостерігатися протилежні тенденції в одних і тих ж показниках. Кон'юнктура характеризується нерівномірністю розвитку різних елементів ринку та єдністю протилежностей, на основі яких відбувається процес відтворення суспільного капіталу. Вчені, які досліджували кон'юнктуру, виділили три підходи для її визначення: як економічну ситуацію на ринку; як сукупність умов, що її формують; як точку на кривій ринкового циклу [2]. Головними класифікаційними ознаками, з огляду на які розглядають кон'юнктуру, є масштаб ринку та охоплення товарного ряду.

Аналіз кон'юнктури потребує детального дослідження економічних факторів, що впливають на розвиток ринку. Це допоможе підприємствам приймати обґрунтовані рішення при веденні їх економічної діяльності, а державі – проводити ефективну політику регулювання економіки.

1.2 Класифікація та принципи моніторингу кон'юктуроутворюючих факторів

Кон'юктуроутворюючі фактори поділяються на групи, що класифікуються за такими ознаками як тривалість, вразливість до економічних циклів, приналежність до об'єкту дослідження та аспектів ринкового механізму,

можливість регулювання, характер впливу, передбачуваність, однорідність динаміки, джерело походження, тіснота зв'язку і характер інформації (табл. 1.1). Надати оцінку кожному фактору можна з позиції всіх вище перелічених ознак, які доповнюють одна одну при цьому не втрачаючи свою унікальність. Така класифікація надає можливість детально дослідити динаміку групи чинників як кожної окремо, так і їх сукупності, та в результаті надати оцінку рівню варіації (коливання) ринкових процесів.

Таблиця 1.1 – Класифікаційні ознаки кон'юктуроутворюючих факторів

Ознака	Вид	Означення
Тривалість	Короткострокові	Впливають на ринок протягом короткого періоду, орієнтовно до 1 року
	Середньострокові	Впливають на ринок від 1 до 5 років
	Довгострокові	Впливають на ринок більше ніж 5 років
Вразливість до економічних циклів	Циклічні	Змінюються в залежності від фази економічного циклу (підйому, спаду, депресії)
	Нециклічні	Непов'язані з економічним циклом, його фазами
Приналежність до об'єкту дослідження	Ендогенні	Виникають всередині досліджуваної системи
	Екзогенні	Виникають за межами досліджуваної системи
Приналежність до аспектів ринкового механізму	Виробничі	Впливають на процес виробництва
	Споживчі	Впливають на поведінку споживачів
Можливість регулювання	Регульовані	Фактори, які можна контролювати та врегулювати
	Нерегульовані	Фактори, на які не можна вплинути
Характер впливу	Стимулюючі	Сприяють розвитку ринку
	Стримуючі	Стримують розвиток ринку
	Нейтральні	Не несуть значного впливу на ринок
Передбачуваність	Детерміновані	Можна передбачити з високою точністю, найбільш ймовірні
	Стохастичні	Не можна передбачити/можливо передбачити з малою ймовірністю
Однорідність динаміки	Проста стаціонарна	Мають стійкий характер
	Кількісна стаціонарна	Стійкий характер з коливаннями
	Еволюційна	Постійно змінюються, еволюціонують
	Хаотична	Мають нестійкий характер, не можна передбачити

Складено автором на основі [2, 4]

Продовження табл. 1.1

Ознака	Вид	Означення
Джерело походження	Науково-технічні	Пов'язані з розвитком науки і техніки
	Техніко-економічні	
	Соціально-економічні	Пов'язані зі змінами у соціально-економічному житті населення
	Військово-політичні	Пов'язані з військово-політичною ситуацією
	Державно-правові	Пов'язані з політикою держави, змінами в ній
	Природні	Пов'язані з явищами, що стаються у природі
Тіснота зв'язку	Прямої дії	Безпосередньо впливають на розвиток ринку та його елементів
	Непрямої дії	Впливають на ринкові показники опосередковано, при залученні інших факторів
Характер інформації	Кількісна шкала	Можна виміряти в кількісних одиницях
	Якісна шкала	Не можна виміряти в кількісних одиницях (наприклад, політична стабільність)

Складено автором на основі [2, 4]

Повний детермінований аналіз кон'юнктури ринку передбачає вивчення впливу кон'юктуроутворюючих чинників на її стан, який відображається через показники кон'юнктури. Залежність показників кон'юнктури ринку від кон'юктуроутворюючих чинників можна визначити за допомогою моделі, через яку розкривається її стан розвитку ринку у відповідь на зміни кон'юктуроутворюючих факторів [2]:

$$Y_j = f(X_i) \quad (1.1)$$

де X_i – кон'юктуроутворюючі фактори,

Y_j – показники кон'юнктури.

Дослідження кон'юнктури ринку на основі широкого кола показників потребує багато часу, зокрема, якщо теоретично дослідник може охопити велику кількість показників для отримання глибокого та всебічного розуміння кон'юнктури, то практично – він обмежений у часі для їх систематизації та аналізу. Проте розгляд обмеженої кількості показників не зможе надати повну оцінку

значущості кон'юктуроутворюючих факторів та розвитку самої кон'юнктури. Здебільшого дослідження, що базуються на обмеженій кількості показників носять суб'єктивний характер та набувають популярності серед фірм з маркетингової аналітики.

На прикладі товарного ринку розглянемо систему показників його кон'юнктури, яка має 4 основні блоки: пропозиція, попит, ціни на товари та напрямки розвитку [2].

Головним індикатором ринкового стану завдяки якому відображається поведінка виробників є *пропозиція*. Її складовими є обсяг виготовленої та імпоротної продукції, а також резерви товарних запасів [5]. Варто зазначити, що пропозиція та попит тісно взаємопов'язані, існує декілька означень, завдяки яким розкривається зв'язок між ними, зокрема: пропозиція формується на основі попиту, зважаючи на потреби споживачів у тих чи інших продуктах виробники вирішують, що їм виготовляти для того, щоб отримати прибуток і при цьому задовольнити бажання покупців; пропозиція впливає на попит, оскільки новий унікальний товар на ринку може привернути увагу покупців своєю привабливістю і цим самим вплинути на поведінку виробників, що призведе до збільшення обсягів виробництва [1]. Під час аналізу кон'юнктури ринку з огляду блоку пропозиції важливо звернути увагу на показники промислового виробництва (натуральні та вартісні критерії виробництва, індекси, темпи зростання та приросту, виробничий та сировинний потенціал, обсяг залучених коштів, обсяги експорту та імпорту, завантаження виробництва), рівня монополізації та інтенсивності конкуренції (розподіл та тип, концентрація виробників на ринку).

Попит є другим показником системи показників кон'юнктури товарного ринку. Загалом, це зацікавленість споживачів в купівлі певного товару для задоволення своїх базових потреб та/або бажань. Головними показниками попиту, які розглядаються при дослідженні кон'юнктури є його обсяг, структура та динаміка змін, місткість, сегментація і диференціація, рівень залежності еластичності попиту від маркетингових збудників [2].

Формування ринкової *ціни* на товари є складним та багатофункціональним процесом. Головною ознакою цін є їх постійна зміна, що безпосередньо впливає на поведінку покупців та виробників на ринку. Важливу роль при проведенні детального кон'юнктурного аналізу ринку є цінові та кількісні показники пропорційності розвитку ринку, до яких відносять варіаційні та динамічні індикатори цін та товарообіг (зміни у русі товарів є проявом дії ринкового механізму) [2].

Вихідним блоком системи показників кон'юнктури товарного ринку є результати дослідження поточного стану (рівень стійкості та циклічності) разом із подальшими напрямками розвитку. Оскільки кон'юнктура ринку постійно змінюється під впливом різних чинників важливо оцінити її стан під час проявів стихійності, проаналізувавши динаміку змін на ринку за певний період. Результатом такого аналізу може бути виявлення циклічності, в українській економіці використовують показник сезонної циклічності [2].

Завдяки дослідженню головних показників системи кон'юнктури товарного ринку формується повне уявлення про функціонування ринкового механізму, що дозволяє визначити основні перспективи напрямку його подальшого розвитку, поточний стан [2].

Аналіз кон'юнктури ринку потребує також і дослідження сукупності її утворюючих компонентів, тому важливим є огляд принципів моніторингу кон'юктуроутворюючих факторів. Загалом моніторинг стану кон'юнктури ринку, як і здебільшого сам аналіз, доречно проводити тоді, коли необхідно дослідити стан ринкової ситуації, яка стосується впливу зовнішніх чинників на суб'єкт господарювання в певний період часу. Тому велика увага повинна приділятися принципам моніторингу, які дозволяють оцінити вплив економічних, політичних, соціальних чинників на кон'юнктуру ринку [6].

До принципів моніторингу кон'юктуроутворюючих факторів належать [6]:

— *Принцип об'єктивності*, сутність якого розкривається через важливість врахування всіх ключових показників кон'юнктури досліджуваного

ринку, а також утриманні від формування конкретних висновків до моменту повного аналізу всієї зібраної інформації.

— *Принцип точності*, який визначає наскільки чітко сформульоване завдання дослідження, а вибір методів дослідження – обґрунтований та дозволить вирішити поставлені задачі.

— *Принцип деталізації* заснований на детальному розгляді етапів планування дослідження і забезпечує високоякісні умови для його проведення у майбутньому.

— Розробку комплексної системи цілей дозволяє забезпечити *принцип цілеспрямованості*. Головна ідея полягає у тому, що для реалізації загальних ключових цілей є важливим досягнення малих, часткових цілей, зокрема, це свідчить про ієрархічність системи.

— *Принцип ефективності* надає оцінку рівню реалізації поставлених завдань та визначенням, в ході дослідження, перспективам для підвищення економічної ефективності підприємств.

Перед та під час проведення аналізу кон'юнктури ринку необхідно приділити велику увагу класифікації та моніторингу його утворюючих факторів, адже одних знань про оцінку поточного стану ринкової ситуації недостатньо для формування повного уявлення про ринок та визначення перспектив для його подальшого розвитку.

1.3 Методичний інструментарій дослідження та моделювання кон'юнктури ринку ІТ-індустрії

Послідовністю дій та сукупністю певних інструментів дослідження стану ринку і визначення перспектив його подальшого розвитку називають *методикою вивчення кон'юнктури*. Цей комплексний підхід дозволяє всебічно оцінити ринкову ситуацію, передбачити її майбутні зміни [7].

Існує три етапи аналізу кон'юнктури ринку:

— На *першому етапі* здійснюється збір даних та їх обробка.

— *Другий етап* характеризується аналізом кон'юнктури, на основі зібраних на першому етапі даних про ринок.

— На останньому, *третьому етапі*, здійснюється прогноз кон'юнктури ринку, визначаються та приймаються рішення щодо покращення його стану.

На першому етапі аналізу кон'юнктури ринку завдяки проведенню первинних та вторинних досліджень здійснюється збір інформації. Вона може містити жорсткі (кількісні, наприклад, місткість, ціна) та м'які (якісні, наприклад, уявлення споживачів про товари і т. д.) дані. Загалом первинна інформація є результатом досліджень, які проводилися для вирішення існуючої проблеми [2].

Серед основних методів збору даних, кожен з яких окремо використовують для досягнення конкретної цілі при дослідженні кон'юнктури ринку, розрізняють [2]:

- *Опитування* – метод, який використовується для з'ясування думки людей на основі відповідей, які вони дають на ряд поставлених запитань; може проводитися у письмовій чи усній формах. Головною перевагою є конкретність інформації, отриманої від людей, а недоліком – може бути не повна її достовірність зважаючи на зовнішні чинники, які могли вплинути на відповідь респондентів.
- *Спостереження* – це безпосередній нагляд за поведінкою людей, певними процесами чи подіями, на основі якого аналізується/описується інформація про їх поведінку. Основна перевага методу – об'єктивність, недолік – не за всіма суб'єктами можна спостерігати. Спостереження може бути лабораторне, або проводитися за/без участі дослідника.
- *Експеримент* – метод, який вимагає виконання конкретних дій, головна мета яких полягає у дослідженні впливу одного з факторів на інший. Серед форм розрізняють лабораторну та польову. Головною перевагою є відтворення умов наближених до реальності, а недоліком – великі витрати коштів та часу.
- *Панель* – метод, що полягає у повторному зборі даних через визначені періоди часу; має торгівельну (дослідження купівельної поведінки) та споживчу (спостереження за поведінкою споживачів) форми. Перевага – детальне простеження динаміки змін поведінки суб'єкту дослідження через рівні проміжки

часу, недолік – вибуття респондентів, вплив повторного збору інформації на їх поведінку.

Щодо означення *вторинних даних*, то це інформація, яка є результатом раніше проведених досліджень, головна мета яких не стосувалася аналізу кон'юнктури ринку. Збір вторинних даних передуює збору первинних. Загалом інформація збирається з внутрішніх (статистика продажів, витрати на маркетингову компанію, виробниче обладнання і т. д.) та зовнішніх (ринок маркетингової інформації, на якому надаються послуги з продажу та купівлі) джерел.

Існують основні сектори, на які уявно поділена вторинна кон'юнктурна інформація, зокрема [2]: економічна (інформація пов'язана зі станом економічних показників, аналітичних оглядів), фінансова (котирування цінних паперів, діяльність бірж), науково-технічна (безпосередньо стосується інформаційних довідок у галузі науки), комерційна (економічна діяльність підприємств), статистична (показники, які збираються за допомогою аналізу кількості компаній на визначених ринках, адміністративних територіях), споживча (розрахована на широке коло споживачів), маркетингові дослідження (використовується на фірмах, які займаються аналізом показників, що стосуються маркетингової діяльності).

Головними перевагами використання вторинних даних при аналізі кон'юнктури ринку є їх доступність та об'єктивність, не потрібно витратити кошти та багато часу для їх отримання, підвищує ефективність використання первинної інформації. Стосовно недоліків, то це неактуальність (дані застарілі), неточність та неповність (може бути надана не вся інформація про динаміку змін поведінки об'єктів дослідження). Тому при моделюванні кон'юнктури ринку дуже важливо критично оцінювати якість інформації, на основі якої воно буде проводитися.

Збір необхідної інформації може здійснюватися завдяки різним телекомунікаційним мережам, найбільш відомою є Інтернет. Вона містить різноманітні дані, описані у наукових статтях, статистичних довідниках, базах даних та інших джерелах. Дана мережа популярна через свою швидкість пошуку необхідної інформації та рентабельності отриманих даних.

Як вище зазначалося, після збору та обробки інформації здійснюється перехід до другого етапу дослідження. Аналіз кон'юнктури здійснюється за допомогою описових та аналітичних методів, які дозволяють детально дослідити отриману інформацію.

Таблиця 1.2 – Аналітичні методи, які застосовуються на етапі дослідження

Назва методу	Опис
Зведення та групування	Класифікація факторів, які впливають на динаміку змін показників кон'юнктури
Аналіз рядів динаміки	Вивчення динаміки зміни значень показників кон'юнктури
Метод відносних та середніх величин	Порівняння моментних характеристик об'єкту дослідження
Кореляційно-регресійний аналіз	Побудова багатофакторних моделей, які дозволяють визначити як змінюється попит на продукцію залежно від різних факторів
Варіаційний та дисперсійний аналіз	Аналіз змін ринкових цін, допомагає визначити стійкість та мінливість цін на ринку
Індексний метод	Побудова мультиплікативних та адитивних моделей товарообігу, надання оцінки впливу різних факторів на загальний його обсяг
Аналітичне згладжування	Визначення головних тенденцій розвитку параметрів ринку, що дозволяє передбачити майбутні зміни на ринку

Складено автором на основі [2]

Завдяки вище перерахованим аналітичним методам формується глибоке розуміння кон'юнктури досліджуваного ринку, на основі якого можна провести якісний прогноз кон'юнктури на третьому етапі аналізу.

Головна мета останнього етапу полягає у визначенні найбільш ймовірної оцінки стану кон'юнктури на майбутній період. Для цього використовуються різні види моделей, які підбираються на основі показників, що характеризують поточну ринкову ситуацію.

Перед тим як робити прогноз за допомогою найбільш підходящої моделі варто враховувати вимоги, необхідні для прогнозування кон'юнктури ринку [8]:

- *Наукова обґрунтованість та надійність* (прогноз повинен бути заснований на чітких істинних даних та методах при цьому враховувати всі можливі чинники впливу на майбутній стан кон'юнктури);
- *доказовість* (прогноз має бути стійким до повторного аналізу даних);
- *альтернативний характер* для пропозиції можливих сценаріїв розвитку заснованих на чітких теоріях, гіпотезах, передумовах;
- *верифікованість*, через яку проявляється існування надійної методики оцінки ймовірності та точності прогнозу для його коригування;
- *зрозуміле формулювання* прогнозу, що допомагає приймати конкретні рішення;
- *плановість*, повинен бути виконаний своєчасно.

Існує багато внутрішніх та зовнішніх чинників, які можуть вплинути на прогноз кон'юнктури, тому важливо в загальному розглянути від чого залежить точність прогнозу. Однією з перших ознак є надійність та повнота зібраної про ринок інформації, яка визначає його рівень та стан розвитку. Іншою, не менш важливою, властивістю є рівень стійкості як ринку, так і економіки загалом. На точність прогнозу впливає й адекватність моделі, яка була використана для отримання даних, та технічна його оснащеність.

Етапи виконання прогнозу подані на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Етапи виконання прогнозу

Складено автором на основі [2]

За тривалістю часу виділяють коротко- (необхідні для прийняття оперативних рішень, до 1 місяця), середньо- (укладання форвардних угод, оцінка стану кон'юнктури, від 1 місяця до 1 року) та довгострокові (аналіз якісних змін ринкової ситуації в подальшій перспективі, більше 1 року) прогнози.

Після вибору періоду, на який буде здійснюватися прогнозування даних, проводиться пошук необхідних показників. Зазвичай велика увага приділяється рівням та даним безпосередньої динаміки.

Серед головних методів, які найчастіше обирають на третьому етапі виконання прогнозу, є [2]:

— *Методи експертних оцінок.* Ґрунтуються на думках та судженнях експертів у даній галузі; їх головною перевагою є можливість застосування до будь-якого ринку та отримання кваліфікованих висновків щодо розвитку кон'юнктури, а недоліком – суб'єктивний характер.

— *Екстраполяційні методи та моделі.* Загалом термін “екстраполяція” передбачає продовження динамічного ряду даних, а тобто кривої, яка відображає попередні зміни економічного показника, на основі якого здійснюється

прогнозування. Широко застосовуються при проведенні маркетингових дослідженнях. Під час використання цих методів враховуються статистично сформовані тенденції зміни визначених кількісних характеристик об'єкту дослідження.



Рисунок 1.3 – Процес прогнозування за допомогою екстраполяційного методу

Джерело: [2, с. 25]

Якщо порівнювати екстраполяційні та методи експертних оцінок, то можна зробити висновок, що перші забезпечують більш точний прогноз даних на майбутній період. Головними перевагами використання екстраполяційних методів є визначення характеру та зміни показників стану кон'юнктури, оцінка її кривої, інтерпретація основної тенденції та її функції, обчислення показників коливання та циклічності. Використання кожного методу окремо не дасть чітких результатів прогнозу, тому важливо їх поєднувати під час його проведення, оскільки вони взаємопов'язані та доповнюють один одного.

Останній етап прогнозування характеризується аналізом отриманих значень та визначенням подальших перспектив розвитку кон'юнктури ринку. Оскільки дослідження кон'юнктури є складним процесом і може потребувати застосування відповідної програми для обробки масиву даних, постає питання у виборі найбільш

підходящого програмного пакету (спеціалізованого, які застосовуються у визначеній предметній області, чи загального призначення, для яких не потрібна пряма орієнтація на конкретній предметній області).

До пакетів спеціалізованого призначення належать МЕЗОЗАБР, TREND; загального – “STATAN”, “STATGRAPHICS” та інші [2]. Також для прогнозування можна скористатися програмою Microsoft Excel, яка має широкий спектр обчислювальних функцій та можливостей для графічного представлення даних.

Отже, під час прогнозування кон’юнктури ринку важливо обрати метод, який буде спрямований для досягнення його основних цілей, а також відповідний для прогнозування та графічного представлення даних програмний пакет чи саме програмне забезпечення в цілому.

Висновок до розділу 1

Досліджено основні фактори, що зумовили виникнення ринку, серед яких є розвиток суспільного поділу праці, який проявлявся через самостійну діяльність суб’єктів господарювання, їх відокремлення один від одного для задоволення власних потреб. Взаємодія між різними власниками суб’єктів господарювання, яка полягала в обміні товарами та/або послугами, представляла собою одну з форм товарного обігу і стала передумовою для визначення такого поняття, як ринкові відносини. З огляду на вищезазначене, взаємовідносини між виробниками та споживачами утворювали єдину економічну систему, де пропозиція формувалася на основі попиту, тобто вироблялися товари та послуги, щоб задовольняли потреби населення.

Визначено основні ознаки ринку як економічної категорії серед яких розрізняють динамічну структуру, взаємодію ринкових елементів, зміну показників внаслідок впливу зовнішніх факторів, циклічний розвиток, необхідність регулювання. Розглянуто економічні, соціально-політичні та міжнародні умови формування кон’юнктури ринку, які постійно змінюються з часом. Досліджено фактори, які впливають на кон’юнктуру ринку, що дає можливість підприємствам

приймати обґрунтовані рішення щодо своєї діяльності, а державі – розробляти та реалізовувати ефективну економічну політику.

Визначено, що кон'юнктура ринку формується за допомогою певних чинників. Вони поділяються на групи, які класифікуються за такими ознаками як тривалість, вразливість до економічних циклів, приналежність до об'єкту дослідження та аспектів ринкового механізму, можливість регулювання, характер впливу, передбачуваність, однорідність динаміки, джерело походження, тіснота зв'язку і характер інформації. Класифікація та моніторинг цих факторів є невід'ємною частиною аналізу ринку, який дозволяє отримати глибоке розуміння рушійних сил ринку та зробити обґрунтовані прогнози щодо його майбутнього розвитку.

Визначено, що під час аналізу кон'юнктури ринку найбільше уваги варто приділити комплексному підходу, який дозволяє отримати глибоке розуміння стану ринку та його перспектив розвитку. Методика вивчення ринку складається з трьох етапів: збору та обробки даних, безпосереднього аналізу кон'юнктури та прогнозу. Вона є динамічною і повинна постійно оновлюватися, адже ринкові умови постійно змінюються. Виконання чіткого алгоритму дій допоможе підприємствам та державі приймати обґрунтовані рішення щодо розробки маркетингових стратегій, формування цін та інвестування.

2 ПЕРЕДУМОВИ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КОН'ЮНКТУРИ РИНКУ ІТ-ІНДУСТРІЇ

2.1 Компаративний аналіз ринку ІТ-індустрії в Україні та світі

Ринок ІТ-індустрії України охоплює широкий спектр видів діяльності серед яких виділяють такі: програмування; надання консультацій та підтримки з подальшого керування комп'ютерним обладнанням; розробка програмних рішень; навчання; написання документацій; системне адміністрування; тестування програмного забезпечення; збір та обробка даних; публікація інформації на веб-сайтах; проведення наукових досліджень для покращення автоматизації інформаційних процесів та їх взаємодії. На законодавчому рівні головна діяльність ІТ-сфери в Україні регулюється Законами України “Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо забезпечення умов для відновлення та розвитку електронних комунікаційних мереж” та “Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах” [9]. Вони містять інформацію про визначення ІТ-послуг, які є результатом дій суб'єктів із забезпечення споживачів програмними продуктами, інформацією, що їх повинен надавати постачальник через електронні комунікації.

Постачання програмних продуктів до споживачів за допомогою електронних ресурсів є досить зручним та дозволяє зекономити час і гроші, збільшити експортний потенціал. Розроблені та впроваджені українськими компаніями проекти спрямовані на міжнародний ринок, що свідчить про довіру і здатність вітчизняних фахівців вирішувати складні завдання. Еволюцію ринку ІТ-індустрії в Україні можна умовно поділити на 5 етапів [9]:

— *Перший етап розвитку відбувався до 90-х років ХХ століття.* Характеризується реалізацією напрацювань різних вітчизняних науковців, зокрема, під час приналежності України до СРСР формувалися наукові школи, головним видом діяльності яких було створення та вдосконалення електронно-обчислювальних машин (ЕОМ). Їх основним досягненням стало створення малої електронно-обчислювальної машини (МЕОМ) – першого цифрового комп'ютеру у

Європі. У даний період засновано Інститут кібернетики, розроблено загальнодержавну автоматизовану систему збору та обробки інформації (ОГАС).

— *Другий етап, що припав на період 90-х років XX століття*, ознаменувався формуванням галузі інформаційних технологій уже в незалежній Україні. У цей час поглиблюються знання про штучний інтелект, розробляються методи для автоматизації обробки даних, здійснюється становлення та активізація академічної науки в ІТ-індустрії. В університетах впроваджуються різні заходи для набуття досвіду роботи з сучасною на той час комп'ютерною технікою, проводиться заохочення щодо започаткування перших бізнес-проектів. Тому більшу кількість засновників і працівників компаній, які створювалися у цей період, складали люди тісно пов'язані із науково-дослідними структурами. Серед молоді набуває популярності поєднання навчання та роботи в ІТ-індустрії, вивчення англійської мови.

— *Третій етап розвитку тривав з 2000 до 2010 року*, під час цього періоду сформувалися передумови для розширення кон'юнктури ринку ІТ-індустрії. Значно підвищився рівень інформатизації, автоматизації та комп'ютеризації. Популярності набуває міграція програмних продуктів в хмарні сервіси, тобто перенесення архітектури програмного забезпечення з внутрішніх серверів на загальнодоступну/закриту хмару. Важливо зазначити, що саме у цей час виникла глобальна фінансова криза 2008 року, але не зважаючи на те, що ВВП України скоротилося на 35,6% за даними Міжнародного валютного фонду, її було визнано однією з економічно найпривабливіших держав для ІТ-аутсорсингу.

— *У 2011 році розпочався четвертий етап еволюції ІТ-індустрії*, який тривав 8 років (до 2019 р.). Уже з 2011 року ІТ-галузь в Україні почала стрімко розвиватися, даний період отримав назву "ІТ-бум". Збільшилася кількість сертифікованих ІТ-фахівців, згідно з даними світової статистики за 2014 рік Україна посіла четверте місце за значенням цього показника. Уже в ті роки українські працівники сфери ІТ славилися своїми можливостями розробляти якісні програмні забезпечення завдяки чому Україна стала привабливим партнером з постачання ІТ-послуг для іноземних замовників. Значно покращилися якості

надання послуг та методи розробки ПЗ, зокрема відбулася переорієнтація створення програмних продуктів не лише для задоволення базових потреб в ІТ-індустрії, а й для вирішення різного виду комплексних досліджень у сфері інжинірингу, консультування, стратегічного дизайну. Вітчизняні компанії розширюють коло замовників за рахунок безпосередньої співпраці з іноземними партнерами, які спеціалізуються на різних галузях економіки, таких як медицина, фінанси, логістика та інші. Вимоги до ІТ-фахівців у цей період докорінно змінилися, почали стосуватися не лише практичних навиків з розробки та підтримки програмних забезпечень, а й знань визначених аспектів для організації бізнес-процесів. Значення експорту ІТ-послуг у 2019 році становило 4,17 млрд дол. США.

— *П'ятий етап* розвитку ІТ-індустрії в Україні розпочався з появою пандемії COVID-19 й триває донині. На початку пандемії COVID-19 багато українських підприємств в ІТ-галузі втратили 35% проєктів, проте після переходу на дистанційну роботу та налагодження процесів постачання ПЗ ситуації стабілізувалася [10]. Не зважаючи на поширення коронавірусної хвороби, зменшення значення ВВП, українська ІТ-галузь продовжила процвітати. У цей період політика державних органів засновувалася на підході невтручання. Перехід ІТ-фахівців на дистанційний формат роботи відбувся досить легко, оскільки на початку 2020 року велику частку (80%) команд в ІТ-галузі складали аутсорсингові, де віддалена робота була звичайною практикою. Більшість ІТ-компаній мінімізували свої витрати внаслідок призупинення перегляду зарплат, відмови від орендованих офісів, проведення робіт зі здійснення технічної оптимізації. Вперше у 2020 році експорт ІТ-послуг в Україні становив більше ніж 5 млрд дол. США та перевищив значення показника експорту транспортних послуг і мінеральних продуктів. Неможливо не згадати про те, що даний етап розвитку ІТ-індустрії проходить у період, коли українська економіка переживає кризу. Повномасштабне вторгнення Росії в Україну у 2022 році негативно вплинуло на експорт ІТ-послуг країни, проте за своїм характером ситуація не критична. Порівняно з 2021 роком значення показника експорту ІТ-послуг у 2022 році збільшилося на 400 млн дол.

США [11]. За два роки після початку повномасштабного вторгнення РФ в Україну, тобто наприкінці 2023 року, значення даного показника зменшилося на 14,3% (622 млн дол. США) порівняно з 2022 роком та становило 6727 млн дол. США. Така динаміка змін пояснюється зменшенням кількості іноземних замовників, через їх обережне ставлення до виконавців, та глобальним економічним сповільненням [12].

Варто зазначити, що аналіз обсягу імпорту ІТ-послуг в Україну є досить важливим, особливо тоді, коли країна знаходиться у стані глибокої кризи. Серед найбільших країн-імпортерів ІТ-послуг з України у 2021 – 2023 рр. виділяють США, Мальту, Велику Британію, Кіпр, Ізраїль, Німеччину та Швейцарію. Значення виторгу від експорту, який отримувала Україна наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Найбільші країни-імпортери ІТ- послуг з України

Країна	Виторг від експорту ІТ-послуг, млн дол. США		
	2021	2022	2023
США	2728	2973	2677
Мальта	481	581	567
Велика Британія	698	693	535
Кіпр	288	314	362
Ізраїль	334	347	293
Німеччина	369	286	275
Швейцарія	285	331	274

Складено автором на основі [12]

З огляду на значення виторгу, представлені у табл. 2.1, найбільшою країною-імпортером є США. Протягом всього досліджуваного періоду ця країна приносить найбільше виторгу від ІТ-послуг. Варто зауважити, що у 2022 році спостерігається збільшення значення показника у порівнянні з 2021, проте уже в 2023 – його зменшення на 296 млн дол. США порівняно з попереднім роком. Найменше виторгу у 2023 році принесла Швейцарія – 274 млн дол. США. Стала тенденція до зростання виторгу від експорту притаманна Кіпру, з 2021 до 2023 року показник постійно збільшувався. Також спостерігається тенденція до спадання виторгу від експорту ІТ-послуг таких країн як Велика Британія, Німеччина, Ізраїль, Мальта та Швейцарія.

Загалом, можна зробити висновок, що США та країни Європейського союзу є основними країнами-імпортерами ІТ-послуг з України. Незважаючи на загальний тренд росту виторгу, така тенденція до зниження пов'язана зі змінами економічної ситуації.

Розвиток ІТ-індустрії в Україні та світі продовжується й надалі, впроваджуються нові інноваційні технології, такі як штучний інтелект, здійснюються роботи з доповненою та віртуальною реальністю, впроваджуються нові заходи з захисту конфіденційних даних та автоматизації бізнес-процесів. На міжнародному ринку Україна є однією з надійних партнерів з надання консультацій у сфері ІТ та розробки програмних продуктів.

Для проведення компаративного аналізу ринку ІТ-індустрії доцільно порівняти показники експорту ІТ-послуг, а також його частку у ВВП та загальному експорті послуг України та інших країн світу. Для порівняння показників було обрано такі країни як Польща, Індія, Бразилія та Чехія, через їх рівень конкурентоспроможності, значний кадровий резерв у сфері технологій, сприятливий бізнес-клімат та розвинену інфраструктуру. Вони є одними з ключових гравців на міжнародному ринку ІТ-сектору, їх рівень та темпи розвитку ІТ-індустрії України є досить подібними.

У ході проведення аналізу було розраховано значення абсолютного та відносного відхилення, які використовуються для кількісної оцінки та порівняння змін даних. Абсолютне відхилення визначається як різниця між двома значеннями, а відносне – виражає зміну даних у відсотковому співвідношенні до початкового значення. Результати аналізу показників експорту ІТ-послуг України та інших країн світу наведено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Аналіз показників експорту ІТ-послуг України, Індії, Бразилії, Польщі та Чехії у 2021 – 2023 рр.

Країна	Експорт ІТ-послуг, млрд дол. США			Абсолютне відхилення, +/-			Відносне відхилення, %		
	2021	2022	2023	2022/ 2021	2023/ 2022	2023/ 2021	2022/ 2021	2023/ 2022	2023/ 2021
Індія	87,9	95,5	102,9	7,6	7,4	15	8,6	7,7	17,1
Бразилія	4,1	5,3	6,2	1,2	0,9	2,1	29,3	17,0	51,2
Польща	9	12,2	13,8	3,2	1,6	4,8	35,6	13,1	53,3
Чехія	5,3	6,3	6,8	1	0,5	1,5	18,9	7,9	28,3
Україна	6,9	7,3	6,7	0,4	-0,6	-0,2	5,8	-8,2	-2,9

Розраховано автором на основі даних [13]

Згідно з даними у табл. 2.2 та розрахованими значеннями абсолютного та відносного відхилення можна зробити висновок, що з 2021 до 2023 року спостерігається тенденція зростання експорту ІТ-послуг в Індії, Бразилії, Польщі та Чехії. У той час як в Україні у 2022 році порівняно з 2021 обсяг експорту збільшився на 0,4 млрд дол. США (5,8%), проте уже в 2023 році можна побачити зменшення значення даного показника на 0,6 млрд. дол. США (8,2%).

Індія є однією з країн-лідерів за обсягом експорту ІТ-послуг. З огляду на дані у табл. 2.2, можна зробити висновок, що розвиток ІТ-галузі в країні є досить стрімким. У 2022 році значення обсягу експорту ІТ-послуг зросло на 7,6 млрд дол. США або 8,6% порівняно з 2021, а у 2023 – на 7,4 млрд дол. США (7,7%) у порівнянні з 2022 роком. Така тенденція до зростання пояснюється проведенням ефективної політики з боку Міністерства електроніки та інформаційних технологій Індії, головною метою якої є побудова інтегрованої цифрової інфраструктури, що підвищить рівень зручності життя населення. Для досягнення цілі уряд займається безперебійним забезпеченням електронної інфраструктури для надання послуг, сприяє виробництву електроніки, виділяє кошти на навчання ІТ-фахівців та вдосконалення науково-дослідної бази [13].

Значення показника експорту ІТ-послуг Бразилії з 2021 року постійно зростає. У 2022 році, в порівнянні з 2021, обсяг експорту збільшився на 1,2 млрд дол. США (29,3%), а у 2023 – на 0,9 млрд дол. США або 17% порівняно зі значенням

показника у попередньому році. Відповідно до даних, наведених у табл. 2.2, Бразилія має найвище відносне зростання експорту ІТ-послуг серед інших країн. Політика Міністерства науки, технологій та інновацій Бразилії зосереджена на покращенні реалізації цифрової стратегії, яка проявляється через забезпечення урядом доступу до інфраструктури інформаційно-комунікаційних технологій, інвестуванням у наукові дослідження, проведенням освітніх заходів, розробкою актуальних навчальних програм для майбутніх та уже сертифікованих ІТ-фахівців [13]. Впровадження урядом таких заходів з покращення реалізації цифрової стратегії дозволить трансформувати економіку, яка буде заснована на даних, та розробити нові бізнес-моделі.

Обсяг експорту ІТ-послуг Польщі з кожним роком збільшується. Порівняння значення показника у 2021 та 2023 роках дає можливість зробити висновок про те, що протягом 2-х років експорт зріс у 1,5 разів. У 2022 році значення показника збільшилося на 3,2 млрд дол. США (35,6%), а у 2023 – на 1,6 млрд дол. США (13,1%) в порівнянні з попередніми роками, 2021 та 2022 відповідно. Здебільшого забезпеченням розвитку ІТ-галузі займається Міністерство цифрової трансформації Польщі, що відповідає за цифровізацію державного сектору та розвиток електронного уряду [13].

Тенденція до зростання показника експорту ІТ-послуг також притаманна такій країні, як Чехія. У 2022 році обсяг експорту складав 6,3 млрд дол. США, що на 1 млрд дол. США (18,9%) більше ніж у 2021 році, а уже в 2023 його значення дорівнювало 6,8 млрд дол. США. Загалом значення показника експорту ІТ-послуг Чехії з 2021 року до 2023 зріс на 28,3%. Політикою щодо покращення рівня розвитку ІТ-галузі займається Міністерство промисловості та торгівлі Чехії. Головною метою заходів, які здійснює уряд, є досягнення повної цифровізації державного управління, підвищення рівня кібербезпеки, прагнення зробити всі державні послуги доступними в цифровому вигляді для кожного громадянина (до 2025 року) [13].

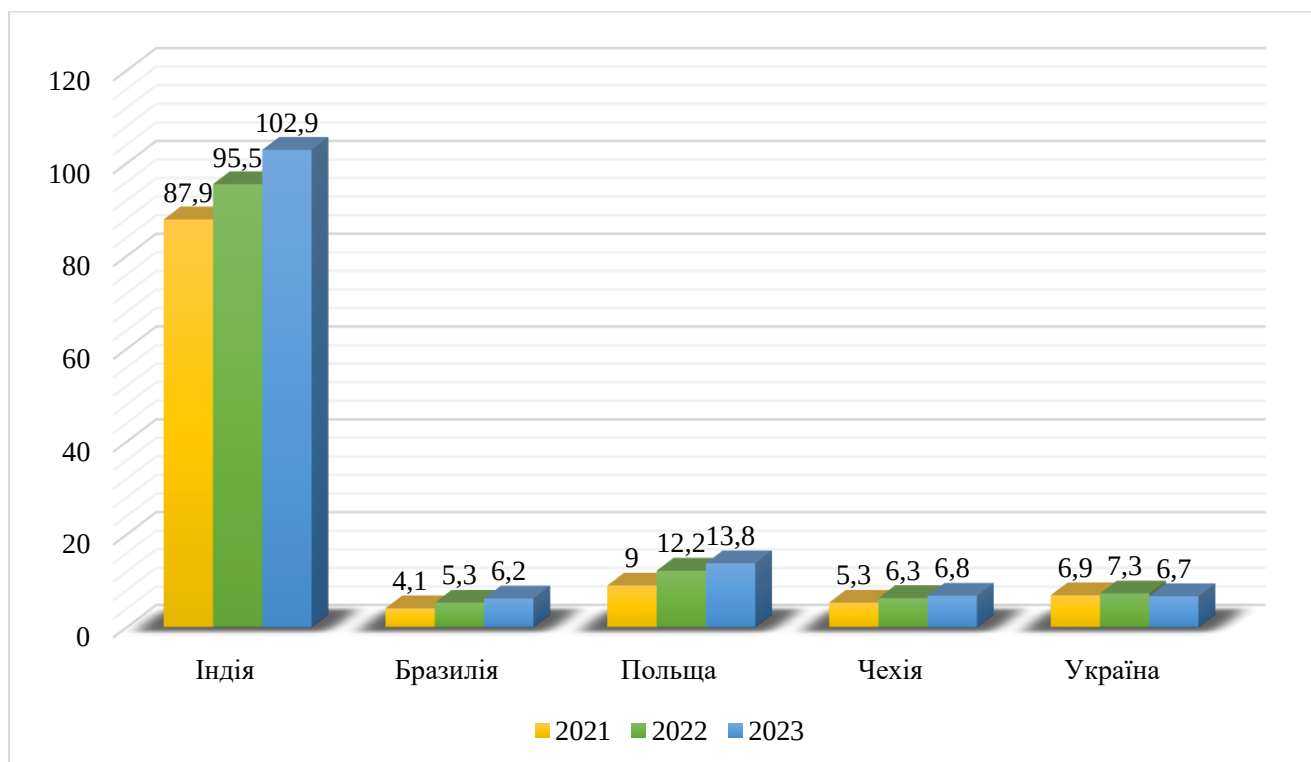


Рисунок 2.1 – Обсяг експорту ІТ-послуг України, Індії, Бразилії, Польщі та Чехії у 2021 – 2023 рр.

Складено на основі [13]

Завдяки наведеним вище даним та аналізу експорту ІТ-послуг обраних країн можна зробити висновок про те, що Бразилія та Польща продемонстрували значне зростання показника протягом досліджуваного періоду, 51,2% та 53,3% відповідно. Незважаючи на те, що Індія є одним з найбільших експортерів ІТ-послуг на ринку, вона та Чехія мали більш помірне збільшення обсягу експорту, 17,1% та 28,3% відповідно. Щодо України, то на показники динаміки експорту ІТ-послуг у 2023 році суттєво вплинула війна. Тим не менш ІТ-індустрія України продемонструвала стійкість і здатність адаптуватися до нових умов.

Аналіз частки експорту ІТ-послуг у ВВП України та інших країн світу є також важливим аспектом для надання подальшої оцінки розвитку ринку ІТ-індустрії. Оскільки інформація про значення частки експорту ІТ-послуг Індії, Бразилії, Польщі та Чехії за 2023 рік недоступна, тому у табл. 2.3 наведено дані починаючи з 2020 і закінчуючи 2022 роком.

Таблиця 2.3 – Аналіз частки експорту ІТ-послуг у ВВП України, Індії, Бразилії, Польщі та Чехії у 2020 – 2022 рр.

Країна	Частка експорту ІТ-послуг у ВВП, %			Абсолютне відхилення, +/-			Відносне відхилення, %		
	2020	2021	2022	2021/2020	2022/2021	2022/2020	2021/2020	2022/2021	2022/2020
Індія	2,4	2,5	2,8	0,1	0,3	0,4	4,2	12,0	16,7
Бразилія	0,1	0,2	0,2	0,1	0	0,1	100,0	0,0	100,0
Польща	1,4	1,5	1,8	0,1	0,3	0,4	7,1	20,0	28,6
Чехія	1,7	1,7	1,8	0	0,1	0,1	0,0	5,9	5,9
Україна	3,2	3,5	4,6	0,3	1,1	1,4	9,4	31,4	43,8

Розраховано автором на основі даних [13]

З огляду на дані у табл. 2.3, спостерігається тенденція до зростання досліджуваного показника для всіх п'яти країн. У період 2020 – 2022 рр. частка експорту ІТ-послуг Індії зросла на 16,7%, Бразилії – 100%, Польщі – 28,6%, Чехії – 5,9%, України – 43,8%. Значення частки експорту ІТ-послуг у ВВП суттєво відрізняються між країнами. Україна та Індія мають значно вищі частки, ніж Бразилія, Чехія та Польща. Загалом зростання даного показника може свідчити про ефективну політику уряду стосовно ІТ-галузі, збільшення обсягу попиту на ІТ-послуги як з боку вітчизняних, так і з боку іноземних клієнтів.

Розглянемо показники частки експорту ІТ-послуг у загальному експорті послуг країн, які наведені у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Аналіз частки експорту ІТ-послуг у загальному експорті послуг України, Індії, Бразилії, Польщі та Чехії у 2020 – 2022 рр.

Країна	Частка експорту ІТ-послуг у загальному експорті послуг, %			Абсолютне відхилення, +/-			Відносне відхилення, %		
	2020	2021	2022	2021/2020	2022/2021	2022/2020	2021/2020	2022/2021	2022/2020
Індія	32,2	32,7	30,9	0,5	-1,8	-1,3	1,55	-5,50	-4,04
Бразилія	7,5	8,6	10,1	1,1	1,5	2,6	14,67	17,44	34,67
Польща	12,3	12,7	12,8	0,4	0,1	0,5	3,25	0,79	4,07
Чехія	16,3	16,4	15,8	0,1	-0,6	-0,5	0,61	-3,66	-3,07
Україна	32,3	37,8	44,2	5,5	6,4	11,9	17,03	16,93	36,84

Розраховано автором на основі даних [13]

Загалом спостерігається неоднозначна динаміка змін частки експорту ІТ-послуг у загальному експорті Індії та Чехії. У 2021 році значення досліджуваного показника в Індії зменшилося на 5,5% та у 2022 – на 4,04%, а у Чехії в 2021 – на 3,66% та 2022 – на 3,07% в порівнянні з 2020 роком. Тенденція до зростання значення даного показника простежується для Бразилії, Польщі та України. Станом на 2022 рік обсяг частки експорту ІТ-послуг в Україні збільшився на 36,84%, у Польщі – на 4,07% та в Бразилії – на 34,67%. Експорт ІТ-послуг стає все більш значущим для економік всіх п'яти досліджуваних країн.

Проведення компаративного аналізу ринку ІТ-індустрії в Україні та світі з акцентом на їх експортний потенціал дозволяє зробити висновки про поточний стан ринку. Результати аналізу показали, що у Бразилії та Польщі обсяг експорту ІТ-послуг значно зріс у період 2021 – 2023 рр., а у Індії та Чехії спостерігалось більш помірне збільшення значення експорту.

Протягом останніх декількох років ІТ-галузь України стрімко розвивалася та стала одним з ключових секторів національної економіки, про що свідчить високе значення частки експорту ІТ-послуг у ВВП та загальному експорті послуг порівняно з показниками інших країн. Проте у 2023 році експорт ІТ-послуг України становив 6,72 млрд дол. США, що на 14,3% менше, ніж у 2022 році. Таке зменшення значення показника пов'язане з впливом війни Росії проти України, що призвело до зниження попиту на ІТ-послуги.

Одним з найбільших лідерів за обсягом експорту ІТ-послуг серед досліджуваних країн є Індія, уряд якої проводить ефективну політику для стимулювання розвитку ринку ІТ-індустрії. Тому для того, щоб збільшити обсяг експорту ІТ-послуг, українському уряду варто створити сприятливий інвестиційний клімат, виділяти кошти на освіту та підготовку висококваліфікованих кадрів, підтримувати розвиток нових технологій.

2.2. Визначення ключових кон'юктуроутворюючих факторів ринку ІТ-індустрії

Економічне зростання в Україні безпосередньо пов'язане з розвитком ринку ІТ-індустрії. З початком повномасштабного вторгнення Росії показники стану ринку ІТ-послуг постійно зростали, проте вже у 2023 році ситуація погіршилася внаслідок зіткнення з низкою проблем, викликаних відключенням електроенергії, зменшенням рівня інвестиційної привабливості, еміграцією, мобілізацією та іншими. Перераховані проблеми вплинули на основні економічні показники його діяльності.

Як зазначалося раніше, основними кон'юктуроутворюючими факторами товарного ринку є пропозиція, попит, ціна та визначені напрями його подальшого розвитку. Саме ці елементи кон'юктури ринку безпосередньо характеризують його поточний стан, тому для постановки задачі для побудови економіко-математичної моделі динаміки змін ключових кон'юктуроутворюючих факторів ринку ІТ-індустрії важливо детально розглянути кожен з них.

Головним фактором, що свідчить про поточний стан кон'юктури ринку ІТ-індустрії є показник *експорту ІТ-послуг*. Тенденція до зростання значення його обсягу свідчить про підвищення рівня конкурентоспроможності ІТ-галузі країни та продуктивності праці, розробку та постачання високоякісного програмного забезпечення, успішність реалізації послуг ІТ-компаніями на світовому ринку [14]. Важливо зазначити, що цей кон'юктуроутворюючий фактор ринку ІТ-індустрії є одним із основних джерел надходження іноземної валюти в Україну, що впливає на показники макроекономічної стабільності країни (розмір ВВП, рівень життя та зайнятості населення, індекс ділової активності, зміцнення національної валюти, зростання значення обсягу податкових надходжень тощо), а також сприяє збільшенню інвестування коштів для проведення заходів стимулювання розвитку інших галузей національної економіки.

На рис. 2.2 відображена динаміка зміни експорту ІТ-послуг України протягом останніх 13 років.

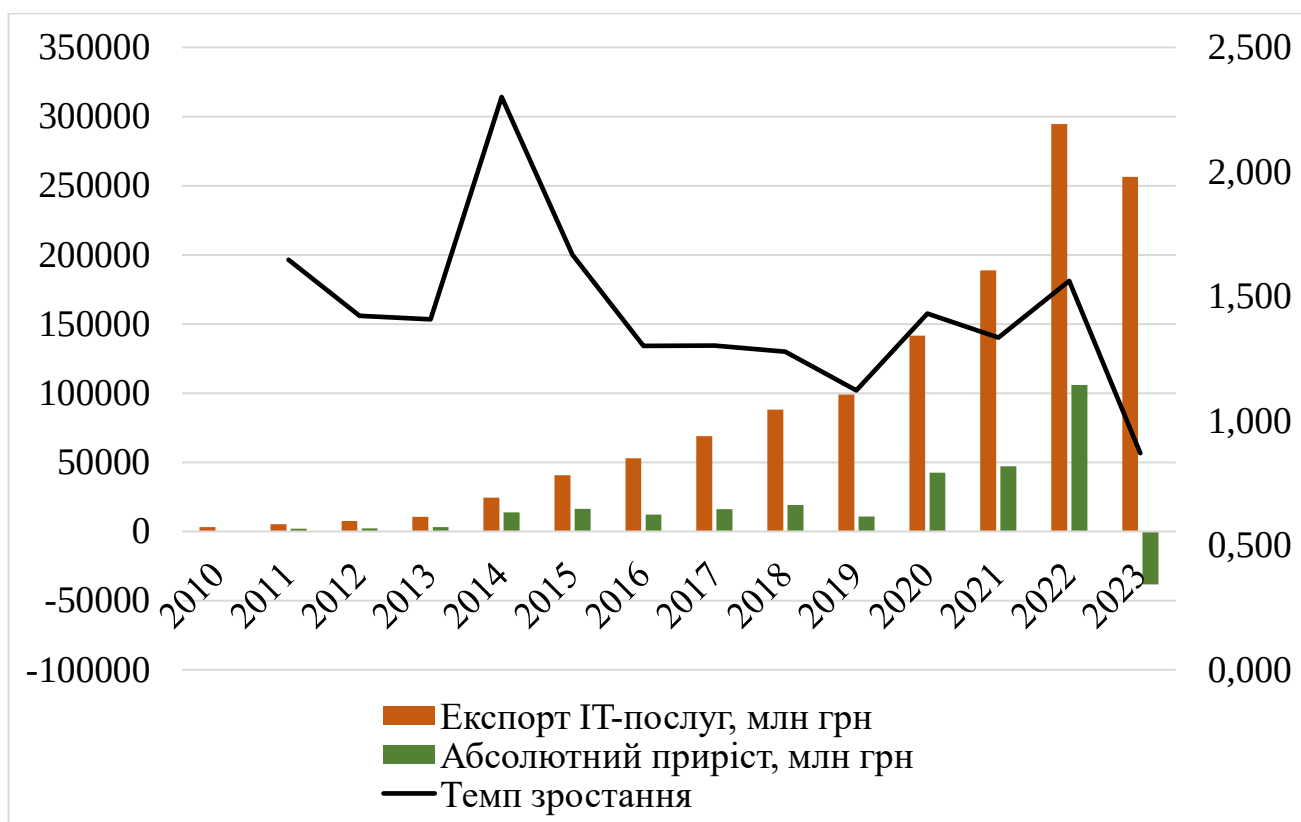


Рисунок 2.2 – Динаміка зміни експорту ІТ-послуг України протягом 2010–2023 рр.

Складено на основі [12]

Для формування висновків про зміни значення обсягу експорту ІТ-послуг протягом досліджуваного періоду було розраховано абсолютні прирости та темпи зростання.

З огляду на розраховані показники абсолютних приростів та темпів зростання ряду динаміки, протягом 2010 – 2023 рр. відбувалося стрімке збільшення обсягу експорту ІТ-послуг.

Найбільше значення абсолютного приросту спостерігається у період з 2021 до 2022 року, а найменше – у 2023 році. Незважаючи на сучасні виклики, можна зробити висновок, що загальна тенденція динаміки абсолютних приростів є позитивною.

Щодо темпу зростання експорту ІТ-послуг, то можна побачити, що найбільше значення характерне для 2014 року, а найменше – 2023 року. Спостерігається стрімке зростання показника у періоди: з 2013 до 2014 року, з 2019

до 2020 року, 2021 до 2022 року. І зменшення значення темпу зростання у періоди: з 2011 до 2023 року, з 2014 до 2019 року, 2020 до 2021 року, з 2022 і донині.

Аналіз показників абсолютного приросту та темпів зростання показав, що періоди стрімкого зростання чергуються з періодами повільного або незначного зростання. Така нерівномірність пов'язана зі світовими та національною економічними кризами, зміною курсу валют, наслідками війни, що й досі триває на теренах України. Проте незважаючи на досліджену нерівномірність експорт ІТ-послуг з кожним роком, за винятком періоду 2022-2023 рр., постійно збільшується.

Наступним показником, який відіграє важливу роль у формуванні кон'юнктури ринку ІТ-індустрії України, є *кількість ІТ-підприємств*. Аналіз кількості компаній, які займаються розробкою програмних продуктів та надають послуги у цій галузі, дозволяє оцінити розмір ринку праці в ІТ-секторі України. Зміна даного показника вказує на зміну попиту на ІТ-послуги.

Діяльність багатьох українських ІТ-підприємств пов'язана з розробкою складних програмних систем, обсяг від діяльності податкових надходжень яких є найбільшим. Виклики з якими зіткнулася більшість компаній під час війни не змогли зупинити їх діяльність, а деякі з підприємств взагалі здійснили передчасні податкові внесення задля підтримки національного бюджету у переломний для країни момент. Найбільша кількість ІТ-підприємств України зосереджена в Києві та області (3013), Харківській (492) та Львівській (432) областях, у той час найменша – у прифронтових регіонах на південному-сході території країни [15]. Загалом кількість ІТ-підприємств постійно зростає, так як і кількість ФОП на ринку ІТ-індустрії. Згідно з динамікою зміни кількості підприємств та ФОП, можна сказати, що кількість ФОП стрімко зростає.

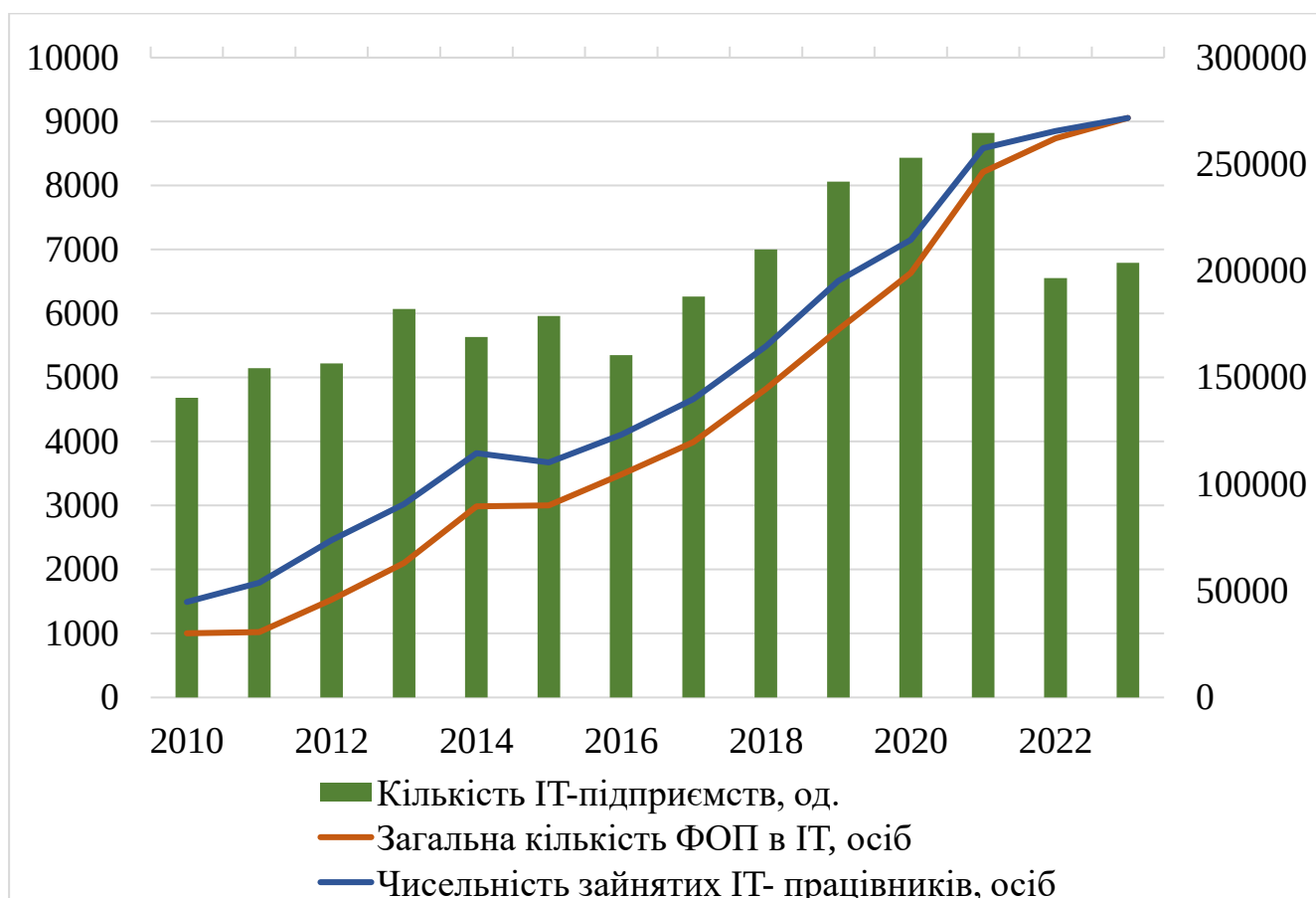


Рисунок 2.3 – Кількість ІТ-підприємств, зайнятих ІТ-працівників та ФОП на ринку ІТ-індустрії у 2010-2023 рр.

Складено на основі [16-18]

Зважаючи на те, що працівники великих українських підприємств на ІТ-ринку здебільшого є фізичними особами підприємство, доцільно порівняти кількість ФОП та зайнятих ІТ-фахівців. Для демонстрації динаміки змін було підраховано чисельність зайнятих працівників за розділами КВЕД-2010: 62 (комп'ютерне програмування, консультування та пов'язана з ними діяльність), 63.1 (оброблення даних, розміщення інформації на веб-вузлах і пов'язана з ними діяльність; веб-портали), 58.2 (видання програмного забезпечення).

Протягом 2010-2023 років кількість зайнятих та ФОП в ІТ-сфері значно зростає. З огляду на рис. 2.3, можна побачити залежність темпів зростання між поданими показниками, оскільки з кожним роком все більше зайнятих ІТ-фахівців реєструються як фізичні особи підприємці.

Причинами збільшення кількості ФОП є отримання високого доходу від надання ІТ-послуг, самостійний вибір проєктів, визначення вартості роботи,

спрощена система сплати податків, можливість співпраці з іноземними компаніями та/або інвесторами.

Оплата праці також є одним із ключових факторів, які впливають на кон'юнктуру ринку ІТ-індустрії. Тому важливим є дослідження динаміки змін *середньої заробітної плати* розробника.

Висока заробітна плата робить ринок праці ІТ-індустрії привабливим для потенційних розробників, цим самим стимулюючи зростання пропозиції на ньому. Важливо зазначити, що зі збільшенням розміру заробітної плати зростає рівень конкуренції на ринку праці, оскільки робота в ІТ-індустрії здебільшого є дистанційною. Загалом висока заробітна плата є одним із стимулюючих факторів розвитку ринку ІТ-галузі, що допомагає залучати інвестиції.

Важливо зазначити, що рівень середньої заробітної плати може коливатися, оскільки його значення залежить від економічної ситуації в країні, розвитку ІТ-індустрії та концентрації досвідчених ІТ-фахівців на ринку праці.

Значну роль як для розвитку національної економіки, так і безпосередньо для ринку ІТ-індустрії мають *прямі іноземні інвестиції* в Україну. Завдяки їх залученню зростають капіталовкладення та рівень впровадження інновацій [19]. Одержані кошти можуть бути спрямовані на розробку нових проєктів, досліджень, створення команд та вихід на нові ринки збуту. Завдяки цьому фактору збільшується можливість розширення бізнесу, що дозволить підвищити прибуток ІТ-підприємств. Розмір інвестицій в Україну впливає на її імідж на міжнародній арені та робить більш привабливою для інших інвесторів. Тому досить важливим є проведення державною владою заходів зі створення сприятливого інвестиційного клімату та налагодження співпраці з іноземними партнерами.

Значення показника прямих іноземних інвестицій, середня заробітна плата розробників та інших працівників сфери ІТ, експорт ІТ-послуг вимірюються у міжнародній валюті, а саме в доларах США. Тому значення *курсу долара США* впливає на формування кон'юнктури ринку ІТ-індустрії в Україні. Зокрема, зростання значення показника призводить до збільшення розміру виручки експортної продукції та прямих іноземних інвестицій в національній валюті,

підвищення заробітної плати працівників. Неможливо не зазначити й про негативний вплив зростання курсу долара, який проявляється через зростання витрат ІТ-компаній, що імпортують товари та послуги. Може зменшуватися обсяг попиту на програмні продукти на вітчизняному ринку у зв'язку зі збільшенням ціни на них. Одним з викликів, з якими можуть стикнутися ІТ-компанії у висококонкурентних галузях є переведення зростання курсу долара на ціни, що може негативно вплинути на їх прибутки.

Здатність компаній генерувати нові ідеї, розробляти та впроваджувати інноваційні продукти чи послуги виражається за допомогою такого показника як *частка обсягу реалізованої інноваційної продукції*. Високе значення частки може свідчити про велику кількість дослідницьких розробок, інноваційного потенціалу, ефективну систему комерціалізації новітніх продуктів, здатність ІТ-компаній відповідати актуальним вимогам на ринку. Зростання частки обсягу реалізованої інноваційної продукції стимулює розвиток новітніх технологій та продуктів, дозволяє підвищити рівень автоматизації та інформатизації на виробництвах, зміцнює імідж країни на світовому ринку ІТ-сфери. Для підтримки тенденції до зростання у динаміці змін показника необхідно налагоджувати співпрацю бізнесу з науковими установами та підтримувати дослідницько-наукові розробки на ринку ІТ-індустрії.

Серед інших додаткових кількісних показників, які впливають на кон'юнктуру ринку ІТ-індустрії, виділяють наступні:

1. *Частка витрат на виконання наукових досліджень і розробок*. Вона відображає обсяг інвестицій компаній в інновації, впровадження нових технологій. Високий рівень частки свідчить про динамічний розвиток галузі та прагнення компаній стати лідерами у цій сфері, а тобто про зростання конкуренції на ринку ІТ-індустрії.

2. *Індекс цін на електротехнічне устаткування*. Значення даного показника виражає динаміку цін на комп'ютерні компоненти, а саме їх збільшення та/або зменшення у порівнянні до попереднього року. Зростання цін може

негативно впливати на рентабельність ІТ-підприємств, а зниження – стимулювати попит електротехнічне обладнання.

3. *Обсяг реалізованих комп'ютерів, електронної та оптичної продукції.* Значення даного показника впливає на витрати ІТ-підприємств. Його збільшення стимулює виробництво нових моделей, впровадження новітніх технологій, а зменшення значення обсягу може свідчити про стагнацію або зменшення попиту на товари.

З огляду на основний список вище зазначених кількісних показників, які впливають на кон'юнктуру ринку ІТ-індустрії, варто зазначити якісні показники, серед яких виділяють:

1. *Глобалізація.* Швидкі темпи розвитку нових технологій значно впливають на ситуацію на ринку ІТ-індустрії, оскільки створюють нові можливості для розвитку бізнесу, допомагають покращити ефективність роботи компаній. У цей період багатьом ІТ-підприємствам, які готові до змін, необхідно шукати будь-які ефективні вирішення внутрішніх проблем для швидкої адаптації до новітніх технологій та їх впровадження всередині компанії у майбутньому.

2. *Державна політика.* Важливість даного аспекту полягає у тому, що заходи державної влади можуть як стимулювати, так і стримувати розвиток ринку ІТ-галузі. Серед стимулюючих до вдосконалення процесів на підприємстві є введення державою податкових пільг (здебільшого стосується ФОП), субсидій, грантів. До стримуючих чинників належить висока відсоткова ставка єдиного податку для ІТ-підприємств та інші.

3. *Інноваційна активність.* Характеризує здатність ІТ-підприємств генерувати нові ідеї та розробляти інноваційні програмні продукти та послуги. Якщо компанія не інвестує в свій подальший розвиток та не впроваджує інновації, вона ризикує втратити свою конкурентоспроможність на ринку ІТ-індустрії.

4. *Зміна поведінки споживачів.* Поведінку користувачів не завжди можливо передбачити, даний фактор є досить мінливий. Зважаючи на швидкі темпи глобалізації, серед споживачів зменшується попит на старі продукти та послуги та збільшується – на нові. Наприклад, обсяг реалізації мобільних пристроїв

призвів до зменшення попиту на комп'ютери. Загалом така мінливість поведінки може впливати на зміну значення прибутків ІТ-компаній.

5. *Політична ситуація.* Зважаючи на мінливість політичної ситуації в країні кон'юнктура ринків всіх галузей, у тому числі й ІТ-індустрії, зазнає значного її впливу. Якщо розглядати український ІТ-сектор, то можна зробити висновки, що з початком повномасштабного вторгнення Росії в Україну багато ІТ-підприємств були змушені відправити більшість своїх працівників за кордон, що призвело до втрати частини ринку. Дана ознака свідчить й про ризик для подальшого розвитку галузі, внаслідок втрати потужного технічного потенціалу. Протягом 2022 року зменшився експорт ІТ-послуг, компанії зіткнулися з викликами, пов'язаними з безпечним функціонуванням всіх їх процесів. Україна стала менш інвестиційно привабливою для міжнародних партнерів [20].

Розгляд якісних факторів, що впливають на утворення кон'юнктури ринку ІТ-індустрії дозволяє оцінити поточний стан його розвитку беручи до уваги не лише кількісні показники. Вплив якісних факторів є досить важливим при обранні ознак для побудови моделі і подальшої її оцінки в разі великого відхилення між прогнозованими та поточними показниками.

Зважаючи на подану вище інформацію про кон'юктуроутворюючі фактори ринку ІТ-індустрії, умовно їх можна поділити на кількісні та якісні. До кількісних належать показники, значення яких можна порахувати, зокрема це експорт ІТ-послуг, кількість ІТ-підприємств (у тому числі ФОП), розмір середньої заробітної плати ІТ-працівників, прямі іноземні інвестиції в Україну та частка обсягу реалізованої інноваційної продукції. До якісних показників відносяться глобалізація, державна політика, інноваційна діяльність, зміна поведінки споживачів, а також політична ситуація.

Зважаючи на те, що на даний момент в Україні триває війна, ринок ІТ-індустрії втратив свою інвестиційну привабливість та багатьох висококваліфікованих фахівців. Поєднання війни та поточної економічної ситуації у світі значно вплинули на ситуації на ринку галузей України, у тому числі ІТ-індустрії, що призвело до зменшення значення показника експорту ІТ-послуг.

2.3. Побудова економіко-математичних моделей динаміки ключових кон'юнктурутворюючих факторів ринку ІТ-індустрії

Для прогнозування обсягу експорту ІТ-послуг як ключового індикатору ринку та оцінювання поточного стану ринку ІТ-індустрії було обрано дві моделі – множинної лінійної регресії та авторегресійного інтегрованого ковзного середнього (Auto ARIMA). Модель Auto ARIMA забезпечує високу точність та врахування сезонних коливань при прогнозуванні даних поквартально на 2023 та 2024-2025 роки, тоді як модель множинної регресії дозволяє аналізувати вплив різних факторів на поточний стан ринку ІТ в Україні. Ефективність та точність побудови цих моделей залежить від ряду факторів, зокрема, від якості та доступності значень показників, вибору правильних незалежних змінних, інтерпретації результатів та обмежень при обранні показників.

Модель множинної регресії являє собою функцією, яка дозволяє спрогнозувати значення одного показника, за допомогою інших відомих незалежних змінних, які на нього впливають. Загальне рівняння моделі лінійної множинної регресії виглядає наступним чином [21]:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + e \quad (2.1)$$

де y – залежна змінна, розрахунок значення якої здійснюється за допомогою параметрів моделі та незалежних змінних,

x_n – незалежні n -вимірні змінні, завдяки яким здійснюється розрахунок значення залежної змінної,

b_n – розраховані n -вимірний параметри моделі,

e – випадкове відхилення моделі,

k – порядковий номер незалежної змінної.

У матричному вигляді модель має наступний вигляд [21]:

$$\hat{Y} = XB + E \quad (2.2)$$

де X – матриця незалежних n -вимірних незалежних змінних,

B – матриця n -вимірних параметрів моделі,

E – матриця випадкових відхилень.

Загальний вигляд матриці вихідних даних (незалежних змінних) [21]:

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix} \quad (2.3)$$

Загальний вигляд матриці параметрів моделі:

$$B = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \dots \\ b_n \end{pmatrix} \quad (2.4)$$

Для знаходження параметрів оцінки моделі при побудові лінійної множинної регресії здійснюється ряд необхідних обчислень.

Зазвичай при практичній реалізації моделі застосовується метод найменших квадратів для знаходження оцінки параметрів, зокрема їх значення можна знайти за допомогою розв'язання наступного виведеного матричного виразу:

$$B = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (2.5)$$

Після знаходження значення методів оцінки параметрів здійснюється їх підстановка у загальне рівняння моделі.

Загалом алгоритм побудови моделі множинної регресії можна сформулювати наступним чином:

1. Постановка задачі, а саме збір даних, необхідних для побудови моделі.
2. Визначення залежної та незалежних змінних.
3. Формування матриці незалежних змінних, які впливають на залежну.
4. Аналіз значення відібраних показників (незалежних змінних).

Проведення алгоритму для дослідження наявності явища мультиколінеарності між незалежними змінними:

4.1. При існуванні даного явища, здійснюється підбір методу для усунення мультиколінеарності між змінними. За допомогою підходящого методу обираємо кількість головних компонент та зменшуємо розмірність даних [22].

4.2. Якщо явище мультиколінеарності відсутнє, проте існує залежність між кожною незалежною змінною та залежною, можна перейти до наступного пункту алгоритму побудови моделі.

5. Розрахунок значення параметрів регресії.

6. Побудова рівняння моделі множинної регресії для прогнозування залежної змінної.

Доцільність побудови моделі множинної регресії для моделювання кон'юнктури ринку ІТ-індустрії полягає у тому, що існує ряд факторів, які впливають на обсяг експорту ІТ-послуг в Україні.

Таблиця 2.5 – Характеристика вхідних змінних для побудови моделі множинної регресії

Змінні	Означення	Одиниці вимірювання
Y	Експорт ІТ-послуг	млн грн
X_1	Кількість ІТ-підприємств	од.
X_2	Середня заробітна плата розробника	дол. США
X_3	Курс 1 долара США	грн
X_4	Частка обсягу реалізованої інноваційної продукції	%
X_5	Кількість зайнятих ІТ-фахівців	осіб

Складено автором на основі власних досліджень

Вихідними показниками моделі є розраховані значення залежної змінної Y , а тобто прогнозований обсяг експорту ІТ-послуг на основі наявних даних про кількість ІТ-підприємств, середню заробітну плату розробника, курс 1 долара США в гривнях, частки обсягу реалізованої інноваційної продукції та кількості зайнятих ІТ-фахівців.

Тоді загальний вигляд рівняння моделі лінійної множинної регресії можна записати наступним чином:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 \quad (2.6)$$

де y – обсяг експорту ІТ-послуг,

x_1 – кількість ІТ-підприємств,

x_2 – середня заробітна плата розробника на ринку,

x_3 – курс 1 долара США,

x_4 – частка обсягу реалізованої інноваційної продукції,

x_5 – чисельність зайнятих ІТ-фахівців,

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ – параметри моделі.

При побудові моделі лінійної множинної регресії досить важливо дотримуватися визначеної послідовності дій. Тому спочатку важливо зібрати необхідні дані для моделювання кон'юнктури ринку ІТ-індустрії.

Для побудови моделі лінійної множинної регресії було зібрано значення основних економічних показників у період з 2010 до 2013 року.

Таблиця 2.6 – Значення вхідних змінних для моделювання кон'юнктури ринку ІТ-індустрії у 2010 – 2023 рр.

Рік	Експорт ІТ-послуг, млн грн	Кількість підприємств, од.	Середня заробітна плата розробника, дол. США	Курс 1 долара, грн	Частка обсягу реалізованої інноваційної продукції, %	Кількість працюючих, осіб
2010	3215,84	4684,00	1662,00	7,96	3,8	44792
2011	5296,90	5148,00	2000,00	8,05	3,8	53832
2012	7533,48	5220,00	1900,00	8,04	3,3	73791
2013	10607,32	6070,00	2000,00	8,21	3,3	90712
2014	24405,00	5633,00	2000,00	16,27	2,5	114609
2015	40699,20	5961,00	1750,00	24,4	1,4	110254
2016	52930,00	5350,00	1600,00	26,8	4,0	123263
2017	68958,75	6264,00	1800,00	27,75	0,7	139866
2018	88110,00	7003,00	2000,00	27,5	0,8	164656
2019	98900,10	8063,00	2250,00	23,7	1,3	195354
2020	141481,90	8433,00	2500,00	28,15	1,9	214576
2021	188710,74	8822,00	3300,00	27,18	4,80	257581
2022	294694,90	6556,00	3400,00	40,1	5,80	265577
2023	256433,24	6795,00	3300	38,12	6,30	271699

Складено автором на основі [12, 16-17, 23-25]

Після збору даних, варто перейти до їх аналізу, а тобто побудувати кореляційну матрицю, яка дозволить виявити або ж заперечити існування явища

мультиколінеарності між незалежними змінними [26]. У свою чергу матриця кореляції являє собою набір коефіцієнтів кореляції, обчислених між незалежними змінними.

Для початку необхідно розрахувати середнє арифметичне для кожної змінної:

$$\overline{x_n} = \frac{\sum x_n}{n} \quad (2.7)$$

де $\overline{x_n}$ – середнє арифметичне по n -ій незалежній змінній,

x_n – незалежні n -вимірні змінні,

n – кількість спостережень.

Також необхідно розрахувати середнє квадратичне відхилення по кожній незалежній змінній, яке здійснюється за допомогою формули:

$$\sigma_{xn} = \sqrt{\frac{\sum (\overline{x_n} - x_n)^2}{n}} \quad (2.8)$$

де σ_{xn} — середнє квадратичне відхилення по n -ій незалежній змінній,

$\overline{x_n}$ – середнє арифметичне по n -ій незалежній змінній,

n – кількість спостережень.

Для побудови кореляційної матриці необхідно спочатку нормалізувати змінні за формулою:

$$x_{in}^* = \frac{x_{in} - \overline{x_n}}{\sigma_{xn}} \quad (2.9)$$

де x_{in}^* — нормалізоване значення n -ої незалежної змінної i -го спостереження,

x_{in} — фактичне значення n -ої незалежної змінної i -го спостереження,

$\overline{x_n}$ — середнє арифметичне по n -ій незалежній змінній,

σ_{xn} — середнє квадратичне відхилення по n -ій незалежній змінній.

Загальний вигляд кореляційної матриці:

$$r = X^{*T} X^* \quad (2.10)$$

де r — кореляційна матриця;

X^{*T} — транспонована матриця нормалізованих незалежних змінних;

X^* — матриця нормалізованих незалежних змінних;

За вияву існування явища мультиколінеарності між незалежними змінними варто застосувати метод головних компонент для його усунення. Оскільки мультиколінеарність може призвести до проблем при побудові моделі, зокрема неточності при прогнозуванні даних за допомогою моделі лінійної множинної регресії [26].

Головна ідея застосування методу головних компонент полягає в тому, щоб замінити наявні корельовані між собою дані новими некорельованими, які є лінійними комбінаціями значень поточних змінних. Нові дані будуть не лише незалежними між собою, а й впорядкованими за спаданням своїх дисперсій.

Початковим етапом застосування методу головних компонент є стандартизація вхідних даних. Усі змінні повинні бути масштабовані так, щоб їх середнє значення дорівнювало нулю і стандартне відхилення – одиниці. Після чого здійснюється обчислення головних компонент за допомогою алгоритму PCA. За результатами, отриманими під час процесу застосування алгоритму за допомогою мови програмування Python, необхідно відібрати тільки ті головні компоненти, які мають найбільші власні значення. Завдяки відібраним показникам проводиться заміна даних. Новий набір незалежних змінних використовується для проведення подальшого аналізу та моделювання і дозволяє уникнути проблем при побудові моделі множинної лінійної регресії [27].

За відсутності явища мультиколінеарності між незалежними змінними здійснюється перехід до наступного етапу моделювання – розрахунку значення параметрів моделі, їх оцінки та безпосереднього моделювання кон'юнктури ринку IT-індустрії.

Для аналізу даних та побудови моделі використовуємо мову програмування Python. Вона є однією з найпотужніших інструментів для вирішення економічних задач, роботи з великими обсягами даних та складними моделями. Пропонує безліч потужних бібліотек, які дозволяють полегшити обробку, аналіз та візуалізацію даних.

При аналізі даних та економіко-математичного моделювання кон'юнктури ринку IT-індустрії будуть використовуватися бібліотеки:

- Pandas, завдяки якій здійснюється обробка та аналіз даних. Дана бібліотека дозволяє ініціалізувати дані з різних джерел, виконувати різноманітні операції над ними, зокрема, сортування, фільтрацію та інші.
- За допомогою бібліотеки NumPy можна легко працювати з великими масивами даних, а також здійснювати числові обрахунки.
- Statsmodels використовується для статистичного аналізу даних і побудови моделей, зокрема, таких як лінійна регресія. Застосування цієї бібліотеки у кодї дозволить вивести та зробити статистичні висновки або ж взагалі отримати загальну інтерпретацію моделі.
- Seaborn, заснована на бібліотеці Matplotlib, дозволяє візуалізувати статистичні дані та побудувати графіки.
- Однією з найпопулярніших бібліотек у сфері машинного навчання є Scikit-learn (sklearn), оскільки вона містить сукупність алгоритмів для класифікації, регресії, кластеризації. Дозволяє оцінити та підібрати необхідні значення параметрів моделі.
- *Matplotlib.pyplot (plt)* використовується для побудови статистичних графіків та діаграм, дозволяє візуалізувати різні види даних.

Розглянемо концепцію побудови моделі ARIMA або авторегресійного інтегрованого ковзного середнього, яка використовується для проведення статистичного аналізу даних часових рядів та/або передбачення майбутніх тенденцій. Модель належить до авторегресійних, оскільки передбачає майбутні значення показників на основі фактичних [28]. Вона є своєрідним розширенням моделей ARMA (авторегресійного ковзного середнього). Загалом будь-який часовий ряд, який не є випадковим білим шумом можна побудувати за допомогою даної моделі.

Головними компонентами моделі ARIMA є [29]:

— Порядок авторегресійної складової (p), який визначає скільки минулих значень часового ряду використовуються для прогнозування значення досліджуваного показника.

— порядок інтегрування (d) визначає скільки разів часовий ряд варто диференціювати задля того, щоб зробити його стаціонарним,

— порядок ковзної середньої складової (q) дозволяє визначити кількість похибок прогнозування з минулих періодів, які використовуються для коригування поточного прогнозованого значення.

Загальний запис моделі ARIMA можна представити наступним чином:

$$ARIMA(p, d, q), \quad (2.11)$$

де p – порядок авторегресійної складової,

d – порядок інтегрування,

q – порядок ковзної середньої.

$AR(p)$ описує стаціонарний процес, де значення показника є лінійною комбінацією обмеженої кількості фактичних значень і випадкової складової [28].

Вигляд загального рівняння $AR(p)$:

$$y_t = \alpha + \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + \dots + \varphi_p y_{t-p} + \varepsilon_t, \quad (2.12)$$

де y_t – досліджуване значення часового ряду,

α – параметр ковзної середньої,

φ_p – авторегресійні коефіцієнти,

ε_t – білий шум із обмеженими математичним сподіванням та дисперсією,

t – момент часу,

p – порядок авторегресійної складової.

$MA(q)$ є методом статистичного прогнозування, який використовує середнє значення помилок фактичних значень для покращення точності прогнозу на майбутній період [28]. Застосовується у моделях ARIMA для опису стохастичної складової моделі.

Загальний вигляд рівняння $MA(q)$:

$$y_t = \alpha + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}, \quad (2.13)$$

де α – параметр ковзної середньої,

θ_q – коефіцієнт ковзної середньої,

ε_t – білий шум із обмеженими математичним сподіванням та дисперсією,

t – момент часу,

q – порядок ковзної середньої.

Алгоритм побудови моделі ARIMA:

1. Для початку необхідно проаналізувати часовий ряд, перевірити його на стаціонарність, визначити сезонність та ідентифікацію можливих факторів, які можуть впливати на нього.

2. Обрати значення порядків p , d , q за допомогою методів повних (АКФ) та часткових автокореляційних функцій (ЧАКФ).

3. Здійснити оцінку параметрів моделі.

4. Оцінити ефективність побудованої моделі, точність прогнозів.

5. Аналіз результатів моделі та її використання для прогнозування майбутніх значень часового ряду.

Якщо при аналізі часового ряду для побудови моделі ARIMA виявляється, що у ряді наявна сезонність, то здійснюється перехід до побудови прогнозних значень на основі SARIMA [30].

SARIMA розширює модель ARIMA, включаючи параметри для врахування сезонних впливів. Загалом на відміну від звичайного при побудові моделі SARIMA здійснюється сезонне диференціювання, яке дозволяє краще відобразити сезонні закономірності в даних [30].

Загальний запис моделі SARIMA:

$$SARIMA(p, d, q) * (P, D, Q), \quad (2.14)$$

де p – порядок авторегресійної складової,

d – порядок інтегрування,

q – порядок ковзної середньої,

P – авторегресійна компонента з урахування сезонності,

Q – компонента ковзного середнього з сезонним кроком,

D – порядок сезонного диференціювання.

$SAR(p)$ описує як поточне значення часового ряду залежить від його сезонних значень попередніх періодів [28]. Загальний вигляд компоненти:

$$y_t = \alpha + \varphi_S y_{t-S} + \varphi_{2S} y_{t-2S} + \dots + \varphi_{PS} y_{t-PS}, \quad (2.15)$$

де y_t – досліджуване значення часового ряду,

α – параметр ковзної середньої,

φ_S – авторегресійний коефіцієнт з урахуванням сезонного кроку,

t – момент часу,

P – авторегресійна компонента з урахування сезонності,

S – сезонний крок.

$SMA(q)$ описує як поточне значення часового ряду залежить від похибок прогнозування попередніх сезонних періодів [28]. Загальний вигляд складової $SMA(q)$:

$$y_t = \alpha + \varepsilon_t + \theta_S \varepsilon_{t-S} + \theta_{2S} \varepsilon_{t-2S} + \dots + \theta_{PS} \varepsilon_{t-QS}, \quad (2.16)$$

де α – параметр ковзної середньої,

θ_S – коефіцієнт ковзної середньої з урахування сезонного кроку,

ε_t – білий шум із обмеженими математичним сподіванням та дисперсією,

t – момент часу,

P – авторегресійна компонента з урахування сезонності,

Q – компонента ковзного середнього з сезонним кроком,

S – сезонний крок.

Головними перевагами моделі SARIMA є простота виконання, висока ефективність прогнозування сезонних часових рядів та наявність чіткої інтерпретації параметрів. Серед недоліків виділяють складний процес підбору необхідних значень параметрів.

Для побудови моделей ARIMA та SARIMA на основі фактичних показників можна скористатися розширенням Simple ML for Sheets. Доповнення дозволяє використовувати машинне навчання у Google таблицях без будь-яких попередніх знань [31]. Головною метою Simple ML for Sheets є прогнозування відсутніх значень, виявлення аномалій та прогнозування значень на майбутній період на основі фактичних. За допомогою додаткового функціоналу Simple ML можна навчити модель, оцінити її ефективність або навіть проаналізувати значення показників.

Розширення Simple ML for Sheets містить інструменти для побудови моделей ARIMA з використання автоматичної оптимізації параметрів [31]. Завдяки цьому можна побудувати найкращу модель для прогнозування значень часових рядів.

Алгоритм побудови моделі Auto ARIMA у Simple ML for Sheets:

1. Аналіз часових рядів для визначення властивостей даних, таких як тренди, сезонність та стаціонарність. Здійснюється побудова графіків для виявлення явних трендів та сезонних патернів, а також проводиться тестування на стаціонарність за допомогою тесту Діккі-Фуллера.

2. Підбираються параметри моделі (p, d, q) за допомогою ряду визначених тестів. Для вибору найбільш підходящого параметру d виконуються тести на стаціонарність (Діккі-Фуллера), щоб визначити необхідну кількість диференціювань для досягнення даними стаціонарності, якщо вони такими не є. Автоматичний підбір параметрів p та q здійснюється за допомогою інформаційних критеріїв Баєса та Акаїке. Алгоритмом перебираються різні комбінації значень p та q для мінімізації величин критеріїв.

3. На даному етапі здійснюється оцінка моделі ARIMA, що визначається на основі рівня адаптації моделі до даних часових рядів, аналізу залишків на предмет автокореляції. Якщо залишки не є автокорельованими, то модель можна вважати прийнятною для прогнозування.

4. Для оцінки ефективності моделі використовується метод крос-валідації, який передбачає поділ даних на тренувальні та тестові набори та порівняння прогнозованих значень з фактичними.

Для побудови моделі Auto ARIMA було зібрано значення обсягу експорту ІТ-послуг по кварталах у період 2016-2023 рр. (табл. 2.7).

Таблиця 2.7 – Фактичні значення обсягу експорту ІТ-послуг у 2016 – 2023 рр.

Рік	Квартал	Експорт, млн грн
2016	1	11926
	2	12542,4
	3	13426,8
	4	15034,8

Розраховано за даними [12, 23]

Продовження табл. 2.7

Рік	Квартал	Експорт, млн грн
2017	1	14874
	2	16539
	3	17177,25
	4	20368,5
2018	1	19085
	2	21175
	3	22577,5
	4	25272,5
2019	1	21330
	2	23865,9
	3	25122
	4	28582,2
2020	1	33217
	2	32625,85
	3	35384,55
	4	40254,5
2021	1	39247,92
	2	43623,9
	3	48625,02
	4	57213,9
2022	1	80159,9
	2	69894,3
	3	69814,1
	4	74826,6
2023	1	63851,00
	2	64880,24
	3	62745,52
	4	64956,48

Розраховано за даними [12, 23]

Квартальні дані обсягу експорту ІТ-послуг є важливими для аналізу та визначення майбутніх тенденцій розвитку ІТ-індустрії, зокрема для побудови моделей Auto ARIMA для прогнозування обсягів експорту на основі історичних даних. Розбиття даних поквартально дозволить отримати більш точне прогнозоване значення експорту ІТ-послуг, що дуже важливо для моделювання динамічного та швидкозмінного ІТ-сектору.

Висновки до розділу 2

Проведено компаративний аналіз ринку ІТ-індустрії в Україні та світі на основі результатів якого з'ясувалося, що найбільшими лідерами серед

досліджуваних країн, за темпами зростання значення обсягу експорту ІТ-послуг, є Бразилія та Польща. У таких країнах як Індія та Чехія спостерігається помірне збільшення обсягу експорту ІТ-послуг з кожним роком. Уряд цих країн проводить ефективну політику для стимулювання розвитку ринку ІТ-індустрії.

Досліджено ситуацію на ринку ІТ-індустрії України, яка до 2022 року показувала позитивну динаміку зростання показника частки експорту послуг, проте уже в 2023 році експорт ІТ-послуг України становив 6,72 млрд дол. США, що на 14,3% менше, ніж у 2022 році. Така зміна показника пояснюється впливом війни Росії проти України, а також кризовою ситуацією у світі.

Визначено фактори, що впливають на поточну ситуацію на ринку ІТ-індустрії в Україні умовно їх можна поділити на якісні (політична ситуація, глобалізація, державна політика та інші) і кількісні (експорт ІТ-послуг, кількість підприємств, розмір середньої заробітної плати та інші). Зростання та зменшення значення кожного з яких має свій негативний чи позитивний вплив на кон'юнктуру ринку в ІТ-галузі.

Визначено показники для побудови економіко-математичної моделі динаміки ключових кон'юнктурутворюючих факторів ринку ІТ-індустрії, серед яких: обсяг експорту ІТ-послуг, кількість ІТ-підприємств, середня заробітна плата розробника на ринку, курс 1 долара США, частка обсягу реалізованої інноваційної продукції, чисельність зайнятих ІТ-фахівців.

З'ясовано, що моделі множинної лінійної регресії та ARIMA допоможуть спрогнозувати значення показників експорту ІТ-послуг на поточний та майбутній період. Завдяки їх застосуванню можна врахувати вплив декількох факторів на значення досліджуваного показника експорту ІТ-послуг. Побудувати моделі на основі фактичних значень можна за допомогою розробленого коду на мові програмування Python, а також за допомогою спеціальних програмних розширень, наприклад, Simple ML for Sheets. Визначено перелік інструментів, які використовуються для автоматизації процесу побудови моделей та ефективного прогнозування показників на майбутній період.

3 АНАЛІЗ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДИНАМІКИ КОН'ЮНКТУРОУТВОРЮЮЧИХ ФАКТОРІВ РИНКУ ІТ-ІНДУСТРІЇ

3.1 Розрахунок параметрів моделей та розроблення програмного додатка для автоматизації обрахунків результатів моделювання

Для розрахунку параметрів моделей було зібрано дані для моделювання кон'юнктури ринку ІТ-індустрії у 2010-2023 рр.. На основі зібраних показників побудовано матрицю вхідних даних.

Таблиця 3.1 – Матриця вхідних даних для побудови моделі лінійної множинної регресії

Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
3215,84	4684,00	1662,00	7,96	3,8	44792
5296,90	5148,00	2000,00	8,05	3,8	53832
7533,48	5220,00	1900,00	8,04	3,3	73791
10607,32	6070,00	2000,00	8,21	3,3	90712
24405,00	5633,00	2000,00	16,27	2,5	114609
40699,20	5961,00	1750,00	24,4	1,4	110254
52930,00	5350,00	1600,00	26,8	4,0	123263
68958,75	6264,00	1800,00	27,75	0,7	139866
88110,00	7003,00	2000,00	27,5	0,8	164656
98900,10	8063,00	2250,00	23,7	1,3	195354
141481,90	8433,00	2500,00	28,15	1,9	214576
188710,74	8822,00	3300,00	27,18	4,80	257581
294694,90	6556,00	3400,00	40,1	5,80	265577
256433,24	6795,00	3300	38,12	6,30	271699

Складено автором на основі [12, 16-17, 23-25]

Перейдемо до побудови моделі лінійної множинної регресії на основі зібраних даних. Результати її побудови, зокрема коефіцієнти детермінації та статистичної значущості представлені на рис. 3.1. З огляду на значення отриманих результатів можна зробити висновок, що коефіцієнт детермінації дорівнює 0,985, тобто 98,5% варіації у змінній Y пояснюється використаною моделлю. Значущими змінними є X_2 та X_3 , тобто середня заробітна плата розробника та курс 1 долара

США, оскільки значення їх р-показників менше стандартного рівня значущості 0.05. У загальному можна сказати, що й модель також є значущою, оскільки р-показник менший за 0,05.

OLS Regression Results						
=====						
Dep. Variable:	Y	R-squared:	0.985			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.976			
Method:	Least Squares	F-statistic:	105.6			
Date:	Sat, 18 May 2024	Prob (F-statistic):	4.40e-07			
Time:	15:36:58	Log-Likelihood:	-150.44			
No. Observations:	14	AIC:	312.9			
Df Residuals:	8	BIC:	316.7			
Df Model:	5					
Covariance Type:	nonrobust					
=====						
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]

const	-1.643e+05	8.18e+04	-2.009	0.079	-3.53e+05	2.43e+04
X1	-7.8405	12.430	-0.631	0.546	-36.504	20.823
X2	85.2106	28.016	3.042	0.016	20.606	149.815
X3	3710.7968	1752.294	2.118	0.067	-330.000	7751.593
X4	1158.2532	5474.442	0.212	0.838	-1.15e+04	1.38e+04
X5	0.1878	0.496	0.379	0.715	-0.955	1.331
=====						
Omnibus:	0.009	Durbin-Watson:	1.975			
Prob(Omnibus):	0.996	Jarque-Bera (JB):	0.176			
Skew:	-0.046	Prob(JB):	0.916			
Kurtosis:	2.459	Cond. No.	3.49e+06			

Рисунок 3.1 – Загальні результати побудови лінійної множинної регресії

Складено автором на основі власних розрахунків

Перейдемо до побудови кореляційної матриці для перевірки залежності між факторами, що були обрані для моделювання кон'юнктури ринку ІТ-індустрії.



Рисунок 3.2 – Візуалізація кореляційної матриці

Складено автором на основі власних розрахунків

Отримані значення парних коефіцієнтів кореляції свідчать про те, що там, де коефіцієнт більше 0,6 прослідковується лінійний зв'язок між незалежними змінними, що підтверджує наявність мультиколінеарності в системі.

Для усунення мультиколінеарності застосуємо метод головних компонент до незалежних змінних (РСА). На рис. 3.3 виведено значення показників стандартного відхилення, частки варіації та накопичувальної частки.

```
Standard deviations (1, .., p=5):
[1.8953074429544328 1.1239940694373376 0.6775456955978386 0.24812288434190233 0.0918110985082994]

Rotation (n x k) = (5 x 5):
      PC1      PC2      PC3      PC4      PC5
X1  0.417796 -0.482468  0.557682  0.448037  0.284473
X2  0.508230  0.249391  0.285209 -0.727335  0.262957
X3  0.464191 -0.150070 -0.770227  0.113598  0.394780
X4  0.239916  0.820479  0.091188  0.507070  0.061795
X5  0.542325 -0.096547 -0.077986  0.014898 -0.830818
Importance of components:
      PC1      PC2      PC3      PC4      PC5
Standard deviation  1.895307  1.123994  0.677546  0.248123  0.091811
Proportion of Variance  0.667121  0.234624  0.085256  0.011433  0.001565
Cumulative Proportion  0.667121  0.901746  0.987001  0.998435  1.000000
```

Рисунок 3.3 – Значення отриманих показників при застосуванні методу РСА

Складено автором на основі власних розрахунків

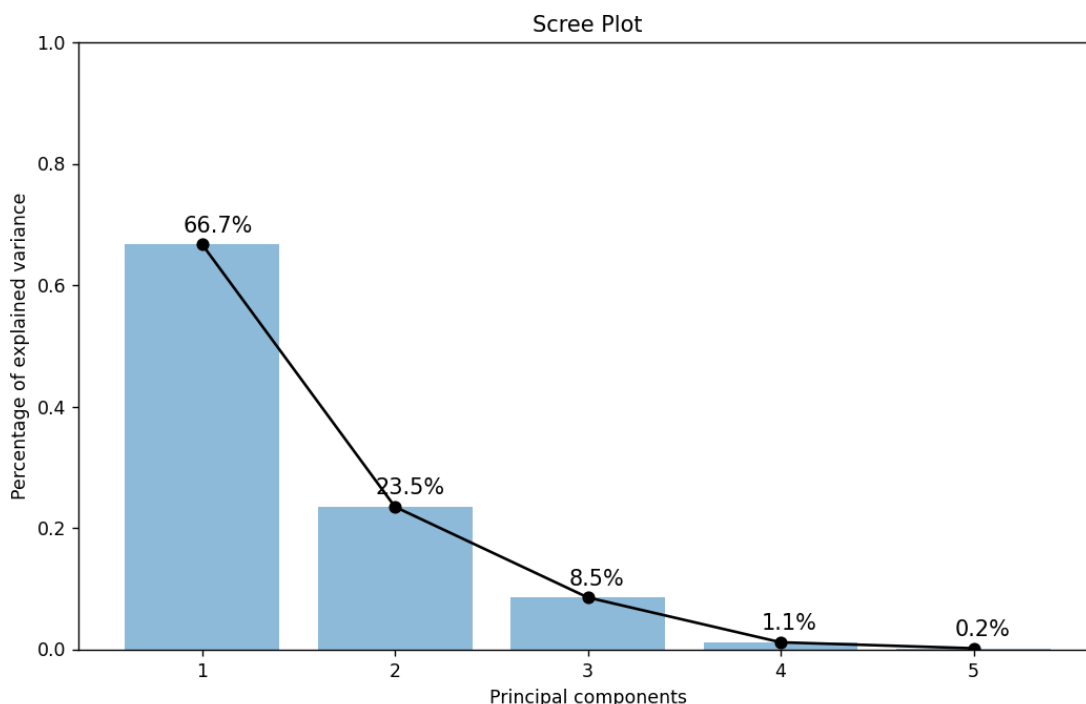


Рисунок 3.4 – Візуалізація отриманих даних при застосуванні методу РСА

Складено автором на основі власних розрахунків

Завдяки візуалізації отриманих даних можна зробити висновок, що перша компонента (PC_1) пояснює 66,71% загальної варіації, друга (PC_2) – 23,46%, інші

(PC_3, PC_4, PC_5) – незначну частину (8,53%, 1,14% та 0,16% і відповідно). Разом перші дві компоненти пояснюють 90,18% загальної варіації. Тому для подальшого аналізу та побудови моделі залишаємо перші дві компоненти, оскільки вони зберігають більшу частинну інформацію з початкових змінних і значно скорочують розмірність масиву даних.

Можна приблизно оцінити вклад кожного фактору в кінцеву модель, тому побудуємо моделі компонент представлені їх коефіцієнтами в розкладі через початкові незалежні змінні.

Рівняння моделі першої головної компоненти:

$$PC_1 = 0.417796 \cdot X_1 + 0.5082230 \cdot X_2 + 0.464191 \cdot X_3 + 0.239916 \cdot X_4 + 0.5423252 \cdot X_5 \quad (3.1)$$

Рівняння моделі другої головної компоненти:

$$PC_2 = -0.482468 \cdot X_1 + 0.249391 \cdot X_2 - 0.150070 \cdot X_3 + 0.820479 \cdot X_4 - 0.096547 \cdot X_5 \quad (3.2)$$

Створимо новий фрейм даних з компонент та залежної змінної, результати представлено на рис. 3.5.

	PC1	PC2	target
0	-2.385838	1.109171	-0.960747
1	-1.876982	1.052974	-0.938118
2	-1.862693	0.719371	-0.913798
3	-1.361356	0.403090	-0.880374
4	-1.094483	0.046663	-0.730340
5	-1.019014	-0.820238	-0.553159
6	-0.788998	0.549495	-0.420163
7	-0.611513	-1.338693	-0.245869
8	-0.012194	-1.526794	-0.037621
9	0.679936	-1.586084	0.079708
10	1.432542	-1.429884	0.542736
11	2.904947	0.090182	1.056295
12	2.985650	1.303055	2.208751
13	3.009995	1.427690	1.792699

Рисунок 3.5 – Дані компонент та залежної змінної

Складено автором на основі власних розрахунків

Перейдемо до побудови моделі множинної лінійної регресії на основі моделей перших двох компонент.

OLS Regression Results						
Dep. Variable:	target		R-squared:	0.952		
Model:	OLS		Adj. R-squared:	0.944		
Method:	Least Squares		F-statistic:	109.8		
Date:	Sat, 18 May 2024		Prob (F-statistic):	5.38e-08		
Time:	15:58:34		Log-Likelihood:	1.4371		
No. Observations:	14		AIC:	3.126		
Df Residuals:	11		BIC:	5.043		
Df Model:	2					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	0	0.066	0	1.000	-0.145	0.145
PC1	0.5287	0.036	14.666	0.000	0.449	0.608
PC2	0.1303	0.061	2.144	0.055	-0.003	0.264
Omnibus:	1.488	Durbin-Watson:	2.521			
Prob(Omnibus):	0.475	Jarque-Bera (JB):	0.160			
Skew:	-0.073	Prob(JB):	0.923			
Kurtosis:	3.502	Cond. No.	1.83			

Рисунок 3.6 – Загальні результати побудови моделі на основі моделей компонент

Складено автором на основі власних розрахунків

Завдяки отриманим результатам побудуємо загальне рівняння лінійної моделі множинної регресії на основі моделей двох компонент, яке буде використовуватися для економіко-математичного моделювання ринку ІТ-індустрії:

$$Y = 0.5287 \cdot PC_1 + 0.1303 \cdot PC_2 \quad (3.3)$$

Згідно з отриманими результатами побудови моделі, коефіцієнт детермінації дорівнює 0,952, тобто 95,2% варіації залежної змінної пояснюється використаною моделлю. Значення коефіцієнтів значущості для PC_1 та PC_2 менші стандартного рівня значущості 0,05, тому дані компоненти показують високу якість знайденого лінійного зв'язку.

Досить важливою при аналізі результуючої економіко-математичної моделі динаміки обсягу експорту ІТ-послуг є побудова кон'юнктурних прогнозів даного фактору ринку ІТ-індустрії. Порівняння фактичних та прогнозних значень дозволяє отримати уявлення про поточний стан на ринку, майбутній розвиток галузі, а також надати оцінку ефективності запропонованої моделі прогнозування.

Головна мета даного процесу полягає в тому, щоб розрахувати прогнози, які покажуть наскільки ефективною є модель, чи може вона бути використана у подальшому для прийняття стратегічних рішень, передбачення загрозливих

викликів, з якими можуть зіткнутися ІТ-підприємства у подальшому. Окрім вище переліченого, обчислення прогнозованих значень експорту дозволяє виявити слабкі та сильні сторони розробленої економіко-математичної моделі, а також сформулювати рекомендації щодо її покращення, які дозволять її адаптувати до реальних умов ринку.

На основі результату, отриманого під час прогнозування, можна провести порівняльний аналіз фактичних значень показників з прогнозованими, що безпосередньо дозволить оцінити надійність моделі та виявити можливі відхилення, зокрема кон'юктурні зміни в ІТ-індустрії, ключові тренди та фактори, що впливають на ринок. Розуміння динаміки змін у галузі надає підприємствам можливість адаптувати свої стратегії до нових умов, що забезпечить підвищення рівня конкурентоспроможності та стійкості на ринку ІТ-індустрії.

Перейдемо до розрахунку прогнозованих значень залежних змінних рівняння моделі множинної регресії для оцінки поточного стану ринку ІТ-індустрії, отриманої у ході економіко-математичного та комп'ютерного моделювання. Розрахунок прогнозованих значень, так як і побудова моделі, буде здійснюватися за допомогою коду, написаного на мові програмування Python. Спочатку обчислюються нові розраховані значення показників у стандартизованій формі, а потім здійснюється перехід від стандартизованих даних до абсолютних, в початкових одиницях вимірювання. Результати розрахунків прогнозованих та фактичних значення обсягу експорту ІТ-послуг у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Фактичні та прогнозовані значення обсягу експорту ІТ-послуг у 2010-2023 рр.

Рік	Фактичне значення експорту ІТ-послуг, млн грн	Прогнозоване значення експорту ІТ-послуг, млн грн
2010	3215,84	-11142,78
2011	5296,90	12925,27
2012	7533,48	9622,55
2013	10607,32	30208,47

Розраховано за даними [12]

Продовження табл. 3.2

Рік	Фактичне значення експорту ІТ-послуг, млн грн	Прогнозоване значення експорту ІТ-послуг, млн грн
2014	24405,00	38913,29
2015	40699,20	32194,85
2016	52930,00	59791,87
2017	68958,75	45795,68
2018	88110,00	72681,62
2019	98900,10	105623,73
2020	141481,90	144088,49
2021	188710,74	233894,01
2022	294694,90	252351,59
2023	256433,24	255028,73

Розраховано за даними [12]

З огляду на отриманий результат, прогнозовані значення експорту ІТ-послуг відрізняються від фактичних, проте різниця між ними є помітною. Представимо дані прогнозованого та фактичного експорту ІТ-послуг за допомогою графіків, рис. 3.7.

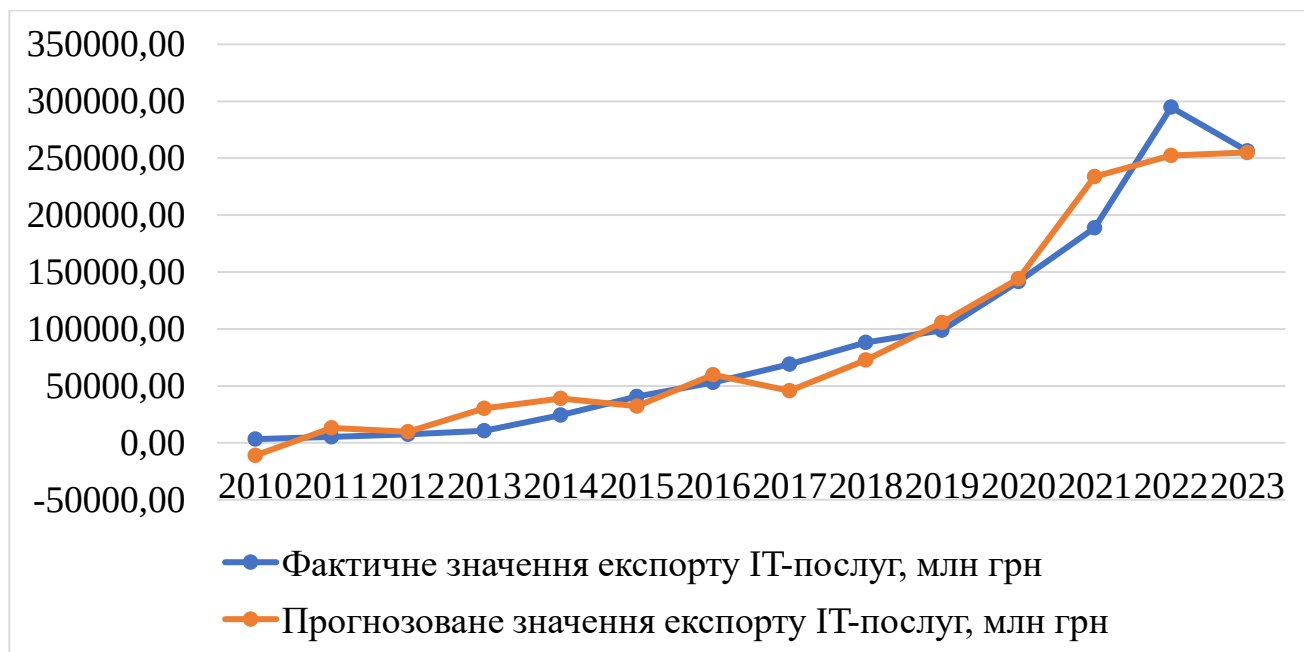


Рисунок 3.7 – Порівняння прогнозованих та фактичних значень експорту ІТ-послуг України

Складено на основі [12]

Графік ілюструє динаміку фактичних та прогнозованих значень експорту ІТ-послуг у мільйонах гривень за період з 2010 по 2023 рік та дозволяє візуально оцінити точність запропонованої моделі прогнозування на різних етапах. Розглянемо детально кожне із отриманих прогнозованих значень для надання оцінки ефективності та надійності моделі.

Для 2010 року спостерігається значне розходження між фактичним (3215,84 млн грн) та прогнозованим (-11142,78 млн грн) значенням експорту, що свідчить про суттєву неточність моделі при прогнозуванні. У 2011 році ситуація значно краща, проте прогнозоване значно перевищує фактичне значення обсягу експорту ІТ-послуг, тренд моделі стає більш реалістичним порівняно з попереднім роком. У період 2012 – 2015 рр. спостерігається тенденція до зростання прогнозованих показників, у 2012 році прогнозоване значення досить близьке до фактичного, у 2013-2015 рр. модель значно переоцінює обсяг експорту ІТ-послуг. Розглянемо період 2016-2019 рр., прогнозовані значення показників наближені до фактичного у 2016 та 2019 роках, а у 2017 – спостерігається певне недооцінювання експорту, у 2017 та 2018 роках – поступове зростання прогнозованого значення, яке помітно відрізняється від фактичного. У 2020 та 2023 роках прогноз майже точно відповідає фактичному експорту ІТ-послуг, у 2021 та 2022 – спостерігається переоцінка значення прогнозу.

Таким чином, аналіз прогнозованих та фактичних значень свідчить про те, що запропонована модель прогнозування значення обсягу експорту ІТ-послуг для 2010-2023 рр. адаптована до змін ринкових умов. Розраховані прогнозовані значення показника для перших років періоду значно відрізняються від фактичних, є великі похибки, проте для наступних років демонструється висока точність та мале значення похибки, що дозволяє зробити висновок про ефективність моделі. Проте необхідне подальше її вдосконалення та регулярне оновлення даних для підвищення рівня точності прогнозованих значень при моделюванні показників обсягу експорту ІТ-послуг у майбутньому.

Оцінка якості економіко-математичного моделювання дозволяє зробити висновки про доцільність застосування побудованої моделі для отримання прогнозованих значень показника експорту ІТ-послуг.

Важливим аспектом є відповідність прогнозованих значень реальним даним, для цього варто звертати увагу не лише на графіки порівняння, а й на розраховані значення статистичних показників, таких як середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт детермінації та середньоквадратичну похибку.

Тому для оцінки ефективності побудованої моделі, перейдемо до знаходження значень коефіцієнту детермінації, середньоквадратичної похибки та середньої абсолютної відсоткової похибки.

Коефіцієнт детермінації дозволяє надати оцінку частці варіації досліджуваного прогнозованого показника, який вийшов внаслідок впливу факторів, що включені до рівняння множинної регресії. Значення коефіцієнту зазвичай коливається від 0 до 1, чим ближче воно до 1, тим більша ймовірність, що побудована модель є значущою [32]. Для обчислення коефіцієнту детермінації необхідно скористатися формулою:

$$R^2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (3.4)$$

де y_i – фактичне значення залежної змінної,

$\hat{y}_i$ – прогнозоване значення залежної змінної,

$\bar{y}$ – середнє арифметичне фактичних значень залежної змінної.

Корінь середньоквадратичної похибки або RMSE показує наскільки, в середньому, прогнозовані значення відрізняються від фактичних. Чим менше значення RMSE, тим точнішою є модель [33]. Значення показника RMSE обчислюється за формулою:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad (3.5)$$

де y_i – фактичне значення залежної змінної,

$\hat{y}_i$ – прогнозоване значення залежної змінної,

n – кількість спостережень.

Середня абсолютна відсоткова похибка або MAPE показує, в середньому, на скільки відсотків прогнозовані значення відрізняються від фактичних. Чим менше значення MAPE, тим точніше модель [33].

Значення MAPE обчислюється за формулою:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{|y_i|} * 100\% \quad (3.6)$$

де y_i – фактичне значення залежної змінної,

$\hat{y}_i$ – прогнозоване значення залежної змінної,

n – кількість спостережень.

Проведемо проміжні розрахунки необхідні для обчислення значень показників.

Таблиця 3.3 – Допоміжні розрахунки для знаходження значень коефіцієнту детермінації, RMSE та MAPE

Рік	$(\hat{y}_i - \bar{y})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	$y_i - \hat{y}_i$	$(y_i - \hat{y}_i)^2$
2010	10549876584,70	7806424393,42	14358,62	206169968,30
2011	6184964008,86	7443015369,61	-7628,37	58192028,86
2012	6715353772,71	7062105120,02	-2089,07	4364213,46
2013	3765214309,57	6554925133,98	-19601,15	384205081,32
2014	2772709324,18	4511111990,19	-14508,29	210490478,72
2015	3525386129,47	2587819179,79	8504,35	72323968,92
2016	1009837606,83	1493035082,44	-6861,87	47085259,90
2017	2095271173,43	511260131,23	23163,07	536527811,82
2018	356763802,43	11970300,06	15428,38	238034909,42
2019	197512607,14	53733120,07	-6723,63	45207200,38
2020	2758211523,86	2491216514,26	-2606,59	6794311,43
2021	20256177295,68	9436359864,95	-45183,27	2041527887,89
2022	25850780090,90	41259801316,97	42343,31	1792955901,76
2023	26718817827,03	27179949844,81	1404,51	1972648,34
Сума	112756876056,80	118402727361,79	0,00	5645851670,54

Складено автором на основі власних розрахунків

Для знаходження статистичних показників розраховано прогнозоване значення залежних змінних рівняння моделі множинної регресії та проведено допоміжні обчислення.

Знайдемо значення коефіцієнту детермінації:

$$R^2 = \sqrt{\frac{112756876056,80}{118402727361,79}} = 0,952 \quad (3.7)$$

Зважаючи на отриманий результат, можна зробити висновок, що побудована модель пояснює 95.2% загальної дисперсії досліджуваної змінної, тобто добре описує зв'язок між даними.

Розрахуємо значення показника RMSE:

$$RMSE = \sqrt{\frac{5645851670,54}{14}} = 20081,71 \text{ (млн грн)} \quad (3.8)$$

Обчислимо значення показника MAPE:

$$MAPE = \frac{9,95}{14} * 100\% = 70,17\% \quad (3.9)$$

Незважаючи на високий коефіцієнт детермінації при побудові моделі, який свідчить про відповідність моделі до навчальних даних, фактичні значення експорту ІТ-послуг відрізняються від прогнозованих. Значення показників RMSE та MAPE свідчать про не дуже високу точність моделі.

Перевіримо достовірність отриманих результатів для показників RMSE та MAPE за допомогою Python. Результати обчислення представлені на рис. 3.8.

RMSE: 20081.709927624106
MAPE: 71.07%

Рисунок 3.8 – Результат обчислення показників RMSE та MAPE у Python

Складено автором на основі власних розрахунків

Загалом за допомогою Excel значення RMSE та MAPE розраховано правильно. Варто зазначити, що застосована модель не враховує всі суттєві фактори, що впливають на експорт ІТ-послуг, зокрема сезонні коливання, економічні цикли, інфраструктурні зміни тощо. Також не враховано вплив непередбачуваних економічних, політичних та соціальних подій, таких як зміни у законодавстві, політична нестабільність, глобальні економічні кризи або пандемії, які суттєво впливають на ринок ІТ-послуг.

3.2 Побудова кон'юнктурних прогнозів ринку ІТ-індустрії із застосуванням запропонованих моделей та формування системи рекомендацій

Для розрахунку кон'юнктурних прогнозів ІТ-індустрії за допомогою моделі авторегресійного ковзного середнього було зібрано дані про обсяг експорту ІТ-послуг по кварталах у період 2016-2023 рр.. Побудова моделі Auto ARIMA буде здійснюватися на основі фактичних значень 2016-2022 рр. (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Вхідні дані для побудови моделі Auto ARIMA

Рік	Квартал	Експорт, млн грн
2016	1	11926
	2	12542,4
	3	13426,8
	4	15034,8
2017	1	14874
	2	16539
	3	17177,25
	4	20368,5
2018	1	19085
	2	21175
	3	22577,5
	4	25272,5
2019	1	21330
	2	23865,9
	3	25122
	4	28582,2
2020	1	33217
	2	32625,85
	3	35384,55
	4	40254,5
2021	1	39247,92
	2	43623,9
	3	48625,02
	4	57213,9
2022	1	80159,9
	2	69894,3
	3	69814,1
	4	74826,6
2023	1	63851,00
	2	64880,24
	3	62745,52
	4	64956,48

Розраховано за даними [12, 23]

Для визначення оцінки ефективності побудованої моделі Auto ARIMA за допомогою програмного розширення Simple ML for Sheets спрогнозуємо дані на 4 квартали 2023 року та порівняємо їх з фактичними.

Результати прогнозування значень ІТ-послуг на 4 квартали 2023 року представлені у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Прогнозовані значення експорту ІТ-послуг на 4 квартали 2023 року

Рік	Квартал	Прогнозоване значення експорту ІТ-послуг, млн грн
2023	1	70927,54107
	2	75029,91997
	3	79392,19481
	4	83066,79473

Складено автором на основі власних розрахунків

Проведемо порівняльний аналіз фактичних та прогнозованих значень обсягу експорту ІТ-послуг (рис. 3.9).



Рисунок 3.9 – Фактичні по кварталах у 2016-2023 рр. та прогнозовані значення експорту ІТ-послуг на 4 квартали 2023 рр.

Складено на основі [12, 23]

Розрахуємо значення RMSE та MAPE для оцінки ефективності побудованої моделі за допомогою Python. Результати обчислення представлені на рис. 3.10.

MAPE: 20.28%
RMSE: 13767.61

Рисунок 3.10 – Значення показників RMSE та MAPE

Складено автором на основі власних розрахунків

На основі розрахованого значення показників RMSE та MAPE можна зробити висновок, що модель Auto ARIMA, побудована за допомогою Simple ML for Sheets, допомагає спрогнозувати наближені до фактичних значення експорту ІТ-послуг. Самі прогнозовані значення є завищеними порівняно з фактичними, особливо у 3 та 4 кварталах 2023 року, оскільки не враховано всі фактори, які можуть впливати на експорт ІТ-послуг, такі як зміни в глобальній економіці, політична ситуація в Україні. Окрім вищезазначеного, важливо зауважити, що модель Auto ARIMA була побудована на основі даних про обсяг експорту ІТ-послуг у 2016-2022 рр., а у 2022 році почалося повномасштабне вторгнення Росії в Україну, яке суттєво вплинуло на значення досліджуваного показника.

Спрогнозуємо значення обсягу експорту ІТ-послуг на 4 квартали 2024-2025 рр. побудувавши модель Auto ARIMA за допомогою Simple ML for Sheets на основі фактичних значень 2016-2023 рр.

Таблиця 3.6 - Прогнозовані значення експорту ІТ-послуг на 4 квартали 2024-2025 рр.

Рік	Квартал	Прогнозоване значення експорту, млн грн
2024	1	52931,70116
	2	58511,22317
	3	58876,37488
	4	65294,93219
2025	1	53108,1016
	2	58473,44821
	3	58876,77573
	4	65787,93354

Складено автором на основі власних розрахунків

Для наочного представлення фактичних та прогнозованих значень побудуємо графік динаміки експорту ІТ-послуг України у 2016-2023 роках та представимо прогнозовані значення на 4 квартали 2024-2025 рр.



Рисунок 3.11 - Фактичні значення по кварталах у 2016-2023 рр. та прогнозовані значення експорту ІТ-послуг на 4 квартали 2024-2025 рр.

Складено на основі [12, 23]

Згідно з прогнозом, отриманим за допомогою моделі Auto ARIMA у Simple ML for Sheets, очікується, що експорт ІТ-послуг з України продовжить зростати у 2024-2025 рр., зокрема найбільше прогнозоване значення спостерігається для 4 кварталу 2024 та відповідно 2025 років.

На основі результатів практичної реалізації економіко-математичного моделювання кон'юнктури ринку ІТ-індустрії варто розробити рекомендації з прогнозування стану ринку, а також виокремити напрями для його подальшого розвитку.

Зважаючи на результати значення оцінки ефективності моделі було розроблено ряд таких рекомендацій:

— При побудові моделі варто враховувати додаткові фактори, які можуть впливати на обсяг експорту ІТ-послуг, зокрема сезонні коливання (оцінку їх впливу, оскільки значення показника може варіюватися в залежності від сезону), економічні цикли (взяти до уваги фазу економічного циклу, для якої здійснюється прогнозування обсягу експорту), інфраструктурні зміни (розглянути вплив її розвитку), зміни у законодавстві (проаналізувати правові зміни, які можуть вплинути на діяльність ІТ-підприємств, що здебільшого стосується податкового законодавства та регуляторних актів), політична нестабільність (оцінити вплив внутрішньої та зовнішньої політичної стабільності), глобальні економічні кризи (змодельовати наслідки глобальних криз, економічної рецесії та пандемії, які можуть впливати на формування пропозиції та попиту на ринку ІТ-індустрії).

— Для покращення точності прогнозування значення показників можна об'єднати декілька різних економетричних моделей в одну або ж комбінувати кількісні та якісні методи для побудови моделі. Використання якісних методів аналізу, експертних оцінок разом з кількісними економетричними моделями, дозволить отримати більш комплексний прогноз.

— Необхідно зібрати та проаналізувати більше даних про різні напрями розвитку ринку ІТ-індустрії, щоб покращити точність прогнозування. Здебільшого це стосується включення даних про різні сегменти ІТ-ринку, такі як впровадження інноваційних технологій, а також провести аналіз нових трендів на міжнародному ринку.

З огляду на поточну ситуацію на ринку ІТ-індустрії варто розробити рекомендації зі збереження поточного значення обсягу експорту ІТ-послуг та його покращення. Власники ІТ-компаній вважають, що у 2024 році ще протримається складна ситуація на ринку ІТ-галузі зважаючи й на непрогнозовані конфлікти в різних частинах світу. Одними з головних перешкод, які негативно впливають на експорту ІТ-послуг, є й складна процедура отримання дозволу на виїзд за кордон та критично мала кількість заброньованих ІТ-фахівців. Відновлення обсягу попиту на ІТ-послуги, який спостерігався у період активної фази пандемії COVID-19, наразі неможливе. Тому найімовірнішим сценарієм для ринку ІТ-індустрії є

збереження поточного значення обсягу експорту ІТ-послуг. Інші CEO та віцепрезиденти ІТ-компаній вважають, що у 2024 році можливі незначні зміни на ринку, проте це може бути невелике падіння, зростання або плато значення досліджуваного показника. Здебільшого ситуація на ринку української ІТ-галузі залежатиме від стану на міжнародних ринках, якщо світова економіка відновить темпи свого зростання, то українські ІТ-підприємства отримуватимуть більше замовлень з розробки програмних забезпечень.

Подальший розвиток ринку ІТ-індустрії вимагає виконання низки важливих заходів:

- Зосередження на покращенні якості освіти та підготовці кваліфікованих кадрів, зокрема необхідно впроваджувати сучасні навчальні програми у закладах вищої освіти, активно співпрацювати з міжнародними ІТ-компаніями.

- Спрямування бюджетних коштів на цифровізацію державних послуг та інфраструктури, а також створення сприятливого інвестиційного клімату, зменшення бюрократичних бар'єрів, впровадження податкових пільг для ІТ-компаній, забезпечення доступу до фінансування за рахунок створення венчурних фондів та грантових програм. Створення прозорої правової бази, яка захищатиме інтереси ІТ-компаній, є запорукою успішного розвитку ринку ІТ-індустрії.

- Активно підтримувати інтеграцію українського ІТ-сектору у світовий ринок, зокрема розширювати співпрацю з різними країнами. Сприяти виходу українських ІТ-компаній на нові ринки та налагодженню відносин з іноземними замовниками. Важливим аспектом для такого просування є участь компаній у міжнародних конференціях, виступах чи форумах, що допоможе не лише привернути увагу іноземних партнерів до українського ринку ІТ-галузі, а й до ситуації в Україні в цілому.

- Важливо збільшити інвестиції для покращення рівня кібербезпеки на державному та приватному рівнях, оскільки з початком повномасштабного вторгнення Росії в Україну збільшилася кількість DoS-атак. Протягом 2023 року спостерігалось зниження обсягу експорту ІТ-послуг на 38261,66 млн грн, одним із

чинників впливу яких стало збільшення частоти DoS-атак. Тому розроблення національної стратегії кібербезпеки та вдосконалення законодавства щодо цього може стати одним із стимулюючих факторів перегляду ІТ-компаніями рівня захищеності своїх програмних забезпечень та сервісів. З огляду на прогнозовані значення показників на чотири квартали 2024-2025 рр., які показують тенденцію до спадання обсягу експорту ІТ-послуг, дана рекомендація допоможе запобігти витратам на відновлення ресурсів програмних забезпечень у разі здійснення хакерами успішних DoS-атак.

— Стимулювання використання штучного інтелекту та машинного навчання, оскільки в умовах становлення Індустрії 5.0 великої популярності набуває впровадження ШІ для розробки програм та сервісів. Завдяки доступу до сучасних інструментів та технологій ШІ та ML, українські компанії зможуть пропонувати своїм клієнтам більш якісні та інноваційні послуги. Однією із країн, яка вже активно впроваджує штучний інтелект (ШІ) та машинне навчання (ML) є Індія. Досвід Індії демонструє, як комплексний підхід, що включає державні ініціативи, промислові застосування, освіту та дослідження, а також підтримку стартапів, може стимулювати розвиток інноваційних технологій [13].

— Створення сприятливих умов для збору, зберігання та аналізу даних, зокрема заохочення використовувати Big Data. Використання Big Data може допомогти українським ІТ-компаніям стати більш конкурентоспроможними на міжнародному ринку. Заходи із стимулювання впровадження Big Data здійснюються уже на законодавчому рівні, зокрема у 2021 році було затверджено "Стратегію розвитку штучного інтелекту в Україні до 2025 року", яка передбачає, зокрема, розвиток інфраструктури для Big Data та підготовку кадрів [34]. Завдяки впровадженню даної програми українські ІТ-компанії матимуть можливість збільшити свої прибутки, а прогноз значення обсягу експорту ІТ-послуг покращити уже до 2025 року.

— Сприяння створенню умов для розвитку ІТ-кластерів в регіонах України. Зокрема, об'єднання юридичних чи фізичних осіб створюють сприятливе середовище для розвитку ІТ-компаній, пропонуючи їм доступ до ресурсів, знань,

мережевих можливостей та переймання досвіду один одного. Дана рекомендація допоможе покращити ситуацію на ринку ІТ-індустрії і збільшити значення обсягу експорту ІТ-послуг, прогноз якого на 2024-2025 рр. є невтішним.

На даний момент в Україні уже здійснюються заходи із стимулювання розвитку ІТ-компаній, які впливатимуть на збереження поточного значення обсягу експорту ІТ-послуг. Здійснено запуск програми "Go Global", яка надає гранти ІТ-компаніям для виходу на міжнародні ринки, та спрощено процедуру реєстрації і ведення бізнесу на ринку ІТ-індустрії (впровадження податкових пільг) [35]. Здійснюється активне залучення іноземних інвестицій завдяки міжнародним партнерам, які з 24 лютого 2022 року постійно підтримують Україну, її економіку.

Загалом комплексний підхід до всіх розроблених рекомендацій допоможе підвищити точність прогнозування кон'юнктури ринку ІТ-індустрії та створити умови для сталого розвитку галузі, перетворивши її на один із ключових драйверів економічного зростання країни.

Висновки до розділу 3

Отримані прогнозовані значення обсягу експорту ІТ-послуг дозволяють оцінити ефективність побудованої моделі, їх порівняння з фактичними свідчить про те, що запропонована модель прогнозування експорту ІТ-послуг для 2010-2023 рр. адаптована до змін ринкових умов. Відповідно до розрахованих прогнозних значень показника обсягу експорту ІТ-послуг, а також коефіцієнту детермінації, середньої квадратичної та абсолютної відсоткової похибок встановлено, що модель є ефективною.

За допомогою моделі авторегресійного ковзного середнього (Auto ARIMA) було спрогнозовано значення обсягу експорту ІТ-послуг на 4 квартали 2024-2025 рр., це дозволило надати рекомендації щодо подальшого розвитку ринку ІТ-індустрії. Загалом, модель Auto ARIMA є потужним інструментом для прогнозування обсягу експорту ІТ-послуг в Україні.

Проведене дослідження показало, що важливо враховувати результати економіко-математичного моделювання для прогнозування кон'юнктури ринку ІТ-індустрії.

При визначенні факторів розвитку кон'юнктури ринку важливо враховувати глобальні економічні чинники, врахування яких дозволить підвищити точність прогнозування.

Для подальшого розвитку ІТ-індустрії державі необхідно спрямовувати бюджетні кошти на цифровізацію державних послуг, активно підтримувати інтеграцію українського ІТ-сектору у світовий ринок, збільшити кількість інвестицій для покращення рівня кібербезпеки, створити сприятливі умови для розвитку ІТ-кластерів, а також прозорої правової бази, яка захищатиме інтереси ІТ-підприємств.

ВИСНОВКИ

Дипломна робота містить ряд комплексних досліджень кон'юнктури ринку ІТ-індустрії України. Визначено основні фактори та ознаки, які зумовили появу ринку та характеризують його як економічну категорію. Розглянуто умови формування та чинники, що безпосередньо впливають на кон'юнктуру ринку та аналіз яких дає можливість підприємствам приймати обґрунтовані рішення щодо своєї діяльності, а державі – розробляти та реалізовувати ефективну економічну політику. Наведено інформацію про те, за якими ознаками класифікують головні чинники впливу на кон'юнктуру, моніторинг цих факторів є невід'ємною частиною аналізу ринку. Розглянуто методику вивчення ринку, що складається з трьох етапів: збору та обробки даних, безпосереднього аналізу кон'юнктури та прогнозу. Важливість дослідження вище перелічених аспектів та дотримання чіткого алгоритму дій допоможе підприємствам та державі приймати обґрунтовані рішення щодо розробки маркетингових стратегій, формування цін та інвестування.

Проведено компаративний аналіз ринку ІТ-індустрії в Україні та світі, за допомогою якого було з'ясовано, що найбільшими лідерами серед досліджуваних країн, за темпами зростання значення обсягу експорту ІТ-послуг, є Бразилія та Польща. На ринку ІТ-індустрії України до 2022 року спостерігалася динаміка зростання показника обсягу експорту ІТ-послуг, проте уже в 2023 році його значення значно зменшилося, що пояснюється впливом війни Росії проти України та кризовою ситуацією у світі.

Для побудови економіко-математичної моделі динаміки ключових кон'юктуроутворюючих факторів ринку ІТ-індустрії було використано показники: обсяг експорту ІТ-послуг, кількість ІТ-підприємств, середня заробітна плата розробника на ринку, курс 1 долара США, частка обсягу реалізованої інноваційної продукції, чисельність зайнятих ІТ-фахівців.

Побудовано моделі множинної лінійної регресії та авторегресійного ковзного середнього (Auto ARIMA), завдяки яким спрогнозовано значення показників експорту ІТ-послуг на поточний та майбутній період. Завдяки їх застосуванню враховано вплив декількох факторів на значення досліджуваного показника

експорту ІТ-послуг. Для автоматизації процесу побудови моделей та ефективного прогнозування показників на майбутній період розроблено код на мові програмування Python та використано спеціальне програмне розширення Simple ML for Sheets.

Отримано прогнозовані значення обсягу експорту ІТ-послуг, завдяки яким надано оцінку ефективності побудованих моделей. Проведено порівняльний аналіз прогнозованих та фактичних значень, за результатами якого вдалося з'ясувати, що запропоновані моделі прогнозування експорту ІТ-послуг для 2010-2023 рр. та на 2024-2025 рр. адаптовані до змін ринкових умов.

Розроблено рекомендації з прогнозування кон'юнктури та розвитку ринку ІТ-індустрії. Для розвитку ринку ІТ-індустрії важливо покращити освіту та розвивати людський капітал, створити сприятливий інвестиційний клімат з меншими бюрократичними бар'єрами, податковими пільгами та доступом до фінансування, підтримувати інтеграцію ІТ-компаній на світовий ринок і забезпечити прозору правову базу для захисту їх інтересів. Комплексний підхід до цих заходів сприятиме точному прогнозуванню і сталому розвитку галузі, роблячи її одним з ключових драйверів економічного зростання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Економічна теорія: Підручник / за ред. В.Д. Базилевича. 6-те вид., перероб. і доп. К.: Знання-Прес, 2007. 719 с.
2. Економічна характеристика кон'юнктури ринку. Конспект лекцій. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/retrieve/16553/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9.pdf> (дата звернення: 11.03.2024).
3. Єремія М. М., Бабух І. Б. Кон'юнктурні дослідження в системі маркетингового аналізу. *Міжнародні економічні відносини та світове господарство*. 2021. № 38. С. 5–9. URL: <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2021-38-1> (дата звернення: 12.03.2024)
4. Іванова Л. О., Музика О. М. Кон'юнктура ринків : навч. посіб. Львів: Видавництво Львівської комерційної академії, 2011. 447 с.
5. Павленчик Н.Ф. Ринок сільськогосподарської продукції: методологічні та методичні основи формування і функціонування: монографія. Львів: Ліга-Прес, 2014. 392 с.
6. Перерва Т. Г., Кобелєва Т. О. Маркетингові підходи до кон'юнктури товарного ринку промислового підприємства. *Економічний вісник НТУУ «Київський політехнічний інститут»*. 2017. №14. 9 с. URL: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.14.2017.108749>
7. Оболенцева Л. В. Кон'юнктурні дослідження галузевого ринку: підручник. Х.: ХНАМГ, 2010. 249 с.
8. Методологічні основи прогнозування ринкової кон'юнктури. Текст лекцій з курсу “Кон'юнктура ринків” / уклад. Л. О. Іванова. Львів : Вид-во Львів. комерц. акад., 2004. 16 с.
9. Карий О. І., Гальків Л. І., Цапулич А. Ю. Розвиток ІТ-сфери України: чинники та напрями активізації. *Journal of Lviv Polytechnic National University Series of Economics and Management Issues*. 2021. Т. 1, № 5. С. 42–55. URL: <https://doi.org/10.23939/semi2021.01.042> (дата звернення: 12.04.2024).

10. Бум ІТ-сектору в Україні допоміг пережити пандемію, але проблеми в галузі ще залишаються. Радіо Свобода. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/bum-it-sektoru-v-ukrayini/31195801.html> (дата звернення: 12.04.2024).

11. Кот Я. В. Тенденції розвитку ІТ-індустрії. Моделювання та прогнозування економічних процесів. *XVII Міжнародна науково-практична конференція “Моделювання та прогнозування економічних процесів”, 7 грудня 2023 року*. 2024. Т. 1, № 1. URL: <https://mreproc.fmm.kpi.ua/article/view/298182> (дата звернення: 13.04.2024).

12. Динаміка ІТ-експорту з 2010-го до 2023 року, річний обсяг. Річний обсяг ІТ-експорту України вперше знизився. URL: <https://dou.ua/lenta/articles/it-export-2023/> (дата звернення: 14.04.2024).

13. Digital Tiger the Power of Ukrainian IT research for 2023. URL: https://itukraine.org.ua/files/ITU_GT.pdf (дата звернення: 20.04.2024).

14. Македон В. В., Ільченко Н. О. Кон'юнктура світового ринку ІТ-послуг в умовах економіки 4.0. *Ефективна економіка*. 2021. № 1. URL: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.1.8> (дата звернення: 20.04.2024).

15. Корнилюк Р. В. Розвиток ІТ в Україні: поточна ситуація та перспективи. Дослідження ринку та конкурентний аналіз. URL: <https://blog.youcontrol.market/rozvitok-it-v-ukrayini-potochna-situatsiia-ta-pierspektivi/> (дата звернення: 20.04.2024).

16. Кількість діючих суб'єктів господарювання за видами економічної діяльності (2010-2022). Державна служба статистики України. URL: https://ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/size_20.htm (дата звернення: 21.04.2024).

17. Кількість зайнятих працівників у суб'єктів господарювання за видами економічної діяльності (2010-2022). Державна служба статистики України. URL: https://ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/size_20.htm (дата звернення: 21.04.2024).

18. Загальна кількість ІТ-ФОПів за роками. URL: <https://dou.ua/lenta/articles/how-many-devs-in-ukraine-2024/> (дата звернення: 21.04.2024).

19. Романова Т. В., Семиволос П. В. Вплив іноземного інвестування на розвиток вітчизняних підприємств. *Ефективна економіка*. 2015. № 2. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3812> (дата звернення: 24.04.2024).
20. Експорт ІТ послуг вперше за тривалий час знизився у річному показнику – дані за 2023 рік. URL: <https://itukraine.org.ua/eksport-it-poslug-vpershe-za-trivalij-chas-znizivsya-u-richnomu-pokazniku-dani-za-2023-rik/> (дата звернення: 24.05.2024).
21. Множинна регресія і кореляція. Статистичні методи вивчення взаємозв'язків. Статистика. URL: <https://buklib.net/books/26193/> (дата звернення: 25.04.2024).
22. Бегун С. І., Сахарук М. О. Мультиколінеарність та її вплив на оцінку параметрів моделі. *Молодий вчений*. 2020. № 4(80). С. 272–276. URL: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-4-80-56> (дата звернення: 25.04.2024).
23. Архів валютних курсів. Мінфін. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/exchange/archive/> (дата звернення: 26.04.2024).
24. Медіанні зарплати розробника, 2011–2023. Зарплати українських розробників — літо 2023. URL: <https://dou.ua/lenta/articles/salary-report-devs-summer-2023/> (дата звернення: 27.04.2024).
25. Впровадження інновацій на промислових підприємствах (2000-2020). Державна служба статистики України. URL: https://ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/ni.htm (дата звернення: 30.04.2024).
26. Караєва Н. В., Варава І. А. Еколого-економічна оптимізація виробництва: методи та засоби статистичного прогнозування : конспект лекцій. К.: НТУУ «КПІ», 2016. 80 с.
27. Капліна А. І., Лобода О. М. Метод головних компонент для зважених даних у процедурі багатовимірної статистичної прогнозування. *Ефективна економіка*. 2021. № 11. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=9565> (дата звернення: 01.05.2024).
28. Time Series Forecasting with ARIMA , SARIMA and SARIMAX. URL: <https://towardsdatascience.com/time-series-forecasting-with-arima-sarima-and-sarimax-ee61099e78f6> (дата звернення: 05.05.2024).

29. Прогнозування часових рядів за допомогою arima-моделей. URL: <https://studfile.net/preview/7878597/> (дата звернення: 05.05.2024).

30. Introduction to SARIMA Model. URL: <https://medium.com/@ritusantra/introduction-to-sarima-model-cbb885ceabe8> (дата звернення: 05.05.2024).

31. Simple ML for Sheets. URL: <https://simplemlforsheets.com/index.html> (дата звернення: 10.05.2024).

32. Способи визначення взаємозв'язків. Система електронного забезпечення навчання ЗНУ. URL: <https://moodle.znu.edu.ua/mod/page/view.php?id=410585> (дата звернення: 12.05.2024).

33. Metrics Evaluation: MSE, RMSE, MAE and MAPE. URL: <https://medium.com/@jonatasv/metrics-evaluation-mse-rmse-mae-and-mape-317cab85a26b> (дата звернення: 14.05.2024).

34. Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні: монографія / за заг. ред. А.І. Шевченка. Київ: ІПШІ, 2023. 305 с.

35. High-tech Ukraine. Software development and IT-services: The rise of a tech nation. URL: https://ny.mfa.gov.ua/storage/app/sites/107/imported_content/5df4043c0379f.pdf (дата звернення: 18.05.2024).

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Лістинг коду для побудови моделі множинної лінійної регресії

```
import pandas as pd
import numpy as np
import statsmodels.api as sm
import seaborn as sns
from sklearn.decomposition import PCA
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
import matplotlib.pyplot as plt

# Початкова матриця даних
data = {
    'Y': [3215.84, 5296.90, 7533.48, 10607.32, 24405.00, 40699.20, 52930.00, 68958.75,
          88110.00, 98900.10, 141481.90, 188710.74, 294694.90, 256433.24],
    'X1': [4684, 5148, 5220, 6070, 5633, 5961, 5350, 6264, 7003, 8063, 8433, 8822, 6556,
           6795],
    'X2': [1662, 2000, 1900, 2000, 2000, 1750, 1600, 1800, 2000, 2250, 2500, 3300, 3400,
           3300],
    'X3': [7.96, 8.05, 8.04, 8.21, 16.27, 24.4, 26.8, 27.75, 27.5, 23.7, 28.15, 27.18, 40.1,
           38.12],
    'X4': [3.8, 3.8, 3.3, 3.3, 2.5, 1.4, 4.0, 0.7, 0.8, 1.3, 1.9, 4.8, 5.8, 6.3],
    'X5': [44792, 53832, 73791, 90712, 114609, 110254, 123263, 139866, 164656,
           195354, 214576, 257581, 265577, 271699]
}
df = pd.DataFrame(data)

# Початкова лінійна регресія
X = df[['X1', 'X2', 'X3', 'X4', 'X5']]
Y = df['Y']
X = sm.add_constant(X) # Додавання константи

model = sm.OLS(Y, X).fit()
print("Initial Linear Regression Model Summary:")
print(model.summary())

# Кореляційна матриця
print(df.corr())
df_plot = sns.heatmap(df.corr(), cmap="YlGnBu", annot=True)
```

```

# Показ кореляційної матриці
plt.show()

# Принципова компонентна аналіз (PCA)
scaler = StandardScaler()
X_scaled = scaler.fit_transform(df[['X1', 'X2', 'X3', 'X4', 'X5']])

pca = PCA()
principal_components = pca.fit_transform(X_scaled)

# Інвертуємо знаки другого компонента
principal_components[:, 1] = -principal_components[:, 1]

# Вивід результатів PCA
print("Standard deviations (1, .., p=5):")
print("{} {}".format(' '.join(map(str, np.sqrt(pca.explained_variance_)))))

print("\nRotation (n x k) = (5 x 5):")
rotation_df = pd.DataFrame(pca.components_.T, columns=['PC{}'.format(i) for i in
range(1, 6)], index=['X1', 'X2', 'X3', 'X4', 'X5']).assign(PC2=lambda x: -x['PC2'])
print(rotation_df)

std_dev = np.sqrt(pca.explained_variance_)
prop_var = pca.explained_variance_ratio_
cum_prop = np.cumsum(pca.explained_variance_ratio_)

# Створення DataFrame
importance_df = pd.DataFrame({
    'PC1': [std_dev[0], prop_var[0], cum_prop[0]],
    'PC2': [std_dev[1], prop_var[1], cum_prop[1]],
    'PC3': [std_dev[2], prop_var[2], cum_prop[2]],
    'PC4': [std_dev[3], prop_var[3], cum_prop[3]],
    'PC5': [std_dev[4], prop_var[4], cum_prop[4]],
}, index=['Standard deviation', 'Proportion of Variance', 'Cumulative Proportion'])

# Вивід DataFrame
print("Importance of components:")
print(importance_df)

# Побудова графіку покомпонентного вкладу в пояснення дисперсії (Scree Plot)
plt.figure(figsize=(10, 6))

```

```

components = range(1, 6)
plt.bar(components, prop_var, alpha=0.5, align='center')
plt.plot(components, prop_var, marker='o', color='black')
plt.xticks(components)
plt.ylim(0, 1) # Встановлення межі по y-осі до 1
plt.ylabel('Percentage of explained variance')
plt.xlabel('Principal components')
plt.title('Scree Plot')

# Додавання міток до стовпчиків
for i in range(len(prop_var)):
    plt.text(x=components[i] - 0.1, y=prop_var[i] + 0.02, s=f"{prop_var[i]*100:.1f}%",
size=12)
plt.show()

# Побудова DataFrame з компонентами
num_comp = 2
data_pc = pd.DataFrame(principal_components[:, :num_comp], columns=[f'PC{i+1}' for
i in range(num_comp)])
pc_corr = np.corrcoef(principal_components.T)

# Створення DataFrame залежної змінної та компонентів
data_pc['target'] = StandardScaler().fit_transform(df[['Y']])

# Вивід DataFrame
print(data_pc)

# Побудова лінійної регресії
X = data_pc[['PC1', 'PC2']]
Y = data_pc['target']
X = sm.add_constant(X) # Додавання константи

model = sm.OLS(Y, X).fit()
print("Modified Linear Regression Model Summary:")
print(model.summary())

```

ДОДАТОК Б

Лістинг коду для розрахунку значення показників RMSE та MAPE для
прогнозованих значень моделі Auto ARIMA

```
import numpy as np
from sklearn.metrics import r2_score, mean_absolute_percentage_error,
mean_squared_error

# Ваші дані
actual_values = np.array([63851.00, 64880.24, 62745.52, 64956.48])
predicted_values = np.array([70927.54, 75029.92, 79392.19, 83066.79])

# Обчислення MAPE (Mean Absolute Percentage Error)
mape = mean_absolute_percentage_error(actual_values, predicted_values) * 100 # в
процентах

# Обчислення RMSE (Root Mean Squared Error)
rmse = np.sqrt(mean_squared_error(actual_values, predicted_values))

print(f'MAPE: {mape:.2f}%')
print(f'RMSE: {rmse:.2f}')
```