

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА

Економічний факультет

Кафедра економічної кібернетики та прикладної економіки

**КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА  
РОБОТА**

на тему:

**«МОДЕЛЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ  
ПІДПРИЄМСТВА»**

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕК-61  
спеціальності 051 «Економіка»,  
освітня програма «Економічна кібернетика»  
Слукін Денис Ігорович

Керівник: Панасенко Оксана  
Володимирівна, к.е.н., доцент

Рецензент: Гольцяєва Людмила Анатоліївна,  
к.е.н., доцент, мол. наук. співробітник  
сектору макроекономічного аналізу та  
прогнозування відділу макроекономічної  
політики та регіонального розвитку НДЦ  
ІПР НАН України

### Анотація

Слукін Д.І. **Моделювання рівня економічної безпеки підприємства** (керівник: к. е. н., доц. Панасенко О.В.).

У роботі досліджено теоретичні та методичні засади моделювання рівня економічної безпеки підприємства в умовах економічної нестабільності. Уточнено зміст категорії «економічна безпека підприємства» та обґрунтовано доцільність її комплексного оцінювання з урахуванням фінансових, виробничих, кадрових, інституційних і технологічних складових, зокрема впливу кіберзагроз.

На основі індексного підходу побудовано інтегральний індекс економічної безпеки підприємств, здійснено їх групування за рівнем безпеки методами кластерного аналізу та розроблено дискримінантні моделі прогнозування належності підприємств до відповідних категорій економічної безпеки.

**Ключові слова:** економічна безпека підприємства, економіко-математичне моделювання, інтегральний індекс, кластерний аналіз, дискримінантний аналіз, кіберзагрози.

### Summary

Slukin D.I. **Modeling the level of economic security of an enterprise** (Scientific supervisor: Ph.D. in Economics, Associate Professor Panasenko O.V.).

The paper examines the theoretical and methodological foundations of modeling the level of economic security of an enterprise in conditions of economic instability. The content of the category “economic security of an enterprise” is clarified and the expediency of its comprehensive assessment is substantiated, taking into account financial, production, personnel, institutional, and technological components, in particular the impact of cyber threats.

Based on the index approach, an integral index of economic security of enterprises is constructed, they are grouped by security level using cluster analysis methods, and discriminant models for predicting the belonging of enterprises to the corresponding categories of economic security are developed.

**Keywords:** economic security of enterprises, economic and mathematical modeling, integral index, cluster analysis, discriminant analysis, cyber threats.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ МОДЕЛЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА .....	7
1.1. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ВИЗНАЧЕННЯ КАТЕГОРІЇ «ЕКОНОМІЧНА БЕЗПЕКА» .....	7
1.2. ІНДЕКСНА ОЦІНКА РІВНЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ .....	14
1.3. КІБЕРЗАГРОЗИ ЯК ФАКТОР ФОРМУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА.....	23
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА .....	31
2.1. ОГЛЯД СУЧАСНИХ МОДЕЛЕЙ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ .....	31
2.2. КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА... ..	39
2.3. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА.....	45
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ РІВНЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА .....	52
3.1. ПОБУДОВА ІНТЕГРАЛЬНОГО ІНДЕКСУ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ.....	52
3.2 РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ГРУПУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ЗА РІВНЕМ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ. ....	61
3.3. РОЗРОБКА ДИСКРИМІНАНТНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ КАТЕГОРІЙ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА.....	72
ВИСНОВКИ.....	85
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	87
ДОДАТКИ.....	92

## ВСТУП

Економічна безпека підприємства є ключовим елементом забезпечення його стійкості, конкурентоспроможності та здатності до розвитку в умовах змінного ринкового середовища. Сучасні науковці підкреслюють, що проблема формування й підтримки належного рівня економічної безпеки потребує застосування системного підходу та кількісного оцінювання на основі економіко-математичного моделювання (Гривківська & Акуленко, 2023).

Аналіз рівня економічної безпеки підприємства вимагає глибокого розуміння природи та статистичної імовірності виникнення загроз, які можуть призвести до фінансових втрат або негативних наслідків для суб'єкта господарювання. Статистичні дані підтверджують високу значущість внутрішніх загроз, пов'язаних із персоналом, для стійкості економічної системи підприємства.

Згідно з дослідженнями, до 80% випадків несанкціонованого доступу до комп'ютерної інформації та мереж ініціюється за участі персоналу компанії, що свідчить про домінування людського фактора у формуванні інформаційно-технічних загроз. Натомість лише 20% подібних інцидентів виникає внаслідок зовнішнього втручання (Дячков, 2021). Економічні збитки від крадіжок та шахрайства є значними: понад 40% підприємств фіксують втрати, що сягають 7% їхнього загального доходу (Дячков, 2021).

У країнах Європейського Союзу, як і в Україні, внутрішнє шахрайство та зловживання мають чітку ієрархічну структуру: на частку рядових службовців припадає близько 58% відомих випадків шахрайства, на менеджерів середньої ланки – 30%, а на топ-менеджмент – 12%. Це підкреслює необхідність моделювання ризиків, що походять від усіх рівнів управління (Зіненко & Кобелева, 2022).

Отже, проблема економічної безпеки підприємства є актуальною та вартою детального дослідження.

У наукових працях дослідників, зокрема (Фісуненко, 2019; Andriushchenko, Buriachenko & Liezina et al., 2024; Britchenko, 2025; Mishchuk, 2023; Revko, Tulchynska & Tkachenko, 2021; Springer, 2025), сформовано базові підходи до розуміння, структуризації та моделювання рівня економічної безпеки підприємства. Порівняння наукових підходів засвідчує різноманітність трактувань сутності економічної безпеки підприємства. При цьому більшість дослідників об'єднані у визнанні того, що економічна безпека є багатофакторною системою з динамічними параметрами, які потребують постійного оновлення моделей оцінювання. Домінуючим є використання інтегральних показників, економетричних методів, функціонального підходу та методів ризик-менеджменту.

**Мета роботи** полягає у розробці комплексу моделей оцінки рівня економічної безпеки підприємства, який на основі методів інтегральної оцінки, кластерного та дискримінантного аналізу дозволяє здійснити комплексну оцінку рівня економічної безпеки підприємств різних галузей, провести їх групування за рівнем безпеки та сформуванню аналітичне підґрунтя для обґрунтування управлінських рішень, спрямованих на підвищення стійкості функціонування та мінімізацію економічних ризиків.

Для досягнення поставленої мети у роботі передбачається розв'язання таких завдань:

1. дослідити теоретико-методичні підходи до визначення та оцінювання економічної безпеки підприємства;
2. сформуванню систему показників, що комплексно характеризують рівень економічної безпеки підприємства з урахуванням фінансових, виробничих, кадрових, інституційних та технологічних чинників;
3. побудувати інтегральну модель оцінки рівня економічної безпеки підприємства на основі індексного підходу;
4. застосувати методи кластерного аналізу для групування підприємств за рівнем економічної безпеки;

5. розробити дискримінантні моделі для прогнозування належності підприємств до відповідних категорій економічної безпеки;

6. сформулювати практичні рекомендації щодо підвищення рівня економічної безпеки підприємств в умовах зростання економічних і технологічних загроз.

**Об'єктом дослідження** є процеси формування, оцінювання та забезпечення економічної безпеки підприємств в умовах нестабільного економічного середовища.

**Предметом дослідження** є методи та моделі оцінювання і прогнозування рівня економічної безпеки підприємства.

Для розв'язання поставлених завдань та досягнення мети роботи використано такі методи дослідження: системний аналіз і синтез, економіко-математичне моделювання, методи інтегральної оцінки, методи кластерного аналізу без навчання, дискримінантний аналіз, а також методи статистичної обробки та порівняльного аналізу даних.

Теоретичним науковим результатом дослідження є удосконалена концептуальна схема моделювання рівня економічної безпеки підприємства, яка враховує багатовимірність складових безпеки та їх взаємозв'язок. Інструментальним науковим результатом є розроблений комплекс моделей інтегральної оцінки, кластеризації та прогнозування рівня економічної безпеки підприємств. Практична цінність отриманих результатів полягає в можливості використання запропонованих моделей для моніторингу економічної безпеки підприємств, своєчасного виявлення загроз та обґрунтування управлінських рішень, спрямованих на підвищення ефективності та стійкості їх розвитку.

Результати дослідження були представлені на XVI Міжнародна науково-практична конференція «Trends in the development of science through the creation of new technologies», 16-19 грудня 2025 р., Севілья, Іспанія.

## **РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ МОДЕЛЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА**

### **1.1. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ВИЗНАЧЕННЯ КАТЕГОРІЇ «ЕКОНОМІЧНА БЕЗПЕКА»**

Загальний термін "економічна безпека" вперше був використаний на державному рівні президентом США Франкліном Д. Рузвельтом під час "Великої депресії" у 1930-х роках у контексті програм виходу з кризи. У 1934 році навіть було створено Федеральний комітет з економічної безпеки. Проте термін "економічна безпека підприємства" (ЕБП) з'явився в обігу значно пізніше, починаючи з кінця 1980-х — початку 1990-х років.

У країнах, що переходили до ринкової економіки (зокрема, пострадянських), підприємства втратили державний захист і зіткнулися з новими, невідомими раніше, загрозами ринкових трансформацій

В умовах планової економіки підприємства функціонували в режимі державних гарантій (державне фінансування, гарантований збут, відсутність конкуренції). З переходом до ринку ці гарантії зникли, що спричинило:

Кризу неплатоспроможності: Швидке руйнування старих виробничо-збутових ланцюгів та зростання бартерних операцій призвело до масового неповернення боргів (неплатежів). Підприємства, навіть ті, що виробляли потрібну продукцію, опинялися на межі банкрутства через брак обігових коштів.

Відсутність механізмів санації: Спочатку в державі були відсутні ефективні, законодавчо закріплені процедури банкрутства та фінансового оздоровлення, що посилювало кризові явища.

Приватизація державної власності та формування перших великих приватних капіталів створили ґрунт для нових, агресивних методів перерозподілу активів.

Юридична та силова незахищеність: На початку 90-х років законодавча база була слабкою, а судова система – недостатньо незалежною та ефективною. Це дозволяло здійснювати недружні поглинання (рейдерство), використовуючи як підкуп чиновників, так і прямиий силовий тиск.

Низька вартість активів: Через загальну кризу та відсутність прозорих ринків капіталу, активи підприємств часто недооцінювалися. Це робило їх легкою мішенню для незаконного або напівзаконного захоплення.

На цьому етапі ЕБП вперше почали розглядати як інструмент внутрішнього фінансового моніторингу та діагностики кризи, щоб вчасно виявити ознаки неплатоспроможності та уникнути колапсу. ЕБП стала необхідною як комплексна система захисту активів, що включає юридичний, фізичний та інформаційний захист. Це стимулювало розвиток майнової та правової складових безпеки підприємства.

Перехід до конкурентного середовища виявив критичну вразливість підприємств, які раніше не мали потреби захищати свою інформацію. З появою конкуренції цінна інформація (технологічні процеси, списки клієнтів, фінансові плани) стала товаром. Однак юридичний механізм визнання та захисту комерційної таємниці був нерозвинений, що спричинило розповсюдженню промислового шпигунства. У наслідок цього, підприємства не могли швидко та ефективно притягнути до відповідальності осіб за витік інформації або її незаконне використання конкурентами.

Через постійні зміни у законодавстві та нечіткість приватизаційних процесів, питання права власності на майно, особливо на нерухомість та інтелектуальні активи, часто залишалося спірним. Це створювало юридичні лазівки для недобросовісних учасників. Потрібна була розробка внутрішніх регламентів та процедур (не тільки технічних, але й організаційних) для класифікації, зберігання та захисту інформації, а також чітке визначення того, що саме є власністю підприємства та як її захищати в суді. Це стало основою для розвитку інформаційної та інтелектуальної складових ЕБП.

Економічна безпека підприємства виникла як захисна реакція економіки та управління на нові, системні та агресивні ризики, які держава на перших етапах ринкових реформ не могла повністю нейтралізувати.

У перших трактуваннях поняття ЕБП часто зводилося до забезпечення комерційної таємниці та іншої секретної інформації підприємства (публікації початку 90-х років), що було реакцією на посилення конкуренції та промислове шпигунство. Протягом останніх 20 років визначення ЕБП дістало розвитку в роботах українських вчених.

Представлено комплексний підхід до моделювання економічної безпеки на трьох рівнях — держави, регіону та підприємства, що дозволяє забезпечити передбачуваність зовнішніх загроз підприємствам через наявність багаторівневої концепції економічної безпеки господарюючих суб'єктів. Автори зазначають, що для моделювання економічної безпеки необхідне системне поєднання аналітичного забезпечення, логіки та моделювання із залученням сучасного математичного апарату, оскільки врахувати всі фактори впливу та потенційні загрози складно або просто неможливо. Методика включає етапи конструювання інтегральної оцінки економічної безпеки: формування множини індикаторів, визначення характеристичних значень індикаторів, встановлення порогових та граничних значень для кожної складової економічної безпеки. (Геєць, Кизим & Клебанова et al., 2006).

Здійснено комплексне дослідження фінансово-економічної безпеки підприємств України з акцентом на стратегії та механізми її забезпечення, яке стало одним із основоположних праць у цій галузі. Автори підкреслюють, що фінансово-економічна безпека підприємства є надзвичайно складною системою, яка містить у собі різноманітні складові, що спрямовані на забезпечення ефективності управління та використання усіх видів ресурсів підприємства. У контексті сталого розвитку робота досліджує комплекс зовнішніх чинників впливу на рівень економічної безпеки підприємницьких структур, включаючи коливання темпів економічного зростання, інфляційні процеси, волатильність валютного курсу, зміни податкового законодавства та

трансформацію регуляторної політики держави. (Melnyk, Kubatko & Dehtyarova et al., 2019).

Представлено аналіз сутності поняття економічної безпеки підприємства та висвітлено підходи до трактування його змісту, при цьому автори розкривають зміст економічної безпеки підприємства та основних факторів, що впливають на її формування. У дослідженні запропоновано визначення економічної безпеки підприємства як такого стану складної нелінійної системи, при якому дія зовнішніх і внутрішніх факторів не призводить до погіршення системи або неможливості її функціонування та розвитку. Виділено сім ключових груп чинників формування рівня економічної безпеки: безпосередні чинники виробництва, стабільний попит на продукцію, надійність постачальників, зовнішня конкуренція, державне економічне регулювання, захист комерційної таємниці та компетентність керівництва підприємства. (Zybareva, Shevchenko & Tulchynska et al., 2022).

Ключовим методологічним інструментом при реалізації процесу забезпечення відповідного рівня економічної безпеки підприємства є системний підхід, який виступає домінантою при формуванні механізму забезпечення економічної безпеки підприємства. Механізм забезпечення економічної безпеки підприємства — це структурно взаємопов'язана сукупність заходів і способів, що підсилюють вплив на фактори, від стану яких залежить результативність економічної безпеки. Досліджено принципи забезпечення економічної безпеки підприємства, які систематизовано за двома групами: принципи побудови забезпечення економічної безпеки підприємства та принципи реалізації забезпечення економічної безпеки підприємства. (Trush, Toliupa, & Radzivilov et al., 2021).

Запропоновано методичний підхід до розрахунку інтегрального показника економічної безпеки промислового підприємства у наступній послідовності: визначення функціональних компонент, визначення індикаторів оцінки та їх вагомості, встановлення порогових значень відповідних індикаторів, порівняння фактичних та нормативних значень індикаторів.

Інтегральний показник економічної безпеки складається з функціональних складових: ресурсної, фінансово-економічної, організаційно-правової, управлінської, технологічної, інформаційної, кадрової та соціальної. Порівняльна оцінка фактичного та порогового значень індикаторів з урахуванням кількості та розміру лімітованих порушень індикаторів дає характеристику стану економічної безпеки: нормальний, передкризовий, кризовий, критичний, що відповідає режимам функціонування механізму забезпечення економічної безпеки підприємства. (Лезіна, 2024).

Система економічної безпеки підприємства повинна бути одним з головних елементів стратегічного управління підприємством, що потребує інформаційно-аналітичного, інноваційного та стратегічного забезпечення належного рівня їх економічної безпеки не лише в поточному періоді, а й у наступних. У контексті трансформаційної економіки особливої гостроти набуває проблема економічної безпеки через численні негативні наслідки реформування, що проявляються у дезінтеграції виробничих структур, розриві господарських зв'язків, дисбалансах регіонального розвитку та зниженні рівня конкурентоспроможності національних виробників. (Revko, Tulchynska & Tkachenko, 2021)

Нормативно-правове забезпечення ЕБП в Україні ґрунтується на комплексі законів, що регулюють ключові аспекти функціонування бізнесу — від захисту прав власності до протидії економічним злочинам і недобросовісній конкуренції. Огляд законодавчої бази щодо економічної безпеки підприємств в Україні наведено у табл. 1.

*Таблиця 1.*

#### **Законодавча база щодо економічної безпеки підприємств в Україні**

<b>Нормативно-правовий акт</b>	<b>Значення для економічної безпеки</b>	<b>Дата ухвалення</b>
Закон «Про Антимонопольний комітет України»	Контроль АМКУ за дотриманням конкурентного законодавства	26.11.1993

Продовження табл.1

<b>Нормативно-правовий акт</b>	<b>Значення для економічної безпеки</b>	<b>Дата ухвалення</b>
Закон «Про захист від недобросовісної конкуренції»	Регулювання недобросовісних конкурентних практик	07.06.1996
Конституція України	Базові гарантії права власності, захист підприємництва	28.06.1996
Закон «Про захист економічної конкуренції»	Запобігання монополізму, регулювання конкуренції	11.01.2001
Кримінальний кодекс України	Кримінальна відповідальність за економічні злочини	05.04.2001
Господарський кодекс України	Регулювання господарської діяльності та комерційної таємниці	16.01.2003
Цивільний кодекс України	Захист інтелектуальної власності та комерційної таємниці	16.01.2003
Закон «Про запобігання корупції»	Антикорупційні вимоги, внутрішній контроль	14.10.2014
Закон України «Про Бюро економічної безпеки України»	Регулювання діяльності БЕБ у сфері економічних злочинів	28.01.2021
Укази Президента / рішення РНБО	Санкції та економічні заходи, що впливають на бізнес	різні дати

*Джерело: Авторська розробка*

Конституція України формує фундаментальні гарантії свободи підприємництва, недоторканності власності та справедливого правового порядку, тоді як Господарський і Цивільний кодекси визначають правові засади ведення господарської діяльності, захисту комерційної таємниці, майнових прав та договірних відносин. Значну роль у забезпеченні стабільного та передбачуваного ринкового середовища відіграє блок антимонопольного

законодавства — закони «Про захист економічної конкуренції», «Про Антимонопольний комітет України» та «Про захист від недобросовісної конкуренції», — які спрямовані на запобігання монополізації, обмеження зловживань ринковою владою та формування чесних конкурентних правил.

Ризики кримінального характеру, що здатні підірвати економічну безпеку підприємств, регулюються нормами Кримінального кодексу України, який встановлює відповідальність за шахрайство, розголошення комерційної чи банківської таємниці, легалізацію доходів, отриманих злочинним шляхом, та інші загрози економічній стабільності. Адміністративний кодекс доповнює цей механізм, передбачаючи покарання за порушення у сфері конкуренції та обігу конфіденційної інформації. Важливим елементом сучасної системи економічної безпеки є антикорупційне законодавство, зокрема закон «Про запобігання корупції», який формує вимоги до внутрішнього контролю, комплаєнс-процедур і прозорості діяльності, зменшуючи ймовірність зловживань у корпоративному секторі.

Окремий сегмент регуляторної бази становлять акти Бюро економічної безпеки України та рішення РНБО й Укази Президента, які визначають інструменти державної протидії економічним злочинам, тінізації бізнесу, ухиленню від сплати податків, а також механізми застосування економічних санкцій. Таким чином, система забезпечення економічної безпеки підприємств в Україні має мультикомпонентний характер: вона поєднує конституційні гарантії, комплекс приватноправових і публічно-правових інститутів, державний нагляд та інститути ринкової саморегуляції, створюючи правове середовище, спрямоване на мінімізацію ризиків і підтримку стабільного розвитку бізнесу.

Таким чином, економічна безпека підприємства сформувалася як відповідь системи управління й економіки на нові агресивні ризики, які держава на початкових етапах ринкових реформ не могла повністю стримати.

Аналіз представлених українських досліджень свідчить про системний еволюційний розвиток наукової думки у сфері моделювання економічної

безпеки підприємств протягом 2006-2024 років. (Геєць, Кизим & Клебанова et al., 2006). Фундаментальні основи запропонували багаторівневий підхід до моделювання з використанням математичного апарату, що надалі розвинулося у дослідженнях стратегій та механізмів забезпечення безпеки (Pankova, Kwilinski & Dalevska et al., 2023), систематизації концептуальних підходів (Коптева, 2020) та практичних методик оцінювання через інтегральні показники (Дячков, 2021). Найсучасніше дослідження акцентує увагу на особливостях моделювання у волатильних умовах, що демонструє перехід вітчизняної наукової школи від загальнотеоретичних моделей до адаптивних механізмів управління економічною безпекою в умовах нестабільності та зростання практичної орієнтованості досліджень. (Britchenko, 2025).

Досліджена система нормативно-правового регулювання економічної безпеки підприємств в Україні є багаторівневою та комплексною: вона поєднує конституційні гарантії, галузеве законодавство, антикорупційні механізми й інструменти державної протидії економічним загрозам. Головним завданням такої структури є забезпечення правових умов для стабільного, прозорого та конкурентоспроможного функціонування бізнесу.

## **1.2. ІНДЕКСНА ОЦІНКА РІВНЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

Економічна безпека підприємства, регіону чи держави є комплексним поняттям, яке характеризує здатність економічної системи протидіяти внутрішнім і зовнішнім загрозам, забезпечувати стійкий розвиток та ефективне використання ресурсів. Для кількісного визначення рівня економічної безпеки широко застосовуються індексні методи оцінки, які дозволяють агрегувати різноманітні показники у єдину інтегральну характеристику.

Економічна безпека підприємства є складовою загальної економічної безпеки регіону та держави і характеризує здатність підприємства протидіяти внутрішнім і зовнішнім загрозам, забезпечувати стійкий розвиток та ефективне використання власних ресурсів.

Індексна оцінка економічної безпеки передбачає формування системи **індикаторів**, що охоплюють різні аспекти економічної стабільності, зокрема: фінансову стійкість, інвестиційну привабливість, рівень технологічного розвитку, ефективність управління ресурсами та соціально-економічну стабільність. Кожному показнику надається **вага**, що відображає його значимість у загальній структурі економічної безпеки, після чого проводиться нормалізація значень для уніфікації шкал вимірювання.

В Україні розрахунком індексу економічної безпеки займається Міжнародний інститут свободи (ILI), який використовує його як інструмент для комплексного аналізу економічного стану. Формування індексу здійснюється на основі статистики, опитувань, аналітичних індексів та експертних оцінок, причому оцінка здійснюється за 60 показниками, об'єднаними у вісім груп.

Фактори, рішення та дії внутрішніх і зовнішніх агентів, що належать до загроз та ризиків національної економічної безпеки, мають такі наслідки:

збільшують витрати на виробництво та споживання для фізичних і юридичних осіб в Україні;

знижують рівень економічної свободи, обмежуючи можливість вибору та відповідальність за нього;

зменшують конкурентоспроможність і продуктивність економічних суб'єктів країни;

погіршують якість ділового та інвестиційного клімату;

погіршують ефективність діяльності органів державного управління шляхом розширення дискреційних повноважень їхніх представників, виникнення конфліктів інтересів та інтервенції у виробництво товарів і надання послуг;

порушують принципи відкритої конкуренції через монополізацію чи олігополізацію ринків, що дозволяє окремим суб'єктам уникати відповідальності за свої дії та рішення;

підвищують ризики бідності та безробіття через регулювання ринку праці та втручання у відносини між наймачами та працівниками;

зменшують цінність нематеріальних активів України на зовнішніх ринках.

**Фактори, що загрожують економічній безпеці України, включають:**

низьку якість інституцій та організацій, відповідальних за дотримання принципів верховенства права, презумпції невинності та підтримку добросовісної підприємницької діяльності;

невідповідність та фрагментарність законодавчої та нормативно-правової бази, що створює дискретність для дій державних органів, контролерів і правоохоронних структур;

слабкість судової системи через політизацію, недостатній професіоналізм та обмежене застосування приватного арбітражу;

дефекти у роботі правоохоронних органів при захисті приватної власності, що проявляються у блокуванні діяльності бізнесу, застосуванні конфіскацій, націоналізації та дискримінації приватних суб'єктів;

широке застосування заборон економічної діяльності під приводом безпеки, моралі або недостатньої підготовки населення, що обмежує добровільні ринкові взаємини;

нездатність державних інститутів забезпечити швидке, довгострокове та інклюзивне економічне зростання;

економічні ризики, зумовлені високою інфляцією та нестабільністю національної валюти;

фінансові обмеження, включаючи бар'єри на переміщення капіталу, недостатній розвиток фінансової інфраструктури та високий рівень державного боргу;

податкове навантаження та витрати податкового адміністрування, які знижують конкурентоспроможність національних виробників;

регуляторні перепони у виробництві товарів і послуг, що збільшують витрати та розширюють дискреційні повноваження державних органів;

ринкові бар'єри у сфері праці та монополізація окремих секторів економіки, включно з фінансовими послугами;

залежність комерційних організацій і домогосподарств від обмеженого числа критично важливих ресурсів і транспортної інфраструктури;

високі витрати та складність входу і виходу з ринку;

скорочення кількості підприємств та зниження купівельної спроможності населення;

концентрація великих обсягів ресурсів у державній власності, що підвищує корупційні ризики і загрожує принципам чесної конкуренції;

негативні демографічні та міграційні тенденції, збільшення частки населення, залежного від державних трансфертів;

державна монополія у сфері освітніх, медичних та пенсійних послуг, що підвищує бар'єри входу на ринки та ускладнює управління ризиками;

неефективність системи надання адресної допомоги;

низький рівень довіри суспільства та бізнесу до державних органів;

обмеження для українських фізичних та юридичних осіб у міжнародній діяльності;

діяльність іноземних організацій, спрямована на викривлення реальної ситуації в Україні, що негативно впливає на цінність нематеріальних активів та міжнародний імідж країни.

На основі отриманого індексного показника країни класифікують у чотири групи:



Рис.1. Групи індексу економічної безпеки країн.

Джерело: (Індекс Економічної Безпеки України 2025)

**Червоний рівень ризику** свідчить про незадовільну якість системи та інститутів економічної безпеки.

Країни з високим рівнем ризику характеризуються такими ознаками: низький рівень розвитку інститутів демократії та захисту прав власності; суттєвий дефіцит особистих, політичних та економічних свобод; слабе державне регулювання та низька якість управління, з явищами конфлікту інтересів, авторитарними практиками та корупцією;

повільні темпи економічного зростання, низька якість інвестиційного та ділового середовища;

низька продуктивність праці та доходи населення, що обмежує внутрішній попит;

високі бар'єри для руху капіталу та обмежений доступ до зовнішніх фінансових ринків;

значна роль держави в економіці, багато ресурсів та активів поза ринковою сферою;

поширені практики витіснення приватних інвестицій і споживання; макроекономічна нестабільність, низький рівень довіри суспільства та бізнесу до влади, негативні тенденції на ринку праці та у сфері людського капіталу.

Такий стан економіки та системи державного управління не дозволяє забезпечити належне фінансування для формування та підтримки обороноздатності країни.

**Помаранчевий рівень ризику** відповідає незадовільній, але в порівнянні з червоним — дещо кращій якості системи та інститутів економічної безпеки.

**Жовтий рівень ризику** означає задовільну якість системи та інститутів економічної безпеки.

**Зелений рівень економічної безпеки** буде характеризуватися найвищою якістю системи та інститутів економічної безпеки. Його ознаки можуть включати:

Сильні інститути демократії та ефективний захист прав власності;

Високий рівень особистих, політичних та економічних свобод; якісне державне регулювання та прозоре управління без конфліктів інтересів і корупції;

Стійке економічне зростання, сприятливий інвестиційний та діловий клімат;

Висока продуктивність праці та доходи населення, що підтримує внутрішній попит;

Вільний рух капіталу та доступ до зовнішніх фінансових ринків;

Ринкова економіка, де держава не домінує над ресурсами та активами;

Сприятливі умови для приватних інвестицій та споживання;

Макроекономічна стабільність, високий рівень довіри суспільства та бізнесу до влади, позитивні тенденції на ринку праці та у сфері людського капіталу;

Належне фінансування обороноздатності та здатність підтримувати безпеку країни на високому рівні.

До Індексу економічної безпеки 2025 року включено 10 країн — Україну, Аргентину, Польщу, Німеччину, Румунію, Фінляндію, Чехію, Туреччину, США та Ізраїль, економічну безпеку яких експерти ІЛІ оцінили за 27 ключовими факторами ризику.

Результати за індексом економічної безпеки у 2025 році неведені на рисунку 2.

До зеленої групи ризиків належать Фінляндія (79,5 бала), Німеччина (78,1), Ізраїль (72,4) та США (70,6). Ці країни характеризуються високою якістю інститутів державного управління, ефективною економічною політикою та здатністю забезпечувати макроекономічну стабільність. Вони мають дієві механізми захисту прав власності, розвинену фінансову систему, конкурентне середовище та диверсифіковані джерела постачання ресурсів. Сукупність зазначених факторів забезпечує їхню стійкість до внутрішніх і зовнішніх економічних загроз.

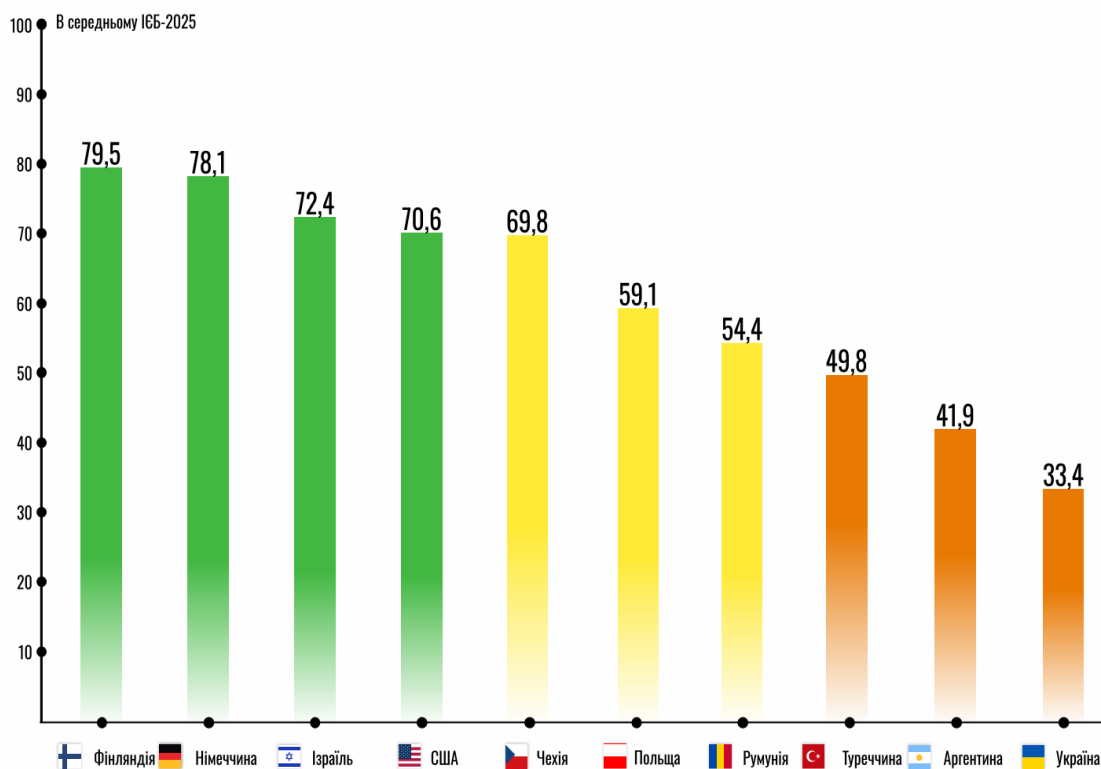


Рис.2. Результати індексу економічної безпеки 2025

Джерело: (Індекс Економічної Безпеки України 2025)

Чехія (69,8 бала), Польща (59,1) та Румунія (54,4) формують підгрупу країн із відносно достатнім рівнем економічної безпеки. Хоча їхні інститути та економічні системи загалом функціонують ефективно, їм бракує системності та синхронності державної політики. Водночас ці країни мають значний резерв підвищення рівня економічної безпеки, насамперед через удосконалення ролі держави в економіці, підвищення інституційної спроможності та стимулювання інноваційного розвитку.

До помаранчевої групи ризиків належать Туреччина (49,8 бала), Аргентина (41,9) та Україна (33,4). Для цих країн характерна низька якість правових і адміністративних інститутів, макроекономічна нестабільність, високий рівень інфляції та значна роль держави в економіці. Недостатній рівень економічної свободи, фіскальна незбалансованість і регуляторний тиск стримують економічне зростання та знижують можливості формування стійкої системи національної економічної безпеки.

Результати аналізу ІЄБ-2025 свідчать, що вирішальним фактором формування економічної безпеки є якість інститутів державного управління та ефективність механізмів економічної політики. Країни зеленої зони спроможні нейтралізувати економічні ризики завдяки розвиненому людському капіталу, відкритій конкуренції, ефективному інституту банкрутства та підтримці інновацій. Натомість країни жовтої та помаранчевої зон стикаються з ерозією макроекономічної стабільності, зростанням боргового навантаження та неефективним управлінням державними витратами, що посилює загрози їхній економічній безпеці.

Значення Індексу економічної безпеки України у 2024-2025 роках наведено на рис. 3.

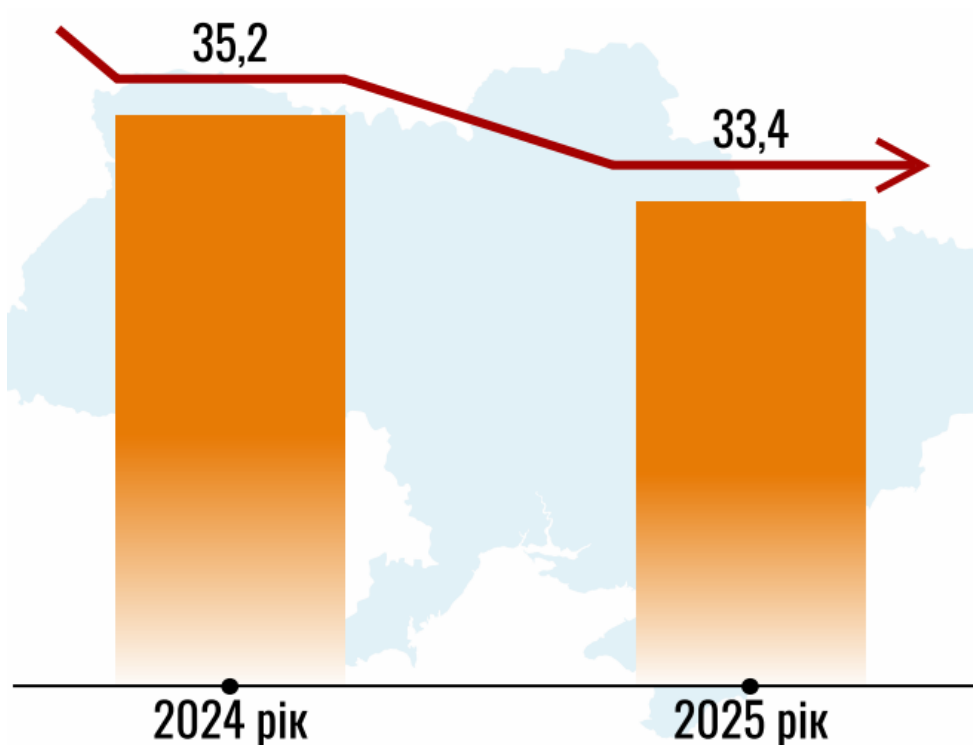


Рис.3. Значення індексу економічної безпеки України у 2024-2025 роках

*Джерело: (Індекс Економічної Безпеки України 2025)*

У 2025 році значення Індексу економічної безпеки України становило 33,4 бала зі 100 можливих, що є нижчим порівняно з 2024 роком, коли цей показник дорівнював 35,2 бала. Така динаміка свідчить про погіршення загального стану економічної безпеки країни.

Аналіз впливу чинників на індекс економічної безпеки України наведено на рис.4.

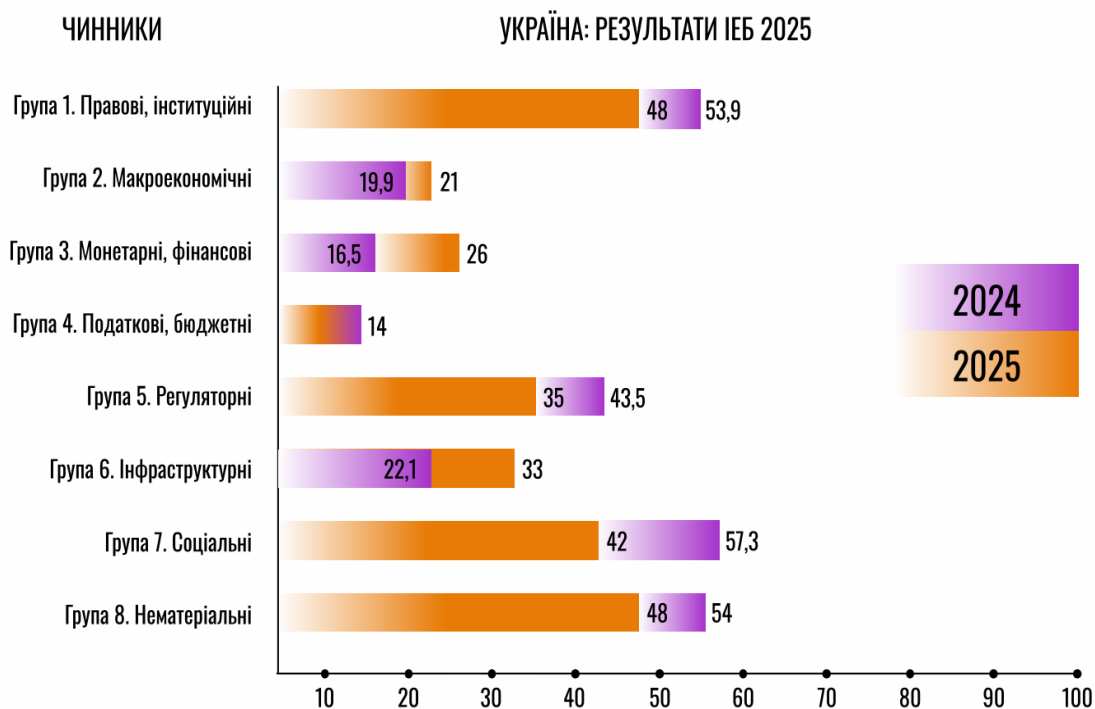


Рис.4. Вплив чинників на ІЕБ України у 2024-2025 роках

*Джерело: (Індекс Економічної Безпеки України 2025)*

Найнижчі оцінки Україна отримала за групою податково-бюджетних чинників, де індекс становив лише 14 балів, що відповідає червоній зоні ризику економічної безпеки. З огляду на ключову роль бюджетно-податкової системи в економіці, її незадовільний стан істотно послаблює фінансову стійкість держави та підвищує внутрішні загрози економічному розвитку.

Ще одним критичним напрямом є макроекономічні чинники, за якими Україна набрала 21 бал зі 100, що також відносить її до червоної зони ризику. Це вказує на наявність суттєвих макроекономічних дисбалансів та недостатню ефективність державної економічної політики.

За групою монетарних і фінансових чинників Україна отримала 26 балів, що перебуває на межі між червоною та помаранчевою зонами ризику, підтверджуючи підвищену вразливість фінансової системи та грошово-кредитної сфери.

Загалом за жодною з груп факторів Україна не досягла рівня, який би відповідав безпечним параметрам економічної безпеки. Це свідчить про необхідність не точкових або косметичних змін, а комплексного інституційного перезавантаження, формування цілісної системи національної економічної безпеки, реформування державного управління та переосмислення взаємовідносин між державою й суб'єктами господарювання.

Перебування України у групі з низькою якістю системи економічної безпеки істотно обмежує можливості успішної повоєнної модернізації, досягнення стабільного довгострокового економічного зростання та створення умов для повернення людського і підприємницького капіталу, необхідного для відновлення економічного потенціалу країни.

В Україні рівень економічної безпеки держави безпосередньо визначає умови функціонування підприємств. Макроекономічна нестабільність, фіскальні дисбаланси та валютні коливання підвищують фінансові ризики бізнесу, ускладнюють довгострокове планування та знижують інвестиційну активність підприємств. Низька якість інституцій, недосконалість правової системи та регуляторний тиск посилюють невизначеність і збільшують трансакційні витрати суб'єктів господарювання. У результаті економічна безпека українських підприємств значною мірою залежить від здатності держави забезпечити стабільну макроекономічну політику, ефективне управління та передбачувані правила ведення бізнесу.

### **1.3. КІБЕРЗАГРОЗИ ЯК ФАКТОР ФОРМУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА**

Кіберзагрози сьогодні є одним із ключових чинників, що безпосередньо впливають на економічну безпеку підприємства. Вони охоплюють потенційні або реальні атаки на інформаційні системи, комп'ютерні мережі та цифрові активи компанії, що можуть призвести до фінансових втрат, втрати

конфіденційної інформації, порушення операційної діяльності та зниження довіри партнерів і клієнтів.

В умовах цифровізації бізнесу, навіть малі підприємства стають привабливою ціллю для кіберзлочинців через обмежені ресурси для захисту, застарілі програмні системи та недостатню обізнаність персоналу щодо кіберризиків. Зокрема аналітики зазначають, що у 2025 році малі підприємства залишаються однією з основних цілей кіберзлочинців. За наявними оцінками, майже половина компаній із чисельністю персоналу до 1000 осіб зазнала хоча б однієї кібератаки, причому значна частина інцидентів мала серйозні фінансові та репутаційні наслідки. Близько 20% постраждалих підприємств були змушені ініціювати процедури банкрутства, що підтверджує критичний вплив кіберризиків на стійкість малого бізнесу (ABC Group, 2025).

Кіберінциденти рідко обмежуються одноразовими втратами. У більшості випадків підприємства несуть додаткові витрати, пов'язані з відновленням даних, залученням фахівців з кібербезпеки та відновленням довіри клієнтів і партнерів. Середня вартість витоку даних для малого бізнесу у 2025 році сягнула приблизно 149 тис. доларів США, тоді як витрати на ліквідацію наслідків атак у кілька разів перевищують витрати на профілактичні заходи (ABC Group, 2025).

Найпоширенішими видами загроз для малого бізнесу залишаються фішингові атаки, програми-вимагачі, компрометація ділової електронної пошти та інциденти, пов'язані з ланцюгами постачання і хмарними сервісами. При цьому значна частина підприємств зазнає повторних атак протягом одного року, що свідчить про недостатню зрілість систем управління інформаційною безпекою.

Підвищена вразливість малого бізнесу зумовлена низкою чинників: обмеженими фінансовими та кадровими ресурсами, використанням застарілих технологій, недостатнім рівнем навчання персоналу та хибним уявленням власників про низьку ймовірність кібератак. Більшість малих підприємств не мають формалізованих політик кібербезпеки, не проводять регулярну оцінку

ризиків і не використовують сучасні засоби захисту, такі як багатофакторна автентифікація або системи виявлення загроз.

Рівень готовності малого бізнесу до кіберзагроз залишається низьким: значна частина компаній не має резервного копіювання даних, планів реагування на інциденти або адекватного кіберстрахування. Водночас експерти наголошують, що навіть базові заходи — навчання працівників, впровадження багатофакторної автентифікації, регулярне резервне копіювання та розроблення планів реагування — здатні істотно знизити ймовірність успішних атак і масштаби потенційних збитків.

Таким чином, у 2025 році кібербезпека для малого бізнесу перестане бути другорядним питанням і перетвориться на ключовий елемент економічної безпеки підприємства. За відсутності системного підходу до управління кіберризиками навіть один серйозний інцидент може призвести до втрати фінансової стійкості та припинення діяльності підприємства.

Наявність ефективної системи кіберзахисту, відповідної політики інформаційної безпеки та підготовленого персоналу дозволяє знизити ризики економічних втрат та забезпечити стабільність операційної діяльності. Таким чином, кіберзагрози стають важливим фактором, який впливає на:

Фінансову стабільність – прямі втрати від кібератак, витрати на відновлення та компенсації.

Репутацію та довіру – вплив на партнерів, клієнтів і інвесторів.

Операційну ефективність – порушення виробничих процесів, постачання і внутрішньої комунікації.

Правову відповідальність – дотримання законодавства щодо захисту даних та конфіденційної інформації.

Для українських підприємств актуальність кіберзагроз особливо висока через зростання цифровізації, військовий конфлікт та нестабільну інфраструктуру кіберзахисту. Відповідно, інтеграція заходів кібербезпеки в систему економічної безпеки підприємства є необхідною умовою збереження конкурентоспроможності та довгострокової стійкості бізнесу.

Кількість кіберінцидентів в Україні та основні сектори, де вони були зареєстровані, наведено на рис.5.



Рис.5. Кількість зареєстрованих кіберінцидентів в Україні за 2022-2023 роки

Джерело: (Асоціація IT Ukraine, 2025)

Як видно з рисунку, основними напрямками кібератак були уряд та місцеві органи, хоча під удар також підпали інші сектори, такі як телекомунікації та медіа. Залежно від масштабів діяльності підприємства, витрати на кібербезпеку можуть становити від 10 % до 50 % його річного бюджету (рис.6.).



Рис.6. Рівень користування послугами кібербезпеки серед компаній

Джерело: (Асоціація IT Ukraine, 2025)

Український ринок кібербезпеки за останні вісім років збільшився у чотири рази, а за прогностичними оцінками його обсяги зростуть ще приблизно на 50 % до 2029 року. Дані щодо цього наведено на рис.7.

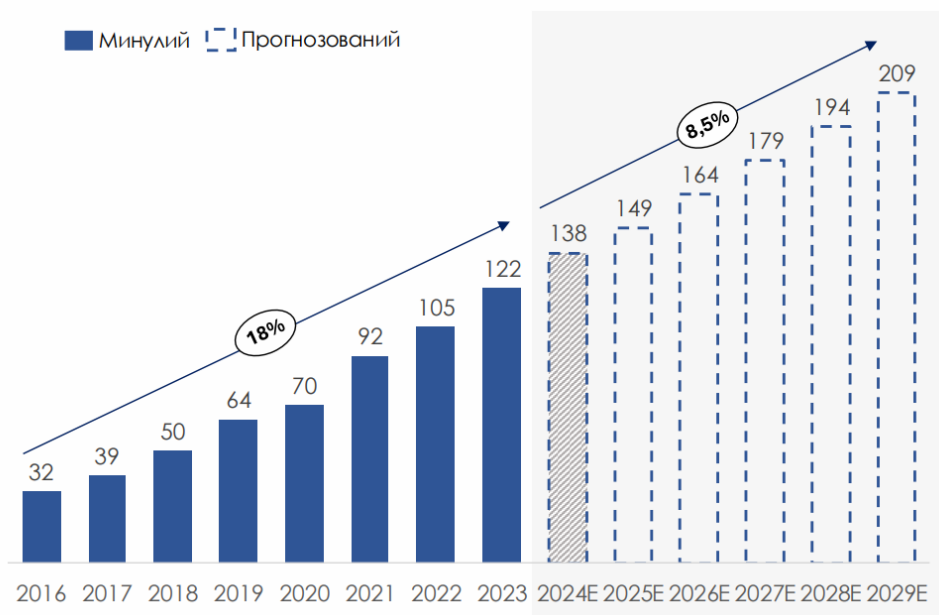


Рис.7. Обсяг українського ринку кібербезпеки 2016-2029 роки, млн. дол. США

Джерело: (Асоціація IT Ukraine, 2025)

Таким чином, ситуація з кібербезпекою в Україні відображає загальносвітові тенденції розвитку цифрових ризиків. Висока інтенсивність кібератак, зростання фінансових втрат бізнесу та підвищення вимог до захисту інформації характерні не лише для національної економіки, а й для більшості

країн світу. Тому доцільно розглянути глобальний контекст кіберзагроз і практик кіберзахисту, що дасть змогу порівняти український досвід із міжнародними підходами та визначити універсальні закономірності впливу кібербезпеки на економічну безпеку підприємств.

У 2023 році інциденти інформаційно-комунікаційної безпеки зафіксувало понад одне з п'яти підприємств Європейського Союзу (21,54%). Такі події призводили до недоступності ІКТ-послуг, втрати, пошкодження або витоку конфіденційних даних (рис. 8). Причинами інцидентів могли бути як навмисні зовнішні чи внутрішні кібератаки, так і ненавмисні фактори, зокрема збої апаратного або програмного забезпечення, а також помилки персоналу.

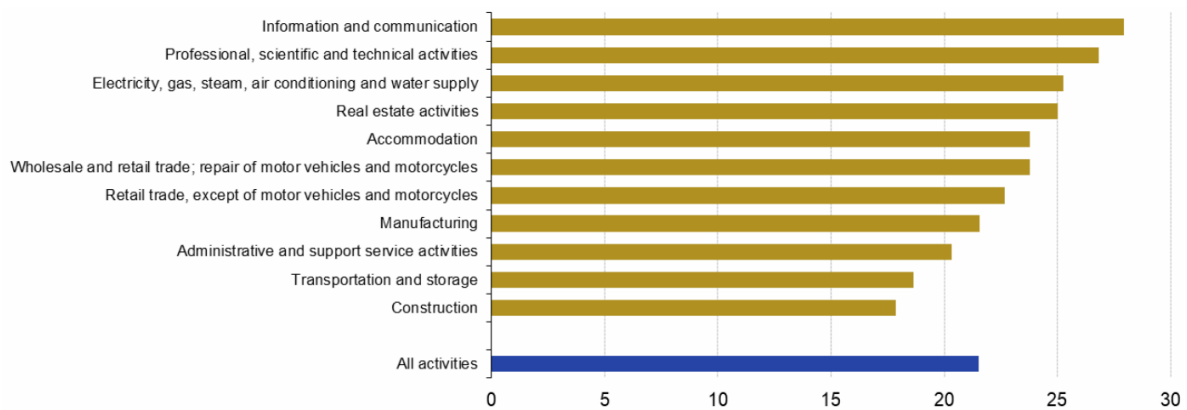


Рис.8. Підприємства, які зазнали проблем через інциденти з безпекою, у порядку економічної активності, 2023 рік

Джерело: (Eurostat, 2024)

При цьому у 2023 році компанії частіше стикалися з порушеннями функціонування ІКТ-послуг і збереження даних саме внаслідок ненавмисних інцидентів (рис.9). Найпоширенішим наслідком стала недоступність ІКТ-сервісів через технічні збої, про що повідомили 17,97 % підприємств. Для порівняння, порушення доступності ІКТ-послуг унаслідок зовнішніх кібератак (зокрема програм-вимагачів або атак типу DDoS) зафіксували 3,43 % підприємств.

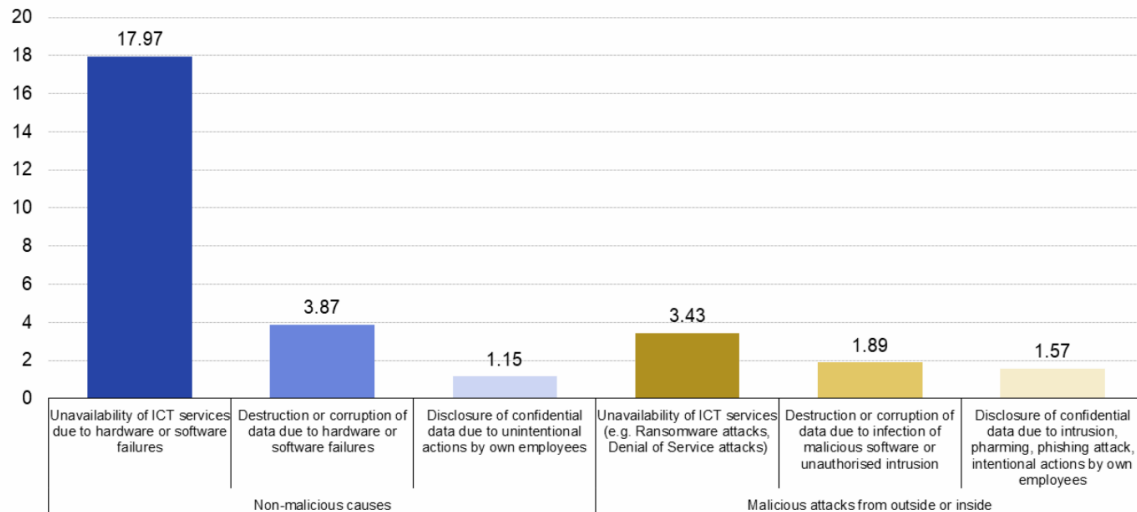


Рис. 9. Частки підприємств, які зазнали проблемних наслідків, пов'язаних з інформаційно-комунікаційними технологіями

Джерело: (Eurostat (2024))

Про знищення або пошкодження даних через збої апаратного чи програмного забезпечення повідомили 3,87 % компаній, тоді як втрати даних унаслідок зараження шкідливим програмним забезпеченням або несанкціонованого доступу мали місце у 1,89 % підприємств. Найменш поширеними були випадки розголошення конфіденційної інформації: через умисні кібератаки або навмисні дії працівників — 1,57 %, а через ненавмисні помилки персоналу — 1,15 %.

З урахуванням структури видів економічної діяльності у 2023 році понад 25 % підприємств у сферах інформації та зв'язку, професійної, наукової й технічної діяльності, постачання електроенергії, газу, пари, кондиціонованого повітря та водопостачання, а також операцій з нерухомістю зазнали інцидентів ІКТ-безпеки, наслідками яких стали перебої в доступності ІКТ-послуг, втрата або пошкодження даних чи витік конфіденційної інформації. Водночас у галузях будівництва, транспорту та складського господарства подібні інциденти фіксувалися рідше — менш ніж у кожного п'ятого підприємства.

У першому півріччі 2025 року Україна увійшла до п'ятірки країн світу та посіла третю позицію в Європі за інтенсивністю кіберактивності, спрямованої проти національних інформаційних систем. Частка України становила близько

9,5 % від загальної кількості кіберінцидентів, зафіксованих у європейському регіоні. Зазначений рівень кіберактивності створює суттєві загрози економічній безпеці українських підприємств. Часті кібератаки підвищують ризики фінансових втрат, збоїв у виробничих та бізнес-процесах, витоку комерційної інформації та зниження довіри з боку партнерів і клієнтів. У таких умовах кібербезпека стає одним із ключових чинників економічної стійкості підприємств, оскільки здатність захистити інформаційні ресурси безпосередньо впливає на безперервність діяльності, конкурентоспроможність і можливості довгострокового розвитку бізнесу в Україні.

## РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА

### 2.1. ОГЛЯД СУЧАСНИХ МОДЕЛЕЙ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Сучасне моделювання економічної безпеки передбачає використання комплексних підходів, здатних інтегрувати якісні та кількісні оцінки загроз. Ці моделі спрямовані на перехід від реагування на загрози до їх прогнозування та превентивного управління. Розглянемо 3 принципово можливі моделі економічної безпеки: індикаторну, матричну й ресурсну.

**Індикаторна (комплексна) модель економічної безпеки України** — це система реальних статистичних показників (індикаторів), які використовуються для комплексної оцінки поточного стану економіки, виявлення негативних тенденцій, прогнозування загроз і вироблення заходів для їх нейтралізації.

Основна мета моделі полягає у забезпеченні об'єктивного та своєчасного моніторингу рівня економічної безпеки. Вона ґрунтується на порівнянні фактичних значень ключових індикаторів з їхніми встановленими критичними межами (пороговими значеннями).

Якщо показники знаходяться в межах норми, рівень безпеки вважається достатнім. Водночас, перетин критичних меж свідчить про виникнення загроз і необхідність вжиття відповідних заходів реагування.

Згідно з офіційними документами, зокрема Стратегією економічної безпеки України на період до 2025 року, затвердженою Указом Президента України від 11 серпня 2021 року № 347/2021 (Указ Президента України №347/2021., 2021), індикаторна модель охоплює різні складові економічної безпеки.

Основні складові та приклади індикаторів (з критичними межами, де це можливо):

**Макроекономічна безпека:**

Темпи зростання ВВП (цільовий орієнтир: >3%).

Рівень інфляції (цільовий орієнтир: <5-7%).

Рівень безробіття (цільовий орієнтир: <8%).

Державний борг до ВВП (критична межа: 60%, цільовий орієнтир: <45%).

#### **Фінансова безпека:**

Дефіцит державного бюджету до ВВП (критична межа: 3%).

Частка іноземного банківського капіталу.

Обсяг кредитування банками реального сектору економіки.

#### **Зовнішньоекономічна безпека:**

Сальдо поточного рахунку платіжного балансу.

Обсяг золотовалютних резервів (критична межа: покриття імпорту протягом 3-х місяців).

#### **Інвестиційно-інноваційна безпека:**

Частка витрат на наукові дослідження та розробки у ВВП.

Обсяг прямих іноземних інвестицій.

#### **Соціальна та демографічна безпека:**

Рівень бідності.

Очікувана тривалість життя.

Виробнича, енергетична та продовольча безпека також є важливими складовими, для яких визначаються відповідні індикатори.

Ця модель є ключовим інструментом для державних органів у формуванні політики економічної безпеки. Її спеціалізація полягає у таких аспектах:

Високій універсальності: Може застосовуватися до різних галузей.

Об'єктивності: Базується на кількісних даних фінансової та статистичної звітності.

Прозорості: Дозволяє чітко визначити слабкі ланки, що потребують управлінського втручання.

**Матрична (ризико-орієнтована) модель економічної безпеки** — це підхід до оцінки та управління загрозами, який фокусується на систематизації,

аналізі, кількісному вимірюванні та пріоритизації ризиків за допомогою матриці оцінки ймовірності та впливу.

На відміну від індикаторної моделі, яка здебільшого концентрується на досягненні певних порогових значень статистичних показників, ризико-орієнтована модель акцентує увагу на імовірності настання несприятливих подій (ризиків) та масштабах їхніх потенційних наслідків для економічної системи.

Основна мета полягає в забезпеченні постійної адаптивності об'єкта управління до внутрішніх і зовнішніх викликів шляхом управління ризиками.

Модель допомагає відповісти на ключові питання:

Які ризики є найбільш значущими?

Яка ймовірність їх реалізації?

Наскільки серйозними будуть наслідки?

Які заходи реагування слід застосувати в першу чергу?

Застосування матричного підходу включає такі етапи та компоненти:

1. Ідентифікація ризиків (загроз): Систематичне визначення потенційних внутрішніх і зовнішніх загроз для економічної безпеки (наприклад, зростання державного боргу, високий рівень корупції, залежність від імпорту енергоносіїв, кіберзагрози).

2. Оцінка ймовірності (Likelihood): Визначення шансів того, що певний ризик матеріалізується. Оцінка може бути кількісною (наприклад, у відсотках) або якісною (наприклад, "низька", "середня", "висока").

3. Оцінка впливу/наслідків (Impact): Визначення потенційної шкоди або збитків, які може спричинити реалізація ризику для економіки (наприклад, втрати ВВП, зростання безробіття, зниження інвестиційної привабливості).

4. Побудова Матриці ризиків: Візуалізація результатів оцінки на двовимірній матриці, де одна вісь — це ймовірність, а інша — вплив. Матриця зазвичай поділяється на зони:

У зеленій зоні (низький рівень ризику) ризики визнаються прийнятними та не потребують активного управлінського втручання, обмежуючись мінімальним моніторингом.

У жовтій зоні (середній рівень ризику) ризики характеризуються підвищеним рівнем значущості та зумовлюють необхідність розроблення й упровадження відповідних заходів реагування.

У червоній зоні (високий / критичний рівень ризику) ризики мають критичний характер і вимагають негайного управлінського впливу та пріоритетної концентрації ресурсів. Пріоритизація та розробка заходів: На основі положення ризику в матриці визначається черговість реагування та обираються стратегії управління ризиками (уникнення, зменшення, передача, прийняття).

Матрична модель є базисом для впровадження системи управління безперервністю бізнесу (Business Continuity Model – BCM). BCM являє собою комплексну структуру, що спрямовує організації у процесах ідентифікації потенційних загроз, оцінювання їхнього впливу на критичні бізнес-функції та формування стратегій мінімізації збоїв і забезпечення швидкого відновлення, інтегруючи взаємопов'язані процеси, методології та стандарти для підвищення організаційної стійкості (BCM Institute).

BCM Institute зазначає наступні переваги впровадження моделі:

Фокус на пріоритетах: дозволяє зосередити обмежені ресурси на усуненні найбільш імовірних та/або найбільш руйнівних загроз;

Наочність: візуальне представлення робить оцінку зрозумілою для менеджменту;

Прогностичність: спрямована на оцінку потенційних збитків, а не тільки на поточний стан;

Підвищена стійкість до збоїв: забезпечує швидке та ефективне реагування на порушення;

Зміцнення довіри стейкхолдерів: демонструє проактивний підхід до управління ризиками;

Дотримання законодавчих і регуляторних вимог: гарантує відповідність нормативним стандартам;

Економічна ефективність: досягається через проактивне планування та оптимізовані процеси відновлення.

Дана методологія може бути адаптована для побудови системи економічної безпеки підприємства як інструмент систематичного управління операційними, фінансовими та репутаційними ризиками в умовах невизначеності.

**Ресурсна (функціонально-компонентна) модель економічної безпеки** — це підхід, який розглядає економічну безпеку як стан захищеності ключових ресурсів та функціональних компонентів національної економіки від внутрішніх і зовнішніх загроз.

Ця модель базується на ідеї, що стабільний та ефективний розвиток економічної системи можливий лише за умови забезпечення належного рівня захисту її критично важливих елементів (ресурсів) та здатності цих елементів виконувати свої функції навіть в умовах кризових явищ. Більш того, згідно класичної теорії ресурсо-орієнтованого підходу конкурентна перевага забезпечується доступом до цінних, рідкісних або неповторних ресурсів, до яких конкуренти мають обмежений доступ. Також важливою складовою конкурентоспроможності є ефективна організація використання ресурсів суб'єктом господарювання (Revko, Tulchynska & Tkachenko, 2021).

Основна мета ресурсної моделі — ідентифікувати, оцінити та забезпечити захист життєво важливих ресурсів, які формують основу економічного суверенітету та стійкості об'єкта управління. Вона фокусується на наявності достатніх обсягів ресурсів, ефективності їх використання та захищеності від виснаження, втрати чи несанкціонованого доступу.

Економічна стійкість підприємства визначається інтегрованою сукупністю ресурсних груп, функціональна спеціалізація яких спрямована на мінімізацію ризиків та підвищення адаптивності (Bondarenko, Tkachuk & Klochan et al., 2021).

### 1. Управлінські ресурси

Забезпечують прозорість та ефективність управлінських процесів. Їх ключове завдання — мінімізація агентських ризиків через формування дієвої системи корпоративного контролю. З погляду кібернетики, вони оптимізують внутрішній контур зворотного зв'язку.

### 2. Власницькі ресурси

Створюють механізми стратегічного контролю над менеджментом, гарантуючи узгодженість цілей власників і підприємства. Це знижує ризики опортуністичної поведінки та забезпечує системну рівновагу інтересів.

### 3. Фінансові ресурси

Визначають операційну та інвестиційну стійкість через забезпечення доступу до фінансування. Вони слугують компенсатором зовнішніх фінансових ризиків. У моделюванні — це параметри, що забезпечують ліквідність у стохастичному середовищі.

### 4. Інформаційні ресурси

Формують аналітичну базу для обґрунтованих рішень та підвищення точності прогнозування. Вони критично необхідні для підвищення адаптивності. В контексті кібернетики, це основа для прийняття рішень на основі даних та ефективності ІС.

### 5. Соціально-політичні ресурси

Охоплюють мережеві, партнерські та інституційні зв'язки. Вони компенсують недоліки регуляторного середовища та розширюють доступ до зовнішніх можливостей. Їхнє управління включає елементи теорії мереж та інституціонального аналізу.

### 6. Виробничі ресурси

Формують технологічну й операційну основу, гарантуючи безперервність процесів. Підвищують здатність протистояти логістичним та ринковим загрозам. Управління ними вимагає математичного моделювання виробничих функцій.

### 7. Матеріальні ресурси

Включають МТБ, запаси та інфраструктуру, створюючи резерв для стабілізації роботи в умовах перебоїв постачання. Їхня функція — зниження операційної вразливості та забезпечення відмовостійкості системи.

Ефективне управління і системний взаємозв'язок ідентифікованих груп ресурсів формує гомеостатичний механізм підприємства, що є ключовою передумовою довгострокової економічної стійкості. Розглянута синергетична інтеграція дозволяє оперативно нейтралізувати внутрішні дисбаланси та підвищувати адаптивну здатність суб'єкта господарювання до перманентних шоків та динамічної кон'юнктури зовнішнього середовища. Таким чином, ресурсна база виступає як комплексна система, забезпечення оптимального функціонування якої гарантує стійкість розвитку.

Проведений огляд сучасних підходів до моделювання економічної безпеки підприємств засвідчує, що ефективне забезпечення стійкості в умовах динамічного та ризиконасиченого середовища вимагає використання багатовимірних концептуальних моделей. Індикаторна, матрична та ресурсна моделі демонструють різні методологічні підходи до діагностики, прогнозування й управління загрозами, формуючи взаємодоповнювальну систему інструментів економічної безпеки.

Індикаторна модель забезпечує об'єктивний кількісний моніторинг стану безпеки та дозволяє виявляти ключові диспропорції на основі порівняння фактичних статистичних показників із пороговими значеннями. Матрична модель зосереджена на оцінюванні ризиків за їх імовірністю та потенційним впливом, що створює основу для пріоритизації управлінських рішень і реалізації проактивних стратегій, зокрема в межах системи забезпечення безперервності бізнесу. Ресурсна модель, своєю чергою, розглядає економічну безпеку як результат захищеності та оптимального використання ключових груп ресурсів — управлінських, власницьких, фінансових, інформаційних, соціально-політичних, виробничих і матеріальних, — які формують внутрішній потенціал стійкості підприємства.

Таким чином, сукупність розглянутих моделей демонструє, що сучасне управління економічною безпекою має ґрунтуватися на інтегрованому підході, який поєднує кількісні діагностичні методи, ризико-орієнтоване мислення та ресурсно-функціональну оцінку стійкості. Це забезпечує більш комплексне розуміння природи загроз і створює основу для формування адаптивних механізмів управління економічною безпекою підприємств у нестабільному інституційному середовищі.

У процесі дослідження теоретичних та методологічних засад економічної безпеки підприємства встановлено, що її формування та забезпечення ґрунтуються на поєднанні правових, організаційних і аналітичних механізмів, що діють у взаємопов'язаному інституційному середовищі. Аналіз нормативно-правової бази засвідчив, що система державного регулювання економічної безпеки є багаторівневою та комплексною: вона поєднує конституційні норми, галузеве законодавство, антикорупційні інструменти, механізми державного нагляду та стратегічні документи розвитку. Така система повинна створювати правові умови для стабільного та конкурентоспроможного функціонування бізнесу, водночас визначаючи рамки відповідальності підприємств у сфері захисту їхнього економічного потенціалу.

Оцінка сучасних загроз фінансовій, інформаційній, маркетинговій, інвестиційно-інноваційній та екологічній безпеці підтвердила, що підприємницьке середовище характеризується високою ризиковістю, нестабільністю та зростаючим впливом зовнішніх і внутрішніх шоків. Це зумовлює необхідність розглядати економічну безпеку підприємства як багатовимірну систему, орієнтовану на превентивний моніторинг, раннє виявлення критичних відхилень та формування адекватних механізмів ризик-менеджменту. Такий підхід дозволяє мінімізувати потенційні втрати, забезпечити стійкість ключових функцій підприємства й обмежити деструктивний вплив загроз на ширші економічні, галузеві та соціально-екологічні системи.

Дослідження сучасних моделей економічної безпеки показало, що ефективно управління нею потребує інтегрованого методологічного підходу. Індикаторна модель забезпечує кількісну діагностику та моніторинг порогових значень; матрична модель дає змогу пріоритизувати ризики за критеріями ймовірності та впливу; ресурсна модель концентрується на захищеності та раціональному використанні ключових груп ресурсів, визначаючи внутрішній потенціал стійкості підприємства. Комплементарність цих моделей формує цілісну концептуальну основу, здатну забезпечити адаптивність підприємства до змін зовнішнього середовища та підтримати його довгостроковий розвиток.

Отже, економічна безпека підприємства має розглядатися як системна категорія, яка поєднує правові вимоги, аналіз загроз і сучасні підходи до моделювання стійкості. Інтеграція цих аспектів створює теоретико-методичну основу для розроблення ефективних механізмів забезпечення економічної безпеки, що буде предметом подальших розділів дослідження.

## **2.2. КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА**

Дослідження економічної безпеки підприємства здійснюється поетапно з використанням комплексу аналітичних методів та математичних моделей, що забезпечує системність, об'єктивність та прогностичну спроможність отриманих результатів. (рис.10.) Оскільки окреме підприємство функціонує як динамічна система підвищеної складності зі значною варіативністю внутрішніх зв'язків, оптимізація його функціонування вимагає обов'язкового застосування точних кількісних методів (Самофалова, Іванюта & Сартаков, 2024). Критичний огляд наявних методологій оцінювання економічної безпеки свідчить про їхню фрагментарність та нездатність повною мірою вирішити поставлені завдання. З огляду на це, актуальною є розробка інтегрованого підходу, який гарантував би всебічну оцінку економічної безпеки, включаючи оцінку безпеки експлуатації

економічного потенціалу та оцінку безпеки реалізації економічних інтересів та умов діяльності.

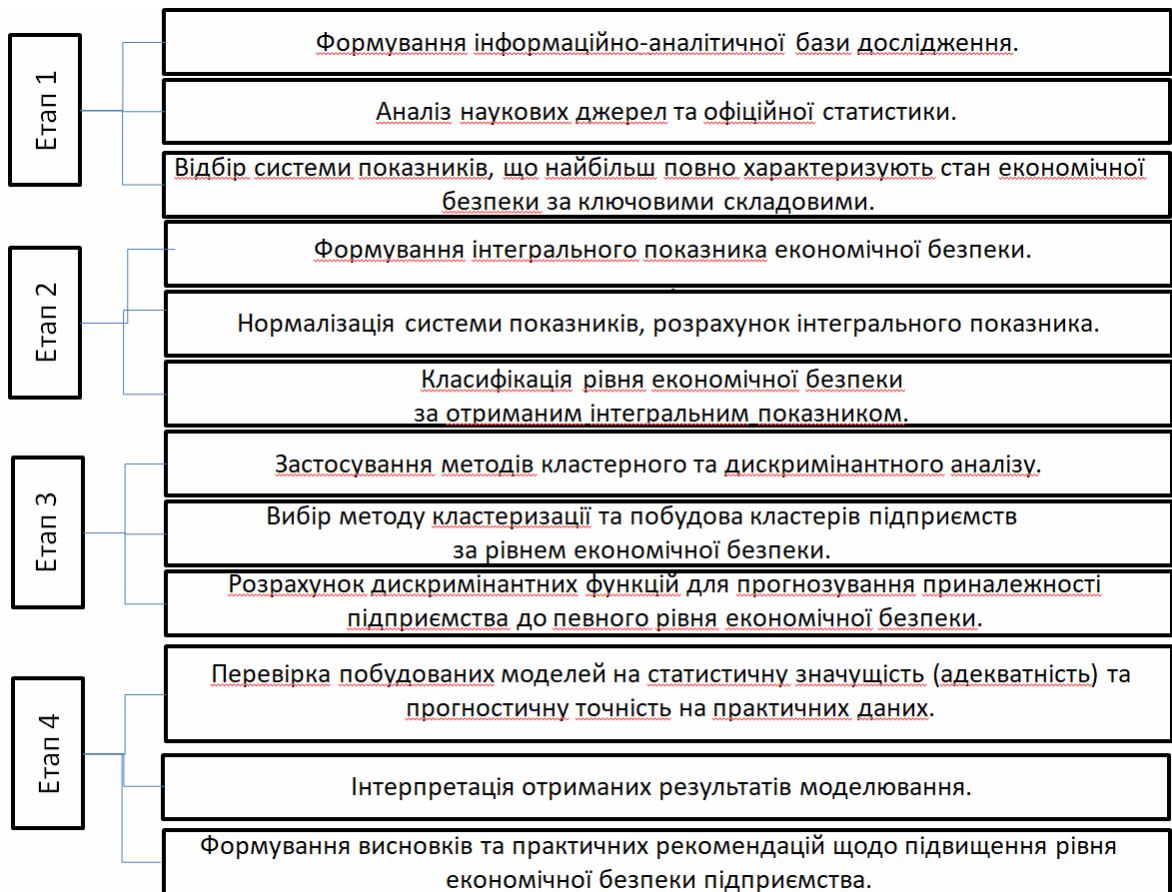


Рис. 10. Концептуальна схема розробки моделі економічної безпеки підприємства

*Джерело: Авторська розробка*

### **Етап 1. Формування інформаційно-аналітичної бази дослідження**

На першому етапі створюється комплексна база даних, яка стане фундаментом для всіх подальших аналізів. Це включає:

Збір внутрішніх даних підприємства: фінансова звітність, бухгалтерські та аналітичні документи, статистика виробництва та реалізації продукції, інвестиційні проекти, кадрові дані.

Збір зовнішніх даних: офіційна статистика Держстату, фінансових та регуляторних органів; дані про макроекономічну ситуацію; інформація про конкурентів та галузеві тренди.

Науково-методичні джерела: статті, монографії, методичні рекомендації з економічної безпеки, управлінського аналізу та фінансового менеджменту.

Далі здійснюється систематичний аналіз зібраної інформації:

Вивчення методів оцінки економічної безпеки, які використовуються в сучасній науковій літературі.

Ідентифікація ключових показників, що найбільш часто застосовуються для комплексної оцінки економічної безпеки підприємства.

Оцінка надійності та повноти офіційної статистики, визначення пробілів у даних, що потребують додаткового збору або корекції.

Проводиться відбір показників, що є найбільш інформативними та репрезентативними, для виключення дублювання та зменшення ризику надмірної складності моделі.

Мета цього етапу — забезпечити повноту, достовірність та актуальність інформації, яка дозволить проводити глибокий аналіз економічної безпеки. Ми маємо отримати оптимальну систему показників, яка дозволить всебічно оцінити рівень економічної безпеки підприємства

## **Етап 2. Формування інтегрального показника економічної безпеки**

На цьому етапі всі відібрані показники об'єднуються в єдиний комплексний індекс. Процес включає:

Визначення методики інтеграції (зважена сума, методи головних компонент, експертні оцінки).

Присвоєння ваг показникам, що відображають їх значущість для загального рівня економічної безпеки.

Встановлення логіки розрахунку інтегрального показника, що дозволяє зіставляти підприємства між собою або відстежувати динаміку зміни безпеки у часі.

Щоб забезпечити порівнянність показників, які можуть мати різні одиниці виміру та масштаби, проводиться нормалізація даних та розрахунок інтегрального показника як зваженої суми нормалізованих значень

Результатом є комплексна числова характеристика, яка узагальнює інформацію про всі аспекти безпеки підприємства. Формується узагальнений індекс, придатний для порівняння та класифікації підприємств.

Встановлюються порогові значення інтегрального показника, які дозволяють віднести підприємство до категорії «високий», «середній» або «низький» рівень економічної безпеки.

Проводиться первинна класифікація підприємств за цими категоріями.

Це дозволяє виявити слабкі місця та потенційні ризики, а також визначити пріоритети для управлінських дій.

### **Етап 3. Застосування методів кластерного та дискримінантного аналізу**

Кластерний аналіз дозволяє виявити природні групи підприємств із подібними показниками економічної безпеки без попередньої класифікації.

Обирається оптимальний метод кластеризації (K-means, ієрархічний, DBSCAN) відповідно до типу та обсягу даних. Будуються кластерні групи підприємств, що відображають рівень економічної безпеки. Проводиться аналіз внутрішньої структури кластерів для виявлення ризикових та стабільних підприємств.

Дискримінантний аналіз використовується для перевірки та уточнення класифікації, а також для прогнозування приналежності підприємства до певного рівня безпеки. Формуються дискримінантні функції на основі кластерів як залежних змінних та показників економічної безпеки як незалежних. Це забезпечує прогностичну цінність моделі та можливість управлінських втручань.

Цей етап забезпечує поглиблену аналітику та дозволяє виявити приховані закономірності.

#### **Етап 4. Перевірка побудованих моделей та інтерпретація результатів моделювання**

Завершальний етап дослідження спрямований на валідацію розроблених моделей. Застосовуються методи верифікації моделей (тестування), ранжування за критеріями ефективності та факторний аналіз для інтерпретації результатів.

Перевіряється адекватність моделей за допомогою статистичних критеріїв (F-критерій, Лямбда Вілкса, критерії точності класифікації). Проводиться тестування на практичних даних підприємства для перевірки прогностичної здатності.

Розглядаються результати інтегрального показника, кластеризації та дискримінантного аналізу. Виявляються сильні та слабкі сторони підприємства, основні ризики та чинники, що впливають на економічну безпеку. Формується детальна аналітична картина стану безпеки підприємства.

Результатом четвертого етапу є оптимізована модель оцінки економічної безпеки підприємства, яка характеризується прогностичною точністю, статистичною значущістю та практичною застосовністю для конкретних умов функціонування досліджуваних підприємств.

Запропонована чотириетапна методологія дослідження економічної безпеки підприємства забезпечує системність, послідовність та науковість аналізу.

Як інструментарій для побудови моделей було обрано Python.

У сучасних економічних дослідженнях, зокрема під час моделювання рівня економічної безпеки підприємства, дедалі більшого поширення набуває використання мови програмування Python як універсального інструменту аналітичної обробки даних. Доцільність його застосування зумовлена низкою суттєвих переваг, які забезпечують комплексність та наукову обґрунтованість отриманих результатів.

По-перше, Python характеризується високою універсальністю, що дозволяє реалізувати повний цикл дослідження в межах єдиного програмного середовища. Це охоплює етапи збору, очищення та стандартизації статистичних

даних, формування інтегральних показників, проведення кластерного та дискримінантного аналізу, а також візуалізацію й інтерпретацію результатів. Такий підхід забезпечує логічну послідовність дослідження та знижує ризик методичних похибок.

По-друге, застосування Python забезпечує високу гнучкість у побудові інтегрального показника рівня економічної безпеки підприємства. За допомогою спеціалізованих бібліотек реалізується нормування показників, використання різних схем зважування та агрегування, а також аналіз чутливості інтегрального індексу до зміни вагових коефіцієнтів. Це дозволяє адаптувати модель до специфіки об'єкта дослідження та підвищити точність оцінювання.

По-третє, Python надає широкі можливості для проведення кластерного аналізу, що є важливим інструментом групування підприємств за рівнем економічної безпеки. Реалізація сучасних алгоритмів кластеризації дозволяє виявити однорідні групи підприємств, встановити приховані закономірності у багатовимірних даних та обґрунтувати типологію об'єктів дослідження. Це суттєво розширює аналітичні можливості магістерської роботи.

По-четверте, використання дискримінантного аналізу в середовищі Python дає змогу визначити показники, які мають найбільший вплив на віднесення підприємств до певних кластерів або рівнів економічної безпеки. Застосування дискримінантних функцій дозволяє не лише класифікувати об'єкти, а й оцінити значущість окремих факторів, що є важливим для формування практичних рекомендацій.

По-п'яте, істотною перевагою Python є забезпечення відтворюваності та прозорості результатів дослідження. Алгоритмічне представлення всіх етапів аналізу у вигляді програмного коду дозволяє повторити розрахунки, перевірити стійкість отриманих результатів та обґрунтувати наукові висновки, що є важливою вимогою до магістерських робіт.

По-шосте, Python є відкритим програмним забезпеченням, що не потребує ліцензійних витрат та є доступним для використання в освітній і науковій діяльності. Це підвищує практичну цінність дослідження та створює

можливості для подальшого застосування розробленої методики в діяльності підприємств.

Отже, використання мови програмування Python у дослідженні забезпечує системний підхід до моделювання рівня економічної безпеки підприємства, поєднуючи інтегральний, кластерний і дискримінантний аналізи в єдиному аналітичному середовищі, що сприяє підвищенню наукової та практичної значущості отриманих результатів.

### **2.3. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА**

Оцінка рівня економічної безпеки підприємства є ключовим елементом управлінського процесу, що дозволяє своєчасно ідентифікувати ризики та приймати стратегічно обґрунтовані рішення щодо забезпечення стабільності та конкурентоспроможності організації. Сучасні підходи до аналізу економічної безпеки базуються на використанні кількісних та якісних методів, які дозволяють комплексно оцінювати стан підприємства та прогнозувати можливі загрози його фінансово-економічної стабільності.

Серед таких методів особливе значення мають інтегральна оцінка, кластерний та дискримінантний аналіз (див. рис. 10.). Метод інтегральної оцінки дозволяє об'єднати різноманітні показники економічної безпеки підприємства в єдиний узагальнений індикатор, що забезпечує цілісне розуміння рівня безпеки та полегшує порівняння між різними підприємствами або часовими періодами. Кластерний аналіз використовується для групування підприємств або їхніх підрозділів за схожістю характеристик економічної безпеки, що дає змогу виділити типові профілі ризику та сформулювати цільові стратегії управління. Дискримінантний аналіз дозволяє визначити ключові фактори, що відрізняють підприємства з різним рівнем економічної безпеки, та побудувати моделі прогнозування належності до певної категорії ризику.

Комплексне використання цих методів забезпечує багатовимірний підхід до оцінки економічної безпеки підприємства, підвищує точність аналізу та сприяє формуванню ефективних управлінських рішень. Такий підхід відповідає сучасним вимогам економічного аналізу і дозволяє не лише діагностувати існуючі проблеми, а й прогнозувати їхні наслідки в умовах мінливої економічної кон'юнктури.

**Інтегральний показник економічної безпеки підприємства** є узагальнюючою кількісною характеристикою, що відображає комплексний стан захищеності підприємства від внутрішніх і зовнішніх загроз через агрегацію множини часткових індикаторів у єдину синтетичну оцінку. Інтегральний показник слугує мірою загального рівня економічної безпеки. Його коректний розрахунок вимагає обов'язкового врахування вагових коефіцієнтів, встановлення яких здійснюється із застосуванням евристичних підходів (Клебанова, Гур'янова & Чаговець, 2024). У рамках ресурсно-функціонального підходу оцінка здійснюється за кожною функціональною складовою фінансової безпеки, а потім визначається інтегральний показник експертним шляхом.

Процедура визначення інтегрального показника економічної безпеки підприємства включає кілька послідовних етапів:

1. Формування системи індикаторів. На цьому етапі здійснюється відбір ключових показників, що найбільш повно характеризують стан економічної безпеки підприємства за функціональними складовими (фінансова, виробнича, кадрова, інформаційна, маркетингова, інвестиційно-інноваційна, екологічна безпека).

2. Нормалізація індикаторів. Оскільки всі показники мають різну розмірність, то для повного аналізу вони приводяться до безрозмірної величини, при цьому використовується інформація про критичні (порогові) значення показників. Існує два основні методи нормалізації:

Перший метод (Клебанова, Гур'янова & Чаговець, 2024) – для показників-стимуляторів (зростання яких позитивно впливає на безпеку):

$$y_i = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

де  $y_i$  – нормалізоване значення і-го показника;

$x_i$  – фактичне значення і-го показника;

$x_{max}, x_{min}$  – максимальне та мінімальне значення показника.

Другий метод – для показників-дестимуляторів (зростання яких негативно впливає на безпеку):

$$y_i = \frac{x_{max} - x_i}{x_{max} - x_{min}}$$

3. Вагові коефіцієнти можуть бути встановлені експертним шляхом. У цьому випадку коефіцієнт для певної сфери розраховується як співвідношення між сумою балів, присвоєних цій сфері всіма N експертами, і загальною сумою всіх присвоєних балів. Альтернативно, ці коефіцієнти можуть бути визначені за допомогою методу головних компонент (МГК), базуючись на інтегральних індексах окремих економічних сфер.

4. Розрахунок інтегрального показника. Інтегральний індекс економічної безпеки визначається ієрархічно: на нижньому рівні розраховуються індекси окремих сфер економіки, на верхньому – узагальнений індекс.

Формула інтегрального показника для окремої функціональної складової:

$$I_j = \sum_{i=1}^n d_i * y_i$$

де  $I_j$  – інтегральний індекс j-ї складової економічної безпеки;

$d_i$  – ваговий коефіцієнт, що визначає ступінь внеску і-го показника в інтегральний індекс;

$y_i$  – нормалізоване значення і-го індикатора;

$n$  – кількість індикаторів у складовій.

Формула узагальненого інтегрального показника економічної безпеки підприємства:

$$I_{ЕБП} = \sum_{j=1}^m w_j * I_j$$

де  $I_{\text{ЕБП}}$  – інтегральний показник економічної безпеки підприємства;  
 $w_j$  – ваговий коефіцієнт  $j$ -ї функціональної складової;  
 $I_i$  – інтегральний індекс  $j$ -ї складової економічної безпеки;  
 $m$  – кількість функціональних складових.

Альтернативним варіантом є використання мультиплікативної форми через середнє геометричне:

$$I_{\text{ЕБП}} = \sqrt[m]{\sum_{j=1}^m I_j}$$

Для досягнення високого рівня адекватності в оцінюванні ефективності суб'єктів, відповідальних за економічну безпеку підприємств у галузі, рекомендується обчислення інтегрального індексу її динаміки (зміни) як середнього геометричного індексів, розрахованих для окремих індикаторів.

Характеристика стану економічної безпеки (нормальний, передкризовий, кризовий, критичний) формується на основі порівняльної оцінки фактичних та встановлених порогових значень індикаторів. Цей аналіз також включає оцінку кількості та розміру зафіксованих лімітованих порушень. Кожен стан безпеки асоціюється з відповідним режимом функціонування механізму її забезпечення (резервний, раціональний, підвищеної активності, форсований).

Зазвичай використовується наступна шкала оцінювання:

$I_{\text{ЕБП}} \geq 0,8$  – високий (нормальний) рівень економічної безпеки;

$0,6 \leq I_{\text{ЕБП}} < 0,8$  – задовільний (передкризовий) рівень;

$0,4 \leq I_{\text{ЕБП}} < 0,6$  – незадовільний (кризовий) рівень;

$I_{\text{ЕБП}} < 0,4$  – критичний рівень економічної безпеки.

Хоча інтегральний показник є найпоширенішим інструментом, сутність оцінки економічної безпеки підприємства зводиться до аналізу впливу окремих складових (елементів) на її загальний рівень. Важливо, що вагомість впливу цих складових суттєво варіюється залежно від галузі та виду діяльності підприємства.

Таким чином, інтегральний показник економічної безпеки підприємства є ефективним інструментом кількісної оцінки, що дозволяє агрегувати різноманітні індикатори в єдину систему координат, порівнювати динаміку рівня безпеки у часі, ідентифікувати "вузькі місця" та приймати обґрунтовані управлінські рішення щодо забезпечення захищеності підприємства від загроз.

У процесі багатовимірного оцінювання рівня економічної безпеки підприємства важливим є використання методів, що дозволяють виявляти латентні структури у масивах даних, здійснювати формалізовану класифікацію та забезпечувати побудову прогностичних залежностей. Доцільним є застосування кластерного аналізу як інструмента безеталонного групування та дискримінантного аналізу як методу керованої багатовимірної класифікації.

### **Кластерний аналіз та побудова дендрограми**

Кластерний аналіз дає змогу об'єднати підприємства у групи за ступенем подібності їх індикаторів економічної безпеки. Базою для кластеризації була матриця стандартизованих значень показників, що характеризують фінансову, інноваційну, кадрову, інформаційну та інші складові безпеки, сформована у попередніх етапах дослідження (Chaudhry, Shafi & Mahnoor, 2023).

Для забезпечення коректності порівнянь усі показники були нормалізовані за формулою:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}$$

де  $x_{ij}$  — значення  $j$ -го показника для  $i$ -го підприємства,

$\bar{x}_j$  — середнє значення показника,

$s_j$  — стандартне відхилення.

Відстані між підприємствами визначалися за метрикою Евкліда:

$$d_{ik} = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - z_{kj})^2}$$

Для агломерації застосовано метод Уорда, який мінімізує внутрішньокластерну дисперсію. Алгоритм ґрунтується на мінімізації приросту сум квадратів відхилень:

$$\Delta ESS = \frac{n_A n_B}{n_A + n_B} \|\mu_A - \mu_B\|^2$$

де  $n_A, n_B$  — чисельності кластерів,

$\mu_A, \mu_B$  — їх центроїди.

Побудова та інтерпретація дендрограми

Дендрограма відображає дерево ієрархічного об'єднання кластерів і дозволяє:

візуально оцінити рівень подібності між підприємствами,

визначити оптимальну кількість кластерів,

інтерпретувати отримані групи як типи рівня економічної безпеки (високий, середній, низький).

Оцінювання якості кластеризації

Для оцінки раціональності кластерної структури використано індекс силуету:

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}}$$

де  $a(i)$  — середня відстань до об'єктів власного кластера,

$b(i)$  — мінімальна середня відстань до іншого найближчого кластера.

Значення  $s(i) > 0.5$  свідчить про добре відокремлені кластери.

**Дискримінантний аналіз** призначений для формування функцій класифікації, які дозволяють розмежувати групи підприємств (класи рівня економічної безпеки), що були отримані на основі кластеризації. Таким чином, кластерний аналіз забезпечив емпіричну основу для формування навчальної вибірки.

Лінійна дискримінантна функція має вигляд:

$$D_k = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_m x_m$$

де  $D_k$  — значення дискримінантної функції для  $k$ -го класу,  
 $a_i$  — вагові коефіцієнти,  
 $x_i$  — стандартизовані показники економічної безпеки.

Коефіцієнти  $a_i$  визначаються таким чином, щоб максимізувати відношення:

$$J = \frac{a' S_B a}{a' S_W a}$$

де  $S_B$  — міжкласова матриця коваріації,  
 $S_W$  — внутрішньокласова матриця коваріації.

Цей критерій (критерій Фішера) забезпечує максимальне відокремлення класів.

Використання методів інтегральної оцінки, кластерного та дискримінантного аналізу дозволяє здійснити комплексну та багатовимірну оцінку економічної безпеки підприємства, враховуючи як фінансово-економічні, так і організаційно-структурні показники. Метод інтегральної оцінки забезпечує формування єдиного узагальненого індикатора економічної безпеки, що полегшує порівняння між підприємствами та аналіз динаміки змін протягом часу. Кластерний аналіз дає змогу виділити групи підприємств з подібними характеристиками безпеки, що сприяє розробці більш точних стратегій управління ризиками. Дискримінантний аналіз дозволяє визначити ключові фактори, що впливають на рівень економічної безпеки, і створювати прогностичні моделі, які допомагають передбачати належність підприємства до певної категорії ризику. Комплексне застосування цих методів підвищує точність оцінки економічної безпеки, сприяє своєчасному виявленню потенційних загроз і забезпечує основу для ефективних управлінських рішень, що підвищують стабільність і конкурентоспроможність підприємства.

## РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ РІВНЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА

### 3.1. ПОБУДОВА ІНТЕГРАЛЬНОГО ІНДЕКСУ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

В умовах сучасної економіки забезпечення економічної безпеки підприємства набуває особливої актуальності, оскільки визначає його стабільність, конкурентоспроможність та здатність протидіяти внутрішнім і зовнішнім загрозам. Комплексна оцінка рівня економічної безпеки потребує інтегрованого підходу, який дозволяє узагальнити вплив численних факторів на фінансову, операційну та стратегічну стабільність підприємства.

Інтегральний індекс економічної безпеки є інструментом кількісної оцінки, що дозволяє систематизувати дані про ключові показники безпеки та звести їх до єдиного узагальненого показника. Формування такого індексу передбачає виділення найважливіших компонентів безпеки, визначення їх значимості та розрахунок вагових коефіцієнтів, що забезпечують адекватне відображення реальної ситуації на підприємстві.

Використання інтегрального індексу дозволяє не лише оцінити поточний рівень економічної безпеки, а й здійснювати порівняльний аналіз підприємств різних секторів, прогнозувати потенційні ризики та розробляти заходи щодо підвищення стійкості та ефективності управління. У цьому підрозділі буде розглянуто методика формування інтегрального індексу, обґрунтовано вибір показників та описано алгоритм розрахунку, що забезпечує комплексну оцінку економічної безпеки підприємства.

Для комплексної оцінки економічної безпеки підприємства необхідно враховувати як фінансові, так і нефінансові аспекти його діяльності, оскільки безпека формується під впливом внутрішніх ресурсів, зовнішніх ризиків та управлінських практик (Фісуненко, 2019). Обрана система показників включає ключові індикатори, що дозволяють всебічно оцінити стійкість підприємства та його здатність протидіяти загрозам.

**Фінансові показники:**

Дохід та чистий прибуток (млн грн.) відображають ефективність операційної діяльності та здатність підприємства генерувати прибуток, що є основою фінансової стабільності.

Активи та зобов'язання (млн грн.) характеризують структуру балансу, фінансову стійкість і ризик банкрутства.

Коефіцієнт автономії показує частку власного капіталу у фінансуванні діяльності підприємства, що визначає його незалежність від зовнішніх кредиторів.

Коефіцієнт ліквідності дозволяє оцінити здатність підприємства своєчасно виконувати короткострокові зобов'язання.

Рентабельність активів демонструє ефективність використання ресурсів підприємства для отримання прибутку.

**Показники продуктивності та персоналу:**

Кількість працівників та продуктивність праці відображають кадровий потенціал, ефективність трудових ресурсів та їхній внесок у формування економічної безпеки.

**Зовнішні індикатори та ризикові фактори:**

Індекс економічної свободи враховує умови ведення бізнесу, регуляторне середовище та ризики, пов'язані з економічною політикою.

Рейтинг IT-захисту оцінює рівень кібербезпеки, що впливає на стійкість підприємства до інформаційних та технологічних загроз.

Рейтинг екологічного захисту дозволяє оцінити відповідність підприємства сучасним екологічним стандартам та зниження ризиків, пов'язаних із соціально-екологічною відповідальністю.

Таким чином, ця система показників забезпечує багатовимірний підхід до оцінки економічної безпеки, поєднуючи фінансову стабільність, ефективність використання ресурсів, кадровий потенціал та зовнішні ризики. Вона дозволяє отримати інтегральну оцінку безпеки підприємства, що є необхідною для прийняття управлінських рішень та стратегічного планування.

Вибір конкретних компаній для оцінки рівня економічної безпеки обґрунтовано кількома критеріями, які забезпечують комплексний та репрезентативний аналіз стану економічної безпеки у різних секторах економіки.

Лідерство в галузі та вплив на економіку

Обрані компанії є ключовими гравцями у своїх секторах, що визначає їх значущість для національної та міжнародної економіки.

Наприклад, АТ «Фармак», Novartis, Bayer — провідні фармацевтичні компанії, які впливають на доступність медичних препаратів та стабільність фармацевтичного ринку.

Укрзалізниця — стратегічне підприємство транспортної інфраструктури України, від якого залежить ефективність логістики та перевезень.

Диверсифікація секторів економіки

Для оцінки економічної безпеки важливо враховувати різні галузі: промисловість, технології, енергетику, фінанси, споживчі товари тощо.

Це дозволяє побудувати міжгалузевий аналіз ризиків та стійкості, наприклад, порівняти рівень безпеки фармацевтичних компаній та енергетичних концернів (ОККО, Shell, TotalEnergies).

Наявність відкритих та достовірних даних

Більшість обраних компаній мають публічні фінансові та нефінансові звіти, що дозволяє зібрати необхідну інформацію для інтегральної оцінки економічної безпеки.

Міжнародні компанії (Apple, Microsoft, Tesla, Samsung, Alibaba) публікують детальні річні звіти, рейтинги ІТ- та екологічної безпеки, що забезпечує точність аналізу.

Репрезентативність для міжнародного порівняння

Включення глобальних корпорацій дозволяє здійснити порівняльний аналіз із українськими підприємствами, оцінити вплив зовнішніх ринкових та регуляторних ризиків.

Наприклад, аналіз фінансових показників JPMorgan Chase & Co. чи Nestlé S.A. дає змогу зрозуміти практики управління економічною безпекою у світових компаніях.

Різні рівні технологічного розвитку та інноваційної активності

Компанії з секторів технологій, мехатроніки та електроніки (Siemens, ABB, Fanuc, Bosch, TSMC, Apple, Samsung) дозволяють оцінити вплив інновацій та цифровізації на економічну безпеку.

Це важливо для аналізу кіберризиків та ефективності IT-захисту підприємств.

Стратегічне значення для безпеки та стійкості бізнесу

Вибір підприємств із секторів енергетики, фінансів та транспорту зумовлений тим, що їх економічна стійкість критично впливає на національну безпеку та функціонування інших галузей.

Таким чином, обрана група компаній (табл. 3) яка включає 24 українські і міжнародні компанії, забезпечує комплексне, міжгалузеве та міжнародне дослідження економічної безпеки, дозволяє поєднати аналіз фінансових, виробничих, технологічних і соціально-екологічних факторів та отримати репрезентативні результати для формування рекомендацій щодо управління економічною безпекою підприємств.

*Таблиця 3*

### Галузевий розподіл об'єктів дослідження

Галузь	Компанії
Фармацевтика	АТ 'Фармак', Novartis International AG, Bayer AG
Транспорт	АТ 'Укрзалізниця'
Енергетика	Концерн Галнафтогаз (ОККО), Shell plc, TotalEnergies SE
Гірничо-металургійний комплекс	Запоріжсталь

Галузь	Компанії
Мехатроніка/Техніка/Автоматизація	Siemens AG, ABB Ltd., Fanuc Corporation, Bosch
Технології	Apple Inc., Microsoft Corp., Tencent Holdings Ltd.
Автомобілебудування	Tesla, Inc., Toyota Motor Corp.
Електроніка	Samsung Electronics Co., Ltd.
Харчова	Nestlé S.A., Coca-Cola Company
Роздрібна торгівля	LPP S.A.
Фінанси	JPMorgan Chase & Co.
Напівпровідники	TSMC
Електронна комерція	Alibaba Group Holding Ltd.

*Джерело: Розробка автора*

Для проведення комплексної оцінки економічної безпеки обраних компаній показники були розраховані за період з 2020 по 2024 рік. Обраний часовий інтервал дозволяє врахувати динаміку розвитку підприємств у сучасних економічних умовах, вплив глобальних та локальних ризиків, а також оцінити тенденції зміни фінансової стабільності, ефективності використання ресурсів, продуктивності праці та рівня кібер- та екологічної безпеки.

Використання п'ятирічного періоду дає змогу здійснити аналітичне порівняння показників у часі, виявити позитивні та негативні тенденції, а також зробити обґрунтовані висновки щодо стійкості економічної безпеки підприємств у різних галузях та на міжнародному рівні.

Основним джерелом даних виступила публічна річна фінансова звітність за 2020-2024 рр. Розмір, повнота даних і різноманіття вибірки відповідають наступним вимогам:

**Збалансованість:** Позитивно для подальшого моделювання, що для кожної з 24 компаній доступні дані за всі 5 періодів (2020, 2021, 2022, 2023,

2024). Незбалансовані панельні дані (пропуски) вимагали би використання специфічних методів оцінювання (наприклад, FGLS, GMM).

Достатня розмірність: Необхідна мінімальна розмірність ( $N * T$ ) для застосування стандартних панельних моделей, де  $N=24$  (кількість об'єктів) і  $T=5$  (кількість періодів).

Актуальність (2020-2024): Період охоплює фази значних економічних шоків (пандемія COVID-19, геополітичні кризи), що дозволяє моделювати економічну безпеку в умовах динамічної волатильності та системних ризиків.

Аналіз фінансової звітності як основного джерела даних про компанію дозволив розрахувати показники фінансової безпеки, а також Продуктивність праці. Надійність системи інформаційної безпеки підприємства та Надійність системи екологічної безпеки підприємства визначені як експертна оцінка від 0 до 100 балів, заснована на наявних сертифікаціях, функціональних партнерствах та відповідності галузевим стандартам. Розрахунок інтегрального показника був виконаний у середовищі Python. Код представлено у Додатку А. Фрагмент коду для розрахунку інтегрального показника економічної безпеки представлено на рис. 11.

```
minmax_scaler = MinMaxScaler((0,1))
X_minmax = minmax_scaler.transform(X_directioned.values)
weights = pd.Series(1.0, index=...)
weights = weights / weights.sum()
integral_score = (X_minmax * weights).sum(axis=1)
ebp_score = (integral_score + pc1_norm)/2.0
```

Рис.11. Фрагмент коду Python для розрахунку інтегрального показника економічної безпеки

*Джерело: авторська розробка*

Результати розрахунку інтегрального показника економічної безпеки для обраних 24 підприємств представлені у табл. 4.

**Результати розрахунку інтегрального показника економічної безпеки  
підприємств за 2020-2024 роки**

№	Назва підприємства	Інтегральний показник рівня ЕБП				
		2020 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2024 р.
1	АТ "Фармак"	0,323	0,182	0,285	0,310	0,302
2	АТ "Укрзалізниця"	0,437	0,386	0,449	0,593	0,491
3	"Концерн Галнафтогаз" (ОККО)	0,214	0,113	0,179	0,265	0,224
4	"Запоріжсталь"	0,353	0,476	0,333	0,340	0,463
5	Siemens AG	0,342	0,238	0,317	0,290	0,274
6	ABB Ltd.	0,369	0,245	0,312	0,300	0,287
7	Fanuc Corporation	0,377	0,237	0,326	0,302	0,292
8	Bosch	0,357	0,241	0,337	0,310	0,290
9	Apple Inc.	0,480	0,390	0,470	0,463	0,427
10	Microsoft Corp.	0,481	0,382	0,463	0,458	0,445
11	Tesla, Inc.	0,315	0,344	0,335	0,309	0,260
12	Bayer AG	0,306	0,224	0,315	0,278	0,250
13	Toyota Motor Corp.	0,429	0,319	0,322	0,365	0,358
14	Samsung Electronics Co., Ltd.	0,444	0,314	0,430	0,334	0,380
15	Nestlé S.A.	0,420	0,313	0,363	0,343	0,321
16	Shell plc	0,292	0,219	0,311	0,274	0,246
17	LPP S.A.	0,216	0,121	0,216	0,214	0,182
18	TotalEnergies SE	0,277	0,189	0,291	0,269	0,246
19	Coca-Cola Company	0,303	0,198	0,256	0,245	0,228
20	JPMorgan Chase & Co.	0,443	0,349	0,416	0,414	0,400

№	Назва підприємства	Інтегральний показник рівня ЕБП				
		2020 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2024 р.
21	Tencent Holdings Ltd.	0,406	0,288	0,284	0,314	0,325
22	Novartis International AG	0,402	0,334	0,369	0,364	0,337
23	TSMC	0,407	0,268	0,356	0,337	0,335
24	Alibaba Group Holding Ltd.	0,325	0,253	0,328	0,292	0,266

Джерело: авторська розробка

Динаміка інтегральних показників представлена на рис.12.

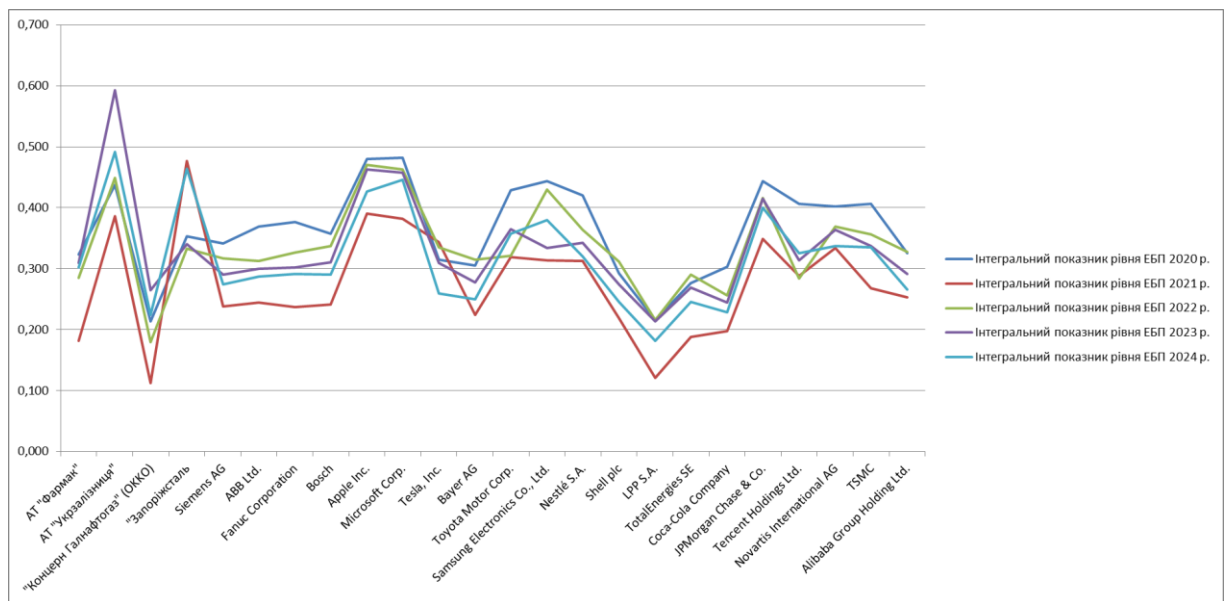


Рис.12. Динаміка інтегральних показників за період 2020-2024 р.

Джерело: авторська розробка

2020 рік

Найвищий рівень ЕБП: Microsoft Corp. (0,481)

Найнижчий рівень ЕБП: LPP S.A. (0,216)

2021 рік

Найвищий рівень ЕБП: Запоріжсталь (0,476)

Найнижчий рівень ЕБП: LPP S.A. (0,121)

2022 рік

Найвищий рівень ЕБП: Microsoft Corp. (0,463)

Найнижчий рівень ЕБП: Концерн Галнафтогаз (ОККО) (0,179)

2023 рік

Найвищий рівень ЕБП: АТ «Укрзалізниця» (0,593)

Найнижчий рівень ЕБП: LPP S.A. (0,214)

2024 рік

Найвищий рівень ЕБП: АТ «Укрзалізниця» (0,491)

Найнижчий рівень ЕБП: LPP S.A. (0,182)

Microsoft Corp. демонструє стабільно високий рівень ЕБП на початку досліджуваного періоду, тоді як АТ «Укрзалізниця» різко зросла у 2023–2024 рр., ставши лідером серед українських підприємств.

LPP S.A. систематично має найнижчі показники ЕБП протягом більшості років, що вказує на високий ризик і необхідність заходів щодо підвищення стійкості.

Деякі компанії демонструють коливання ЕБП у часі (наприклад, «Фармак», Tencent, Tesla), що свідчить про вплив зовнішніх та внутрішніх факторів на економічну безпеку.

Стабільні лідери економічної безпеки

Протягом досліджуваного періоду компанії Microsoft Corp., Apple Inc., JPMorgan Chase & Co. та АТ «Укрзалізниця» демонструють стабільно високий або зростаючий рівень економічної безпеки. Це свідчить про ефективне управління фінансовими, виробничими та стратегічними ресурсами, а також про високий рівень стійкості до зовнішніх і внутрішніх ризиків.

Компанії з низьким рівнем економічної безпеки

LPP S.A. та Концерн Галнафтогаз (ОККО) систематично показують найнижчі показники ЕБП, що вказує на високий рівень фінансових та операційних ризиків і потребу в посиленні стратегічного управління безпекою.

Динаміка змін ЕБП

Більшість компаній демонструють коливання інтегрального показника з року в рік, що свідчить про вплив зовнішніх економічних факторів, змін у регуляторному середовищі, технологічних ризиків та внутрішніх управлінських рішень.

Наприклад, АТ «Укрзалізниця» показує різке зростання ЕБП у 2023–2024 роках, а компанії на кшталт Tesla та «Фармак» мають коливання, що вказує на підвищену чутливість до ринкових та операційних ризиків.

Галузеві відмінності помітно впливають на рівень економічної безпеки: технологічні та фінансові корпорації демонструють вищу стійкість, тоді як роздрібна торгівля та енергетичні підприємства мають нижчі показники, що зумовлено високою залежністю від зовнішніх факторів та регуляторного середовища.

Проведений аналіз дозволяє ідентифікувати компанії-лідери та підприємства з високим ризиком, що є основою для розробки стратегій підвищення економічної безпеки, прогнозування кризових ситуацій та прийняття управлінських рішень.

### **3.2 РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ГРУПУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ЗА РІВНЕМ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ.**

Для забезпечення ефективного управління економічною безпекою підприємств важливо не лише оцінювати рівень безпеки окремих компаній, а й виділяти групи підприємств з подібними характеристиками та ризиковими профілями. Кластерний аналіз є потужним статистичним інструментом, який дозволяє об'єднувати підприємства у класи (кластери) на основі схожості їх інтегральних показників економічної безпеки та інших ключових характеристик.

Застосування кластерного аналізу дозволяє:

виявити однорідні групи підприємств, що мають схожі рівні фінансової стабільності, продуктивності та ризиків;

оцінити структурні та галузеві особливості економічної безпеки;  
визначити підприємства з високим, середнім та низьким рівнем безпеки для подальшого управлінського впливу та розробки стратегій підвищення стійкості.

Ієрархічний метод кластерного аналізу є одним із найбільш поширених і надійних підходів до групування об'єктів на основі їх схожості. Його особливістю є послідовне об'єднання або поділ елементів у класи (кластери), що дозволяє побудувати ієрархічну структуру взаємозв'язків між об'єктами. Такий підхід забезпечує візуалізацію відносин між підприємствами у вигляді дендрограми, що дозволяє легко ідентифікувати однорідні групи та оцінити відстань між кластерами.

Ієрархічна кластеризація дозволяє:

досліджувати взаємозв'язки та подібність підприємств за інтегральними показниками економічної безпеки;

визначати структурні закономірності у формуванні груп підприємств з високим, середнім або низьким рівнем безпеки;

здійснювати аналіз на різних рівнях деталізації, починаючи від окремих підприємств і закінчуючи крупними групами, що відображає їх стратегічну схожість.

Процес ієрархічного кластерного аналізу включає визначення міри подібності об'єктів (наприклад, евклідової відстані), вибір стратегії об'єднання кластерів (зв'язки за середнім, максимальним або мінімальним відхиленням) та побудову дендрограми, що наочно відображає формування ієрархії кластерів.

Використання ієрархічного методу є особливо ефективним у дослідженнях економічної безпеки, оскільки дозволяє виділити групи підприємств зі схожими профілями ризиків, оцінити взаємозв'язки між галузями та розробити цільові заходи щодо підвищення стійкості компаній.

Ієрархічний метод був реалізований через середовище Python за допомогою наступного коду (рис. 13).

```
Z = linkage(X_minmax.values, method="ward", metric="euclidean")
dendrogram(Z, labels=prepared["Назва підприємства"].values, leaf_rotation=90)
plt.savefig(...)
```

Рис.13. Фрагмент коду Python для візуалізації ієрархічної агломерації

Джерело: авторська розробка

У результаті роботи коду були отримані наступні дендрограми (рис. 14-18).

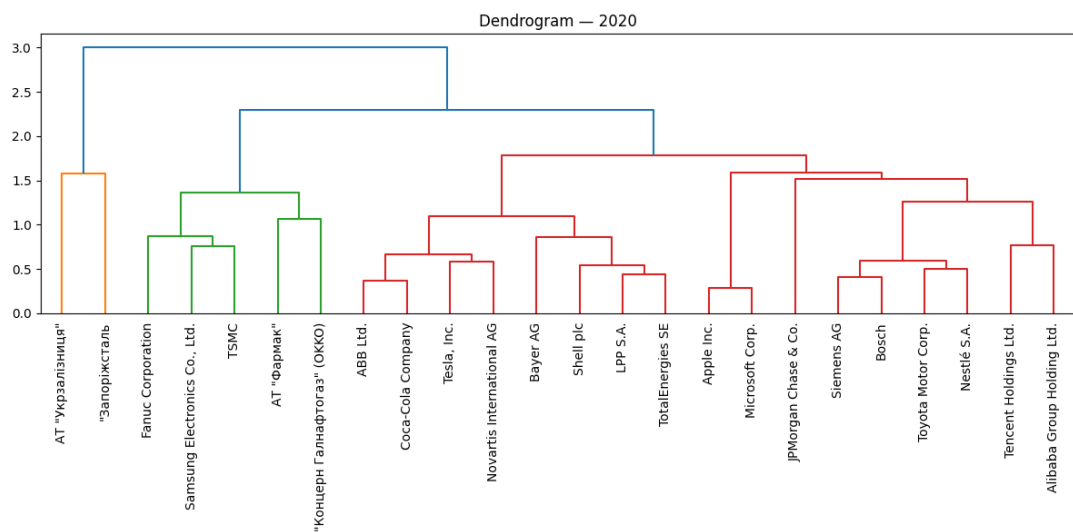


Рис. 14. Дендрограма класифікації підприємств за 2020 рік.

Джерело: авторська розробка

Як видно з дендрограми, у 2020 році можна виокремити 3 чіткі кластери:

(А) Кластер українських індустриальних компаній

АТ “Укрзалізниця” та “Запоріжсталь” дуже віддалені від міжнародних компаній. Характерна висока ризиковість, специфічні фінансові умови. Це окрема "ізольована" група.

(В) Кластер промислових та виробничих компаній

Fanuc, Samsung, TSMC, Фармак, ОККО мають високу технологічність, середню стійкість та контрольовані ризики. Помічається суттєва внутрішня схожість.

(С) Кластер глобальних корпорацій (найбільший)

Сюди входять: Apple, Microsoft, JPMorgan, Toyota, Nestlé, Bosch, ABB, Tesla, Shell, Total, Coca-Cola тощо. Зі спільного вони мають низькі ризики,

подібні фінансові профілі та високу капіталізацію. В середині є свої підгрупи, але кластер цілісний та стабільний.

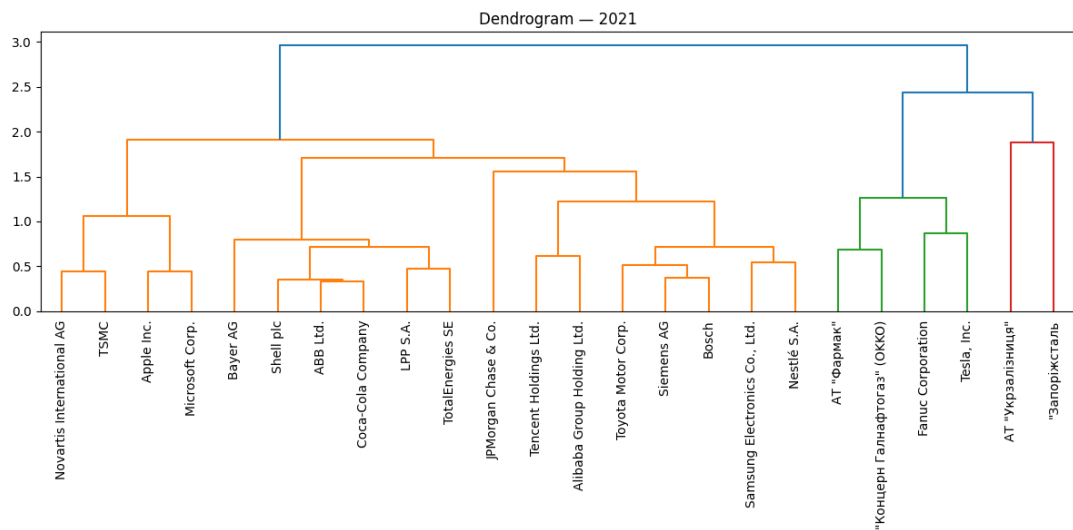


Рис. 15. Дендрограма класифікації підприємств за 2021 рік.

*Джерело: авторська розробка*

Основні спостереження 2021 року

У 2021 структура стає іншою, хоча деякі групи зберігаються.

(А) “Запоріжсталь” залишається ізольованою. Вона і у 2021 формує окрему гілку, але вже *далі* від “Укрзалізниці”. Це свідчить про збільшення розриву у показниках ризику.

(В) “Укрзалізниця” переходить до групи з Fanuc, Tesla, ОККО

Це важлива міграція! У 2021 році “Укрзалізниця” наближається до технологічно-виробничих міжнародних компаній. Вона виходить із своєї ізольованої позиції 2020 року. Це може означати:

стабілізацію показників,

трохи менші розриви зі світовими стандартами,

покращення фінансових коефіцієнтів у порівнянні з 2020 роком.

(С) Західні гіганти — більш “розмитий”, змішаний кластер

Apple, Microsoft, JPMorgan, Coca-Cola, ABB, Bayer, Nestlé, Alibaba, Tencent — у 2021 формують одну велику, але менш ієрархічно структуровану групу. Це означає:

їхні профілі ризику стали більш схожими;

відмінності 2020 року між технологічними, фінансовими та FMCG компаніями зменшилися;

ринок стає більш однорідним за показниками стабільності.

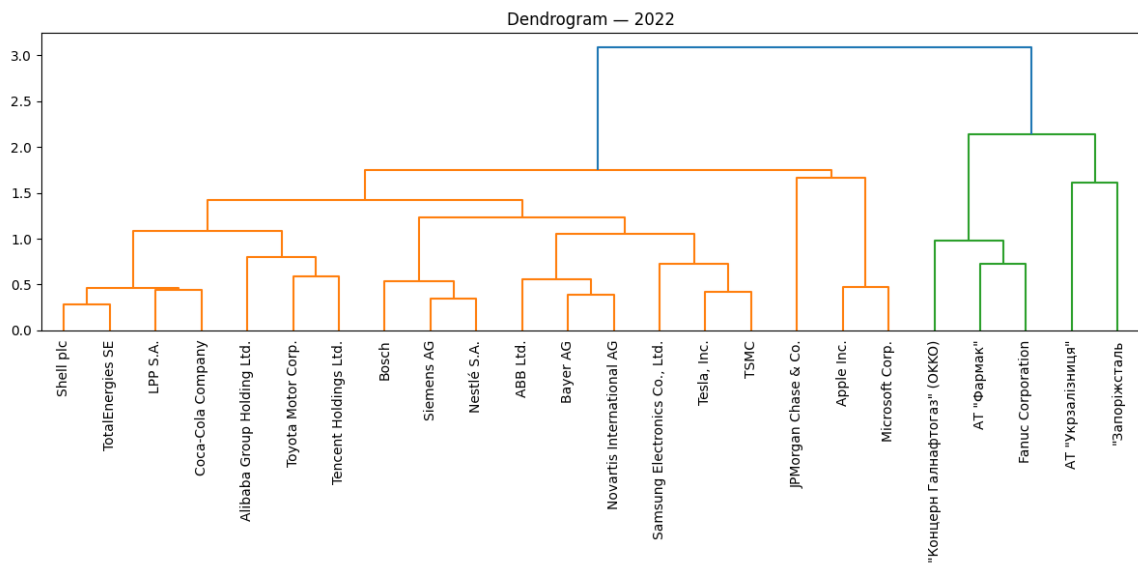


Рис. 16. Дендрограмма класифікації підприємств за 2022 рік.

*Джерело: авторська розробка*

У 2022 році кластери відносно компактні, основні групи формуються навколо:

Енергетика та хімія: Shell plc, TotalEnergies SE, LPP S.A.

Великі виробники та промислові: Bosch, Siemens AG, Nestlé S.A., ABB Ltd., Bayer AG

ІТ та фінанси: Apple Inc., Microsoft Corp., JPMorgan Chase & Co., Tencent Holdings Ltd., Alibaba Group Holding Ltd.

Ринок України та регіональні компанії: АТ “Фармак”, АТ “Укрзалізниця”, “Запоріжсталь”

Видно, що компанії з однакової індустрії утворюють окремі кластери, але при цьому деякі глобальні гіганти змішуються через схожі фінансові показники та ЕВР-оцінку.

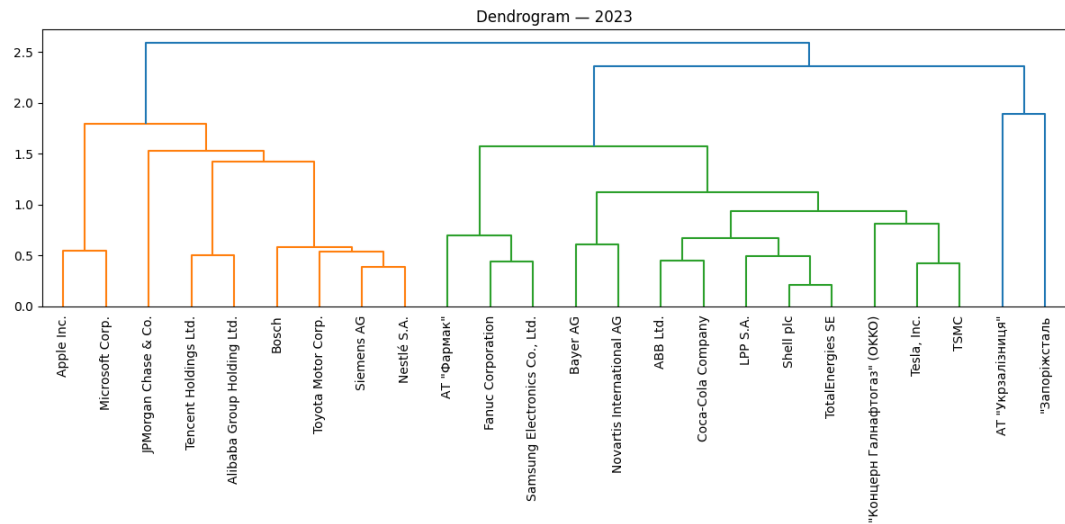


Рис. 17. Дендрограма класифікації підприємств за 2023 рік.

*Джерело: авторська розробка*

2023 рік - спостерігається перестановки у кластерах:

Apple та Microsoft залишаються у власному кластері (IT).

Енергетичні компанії (Shell, TotalEnergies) частково змістились у групи з LPP та промисловими компаніями.

“Укрзалізниця” і “Запоріжсталь” зберігають власний кластер, але зміщуються ближче до великих виробників.

Виробники фармацевтики (Novartis, Bayer) переміщені у нові групи з ABB, LPP, Nestlé.

Це може свідчити про зміни у фінансових показниках або у структурі оцінки ЕВР: деякі компанії стали більш схожими з іншими у плані індикаторів економічної безпеки.

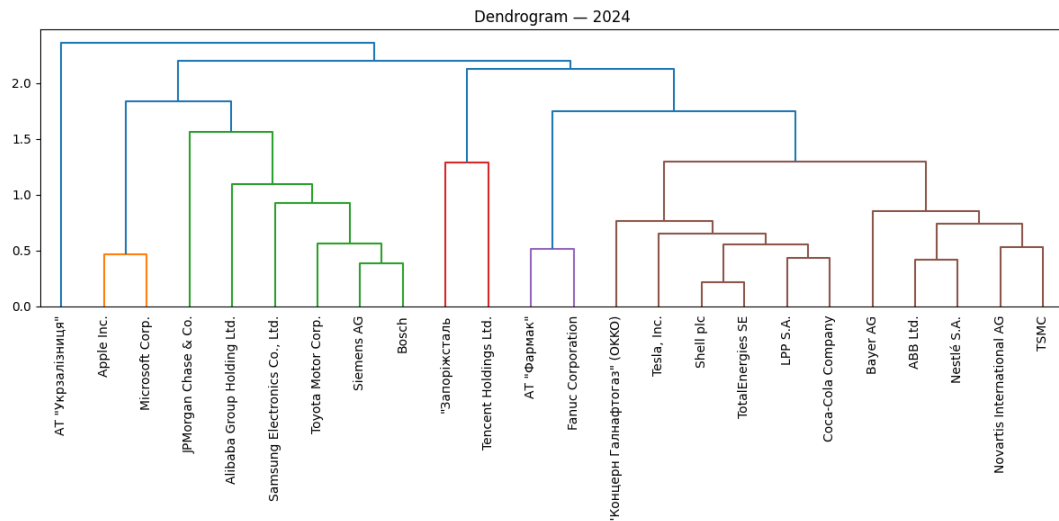


Рис. 18. Дендрограма класифікації підприємств за 2024 рік.

*Джерело: авторська розробка*

У 2024 році - формування кластерів змінилось:

Деякі українські компанії (“Укрзалізниця”, “Запоріжсталь”) виділені у власні кластери, але тепер є міжкласові зв’язки з промисловими та енергетичними компаніями.

Глобальні виробники (Bayer, ABB, Nestlé, Novartis) зберігають групування, проте є переміщення деяких компаній у більш фінансово збалансовані кластери.

ІТ-компанії (Apple, Microsoft, TSMC) демонструють окремі стабільні кластери.

Загальна тенденція: кластери стають більш індустріально- та фінансово-орієнтованими, компанії українського ринку зберігають власну ідентичність, але інтегруються у глобальні кластери через показники ЕВР.

Після побудови дендрограми застосуємо метод k-середніх для дослідження рівня економічної безпеки підприємств.

Метод k-середніх є одним із найбільш поширених та ефективних алгоритмів неієрархічної кластеризації, який застосовується для групування об’єктів за ознакою схожості на основі заданої кількості кластерів. У дослідженнях економічної безпеки підприємств метод k-середніх дозволяє

розподілити підприємства на однорідні групи відповідно до рівня їх економічної стійкості та ризикового профілю.

Сутність методу полягає у мінімізації сумарної внутрішньокластерної дисперсії шляхом ітеративного перерозподілу об'єктів між кластерами. Кожен кластер характеризується центроїдом, який є середнім значенням показників підприємств, що входять до відповідної групи. Підприємство відноситься до того кластеру, центроїд якого є найближчим за обраною мірою відстані, найчастіше евклідовою.

Метод  $k$ -середніх доповнює отримані дендрограми тому, що:

По-перше, дендрограма, отримана в результаті ієрархічного кластерного аналізу, дозволяє візуально та аналітично визначити доцільну кількість кластерів. На основі аналізу відстаней між об'єднаннями об'єктів обґрунтовується оптимальне значення параметра  $k$ , що усуває одну з ключових проблем методу  $k$ -середніх — суб'єктивний вибір кількості кластерів. Таким чином, дендрограма виступає інструментом попередньої структуризації даних.

По-друге, ієрархічна кластеризація має описовий характер і не передбачає подальшої оптимізації складу кластерів. Метод  $k$ -середніх, навпаки, забезпечує ітеративне уточнення меж кластерів шляхом мінімізації внутрішньокластерної дисперсії. Це дозволяє отримати більш компактні та однорідні групи підприємств за рівнем економічної безпеки.

По-третє, результати дендрограми можуть бути використані для ініціалізації центрів кластерів у методі  $k$ -середніх. Такий підхід підвищує стабільність алгоритму та зменшує ризик потрапляння в локальні мінімуми, що є типовою проблемою випадкової ініціалізації центроїдів.

По-четверте, поєднання ієрархічного методу та методу  $k$ -середніх дозволяє поєднати їхні переваги: структурну наочність дендрограми та обчислювальну ефективність  $k$ -середніх. Це є особливо доцільним при аналізі багатовимірних показників економічної безпеки, які включають фінансові, виробничі, кадрові, інституційні та технологічні компоненти.

Отже, застосування методу k-середніх після побудови дендрограми є методично обґрунтованим кроком, що забезпечує підвищення точності, інтерпретованості та надійності класифікації підприємств за рівнем економічної безпеки, а також створює основу для подальшого використання результатів у дискримінантному аналізі та управлінських рішеннях.

Фрагмент коду для кластеризації методом k-середніх наведено на рис.19.

```
# Clustering: choose k by silhouette
best_k = 2
best_sil = -1.0
for k_try in range(3, 7):
    ktmp = KMeans(n_clusters=k_try, random_state=42, n_init=10)
    lab_tmp = ktmp.fit_predict(X_minmax.values)
    sil_tmp = silhouette_score(X_minmax.values, lab_tmp)
    if sil_tmp > best_sil:
        best_sil = sil_tmp
        best_k = k_try
```

Рис. 19. Фрагмент коду Python для кластеризації методом k-середніх

*Джерело: авторська розробка*

Результати кластеризації наведено у табл. 5.

*Таблиця 5*

### Результати кластеризації методом k-середніх

№	Назва підприємства	Кластеризація методом k-середніх				
		2020 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2024 р.
1	АТ "Фармак"	1	2	1	1	2
2	АТ "Укрзалізниця"	3	2	3	1	2
3	"Концерн Галнафтогаз" (ОККО)	1	2	1	1	2
4	"Запоріжсталь"	3	2	3	1	1
5	Siemens AG	2	1	2	2	4
6	ABB Ltd.	2	1	2	1	3
7	Fanuc Corporation	1	2	1	1	2

№	Назва підприємства	Кластеризація методом k-середніх				
		2020 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2024 р.
8	Bosch	2	1	2	2	4
9	Apple Inc.	2	1	2	5	6
10	Microsoft Corp.	2	1	2	5	6
11	Tesla, Inc.	2	2	2	1	3
12	Bayer AG	2	1	2	2	3
13	Toyota Motor Corp.	2	1	2	2	4
14	Samsung Electronics Co., Ltd.	2	1	2	1	2
15	Nestlé S.A.	2	1	2	2	3
16	Shell plc	2	1	2	1	3
17	LPP S.A.	1	1	1	1	3
18	TotalEnergies SE	1	1	1	1	3
19	Coca-Cola Company	2	1	2	1	3
20	JPMorgan Chase & Co.	2	1	2	2	4
21	Tencent Holdings Ltd.	2	1	1	2	1
22	Novartis International AG	2	1	2	1	3
23	TSMC	1	1	2	1	3
24	Alibaba Group Holding Ltd.	1	1	2	2	4

*Джерело: авторська розробка*

За результатами кластерного аналізу методом k-середніх було здійснено групування 24 підприємств за рівнем та динамікою їх економічних показників у період 2020–2024 рр. Отримані результати свідчать про суттєву диференціацію підприємств за рівнем економічної стійкості, адаптивності та ефективності функціонування.

У 2020–2021 рр. переважна більшість підприємств зосереджувалася у 1–2 кластерах, що характеризує відносно стабільний або середній рівень розвитку. Водночас окремі підприємства (зокрема АТ «Укрзалізниця» та «Запоріжсталь») стабільно входили до кластерів із нижчими характеристиками, що може свідчити про наявність структурних проблем, низьку гнучкість управління та вплив зовнішніх шоків.

Починаючи з 2022 року, спостерігається підвищення диференціації кластерної структури. Частина підприємств демонструє стійкість та збереження позицій у відносно сприятливих кластерах (АТ «Фармак», ОККО, Fanuc Corporation), що свідчить про ефективні стратегії адаптації до кризових умов. Водночас окремі компанії зазнають погіршення кластерної позиції, що відображає негативний вплив макроекономічної нестабільності та галузевих ризиків.

У 2023–2024 рр. відбувається чітке виокремлення кластерів із високими значеннями показників економічної безпеки та конкурентоспроможності. До них переважно належать глобальні технологічні та фінансові корпорації (Apple Inc., Microsoft Corp., Bosch, Toyota Motor Corp., JPMorgan Chase & Co.), які демонструють перехід до найвищих кластерів. Це свідчить про високий рівень інноваційного потенціалу, фінансової стійкості та ефективного стратегічного управління.

Разом із тим низка підприємств (LPP S.A., TotalEnergies SE, TSMC, Novartis International AG) демонструє поступове зміщення до середніх або підвищених кластерів, що відображає позитивну динаміку розвитку, проте із збереженням певних обмежень щодо масштабів зростання або ризиків зовнішнього середовища.

Таким чином, результати кластеризації підтверджують доцільність використання методу k-середніх для оцінювання рівня економічної безпеки та ідентифікації груп підприємств із подібними характеристиками розвитку. Отримані кластери можуть бути використані як аналітична основа для формування управлінських рішень, розроблення стратегій підвищення

економічної стійкості та прогнозування подальших тенденцій розвитку підприємств.

### **3.3. РОЗРОБКА ДИСКРИМІНАНТНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ КАТЕГОРІЙ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПІДПРИЄМСТВА**

В умовах підвищеної нестабільності економічного середовища та зростання впливу внутрішніх і зовнішніх загроз особливої актуальності набуває завдання не лише оцінювання поточного рівня економічної безпеки підприємства, а й прогнозування його належності до певної категорії безпеки. Для вирішення цього завдання доцільним є застосування дискримінантного аналізу, який належить до класу багатовимірних статистичних методів класифікації.

Дискримінантна модель дозволяє на основі сукупності кількісних показників сформулювати функції, що забезпечують розмежування підприємств за рівнем економічної безпеки (високий, середній або низький). Основною перевагою даного методу є можливість одночасного врахування впливу декількох факторів та визначення їх внеску у формування інтегрального рівня безпеки.

Застосування дискримінантного аналізу в дослідженні економічної безпеки підприємств дає змогу не лише здійснити класифікацію об'єктів дослідження, а й побудувати прогнозну модель, яка дозволяє оцінити ймовірність переходу підприємства з однієї категорії безпеки до іншої. Це створює підґрунтя для своєчасного виявлення потенційних ризиків та прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

```
X_for_lda = X_std_for_pca # стандартизовані (directioned) ознаки
y_for_lda = prepared["cluster_kmeans"].values
lda = LinearDiscriminantAnalysis()
lda.fit(X_for_lda, y_for_lda)
lda_coefs, lda_intercepts = lda.coef_, lda.intercept_
features_list = X_directioned.columns.tolist()
```

Рис. 20. Фрагмент коду Python для навчання дискримінантної функції  
Джерело: авторська розробка

```
print lda.coef_, intercept
print variances, rank
coef_orig = w / scale_vec.reshape(1,-1)
intercept_orig = b - sum(...)
print discriminant functions in original units
```

Рис. 21. Фрагмент коду Python для діагностики дискримінантної функції  
Джерело: авторська розробка

```
min_class = min count per class
if min_class >= 2: cv = StratifiedKFold(n_splits=min(5,min_class)) else KFold(5)
cv_scores = cross_val_score(lda, X_for_lda, y_for_lda, cv=cv)
if min_class>=2: permutation_test_score(...)
```

Рис. 22. Фрагмент коду Python для перехресної перевірки та permutation test  
дискримінантної функції

Джерело: авторська розробка

2020 рік.

--- Discriminant functions in ORIGINAL units (no scaling) ---

$$D_0(x) = +303.942807 + (-0.000001)*\text{Дохід (млн. грн)} + (+0.000055)*\text{Чистий прибуток (мл. грн)} + (-0.000003)*\text{Активи (мл. грн)} + (+0.000003)*\text{Зобов'язання (мл. грн)} + (-0.000077)*\text{Кількість працівників} + (+97.128263)*\text{Коефіцієнт автономії} + (-11.991574)*\text{Коефіцієнт покриття (ліквідності)} + (-2.631607)*\text{Рентабельність активів} + (-$$

0.236566)\*Продуктивність праці + (-0.341953)\*Індекс економічної свободи + (-2.669106)\*Рейтинг ІТ-захисту + (-0.093577)\*Рейтинг екологічного захисту

$$D_1(x) = +184.053654 + (-0.000000)*\text{Дохід (млн. грн)} + (+0.000046)*\text{Чистий прибуток (млн. грн)} + (-0.000003)*\text{Активи (млн. грн)} + (+0.000003)*\text{Зобов'язання (млн. грн)} + (-0.000027)*\text{Кількість працівників} + (+78.153160)*\text{Коефіцієнт автономії} + (-12.064624)*\text{Коефіцієнт покриття (ліквідності)} + (-2.415709)*\text{Рентабельність активів} + (-0.220361)*\text{Продуктивність праці} + (+0.144404)*\text{Індекс економічної свободи} + (-1.219666)*\text{Рейтинг ІТ-захисту} + (-0.499729)*\text{Рейтинг екологічного захисту}$$

$$D_2(x) = -9403.225435 + (+0.000004)*\text{Дохід (млн. грн)} + (-0.000534)*\text{Чистий прибуток (млн. грн)} + (+0.000035)*\text{Активи (млн. грн)} + (-0.000036)*\text{Зобов'язання (млн. грн)} + (+0.000471)*\text{Кількість працівників} + (-926.097623)*\text{Коефіцієнт автономії} + (+132.455190)*\text{Коефіцієнт покриття (ліквідності)} + (+27.328443)*\text{Рентабельність активів} + (+2.480691)*\text{Продуктивність праці} + (+0.113808)*\text{Індекс економічної свободи} + (+18.489367)*\text{Рейтинг ІТ-захисту} + (+4.075488)*\text{Рейтинг екологічного захисту}$$

LDA CV scores: [0.6667 0.6667] mean: 0.6666666666666666

Permutation test p-value: 0.0297

Результати дискримінантного аналізу за 2020 рік свідчать про наявність чіткої диференціації підприємств за рівнем економічного стану. Найбільший внесок у розмежування груп здійснюють коефіцієнт автономії, коефіцієнт покриття, рентабельність активів, а також нефінансові показники, зокрема рейтинг ІТ-захисту та екологічного захисту. Вплив масштабних показників (дохід, активи, зобов'язання) є незначним, що вказує на домінування якісних та відносних характеристик у формуванні кластерної належності.

Якість дискримінантної моделі є задовільною: середнє значення точності крос-валідації становить 0,667, що перевищує випадковий рівень класифікації. Пермутаційний тест підтвердив статистичну значущість моделі (p-value = 0,0297), що дозволяє вважати отримані результати надійними.

2021 рік.

--- Discriminant functions in ORIGINAL units (no scaling) ---

$$D_0(x) = -54.629094 + (+0.000001)*\text{Дохід (млн. грн)} + (-0.000021)*\text{Чистий прибуток (мл. грн)} + (-0.000000)*\text{Активи (мл. грн)} + (+0.000001)*\text{Зобов'язання (мл. грн)} + (-0.000039)*\text{Кількість працівників} + (+46.560768)*\text{Коефіцієнт автономії} + (+2.422935)*\text{Коефіцієнт покриття (ліквідності)} + (+1.614091)*\text{Рентабельність активів} + (+0.030016)*\text{Продуктивність праці} + (-1.165343)*\text{Індекс економічної свободи} + (-1.203074)*\text{Рейтинг ІТ-захисту} + (+2.309848)*\text{Рейтинг екологічного захисту}$$

LDA CV scores: [0.6 0.8 1. 0.8 1. ] mean: 0.8400000000000001

Permutation test p-value: 0.0297

У 2021 році дискримінантна функція демонструє підвищену чутливість до фінансової стійкості та ефективності діяльності підприємств. Найбільш значущими змінними виступають коефіцієнт автономії, коефіцієнт покриття, рентабельність активів, а також екологічний рейтинг. Це свідчить про посилення ролі фінансової збалансованості та сталого розвитку в умовах післякризового відновлення економіки.

Якість моделі є високою: середня точність класифікації за результатами LDA CV становить 0,84, що вказує на сильну дискримінувальну здатність. Пермутаційний тест підтвердив статистичну значущість моделі (p-value = 0,0297), що дозволяє використовувати її для аналітичних та прогнозних цілей.

2022 рік

--- Discriminant functions in ORIGINAL units (no scaling) ---

$$D_0(x) = +193.798737 + (-0.000003)*\text{Дохід (млн. грн)} + (+0.000030)*\text{Чистий прибуток (мл. грн)} + (-0.000000)*\text{Активи (мл. грн)} + (+0.000000)*\text{Зобов'язання (мл. грн)} + (-0.000051)*\text{Кількість працівників} + (-8.149452)*\text{Коефіцієнт автономії} + (+3.987364)*\text{Коефіцієнт покриття (ліквідності)} + (-2.247897)*\text{Рентабельність активів} + (-0.064737)*\text{Продуктивність праці} + (-0.569658)*\text{Індекс економічної свободи} + (-1.417365)*\text{Рейтинг ІТ-захисту} + (+0.056335)*\text{Рейтинг екологічного захисту}$$

$$D_1(x) = +134.595876 + (-0.000003)*\text{Дохід (млн. грн)} + (+0.000038)*\text{Чистий прибуток (мл. грн)} + (+0.000000)*\text{Активи (мл. грн)} + (-0.000001)*\text{Зобов'язання (мл. грн)} + (-0.000040)*\text{Кількість працівників} + (-24.627666)*\text{Коефіцієнт автономії} + (+3.168165)*\text{Коефіцієнт покриття (ліквідності)} + (-3.178595)*\text{Рентабельність активів} + (-0.048885)*\text{Продуктивність праці} + (+0.524978)*\text{Індекс економічної свободи} + (+0.264841)*\text{Рейтинг ІТ-захисту} + (-1.721664)*\text{Рейтинг екологічного захисту}$$

$$D_2(x) = -4442.787660 + (+0.000029)*\text{Дохід (млн. грн)} + (-0.000398)*\text{Чистий прибуток (мл. грн)} + (-0.000000)*\text{Активи (мл. грн)} + (+0.000005)*\text{Зобов'язання (мл. грн)} + (+0.000472)*\text{Кількість працівників} + (+221.469682)*\text{Коефіцієнт автономії} + (-37.307411)*\text{Коефіцієнт покриття (ліквідності)} + (+32.172452)*\text{Рентабельність активів} + (+0.585294)*\text{Продуктивність праці} + (-2.490849)*\text{Індекс економічної свободи} + (+2.133370)*\text{Рейтинг ІТ-захисту} + (+13.604309)*\text{Рейтинг екологічного захисту}$$

LDA CV scores: [0.6667 0.5833] mean: 0.625

Permutation test p-value: 0.0495

Результати дискримінантного аналізу за 2022 рік відображають зростання нестабільності економічного середовища. Значний внесок у розмежування груп здійснюють коефіцієнт автономії, коефіцієнт покриття, рентабельність активів, а також показники соціально-інституційного характеру. Зміна знаків коефіцієнтів у дискримінантних функціях свідчить про неоднозначний вплив окремих факторів у кризових умовах.

Якість моделі оцінюється як помірна: середнє значення точності крос-валідації становить 0,625. Пермутаційний тест підтвердив граничну статистичну значущість результатів (p-value = 0,0495), що вказує на допустиму, проте обмежену стійкість моделі.

2023 рік

--- Discriminant functions in ORIGINAL units (no scaling) ---

$$D_0(x) = +44.455323 + (+0.000000)*\text{Дохід (млн. грн)} + (-0.000001)*\text{Чистий прибуток (мл. грн)} + (-0.000000)*\text{Активи (мл. грн)} + (+0.000000)*\text{Зобов'язання}$$

(мл. грн) + (-0.000025)\*Кількість працівників + (+4.410631)\*Коефіцієнт автономії + (-1.143055)\*Коефіцієнт покриття (ліквідності) + (-0.033603)\*Рентабельність активів + (-0.002859)\*Продуктивність праці + (+0.075215)\*Індекс економічної свободи + (-0.137501)\*Рейтинг ІТ-захисту + (-0.442158)\*Рейтинг екологічного захисту

$$D_1(x) = -64.336161 + (+0.000000)*\text{Дохід (млн. грн)} + (-0.000008)*\text{Чистий прибуток (мл. грн)} + (+0.000000)*\text{Активи (мл. грн)} + (+0.000000)*\text{Зобов'язання (мл. грн)} + (+0.000042)*\text{Кількість працівників} + (-5.039426)*\text{Коефіцієнт автономії} + (+0.236924)*\text{Коефіцієнт покриття (ліквідності)} + (-0.045455)*\text{Рентабельність активів} + (-0.007378)*\text{Продуктивність праці} + (-0.077857)*\text{Індекс економічної свободи} + (+0.454079)*\text{Рейтинг ІТ-захисту} + (+0.287689)*\text{Рейтинг екологічного захисту}$$

$$D_2(x) = -149.380677 + (-0.000003)*\text{Дохід (млн. грн)} + (+0.000037)*\text{Чистий прибуток (мл. грн)} + (+0.000000)*\text{Активи (мл. грн)} + (-0.000001)*\text{Зобов'язання (мл. грн)} + (+0.000006)*\text{Кількість працівників} + (-10.716711)*\text{Коефіцієнт автономії} + (+7.053692)*\text{Коефіцієнт покриття (ліквідності)} + (+0.417042)*\text{Рентабельність активів} + (+0.049524)*\text{Продуктивність праці} + (-0.215077)*\text{Індекс економічної свободи} + (-0.853807)*\text{Рейтинг ІТ-захисту} + (+1.944347)*\text{Рейтинг екологічного захисту}$$

LDA CV scores: [0.5833 0.5833] mean: 0.5833333333333334

Permutation test p-value: 0.0693

У 2023 році дискримінантні функції характеризуються зниженням абсолютних значень коефіцієнтів, що свідчить про часткове зближення характеристик підприємств. Найбільш впливовими залишаються коефіцієнт автономії, коефіцієнт покриття та нефінансові показники, однак їх дискримінувальна здатність є менш вираженою. Це може бути наслідком адаптації підприємств до тривалих кризових умов.

Якість моделі є обмеженою: середня точність класифікації становить 0,583, що лише незначно перевищує випадковий рівень. Пермутаційний тест не

підтвердив статистичної значущості на рівні 5% (p-value = 0,0693), що знижує надійність інтерпретації результатів за цей рік.

2024 рік

--- Discriminant functions in ORIGINAL units (no scaling) ---

$$D_0(x) = -22907.601893 + (-0.000096)*\text{Дохід (млн. грн)} + (+0.001631)*\text{Чистий прибуток (мл. грн)} + (+0.000052)*\text{Активи (мл. грн)} + (-0.000084)*\text{Зобов'язання (мл. грн)} + (-0.004634)*\text{Кількість працівників} + (-3354.518161)*\text{Коефіцієнт автономії} + (+176.712740)*\text{Коефіцієнт покриття (ліквідності)} + (-146.173513)*\text{Рентабельність активів} + (+5.578186)*\text{Продуктивність праці} + (+72.183495)*\text{Індекс економічної свободи} + (-59.734794)*\text{Рейтинг ІТ-захисту} + (-69.649000)*\text{Рейтинг екологічного захисту}$$

$$D_1(x) = -659.735715 + (+0.000010)*\text{Дохід (млн. грн)} + (-0.000170)*\text{Чистий прибуток (мл. грн)} + (-0.000005)*\text{Активи (мл. грн)} + (+0.000009)*\text{Зобов'язання (мл. грн)} + (+0.000446)*\text{Кількість працівників} + (+381.015309)*\text{Коефіцієнт автономії} + (-14.300467)*\text{Коефіцієнт покриття (ліквідності)} + (+14.642481)*\text{Рентабельність активів} + (-0.573675)*\text{Продуктивність праці} + (-7.015246)*\text{Індекс економічної свободи} + (+5.371345)*\text{Рейтинг ІТ-захисту} + (+7.733913)*\text{Рейтинг екологічного захисту}$$

$$D_2(x) = -459.819152 + (+0.000008)*\text{Дохід (млн. грн)} + (-0.000136)*\text{Чистий прибуток (мл. грн)} + (-0.000004)*\text{Активи (мл. грн)} + (+0.000007)*\text{Зобов'язання (мл. грн)} + (+0.000368)*\text{Кількість працівників} + (+274.245458)*\text{Коефіцієнт автономії} + (-15.655605)*\text{Коефіцієнт покриття (ліквідності)} + (+12.092233)*\text{Рентабельність активів} + (-0.464686)*\text{Продуктивність праці} + (-5.869441)*\text{Індекс економічної свободи} + (+4.994790)*\text{Рейтинг ІТ-захисту} + (+5.726961)*\text{Рейтинг екологічного захисту}$$

$$D_3(x) = -580.890018 + (+0.000010)*\text{Дохід (млн. грн)} + (-0.000170)*\text{Чистий прибуток (мл. грн)} + (-0.000005)*\text{Активи (мл. грн)} + (+0.000009)*\text{Зобов'язання (мл. грн)} + (+0.000548)*\text{Кількість працівників} + (+342.032981)*\text{Коефіцієнт автономії} + (-20.553545)*\text{Коефіцієнт покриття (ліквідності)} + (+15.342319)*\text{Рентабельність активів} + (-$$

0.588930)\*Продуктивність праці + (-7.973556)\*Індекс економічної свободи + (+6.340623)\*Рейтинг ІТ-захисту + (+6.738210)\*Рейтинг екологічного захисту

$$D_4(x) = -475.386982 + (+0.000006)*\text{Дохід (млн. грн)} + (-0.000099)*\text{Чистий прибуток (мл. грн)} + (-0.000003)*\text{Активи (мл. грн)} + (+0.000005)*\text{Зобов'язання (мл. грн)} + (+0.000310)*\text{Кількість працівників} + (+175.670147)*\text{Коефіцієнт автономії} + (-11.299687)*\text{Коефіцієнт покриття (ліквідності)} + (+10.750348)*\text{Рентабельність активів} + (-0.348244)*\text{Продуктивність праці} + (-5.364284)*\text{Індекс економічної свободи} + (+5.480924)*\text{Рейтинг ІТ-захисту} + (+4.833889)*\text{Рейтинг екологічного захисту}$$

LDA CV scores: [1. 0.5] mean: 0.75

Permutation test p-value: 0.0099

Результати дискримінантного аналізу за 2024 рік демонструють чітке розмежування підприємств за рівнем економічної безпеки. Визначальну роль відіграють коефіцієнт автономії, коефіцієнт покриття, рентабельність активів, продуктивність праці, а також індекс економічної свободи та рейтинги ІТ- й екологічного захисту. Це свідчить про зростання значущості комплексної оцінки фінансових і нефінансових чинників.

Якість моделі є високою: середнє значення точності крос-валідації становить 0,75, що підтверджує достатню дискримінувальну спроможність. Пермутаційний тест засвідчив високу статистичну значущість моделі (p-value = 0,0099), що дозволяє використовувати її як надійний інструмент аналітичної оцінки.

В умовах підвищеної економічної нестабільності та зростання внутрішніх і зовнішніх загроз особливої актуальності набуває не лише оцінювання поточного рівня економічної безпеки підприємства, а й прогнозування його змін у середньо- та довгостроковій перспективі. Прогнозування дозволяє своєчасно ідентифікувати потенційні ризики, оцінити ймовірність погіршення фінансово-економічного стану та сформулювати превентивні управлінські рішення, спрямовані на збереження стійкості функціонування підприємства.

З метою прогнозування рівня економічної безпеки підприємств у 2025 році у роботі використано дискримінантну модель, побудовану на основі статистичних даних за 2024 рік. Такий підхід ґрунтується на припущенні відносної стабільності взаємозв'язків між системою показників економічної безпеки та кластерною належністю підприємств у короткостроковій перспективі.

На першому етапі підприємства за результатами інтегральної оцінки за 2024 рік були віднесені до відповідних кластерів економічної безпеки (низького, середнього та високого рівнів), що слугувало навчальною вибіркою для побудови дискримінантних функцій. До моделі включено ключові фінансово-економічні, виробничі та інституційні показники, які мають найбільшу дискримінуючу здатність та забезпечують максимальну точність класифікації.

Побудовані дискримінантні функції дозволили сформувані класифікаційні правила, за допомогою яких здійснено прогнозування належності підприємств до відповідних категорій економічної безпеки у 2025 році (рис.24). Для кожного підприємства було розраховано значення дискримінантних функцій, після чого визначено ймовірнісну приналежність до того чи іншого кластеру економічної безпеки.

```

default_growth = {col: 0.01 for col...}
for each row:
    base_vals = X_imputed.loc[idx_label].values
    apply growth -> year1_vec, year2_vec
    apply direction map (invert if needed)
    standardize -> pca.transform -> lda.predict -> cluster predictions
    compute integral and pc1_norm -> ebp_v1, ebp_v2
    append to forecast_rows

```

Рис. 23. Фрагмент коду Python для прогнозування на 2 роки

*Джерело: авторська розробка*

Отримані результати прогнозу наведені у табл. 6.

Таблиця 6

## Прогнозні значення кластерів підприємств на 2025 рік

Назва підприємства	Прогноз на 2025 рік
АТ "Фармак"	2
АТ "Укрзалізниця"	6
"Концерн Галнафтогаз" (ОККО)	4
"Запоріжсталь"	6
Siemens AG	6
ABB Ltd.	6
Fanuc Corporation	2
Bosch	6
Apple Inc.	1
Microsoft Corp.	6
Tesla, Inc.	3
Bayer AG	4
Toyota Motor Corp.	6
Samsung Electronics Co., Ltd.	3
Nestlé S.A.	6
Shell plc	4
LPP S.A.	3
TotalEnergies SE	4
Coca-Cola Company	6
JPMorgan Chase & Co.	6
Tencent Holdings Ltd.	6
Novartis International AG	3
TSMC	6
Alibaba Group Holding Ltd.	2

*Джерело: авторська розробка*

Отримані результати прогнозування кластерної приналежності підприємств на 2025 рік свідчать про суттєву структурну динаміку рівнів економічної безпеки. Аналіз переходів між кластерами дозволяє виділити як стабільні групи підприємств, так і підприємства з вираженою позитивною або негативною міграцією.

#### Підприємства зі стабільною кластерною позицією

До групи стабільних належать підприємства, кластерна приналежність яких не змінюється у прогнозному періоді: АТ «Фармак» (2 → 2), Fanuc Corporation (2 → 2), Tesla, Inc. (3 → 3), LPP S.A. (3 → 3), Novartis International AG (3 → 3), Microsoft Corp. (6 → 6).

Це свідчить про відносну інерційність їх фінансово-економічних характеристик та збереження поточного рівня економічної безпеки без істотних структурних змін.

#### Позитивна кластерна міграція

Значна частина підприємств демонструє підвищення кластерного рівня, що інтерпретується як покращення економічної безпеки: АТ «Укрзалізниця» (2 → 6), «Запоріжсталь» (1 → 6), ABB Ltd. (3 → 6), Bosch (4 → 6), Toyota Motor Corp. (4 → 6), Nestlé S.A. (3 → 6), Coca-Cola Company (3 → 6), JPMorgan Chase & Co. (4 → 6), Tencent Holdings Ltd. (1 → 6), TSMC (3 → 6).

Подібні переходи від нижчих або середніх кластерів до найвищого кластера вказують на прогнозоване зростання фінансової стійкості, ефективності використання ресурсів та загального рівня економічної безпеки.

#### Помірна висхідна динаміка

Окремі підприємства демонструють поступове покращення, переходячи до суміжних кластерів: Bayer AG (3 → 4), Shell plc (3 → 4), TotalEnergies SE (3 → 4), «Концерн Галнафтогаз» (ОККО) (2 → 4), Samsung Electronics Co., Ltd. (2 → 3).

Такі зміни свідчать про помірну позитивну динаміку, яка не носить різкого характеру, але є статистично значущою в межах моделі.

#### Негативна або регресивна міграція

Негативна кластерна міграція спостерігається у поодиноких випадках: Apple Inc. (6 → 1), Alibaba Group Holding Ltd. (4 → 2).

Це може свідчити про підвищені ризики, зниження окремих фінансових або інституційних показників, а також можливий вплив зовнішніх факторів, що погіршують прогностні значення економічної безпеки.

Узагальнюючі висновки

Загалом, результати прогнозу свідчать про:

домінування позитивної кластерної міграції;

формування концентрації підприємств у високому кластері (6) у 2025 році;

наявність обмеженої кількості підприємств з негативною динамікою, що потребують окремого поглибленого аналізу.

Отримані результати підтверджують доцільність використання інтегральних індексів та методів машинного навчання для прогнозування економічної безпеки підприємств і виявлення потенційних ризикових траєкторій розвитку.

### **Рекомендації з підвищення рівня економічної безпеки підприємств**

Доцільним є впровадження інтегрального індексу економічної безпеки як інструменту регулярної діагностики фінансового стану, виробничої ефективності та рівня ризиків. Це дозволить своєчасно виявляти негативні тенденції та приймати превентивні управлінські рішення.

Підприємствам із середнім та низьким рівнем економічної безпеки рекомендовано зменшувати залежність від позикового капіталу, підвищувати коефіцієнт автономії та ліквідності, а також оптимізувати структуру активів і зобов'язань з метою зниження фінансових ризиків.

Для зменшення впливу зовнішніх економічних шоків доцільно розширювати асортимент продукції, освоювати нові ринки та підвищувати гнучкість бізнес-моделей, що сприятиме стабілізації доходів та зростанню фінансової стійкості.

Особливу увагу слід приділяти зростанню продуктивності праці, модернізації основних засобів та впровадженню інноваційних технологій управління виробничими процесами, що сприятиме зростанню рентабельності активів і конкурентоспроможності підприємства.

В умовах цифровізації економіки важливим напрямом підвищення економічної безпеки є впровадження сучасних систем кіберзахисту, регулярний аудит інформаційної безпеки, підвищення цифрової грамотності персоналу та мінімізація ризиків витоку комерційної інформації.

Рекомендується інвестувати у професійний розвиток працівників, впроваджувати мотиваційні програми та формувати ефективну систему управління персоналом, що позитивно впливає на стабільність функціонування підприємства та знижує внутрішні загрози.

Підприємствам доцільно орієнтувати управлінські стратегії на кластер, до якого вони належать за рівнем економічної безпеки. Для підприємств із низьким рівнем безпеки пріоритетом мають бути антикризові заходи, тоді як для підприємств з високим рівнем — стратегія підтримки та розвитку досягнутих позицій.

Використання дискримінантних моделей дозволяє прогнозувати можливе погіршення рівня економічної безпеки та своєчасно коригувати стратегію управління, що підвищує адаптивність підприємства до змін зовнішнього середовища.

Врахування екологічних та соціальних чинників сприяє зниженню репутаційних ризиків, підвищенню довіри інвесторів і партнерів та формуванню довгострокової економічної стійкості підприємства.

Доцільним є розроблення та впровадження цілісної стратегії економічної безпеки, яка поєднує фінансові, організаційні, технологічні та інформаційні заходи та базується на результатах економіко-математичного моделювання.

## ВИСНОВКИ

У роботі вирішено науково-практичне завдання, що полягає у розробці комплексу моделей оцінки рівня економічної безпеки підприємства на основі поєднання інтегральної оцінки, кластерного та дискримінантного аналізу.

У процесі дослідження у першому розділі узагальнено та систематизовано теоретичні підходи до визначення категорії «економічна безпека підприємства». Встановлено, що економічна безпека є багатовимірною динамічною характеристикою, яка відображає здатність підприємства забезпечувати стійкий розвиток, протидіяти внутрішнім і зовнішнім загрозам та адаптуватися до змін економічного середовища. Обґрунтовано доцільність комплексного підходу до її оцінювання, що передбачає інтеграцію фінансових, виробничих, кадрових, інституційних та технологічних компонентів.

Доведено ефективність використання індексного підходу для кількісної оцінки рівня економічної безпеки підприємства. Запропонована система показників дозволяє забезпечити узгодженість різноспрямованих індикаторів, підвищити об'єктивність оцінювання та створити аналітичну основу для міжчасового і міжфірмового порівняння. Особливу увагу приділено впливу кіберзагроз на економічну безпеку підприємств, що є актуальним в умовах цифровізації бізнес-процесів та зростання технологічних ризиків.

У другому розділі роботи сформовано концептуальну модель оцінки економічної безпеки підприємства, яка відображає логіку взаємозв'язку між вихідними показниками, методами аналізу та результатами моделювання. Обґрунтовано доцільність використання інтегральних методів, кластерного та дискримінантного аналізу як взаємодоповнюючих інструментів, що дозволяють не лише оцінити рівень економічної безпеки, а й здійснити типологізацію підприємств та прогнозування їх належності до певних груп безпеки.

У третьому розділі побудовано інтегральний індекс економічної безпеки підприємств на основі даних за 2020–2024 роки, що дало змогу виявити загальні тенденції зміни рівня безпеки під впливом макроекономічної

нестабільності, галузевих особливостей та кризових явищ. Отримані результати свідчать про суттєву диференціацію підприємств за рівнем економічної безпеки та підтверджують необхідність застосування багатовимірних методів аналізу.

Застосування ієрархічного та неієрархічного кластерного аналізу дозволило сформувати однорідні групи підприємств за рівнем економічної безпеки, що підвищило інформативність результатів інтегральної оцінки та забезпечило їх практичну інтерпретацію. На основі отриманих кластерів розроблено дискримінантні моделі, які продемонстрували можливість прогнозування належності підприємств до відповідних категорій економічної безпеки з достатнім рівнем точності.

Практичне значення результатів дослідження полягає у можливості використання запропонованого підходу для моніторингу економічної безпеки підприємств, обґрунтування управлінських рішень та формування превентивних заходів щодо зниження рівня економічних і технологічних ризиків. Розроблений інструментарій може бути адаптований до підприємств різних галузей та використаний у подальших наукових дослідженнях у сфері економічної безпеки та стратегічного управління.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ABC Group. (2025, 17 травня). Статистика кібербезпеки малого бізнесу за 2025 рік.  
[https://abcgroup.com.ua/novosti/statistika\\_kibierbiezpieki\\_malogho\\_biznesu\\_za\\_2025\\_rik\\_17\\_05\\_2025](https://abcgroup.com.ua/novosti/statistika_kibierbiezpieki_malogho_biznesu_za_2025_rik_17_05_2025)
- ABC Group. (2025, May 17). Small business cybersecurity statistics for 2025.  
[https://abcgroup.com.ua/novosti/statistika\\_kibierbiezpieki\\_malogho\\_biznesu\\_za\\_2025\\_rik\\_17\\_05\\_2025](https://abcgroup.com.ua/novosti/statistika_kibierbiezpieki_malogho_biznesu_za_2025_rik_17_05_2025)
2. Асоціація IT Ukraine. (2025). Огляд ринку кібербезпеки в Україні.  
<https://itukraine.org.ua/files/Ukraine-Cybersec-Market-Review.pdf>
3. Геєць, В. М., Кизим, М. О., Клебанова, Т. С., & Черняк, О. І. (2006). Моделювання економічної безпеки: держава, регіон, підприємство. ХНЕУ.  
Heiets, V. M., Kuzym, M. O., Klebanova, T. S., & Cherniak, O. I. (2006). Modeling of economic security: State, region, enterprise [in Ukrainian]. KhNEU.
4. Гривківська, О. В., & Акуленко, О. О. (2023). Модель процесу функціонування механізму економічної безпеки аграрного підприємства. *Ринкова економіка: сучасна теорія і практика управління*, 22(1(53)), 54–62. [https://doi.org/10.18524/2413-9998.2023.1\(53\).288741](https://doi.org/10.18524/2413-9998.2023.1(53).288741)
- Hryvkivska, O. V., & Akulenko, O. O. (2023). Model of the functioning process of the economic security mechanism of an agricultural enterprise. *Market Economy: Modern Theory and Practice of Management*, 22(1(53)), 54–62. [https://doi.org/10.18524/2413-9998.2023.1\(53\).288741](https://doi.org/10.18524/2413-9998.2023.1(53).288741)
5. Дячков, О. О. (2021). Економічна безпека національної економіки: сутність, особливості, структура. *Економічні горизонти*, DOI: [https://doi.org/10.31499/2616-5236.1\(16\).2021.253013](https://doi.org/10.31499/2616-5236.1(16).2021.253013)
- Dyachkov, O. O. (2021). *Economic security of the national economy: Essence, characteristics, structure. Economic Horizons.* [https://doi.org/10.31499/2616-5236.1\(16\).2021.253013](https://doi.org/10.31499/2616-5236.1(16).2021.253013)

6. Зіненко, К., Кобелєва, Т. (2022). Моделювання оцінки економічної безпеки підприємства з використанням стейкхолдерівського підходу. *Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит*, 9–10(175–176). <https://doi.org/10.20998/2313-8890.2022.09.02>
- Zinenko, K., & Kobieliava, T. (2022). Modeling the assessment of enterprise economic security using a stakeholder approach. *Energy Saving. Power Engineering. Energy Audit*, 9–10(175–176). <https://doi.org/10.20998/2313-8890.2022.09.02>
7. Коптєва, Г. М. (2020). Класифікація підходів до оцінки економічної безпеки підприємства. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*, 2(25). <https://doi.org/10.32782/easterneurope.25-32>
- Koptieva, H. M. (2020). Classification of approaches to assessing enterprise economic security. *Eastern Europe: Economy, Business and Management*, 2(25). <https://doi.org/10.32782/easterneurope.25-32>
8. Кушнір, О., Завада, О., Сазонова, Т., Свідер, О., Баула, О., & Коломієць, Б. (2024). Моделювання організаційно-управлінської безпеки фінансового та кадрового забезпечення інноваційного агропідприємництва. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, 5(58), 534–552. <https://doi.org/10.55643/fcaptp.5.58.2024.4590>
- Kushnir, O., Zavada, O., Sazonova, T., Svider, O., Baula, O., & Kolomiets, B. (2024). Modeling organizational and managerial security of financial and personnel support of innovative agribusiness. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, 5(58), 534–552. <https://doi.org/10.55643/fcaptp.5.58.2024.4590>
9. Клебанова, Т. С., Гур'янова, Л. С., Чаговець, Л. О., Панасенко, О. В., Сергієнко, О. А., & Яценко, Р. М. (2024). Бізнес-аналітика багатовимірних процесів [Мультимедійний інтерактивний електронний навчальний посібник]. Харків: Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця. Retrieved from <https://pns.hneu.edu.ua/course/view.php?id=7619>

- Klebanova, T. S., Hurianova, L. S., Chahovets, L. O., Panasenko, O. V., Serhiienko, O. A., & Yatsenko, R. M. (2024). Business analytics of multidimensional processes [Multimedia interactive electronic textbook]. Kharkiv: Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics. Retrieved from <https://pns.hneu.edu.ua/course/view.php?id=7619>
10. Лезіна, А. (2024). Особливості послідовної оцінки рівня економічної безпеки підприємств електроенергетичної галузі. *Цифрова економіка та економічна безпека*, (2(11)), 103–109. <https://doi.org/10.32782/dees.11-16>
- Liezina, A. (2024). Features of the sequential assessment of the level of economic security of electric power industry enterprises. *Digital Economy and Economic Security*, (2(11)), 103–109. <https://doi.org/10.32782/dees.11-16>
11. Міжнародний Інститут Свободи. (2025). *Індекс економічної безпеки 2025* <https://www.ilibertyinstitute.org/index/ekonomichna-bezpeka>
- International Liberty Institute. (2025). *Economic Security Index 2025*. <https://www.ilibertyinstitute.org/index/ekonomichna-bezpeka>
12. Самофалова, М., Іванюта, Т., Сартаков, Д., Благодатний, А., & Єременок, В. (2024). Сутність категорії «економічна безпека»: структура та особливості формування. *Київський економічний науковий журнал*, (7), 127–135. <https://doi.org/10.32782/2786-765X/2024-7-18>
- Samofalova, M., Ivaniuta, T., Sartakov, D., Vlahodatnyi, A., & Yeremenok, V. (2024). The essence of the category “economic security”: Structure and features of formation. *Kyiv Economic Scientific Journal*, (7), 127–135. <https://doi.org/10.32782/2786-765X/2024-7-18>
13. Указ Президента України №347/2021. (2021). Про рішення Ради національної безпеки і оборони України «Про Стратегію економічної безпеки України на період до 2025 року». <https://www.president.gov.ua/documents/3472021-39613>
- President of Ukraine. (2021). Decree No. 347/2021: On the Economic Security Strategy of Ukraine until 2025. <https://www.president.gov.ua/documents/3472021-39613>

14. Фісуненко, П. А. (2019). Забезпечення економічної безпеки підприємства: сутність, принципи, функції, методи, засоби. *Економічний простір*, (152), 176–203. <https://doi.org/10.32782/2224-6282/152-15>
- Fisunenکو, P. A. (2019). Ensuring enterprise economic security: Essence, principles, functions, methods, and tools. *Economic Space*, (152), 176–203. <https://doi.org/10.32782/2224-6282/152-15>
15. A.P. Møller–Mærsk Group. (2018). Annual report 2017. [https://investor.maersk.com/system/files-encrypted/nasdaq\\_kms/assets/2018/04/25/13-00-21/A.P. Moller - Maersk Annual Report 2017.pdf](https://investor.maersk.com/system/files-encrypted/nasdaq_kms/assets/2018/04/25/13-00-21/A.P. Moller - Maersk Annual Report 2017.pdf)
16. Andriushchenko, K., Buriachenko, A., Liezina, A., Lavruk, O., Korzhenivska, N., & Slavina, N. (2024). The impact of labor resources on the economic security of an enterprise in the sustainable development concept. *Technology Audit and Production Reserves*, 6(4(80)), 21–31. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2024.318702>
17. Blakyyta, H., Bohma, O., & Bolduieva, O. et al. (2021). Modeling enterprises' economic security in crisis conditions. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (4), 116–123. <https://doi.org/10.33271/nvngu/20214/116>
18. Bondarenko, S., Tkachuk, H., Klochan, I., Mokhnenko, A., Liganenko, I., & Martynenko, V. (2021). Modeling of economic security of the enterprise at change of investment maintenance. *Studies of Applied Economics*, 39(7). <https://doi.org/10.25115/eea.v39i7.5011>
19. Bordoloi, R., Réda, C., Trautmann, O., Wolkenhauer, O., & al. (2025). Multivariate functional linear discriminant analysis for partially-observed time series. *Machine Learning*, 114, 80. <https://doi.org/10.1007/s10994-025-06741-0>

20. Britchenko, I. (2025). Enterprise economic security policy in politically volatile environments. *Economics, Finance and Management Review*, (2(22)), 57–68. <https://doi.org/10.36690/2674-5208-2025-2-57-68>
21. Chaudhry, M., Shafi, I., Mahnoor, M., Vargas, D. L. R., Thompson, E. B., & Ashraf, I. (2023). A systematic literature review on identifying patterns using unsupervised clustering algorithms: A data mining perspective. *Symmetry*, 15(9), 1679. <https://doi.org/10.3390/sym15091679>
22. Eurostat (2024). ICT security in enterprises. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=ICT\\_security\\_in\\_enterprises#Consequences\\_of\\_ICT\\_related\\_security\\_incidents](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=ICT_security_in_enterprises#Consequences_of_ICT_related_security_incidents)
23. GOV.UK (2025). Cyber security breaches survey 2025. <https://www.gov.uk/government/statistics/cyber-security-breaches-survey-2025/cyber-security-breaches-survey-2025#chapter-5-dealing-with-cyber-breaches-or-attacks>
24. H-X Technologies. (2023). Cyber threats forecast 2024. <https://www.h-x.technology/ua/blog-ua/cyber-threats-forecast-2024-ua>
25. Masaev, S. N., et al. (2020). A strategic planning of a digital copy (an enterprise). *Journal of Physics: Conference Series*, 1679, 032010. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1679/3/032010>
26. Melnyk, L., Kubatko, O., Dehtyarova, I., Matsenko, O., & Rozhko, O. (2019). The effect of industrial revolutions on the transformation of social and economic systems. *Problems and Perspectives in Management*, 17(4), 381–391. [https://doi.org/10.21511/ppm.17\(4\).2019.31](https://doi.org/10.21511/ppm.17(4).2019.31)
27. Mishchuk, I. (2023). Conceptual model of economic security formation and the place of the security process in this model. *Economics, Finance and Management Review*, 40–49. <https://doi.org/10.36690/2674-5208-2023-1-40>
28. Pankova, M., Kwilinski, A., Dalevska, N., & Khobta, V. (2023). Modelling the level of the enterprise' resource security using artificial neural networks. *Virtual Economics*, 6(1), 71–91. [https://doi.org/10.34021/ve.2023.06.01\(5\)](https://doi.org/10.34021/ve.2023.06.01(5))

29. Revko, A., Tulchynska, S., & Tkachenko, T. (2021). Economic security of an industrial enterprise in competitive conditions. *Research Papers in Economics and Finance*, 5(1), 78–86. <https://doi.org/10.18559/ref.2021.1.6>
30. SIPRI. (2025). Yearbook 2025: Security. [https://www.sipri.org/sites/default/files/2025-09/yb25\\_summary\\_ukr.pdf](https://www.sipri.org/sites/default/files/2025-09/yb25_summary_ukr.pdf)
31. SolarWinds. (2023). Investor relations filings and press releases regarding the 2020 cyberattack. <https://www.alston.com/-/media/files/insights/publications/2023/11/the-sec-sues-solarwinds.pdf>
32. Springer, C. (2025). A quantitative notion of economic security for smart contract compositions. [https://doi.org/10.1007/978-3-032-00492-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-032-00492-5_11)
33. Trush, M., Trush, O., Radzivilov, H., & Toliupa, S. (2021). Management mechanism of the economic security system of the enterprise. *Modeling and Information Systems in Economics*, 101, 146–161. <https://doi.org/10.33111/mise.101.12>
34. U.S. Department of Justice. (2021). Justice Department seizes \$2.3 million in cryptocurrency paid to the ransomware extortionists of the Colonial Pipeline. <https://www.justice.gov/archives/opa/pr/department-justice-seizes-23-million-cryptocurrency-paid-ransomware-extortionists-darkside>
35. Volkswagen Group. (2025). Financial reporting and statements on the Dieselgate settlement. <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/volkswagen-dieselgate-zehn-jahre-100.html>
36. Zybareva, O., Shevchenko, I., Tulchynska, S., Popov, O., & Yangulov, E. (2022). Assessment of spatial challenges of the economic security system of industrial enterprises. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 12(4), 421–428. <https://doi.org/10.18280/ijssse.120402>

# ДОДАТКИ

## Додаток А

### Повний скрипт моделювання ЕБП з очищенням назви компанії + діагностика Лінійного дискримінантного аналізу

""""

*Full EBP modeling script with company-name cleaning + LDA diagnostics.*

*Adjust INPUT\_FILE and SHEET\_NAME to your environment.*

*Requires: pandas, numpy, scikit-learn, scipy, matplotlib, openpyxl*

""""

```
import os
import re
import unicodedata
import difflib
import warnings
from datetime import datetime
import pandas as pd
import numpy as np
from sklearn.impute import SimpleImputer
from sklearn.preprocessing import StandardScaler, MinMaxScaler
from sklearn.decomposition import PCA
from sklearn.cluster import KMeans
from sklearn.discriminant_analysis import LinearDiscriminantAnalysis
from sklearn.model_selection import StratifiedKFold, KFold, cross_val_score
from sklearn.model_selection import permutation_test_score
from sklearn.metrics import silhouette_score
from scipy.cluster.hierarchy import linkage, dendrogram
import matplotlib.pyplot as plt

warnings.filterwarnings("default")

# ----- Settings -----
INPUT_FILE = r"C:\Users\ZiRBy231\PycharmProjects\ScrapANovel\База даних підприємств
1.xlsx"
SHEET_NAME = "2024"
OUTPUT_XLSX = "ebp_results.xlsx"
DENDROGRAM_PNG = "dendrogram.png"
SIMILARITY_CUTOFF = 0.6

expected_columns = [
    "Назва підприємства",
    "Дохід (млн. грн)",
    "Чистий прибуток (мл. грн)",
    "Активи (мл. грн)",
```

```

"Зобов'язання (мл. грн)",
"Кількість працівників",
"Коефіцієнт автономії",
"Коефіцієнт покриття (ліквідності)",
"Рентабельність активів",
"Продуктивність праці",
"Індекс економічної свободи",
"Рейтинг ІТ-захисту",
"Рейтинг екологічного захисту",
]

# manual_map helps resolve known alternative headers in your file
manual_map = {
    # "Чистий прибуток (мл. грн)": ["ЧП", "Чистий прибуток"],
}

# ----- Utilities -----

def normalize_col_name(s: str) -> str:
    if s is None:
        return ""
    s2 = str(s)
    s2 = unicodedata.normalize("NFKC", s2)
    s2 = s2.replace("\xa0", " ")
    s2 = s2.lower()
    s2 = re.sub(r"^[^w\(\)\%\-]+", " ", s2, flags=re.UNICODE)
    s2 = re.sub(r"\s+", " ", s2).strip()
    return s2

def find_best_matches(expected_list, actual_cols):
    norm_actual = {ac: normalize_col_name(ac) for ac in actual_cols}
    rev = {}
    for ac, nac in norm_actual.items():
        rev.setdefault(nac, []).append(ac)
    mapping = {}
    report_lines = []
    actual_norm_values = list(norm_actual.values())
    for exp in expected_list:
        # manual map first
        if exp in manual_map and manual_map[exp]:
            found_name = None
            for alias in manual_map[exp]:
                norm_alias = normalize_col_name(alias)
                if norm_alias in rev:

```

```

        found_name = rev[norm_alias][0]
        report_lines.append(f"mapped (manual) '{exp}' -> '{found_name}' using alias
'{alias}'")
        break
    if found_name:
        mapping[exp] = found_name
        continue
    norm_exp = normalize_col_name(exp)
    if norm_exp in rev:
        mapping[exp] = rev[norm_exp][0]
        report_lines.append(f"exact match '{exp}' -> '{mapping[exp]}' (normalized)")
        continue
    best = difflib.get_close_matches(norm_exp, actual_norm_values, n=1,
cutoff=SIMILARITY_CUTOFF)
    if best:
        best_norm = best[0]
        actual_candidate = next((ac for ac, nac in norm_actual.items() if nac == best_norm), None)
        mapping[exp] = actual_candidate
        report_lines.append(f"close match '{exp}' -> '{actual_candidate}'")
        continue
    mapping[exp] = None
    report_lines.append(f"NO match for expected '{exp}' (will create NaN column)")
return mapping, report_lines

```

```
# ----- Pre-check file/sheet -----
```

```

if not os.path.exists(INPUT_FILE):
    raise FileNotFoundError(f"Input file not found: {INPUT_FILE}")

```

```
xls = pd.ExcelFile(INPUT_FILE, engine="openpyxl")
```

```
sheets = xls.sheet_names
```

```
print("Sheets in workbook:", sheets)
```

```
xls.close()
```

```
if SHEET_NAME not in sheets:
```

```
    raise ValueError(f"Sheet '{SHEET_NAME}' not found. Available: {sheets}")
```

```
# ----- Read and initial mapping -----
```

```
df_raw = pd.read_excel(INPUT_FILE, sheet_name=SHEET_NAME, engine="openpyxl")
```

```
df_raw.columns = [c.strip() if isinstance(c, str) else c for c in df_raw.columns]
```

```
actual_cols = list(df_raw.columns)
```

```
mapping, report = find_best_matches(expected_columns, actual_cols)
```

```
print("\nMapping report:")
```

```
for line in report:
```

```
    print(" ", line)
```

```

# Build 'prepared' df in expected order; create NaN columns if not found
prepared = pd.DataFrame(index=df_raw.index)
for exp_col in expected_columns:
    if exp_col == "Назва підприємства":
        actual_name = mapping.get(exp_col)
        if actual_name is None:
            # try to detect by presence of 'назва'
            candidates = [c for c in actual_cols if "назва" in normalize_col_name(c)]
            if candidates:
                actual_name = candidates[0]
                print(f"Auto-detected name column '{actual_name}'")
            if actual_name is None:
                raise ValueError("Could not find company name column in the sheet.")
            prepared[exp_col] = df_raw[actual_name].astype(str)
            name_col = exp_col
        else:
            actual_name = mapping.get(exp_col)
            if actual_name is None:
                prepared[exp_col] = np.nan
                print(f"Warning: column '{exp_col}' not found — created as NaN")
            else:
                prepared[exp_col] = df_raw[actual_name]

# ----- CLEAN COMPANY NAMES BEFORE ANY MODELING -----
# strip, replace NBSP, unify
prepared["Назва підприємства"] = prepared["Назва підприємства"].astype(str).str.replace("\xa0",
" ").str.strip()

companies = prepared["Назва підприємства"].copy()

# define invalid masks:
# - rows that look like years: '2020', '1999'
mask_year = companies.str.match(r'^\s*(?:19|20)\d{2}\s*$', na=False)
# - values that equal typical tokens
mask_token = companies.str.lower().isin(['nan', 'none', "", 'n/a', 'рік', 'роки', 'пik'])
# - purely numeric strings (not company names)
mask_numeric = companies.str.match(r'^\s*\d+\s*$', na=False)
# - very short or non-alphanumeric names (like '--' or just punctuation)
mask_short = companies.str.replace(r'\W', "", regex=True).str.len() <= 1

mask_invalid = mask_year | mask_token | mask_numeric | mask_short

if mask_invalid.any():
    print("\nDetected rows with invalid company names (will be dropped):")
    print(prepared.loc[mask_invalid, "Назва підприємства"].value_counts(dropna=False))

```

```

# drop from prepared and corresponding rows will be dropped from later matrices by using
prepared.index
prepared = prepared.loc[~mask_invalid].copy()
print(f"Dropped {mask_invalid.sum()} rows with invalid company names. Remaining rows:
{prepared.shape[0]}")
else:
    print("\nNo invalid company-name rows detected.")

# ----- Numeric cleaning -----
numeric_cols = [c for c in prepared.columns if c != "Назва підприємства"]

def clean_series_to_numeric(series_in):
    s = series_in.astype(str).str.replace(", ", ".").str.replace("%", "").str.replace("\xa0", " ").str.strip()

    return pd.to_numeric(s, errors="coerce")

for col_local in numeric_cols:
    prepared[col_local] = clean_series_to_numeric(prepared[col_local])

# flags: was NaN before imputation
for col_local in numeric_cols:
    prepared[f"{col_local}_was_nan"] = prepared[col_local].isna().astype(int)

print("\nMissing fraction (after company-name cleaning, before handling fully-empty):")
print(prepared[numeric_cols].isna().mean())

# Handle fully-empty columns (fill reasonable defaults)
all_nan_cols = [c for c in numeric_cols if prepared[c].isna().all()]
if all_nan_cols:
    print("\nFully empty columns detected:", all_nan_cols)
    for col_all in all_nan_cols:
        low = col_all.lower()
        if "рейтинг" in low or "it" in low or "rating" in low:
            prepared[col_all] = 50.0
            print(f" {col_all}: filled with 50 (rating default)")
        elif any(k in low for k in ["дохід", "прибут", "актив", "зобов", "кільк"]):
            prepared[col_all] = 0.0
            print(f" {col_all}: filled with 0 (financial default)")
        else:
            prepared[col_all] = 0.0
            print(f" {col_all}: filled with 0 (default)")

# Imputation (median)
imputer = SimpleImputer(strategy="median")

```

```

X_imputed_vals = imputer.fit_transform(prepared[numeric_cols].values)
X_imputed = pd.DataFrame(X_imputed_vals, columns=numeric_cols, index=prepared.index)
print("\nMissing after imputation (should be 0):")
print(X_imputed.isna().sum())

# Direction map (where higher = worse)
direction_map = {}
for col_local in numeric_cols:
    if any(key in col_local for key in ["зобов", "пасив"]):
        direction_map[col_local] = -1
    else:
        direction_map[col_local] = 1

X_directioned = X_imputed.copy()
for col_local, sign_local in direction_map.items():
    if sign_local == -1:
        X_directioned[col_local] = X_directioned[col_local].max() - X_directioned[col_local]

# PCA prep (standardize first)
scaler_standard = StandardScaler()
X_std_for_pca = scaler_standard.fit_transform(X_directioned.values)

pca = PCA()
pca.fit(X_std_for_pca)
explained_var = pca.explained_variance_ratio_
print("\nPCA explained variance ratios:", np.round(explained_var, 4))

pc1 = pca.transform(X_std_for_pca)[: , 0]
pc1_scaler = MinMaxScaler((0, 1))
pc1_norm = pc1_scaler.fit_transform(pc1.reshape(-1, 1)).ravel()

# Integral score via min-max
minmax_scaler = MinMaxScaler((0, 1))
minmax_scaler.fit(X_directioned.values)
X_minmax = pd.DataFrame(minmax_scaler.transform(X_directioned.values),
                        columns=X_directioned.columns, index=X_directioned.index)
weights = pd.Series(1.0, index=X_minmax.columns)
weights = weights / weights.sum()
integral_score = (X_minmax * weights).sum(axis=1)
ebp_score = (integral_score + pd.Series(pc1_norm, index=integral_score.index)) / 2.0

prepared["PCA_score_0_1"] = pc1_norm
prepared["Integral_score"] = integral_score
prepared["EBP_score_0_1"] = ebp_score

# Clustering: choose k by silhouette

```

```

best_k = 2
best_sil = -1.0
for k_try in range(3, 7):
    ktmp = KMeans(n_clusters=k_try, random_state=42, n_init=10)
    lab_tmp = ktmp.fit_predict(X_minmax.values)
    sil_tmp = silhouette_score(X_minmax.values, lab_tmp)
    if sil_tmp > best_sil:
        best_sil = sil_tmp
        best_k = k_try

print(f"\nBest k by silhouette = {best_k} (silhouette={best_sil:.4f})")

kmeans = KMeans(n_clusters=best_k, random_state=42, n_init=20)
labels = kmeans.fit_predict(X_minmax.values)
prepared["cluster_kmeans"] = labels

# Merge singletons if present
counts = pd.Series(labels).value_counts().sort_index()
singletons = counts[counts < 2]
if not singletons.empty:
    print("Merging singleton clusters...")
    centroids = kmeans.cluster_centers_
    labels_adj = labels.copy()
    for singleton_cluster in singletons.index:
        idxs = np.where(labels == singleton_cluster)[0]
        for pos in idxs:
            point = X_minmax.values[pos].reshape(1, -1)
            dists = np.linalg.norm(centroids - point, axis=1)
            dists[singleton_cluster] = np.inf
            new_cluster = int(np.argmin(dists))
            labels_adj[pos] = new_cluster
    prepared["cluster_kmeans"] = labels_adj
    labels = labels_adj

# Dendrogram (labels are cleaned prepared['Назва підприємства'])
Z = linkage(X_minmax.values, method="ward", metric="euclidean")
plt.figure(figsize=(12, 6))
dendrogram(Z, labels=prepared["Назва підприємства"].astype(str).values, leaf_rotation=90)
plt.title(f"Dendrogram — {SHEET_NAME}")
plt.tight_layout()
plt.savefig(DENDROGRAM_PNG, dpi=300)
plt.show()

# ----- LDA -----
X_for_lda = X_std_for_pca
y_for_lda = prepared["cluster_kmeans"].values

```

```

lda = LinearDiscriminantAnalysis()
lda.fit(X_for_lda, y_for_lda)

lda_coefs = lda.coef_
lda_intercepts = lda.intercept_
features_list = X_directioned.columns.tolist()

# ----- DIAGNOSTIC BLOCK (ADDED) -----
print("\n--- LDA diagnostics (full precision) ---")
np.set_printoptions(precision=12, suppress=False)
print("lda.coef_.shape:", lda.coef_.shape)
print("lda.coef_ (full):\n", lda.coef_)
print("lda.intercept_ (full):\n", lda.intercept_)

# Check variances and rank
print("\nFeature variances (X_for_lda):", np.var(X_for_lda, axis=0))
print("Matrix rank of X_for_lda:", np.linalg.matrix_rank(X_for_lda), "/", X_for_lda.shape[1])

# Convert LDA coefficients back to original (unstandardized) units:
w = lda.coef_
b = lda.intercept_
scale_vec = scaler_standard.scale_
mean_vec = scaler_standard.mean_
coef_orig = w / scale_vec.reshape(1, -1)
intercept_orig = b - (w * mean_vec.reshape(1, -1) / scale_vec.reshape(1, -1)).sum(axis=1)

print("\n--- Discriminant functions in ORIGINAL units (no scaling) ---")
for cls_idx in range(coef_orig.shape[0]):
    terms_out = [f"({coef_orig[cls_idx,i]:+.6f})*{features_list[i]}" for i in range(len(features_list))]
    print(f"D_{cls_idx}(x) = {intercept_orig[cls_idx]:+.6f} + " + " + ".join(terms_out))

# ----- Safe CV & permutation -----
min_class = int(pd.Series(y_for_lda).value_counts().min())
if min_class >= 2:
    n_splits_cv = min(5, min_class)
    cv = StratifiedKFold(n_splits=n_splits_cv, shuffle=True, random_state=42)
else:
    cv = KFold(n_splits=5, shuffle=True, random_state=42)

cv_scores = cross_val_score(lda, X_for_lda, y_for_lda, cv=cv, scoring="accuracy")
print("LDA CV scores:", np.round(cv_scores, 4), "mean:", cv_scores.mean())

perm_pvalue = None
if min_class >= 2:
    try:

```

```

    perm_score, perm_scores, perm_pvalue = permutation_test_score(lda, X_for_lda, y_for_lda,
                                                                cv=cv, n_permutations=100, n_jobs=1)
    print(f"Permutation test p-value: {perm_pvalue:.4f}")
except Exception as e_perm:
    print("Permutation test skipped:", e_perm)
else:
    print("Permutation test skipped because a class has <2 observations.")

# ----- Forecast 2 years -----
default_growth = {col_name: 0.01 for col_name in X_directioned.columns}
forecast_rows = []
for idx_label in prepared.index:
    base_vals = X_imputed.loc[idx_label].values
    growth_array = np.array([default_growth.get(cn, 0.0) for cn in X_directioned.columns])
    year1_vec = base_vals * (1.0 + growth_array)
    year2_vec = year1_vec * (1.0 + growth_array)

s1_local = pd.Series(year1_vec, index=X_directioned.columns)
s2_local = pd.Series(year2_vec, index=X_directioned.columns)

for col_k_local, sign_local in direction_map.items():
    if sign_local == -1:
        s1_local[col_k_local] = X_imputed[col_k_local].max() - s1_local[col_k_local]
        s2_local[col_k_local] = X_imputed[col_k_local].max() - s2_local[col_k_local]

v1_dir = s1_local.values
v2_dir = s2_local.values

v1_std = scaler_standard.transform([v1_dir])[0]
v2_std = scaler_standard.transform([v2_dir])[0]
v1_pca = pca.transform([v1_std])[0]
v2_pca = pca.transform([v2_std])[0]

c11 = int(lda.predict([v1_pca])[0])
c12 = int(lda.predict([v2_pca])[0])

v1_min = minmax_scaler.transform([v1_dir])[0]
v2_min = minmax_scaler.transform([v2_dir])[0]
integral_v1 = (v1_min * weights.values).sum()
integral_v2 = (v2_min * weights.values).sum()

v1_pc1_norm = pc1_scaler.transform(pca.transform([v1_std])[0].reshape(-1, 1))[0, 0]
v2_pc1_norm = pc1_scaler.transform(pca.transform([v2_std])[0].reshape(-1, 1))[0, 0]

ebp_v1 = (integral_v1 + v1_pc1_norm) / 2.0
ebp_v2 = (integral_v2 + v2_pc1_norm) / 2.0

```

```

forecast_rows.append({
    "Назва підприємства": prepared.loc[idx_label, "Назва підприємства"],
    "cluster_predict_1y": cl1,
    "cluster_predict_2y": cl2,
    "integral_1y": float(integral_v1),
    "integral_2y": float(integral_v2),
    "EBP_score_1y": float(ebp_v1),
    "EBP_score_2y": float(ebp_v2)
})

```

```

forecast_df = pd.DataFrame(forecast_rows)

```

```

# ----- Safe saving results -----

```

```

def safe_save_results(df_to_save_prepared, importance_df_local, forecast_df_local,
out_fname=OUTPUT_XLSX):
    try:
        with pd.ExcelWriter(out_fname, engine="openpyxl") as writer:
            df_to_save_prepared.to_excel(writer, sheet_name="results", index=False)
            importance_df_local.to_excel(writer, sheet_name="lda_feature_importance", index=False)
            forecast_df_local.to_excel(writer, sheet_name="forecast_2y", index=False)
        print(f"\nSaved results to: {out_fname}")
        return out_fname
    except PermissionError:
        ts = datetime.now().strftime("%Y%m%d_%H%M%S")
        alt_name = os.path.splitext(out_fname)[0] + f"_{ts}" + os.path.splitext(out_fname)[1]
        with pd.ExcelWriter(alt_name, engine="openpyxl") as writer:
            df_to_save_prepared.to_excel(writer, sheet_name="results", index=False)
            importance_df_local.to_excel(writer, sheet_name="lda_feature_importance", index=False)
            forecast_df_local.to_excel(writer, sheet_name="forecast_2y", index=False)
        print(f"\nCould not write to '{out_fname}' (maybe it's open). Saved to: {alt_name}")
        return alt_name

```

```

importance_df = pd.DataFrame({"feature": features_list, "abs_coef_sum":
np.abs(lda_coefs).sum(axis=0)})
saved_file = safe_save_results(prepared, importance_df, forecast_df, out_fname=OUTPUT_XLSX)
print("\nSaved:", saved_file)
print("Dendrogram saved as:", DENDROGRAM_PNG)
print("\nEBP_score statistics:")
print(prepared["EBP_score_0_1"].describe())

```