

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Навчально-науковий інститут бізнес-технологій «УАБС»

# ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВИТКУ КІБЕРПРОСТОРУ КРАЇНИ

Монографія



За загальною редакцією О. В. Кузьменко, Г. М. Яровенко

Рекомендовано вченою радою Сумського державного університету

Суми  
Сумський державний університет  
2020

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Навчально-науковий інститут бізнес-технологій «УАБС»

# **ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗВИТКУ КІБЕРПРОСТОРУ КРАЇНИ**

Монографія

За загальною редакцією О. В. Кузьменко, Г. М. Яровенко

Рекомендовано вченою радою Сумського державного університету

Київ  
Інтерсервіс  
2020



УДК 303.09:004.056:330.34; 334.012:339.194

Авторський колектив:

*О. В. Кузьменко*, доктор економічних наук;  
*Г. М. Яровенко*, кандидат економічних наук;  
*О. А. Криклій*, кандидат економічних наук;  
*К. Г. Грищенко*, кандидат технічних наук;  
*Т. В. Доценко*, аспірант кафедри економічної кібернетики;  
*О. В. Колотіліна*, аспірант кафедри економічної кібернетики;  
*В. О. Ковач*, аспірант кафедри економічної кібернетики;  
*С. О. Куїнерьов*, аспірант кафедри економічної кібернетики

Рецензенти:

*С. В. Леонов* – доктор економічних наук, професор, начальник департаменту бізнес-процесів Сумського державного університету (м. Суми);  
*С. В. Агаджанова* – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри кібернетики та інформатики Сумського національного аграрного університету (м. Суми);

*Рекомендовано до видання вченою радою  
Сумського державного університету як монографія  
(протокол № 5 від 12 листопада 2020 року)*

Теорія та практика забезпечення розвитку кіберпростору країни : Монографія / О. В. Кузьменко, Г. М. Яровенко, О. А. Криклій, К. Г. Грищенко та ін.; за заг. ред. О. В. Кузьменко, Г. М. Яровенко. — К.: Інтерсервіс, 2020. — 192 с.

ISBN 978-966-999-097-6

Монографія присвячена розробці теоретичних та практичних засад забезпечення розвитку кіберпростору країни, а саме: бібліометричного аналізу досліджень інформаційної безпеки в розрізі розвитку національної економіки; канонічного аналізу взаємозв'язку інформаційної безпеки та соціо-економіко-політичного розвитку країни; аналізу із використанням карт Кохонена для оцінки рівня інформаційної безпеки країн з урахуванням їх розвитку; організаційно-інституційних засад забезпечення стійкості фінансового кіберпростору; системно-динамічного підходу трансформації систем захисту на основі блокчейнів; нечітко-множинного методу виявлення ризиків порушення кібербезпеки банку; гравітаційного моделювання при оцінюванні ризику використання банків з метою легалізації доходів, отриманих злочинним шляхом; підходу ігromоделювання процесів оптимізації державного регулювання економічної безпеки національної економіки; моделювання інтегрального індексу загрози національної економіки за допомогою метода Кернела. Монографія призначена для студентів і викладачів вищих навчальних закладів, аналітиків, фахівців з питань кібербезпеки.

ISBN 978-966-999-097-6

УДК 303.09:004.056:330.34; 334.012:339.194  
© Кузьменко О.В., Яровенко Г.М. 2020

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
РОЗДІЛ 1. ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА ЯК ОСНОВА ФОРМУВАННЯ КІБЕРПРОСТОРУ КРАЇНИ.....	8
1.1. Бібліометричний аналіз досліджень інформаційної безпеки в розрізі розвитку національної економіки.....	8
1.2. Канонічний аналіз взаємозв'язку інформаційної безпеки та соціо-економіко-політичного розвитку країни.....	21
1.3. Використання карт Кохонена для аналізу рівня інформаційної безпеки країн з урахуванням їх розвитку.....	36
РОЗДІЛ 2 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ІНСТИТУЦІЙНІ ЗАСАДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ФІНАНСОВОГО КІБЕРПРОСТОРУ .....	48
РОЗДІЛ 3. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВНУТРІШНЬОЇ КІБЕРБЕЗПЕКИ ЕКОНОМІЧНИХ АГЕНТІВ.....	64
3.1. Перспективи застосування технології блокчейн в системах забезпечення кібербезпеки банків.....	64
3.2. Системно-динамічний підхід трансформації систем захисту на основі блокчейнів.....	79
3.3. Нечітко-множинний метод виявлення ризиків порушення кібербезпеки банку з боку його персоналу.....	93
3.4. Використання гравітаційного моделювання при оцінюванні ризику використання банків з метою легалізації доходів, отриманих злочинним шляхом.....	110
РОЗДІЛ 4. МЕХАНІЗМ РЕГУЛЮВАННЯ БЕЗПЕКИ ДЕРЖАВИ ЯК ДЕТЕРМІНАНТА ЇЇ РОЗВИТКУ.....	131
4.1. Оцінка ризиків соціо-економіко-політичного розвитку України.....	131
4.2. Ігроделювання процесів оптимізації державного регулювання економічної безпеки національної економіки.....	145
4.3. Моделювання інтегрального індексу загрози національної економіки за допомогою метода Кернела.....	157
ВИСНОВКИ.....	173
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	179



Враховуючи вищевикладене, сформовано висновок, що для удосконалення Державного регулювання економічної безпеки національної економіки, запропоновано застосовувати інструментарій «теорія ігор». Практичне застосування такої методики дозволить вирішити ряд існуючих проблемних питань у напрямі сучасного, новітнього розвитку країни. Це допоможе створити дієві інструменти для стабільного розвитку національної економіки, забезпечить стійку макроекономічну позицію, дозволить зменшити економічну, технологічну та виробничу залежність держави, знизити рівень інфляції, скоротити ресурсну заборгованість країни, збільшити імпорт, зменшити експорт, сприятиме розвитку міжнародних ділових відносин, залучення іноземних інвестицій, допоможе знизити рівень корупції та впливу її негативних наслідків на економіку, зменшити розрив у фінансовому рівні забезпечення серед населення країни, забезпечить збалансованість бюджету, скорочення дефіцит бюджету, сприятиме збільшенню податкових надходжень до бюджету, дозволить забезпечити конкурентоспроможність країни, допоможе забезпечити стійкість до дестабілізуючих факторів.

#### **4.3. Моделювання інтегрального індексу загрози національної економіки за допомогою метода Кернела**

В останні 35-40 років на макроекономічному рівні спостерігається активне вивчення та розвиток питань економічної небезпеки, що супроводжується безперервними змінами сутності, понять та методик забезпечення відповідних показників безпеки економіки. Основні матеріали цих досліджень в більшій частині ґрунтуються на розрахунку загального рівня економічної безпеки країн та відповідного ранжування держав згідно визначеного рівня. Паралельно з цим формуються основні відмінності таких досліджень, що полягають у різних наборах факторів та чинників, що впливають на рівень безпеки кожної країни,

визначення сили впливу та розміру вагомості таких факторів загрози національним економікам держав.

Відомі сучасні методики визначення рівня загрози економіки країн світу, наразі враховують основні тенденції функціонування та розвитку світової економічної системи, сучасних інформаційних технологій, останні досягнення в напрямку економічної теорії. У сучасних умовах розвитку кожна окремо взята держава піддається впливу всіх цих процесів, що визначають тенденції сьогодення, визначаючи, диверсифікуючи та ускладнюючи проблеми економічної безпеки. Так, аналіз існуючих методик оцінки загрози національної економіки вказує на відсутність в економічній літературі досконалого дієвого та якісного підходу до методик визначення загроз економіці країни, що викликає гостру необхідність розробки ефективної методології забезпечення національної економічної безпеки країни.

Для вивчення категорії індексу загрози національної економіки проведено аналіз наявної літератури шляхом побудови карти наукової бібліографії терміну «threatindex» (індекс загрози) [102, 103, 104, 105, 106] за період останніх п'яти років, тобто 2016 - 2020 рр. у частині таких галузей як економіка, економетрика, фінанси та бізнес, управління та бухгалтерський облік за допомогою програми VOSViewerv.1.6.10. Відповідні результати аналізу зображено у вигляді графіку (рис. 4.6). Формування карти наукової бібліографії зазначеного поняття базується на даних трактатів [107, 108, 109], знайдених, відібраних та побудованих у архіві зібрань Scopus.

Аналіз рисунку 4.6 надає можливість здійснити висновки про те, що дослідження теми визначення індексу загрози національної економіки є актуальним, а доказом цього є велика чисельність праць вчених за напрямком цієї сфери [110, 111, 112, 113]. На карті зображено кластери видань, сформованих по ключовими словам. Таким чином було виділено 14 кластерів, включаючи ключові слова, що різняться між собою кольорами. Особливо великими є кластери, що мають зв'язок з такими поняттями, як оцінювання ризику, стабільний розвиток,



економічна безпека, прийняття рішень, системи безпеки, банкрутство, інфляція, безробіття тощо [114, 115, 116, 117, 118].

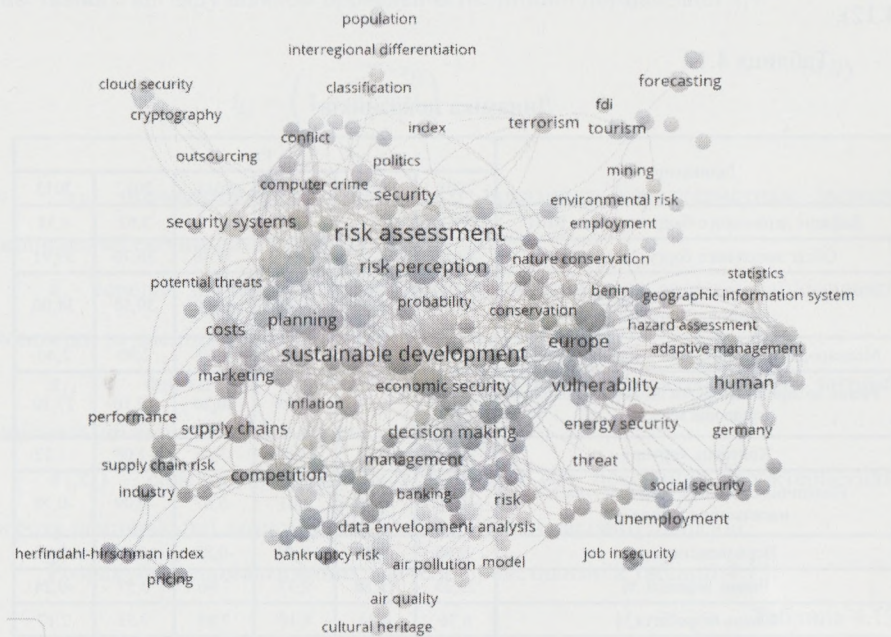


Рисунок 4.6 – Карта наукового бібліографічного поняття «threatindex» (індекс загрози) за період останніх п'яти, тобто 2016 - 2020 рр. за використанням програмного забезпечення VOSViewerv.1.6.10

З метою здійснення оцінки індексу загрози національної економіки пропонується побудувати структурно-логічну математичну модель, що включає відповідну послідовність певних етапів дослідження.

Етап 1. Створення інформаційної бази вхідних предикторів за період з 2008 по 2019 рр. у динаміці, а саме: Дефіцит державного бюджету, % до ВВП; Обсяг загального боргу, % до ВВП; Частки іноземного капіталу у статутному капіталі банків; Міжнародні резерви країни в місяцях імпорту; Рівень доларизації, частка іноземної валюти у грошовій масі, %; Контроль корупції; Політична стабільність

та відсутність насильства / тероризму; Верховенство права; Рівень інфляції, %; Рівень безробіття,%; Індекс GINI; Рівень тіньової економіки, % ВВП (таблиця 4.12).

Таблиця 4.12

Динаміка показників

Індикатор	Рік					
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Дефіцит державного бюджету, % до ВВП	1,43	3,93	5,99	1,77	3,62	4,34
Обсяг загального боргу, % до ВВП	19,12	33,57	40,05	36,40	36,70	39,91
Частки іноземного капіталу у статутному капіталі банків	36,70	35,80	40,60	41,90	39,50	34,00
Міжнародні резерви країни в місяцях імпорту	6,70	4,40	5,00	3,60	2,90	2,40
Рівень доларизації, частка іноземної валюти у грошовій масі, %	30,73	31,70	29,19	30,30	32,10	27,10
Контроль корупції	-0,84	-1,04	-1,03	-1,05	-1,08	-1,13
Політична стабільність та відсутність насильства / тероризму	0,04	-0,30	0,01	-0,07	-0,09	-0,78
Верховенство права	-0,68	-0,76	-0,81	-0,82	-0,78	-0,80
Рівень інфляції, %	25,23	15,88	9,37	7,96	0,57	-0,24
Рівень безробіття, %	6,36	8,84	8,10	7,85	7,53	7,17
Індекс GINI	26,60	25,30	24,80	24,60	24,70	24,60
Рівень тіньової економіки, % ВВП	34,00	39,00	38,00	34,00	34,00	36,00
Дефіцит державного бюджету, % до ВВП	4,54	1,55	2,30	1,41	1,91	1,96
Обсяг загального боргу, % до ВВП	69,37	79,06	80,90	71,78	60,93	67,71
Частки іноземного капіталу у статутному капіталі банків	32,50	43,30	51,20	35,80	28,18	27,51
Міжнародні резерви країни в місяцях імпорту	1,30	3,20	3,70	3,60	3,40	3,20
Рівень доларизації, частка іноземної валюти у грошовій масі, %	32,20	32,20	32,90	31,90	29,20	29,07
Контроль корупції	-0,99	-0,98	-0,81	-0,78	-0,87	-0,88
Політична стабільність та відсутність насильства / тероризму	-2,02	-1,96	-1,86	-1,87	-1,83	2,57
Верховенство права	-0,79	-0,81	-0,77	-0,71	-0,72	-0,72
Рівень інфляції, %	12,07	48,70	13,91	14,44	10,95	7,89
Рівень безробіття, %	9,27	9,14	9,35	9,51	8,78	9,06
Індекс GINI	24,00	25,50	25,00	26,00	26,10	26,06
Рівень тіньової економіки, % ВВП	43,00	40,00	35,00	32,00	30,00	29,66



2 етап. Приведення показників вхідної інформаційної бази дослідження до співставного вигляду шляхом проведення нелінійної нормалізації 4.9:

$$I_{ij} = \left( 1 + e^{\frac{\bar{x}_j - x_{ij}}{\sigma(x_j)}} \right)^{-1}, \quad (4.9)$$

де  $I_{ij}$  – нормалізоване значення  $j$ -го показника характеристики загрози національної економіки за  $i$ -ий рік;

$\bar{x}_j$  – середнє значення  $j$ -го показника характеристики загрози національної економіки за досліджуваний часовий діапазон;

$x_{ij}$  – фактичне значення  $j$ -го показника характеристики загрози національної економіки за  $i$ -ий рік;

$\sigma(x_j)$  – середнє квадратичне відхилення  $j$ -го показника характеристики загрози національної економіки за досліджуваний часовий діапазон.

Розрахунки нормалізованих значень представимо в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13

Нормалізовані значення показників характеристики індексу загрози

Показник	Рік					
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Дефіцит державного бюджету, % до ВВП	0,28	0,66	0,88	0,32	0,62	0,72
Обсяг загального боргу, % до ВВП	0,16	0,28	0,35	0,31	0,31	0,35
Частки іноземного капіталу у статутному капіталі банків	0,48	0,45	0,62	0,67	0,58	0,38
Міжнародні резерви країни в місяцях імпорту	0,91	0,64	0,74	0,50	0,37	0,29
Рівень доларизації, частка іноземної валюти у грошовій масі, %	0,50	0,64	0,30	0,44	0,69	0,11
Контроль корупції	0,74	0,33	0,35	0,31	0,26	0,18
Політична стабільність та відсутність насильства / тероризму	0,63	0,57	0,63	0,61	0,61	0,48
Верховенство права	0,86	0,53	0,28	0,24	0,40	0,30
Рівень інфляції, %	0,71	0,54	0,41	0,39	0,26	0,25
Рівень безробіття, %	0,11	0,60	0,42	0,36	0,29	0,22
Індекс GINI	0,84	0,51	0,35	0,30	0,33	0,30
Рівень тіньової економіки, % ВВП	0,41	0,71	0,66	0,41	0,41	0,54

Продовження таблиці 4.13

Показник	Рік					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Дефіцит державного бюджету, % до ВВП	0,75	0,29	0,40	0,27	0,34	0,35
Обсяг загального боргу, % до ВВП	0,69	0,78	0,79	0,71	0,59	0,67
Частки іноземного капіталу у статутному капіталі банків	0,33	0,71	0,89	0,45	0,20	0,19
Міжнародні резерви країни в місяцях імпорту	0,15	0,42	0,52	0,50	0,46	0,42
Рівень доларизації, частка іноземної валюти у грошовій масі, %	0,70	0,70	0,78	0,66	0,30	0,28
Контроль корупції	0,42	0,45	0,78	0,82	0,67	0,67
Політична стабільність та відсутність насильства / тероризму	0,27	0,28	0,29	0,29	0,30	0,92
Верховенство права	0,36	0,26	0,49	0,76	0,73	0,72
Рівень інфляції, %	0,46	0,94	0,50	0,51	0,44	0,39
Рівень безробіття, %	0,70	0,67	0,72	0,75	0,59	0,66
Індекс GINI	0,17	0,57	0,41	0,72	0,74	0,73
Рівень тіньової економіки, % ВВП	0,87	0,76	0,48	0,30	0,21	0,19

3 етап. Вибір релевантних показників оцінювання індексу загрози національної економіки на базі комбінації методів Парето та діаграми розсіювання. Переходячи до реалізації даного етапу побудови структурно-логічної математичної моделі оцінювання індексу загрози національної економіки, розглянемо теоретичні аспекти застосування зазначених методів до фільтрації релевантних предикторів вхідної інформаційної бази дослідження. Так, діаграма Парето використовується для відображення відносної важливості всіх можливих проблемних аспектів з метою знаходження початкової точки для подальшого спостереження за результатами, пошуку головної причини проблеми, результативного розв'язання питання.

Досить цікавими є історичне становлення та застосування діаграми Парето. Так, італійським вченим Парето В. у 1897 р. сформульовано закон розподілення доходів, що передбачає нерівномірний розподіл усіх наявних благ. Американським науковцем Лоренцом М. зображено таку теорію у вигляді



діаграми. Економіст Джуран Д. вивчав особливості якості, та використав діаграму з метою класифікації певних проблем якості, а саме: небагаточисленні, але є суттєво важливими, та багаточисленні, але не суттєво важливі. Він назвав свій метод аналіз Паретто.

Отже, передбачається, що зосередження уваги на найбільш важливих проблемах сильніше впливає на отримання бажаних результатів. Відомим є правило з назвою 20/80, що означає: зосередження 20% зусиль на найважливіших питаннях призводить до можливості отримати 80% результатів. А решта 80% зусиль дозволяють отримати тільки решту 20% від усіх результатів.

Слід зазначити, що діаграма Парето виступає особливим типом вертикального стовпчикового графіка, що дозволяє знайти порядок вирішення виникаючих проблем. В цьому випадку є можливість досягти значно більших результатів, опрацювавши найвищий стовпчик, а не розподіляючи увагу ще й на менші стовпчики.

Побудова діаграми Парето передбачає використання наступної методики: спочатку здійснити відбір проблемних питань, що необхідно між собою порівняти та розмістити за ступенями важливості; визначити певний єдиний стандартний масштаб для можливості здійснити порівняння одиниць виміру; визначити період часу для дослідження; зібрати всі необхідні дані; визначити та порівняти частоти появи відповідних категорій; перерахувати категорії проблем на горизонтальній осі графіка зліва направо в порядку спадання ознаки критерію; відмітити на вертикальній осі графіку зазначеного масштабу від 0% до 100%, за якого 100% включає загальна сумарна частота виникнення всіх можливих категорій проблем.

Таким чином, переходячи до побудови діаграми Парето з метою вибору релевантних предикторів оцінювання індексу загрози національної економіки проведемо ряд проміжних кроків, а саме:

1) діапазон можливих нормалізованих значень вхідних предикторів розіб'ємо на 10 рівномірних інтервалів (від 0 до 0,1; від 0,1 до 0,2; від 0,2 до 0,3;

від 0,3 до 0,4; від 0,4 до 0,5; від 0,5 до 0,6; від 0,6 до 0,7; від 0,7 до 0,8; від 0,8 до 0,9; від 0,9 до 1,0);

2) обчислимо кількість випадків протягом досліджуваного часового діапазону попадання нормалізованих значень предикторів характеристики рівня загрози національної економіки визначеним інтервальним межам (таблиця 4.12);

3) обчислимо частоти використання предикторів (графа «Сума всього» таблиці 4.14);

4) визначимо частоти попадання нормалізованих значень предикторів у кожен з визначених на першому кроці інтервалів, результати представимо у рядку «Сума» таблиці 4.14. На основі аналізу розрахованих частот визначимо 20% інтервалів, якими можна знехтувати при визначенні пріоритетності вхідних предикторів – тобто інтервали від 0 до 0,1 та від 0,1 до 0,2, оскільки саме не них припадає найменша кількість частот;

5) обчислимо 80% значущих частот використання предикторів (графа «Сума 80%» таблиці 4.14).

Так, на основі результатів проведення даного кроку визначимо, що найменші значення частот за сумою 80%, тобто значення в розмірі 30 одиниць, мають 2 предиктори: Рівень доларизації, частка іноземної валюти у грошовій масі, % та Рівень тіньової економіки, % ВВП. Саме ці два предиктори пропонується вилучити з подальших розрахунків індексу загрози національної економіки.

На основі даних таблиці 4.14 (графи «Сума всього» та «Сума 80%») побудуємо діаграму Парето (рис. 4.7), яка візуально дозволяє визначити 80% релевантних і 20% нерелевантних предикторів вхідної бази дослідження. Для побудови даної діаграми обчислимо відносний показник структури в розрізі зазначених граф таблиці 4.14. Діаграма Парето виступає підтвердженням доцільності вилучення таких предикторів, як Рівень доларизації, частка іноземної валюти у грошовій масі, % та Рівень тіньової економіки, % ВВП.



Таблиця 4.14

Частота попадання нормалізованих значень показників предикторів  
характеристики рівня загрози національної економіки

Показник \ Інтервал можливих значень	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	Сума всього	Сума 80%
Дефіцит державного бюджету, % до ВВП	0	0	3	2	4	2	6	4	7	4	32	32
Обсяг загального боргу, % до ВВП	0	1	1	5	1	6	2	9	2	9	36	35
Частки іноземного капіталу у статутному капіталі банків	0	0	1	2	4	3	6	4	7	4	31	31
Міжнародні резерви країни в місяцях імпорту	0	1	1	2	5	3	6	4	6	5	33	32
Рівень доларизації, частка іноземної валюти у грошовій масі, %	0	1	2	1	3	2	8	3	8	3	31	30
Контроль корупції	0	1	1	4	3	4	4	6	5	6	34	33
Політична стабільність та відсутність насилства / тероризму	0	0	5	0	6	1	10	1	10	1	34	34
Верховенство права	0	0	4	1	6	2	6	4	7	4	34	34
Рівень інфляції, %	0	0	2	1	5	4	5	5	5	6	33	33
Рівень безробіття, %	0	1	2	2	3	3	5	6	5	6	33	32
Індекс GINI	0	1	2	3	3	5	3	7	4	7	35	34
Рівень тіньової економіки, % ВВП	0	0	1	1	5	2	6	4	7	4	30	30
Сума	0	6	25	24	48	37	67	57	73	59		

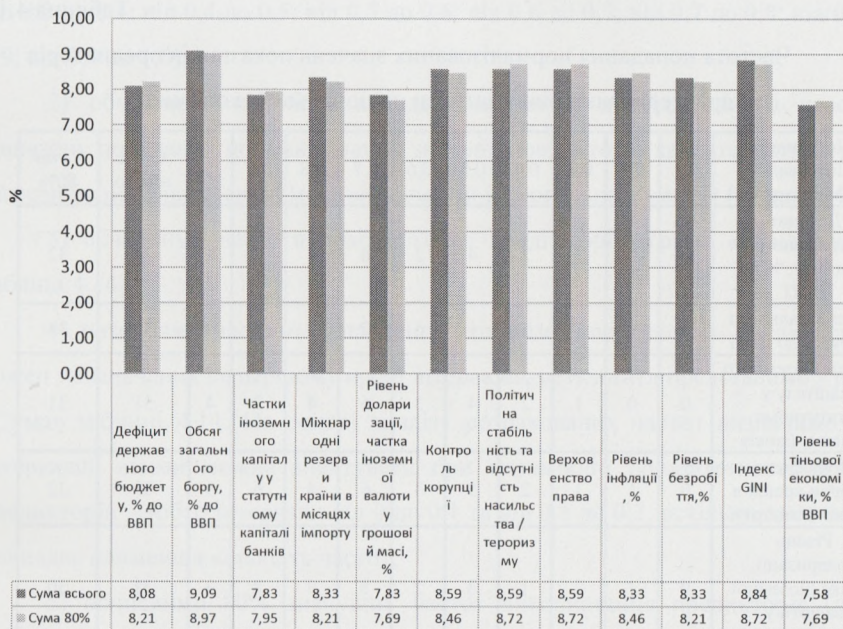


Рисунок 4.7 – Діаграма Парето вибору релевантних предикторів оцінювання індексу загрози національній економіці

В розрізі дослідження окресленої проблематики визначення релевантності предикторів окрема увага віддається діаграмі розсіювання (розкиду). Ця діаграма використовується для зображення тих процесів, що відбуваються з однією з аналізованих змінних категорій, у випадку за якого інша змінна категорія також змінюється; проведення перевірки припущення щодо взаємозв'язку двох аналізованих змінних категорій, оцінювання величини сили такого взаємозв'язку. При цьому діаграма розкиду не дозволяє встановити причинно-наслідковий взаємозв'язок.

Так побудуємо діаграму розсіювання (рис. 4.8), аналіз якої дозволяє підтвердити висновок про доцільність акцентування уваги при виборі релевантних предикторів саме інтервалів нормалізованих значень від 0,2 до 1.



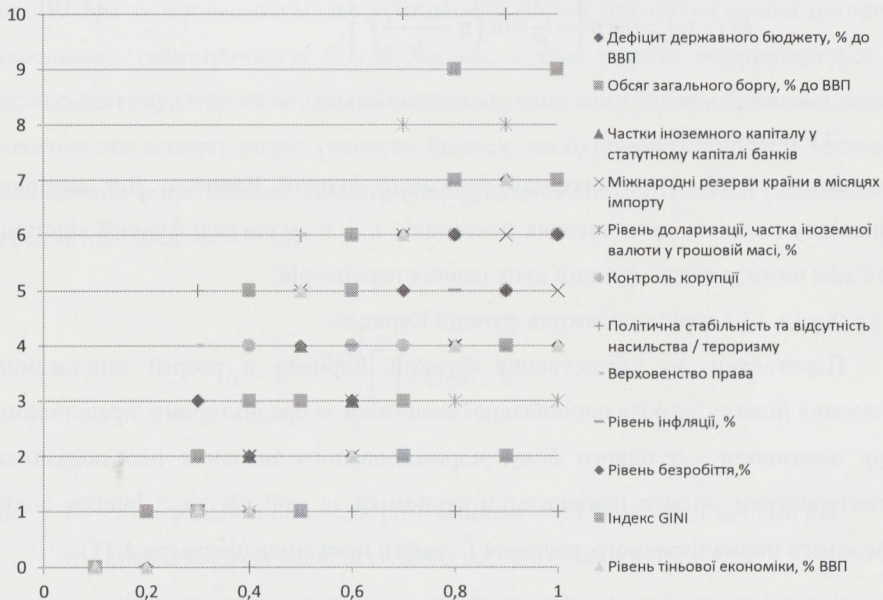


Рисунок 4.8 – Діаграма розсіювання вибору релевантних предикторів оцінювання індексу загрози національної економіки

4 етап. Оцінювання інтегрального індексу загрози національної економіки за допомогою функції Кернела та мультиплікативної форми згортки. Так, функція Кернела являє собою новий метод, що в своїй основі використовує концепцію регресії Кернела [119,120]. Така концепція дозволяє ефективно моделювати періодичні явища та процеси, враховуючи та долаючи при цьому обмеження певних методів.

Функція Кернела застосовується при вимірюванні подібності між парами певних показників. При цьому метою такого дослідження є моделювання періодичних процесів та явищ у визначених часових рядах, тому функцію Кернела [119,120] можна представити у вигляді формули 4.10:



$$k(t_i, t_j) = \exp \left[ -\frac{2}{l^2} \sin \left( \pi \frac{t_i - t_j}{\rho} \right)^2 \right], \quad (4.10)$$

де  $t$  – показник часу;

$k(t_i, t_j) \in (0, 1)$  – вихідний результат функції Кернела. Він вимірює відповідну схожість двох часових показників  $t_i$  і  $t_j$ , у вигляді функції відстані, що є між ними, а також функції двох певних параметрів;

$\theta = \{p, l\}$  - період і довжина функції Кернела.

Переходячи до застосування функції Кернела в розрізі оцінювання складових індексу загрози національної економіки за предикторами, представимо пару показників - з одного боку, нормалізованого значення  $j$ -го показника характеристики загрози національної економіки за  $i$ -ий рік та, з іншого боку, середнього нормалізованого значення  $\bar{I}_j$  даного показника (формула 4.11):

$$k(I_{ij}, \bar{I}_j) = \exp \left[ -\frac{2}{l^2} \sin \left( \pi \frac{I_{ij} - \bar{I}_j}{\rho} \right)^2 \right], \quad (4.11)$$

$$\bar{I}_j = \frac{\sum_{i=1}^m I_{ij}}{m},$$

де  $k(I_{ij}, \bar{I}_j)$  – функція Кернела залежності від нормалізованого значення  $j$ -го показника характеристики загрози національної економіки за  $i$ -ий рік та середнього нормалізованого значення  $\bar{I}_j$ ;

$\bar{I}_j$  – середнє арифметичне значення  $j$ -го нормалізованого показника характеристики загрози національної економіки за досліджуваний проміжок часу;

$m$  – кількість показників характеристики загрози національної економіки;

$l, \rho$  – параметри функції Кернела.

Обчисливши значення функції Кернела в розрізі кожного відібраного предиктора індексу загрози національної економіки за кожен рік досліджуваного часового діапазону, виникає необхідність їх згортки до єдиного узагальнюючого

індикатора за допомогою мультиплікативної форми згортки на основі методики середнього геометричного. В той же час, індекс загрози інтерпретується як індекс-дестимулятор національної економіки, саме тому для відображення даного негативного аспекту розрахункового індексу, необхідно розглянути її величину як одиниця мінус середнє геометричне функцій Кернела кожного релевантного предиктора (формула 4.12):

$$D_i = 1 - \sqrt[n-1]{\prod_{j=1}^n k(I_{ij}, \bar{I}_j)}, \quad (4.12)$$

де  $D_i$  – інтегральний індекс загрози національної економіки за  $i$ -тий рік;

$n$  – кількість років досліджуваного часового діапазону;

$m$  – кількість показників характеристики загрози національної економіки;

Формула 4.12 з урахуванням умовних позначень набуває вигляду 4.13:

$$D_i = 1 - \sqrt[n-1]{\prod_{j=1}^n k(I_{ij}, \bar{I}_j)} \quad (4.13)$$

$$= 1 - \sqrt[n-1]{\prod_{j=1}^n \exp \left[ -\frac{2}{l^2} \sin \left( \pi \frac{I_{ij} - \bar{I}_j}{\rho} \right)^2 \right]}$$

Обираючи в якості параметрів функції Кернела  $l = 0,2, \rho = 5$ , результати розрахунків за формулою (5) та усі проведені проміжні обчислення систематизуємо в таблиці 4.15.



Таблиця 4.15

Динаміка проміжних розрахунків та інтегрального індексу загрози національної економіки з 2008 по 2019 рр.

Показник	порогове значення	Рік					
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Дефіцит державного бюджету, % до ВВП	не більше 3-4	0,40	0,56	0,05	0,58	0,74	0,36
Обсяг загального боргу, % до ВВП	не більше 60	0,11	0,39	0,64	0,49	0,51	0,63
Частки іноземного капіталу у статутному капіталі банків	не більше 30	0,99	0,95	0,72	0,56	0,86	0,77
Міжнародні резерви країни в місяцях імпорту	не менше 3	0,04	0,64	0,31	1,00	0,74	0,44
Контроль корупції		0,32	0,57	0,66	0,49	0,33	0,14
Політична стабільність та відсутність насильства / тероризму		0,68	0,88	0,70	0,75	0,76	1,00
Верховенство права		0,08	0,97	0,42	0,27	0,85	0,47
Рівень інфляції, %	не більше 7	0,38	0,94	0,91	0,83	0,38	0,35
Рівень безробіття, %	не більше 7,6	0,05	0,84	0,86	0,66	0,40	0,20
Індекс GINI		0,10	1,00	0,67	0,46	0,56	0,46
Integralindex		0,81	0,26	0,51	0,42	0,42	0,58
Дефіцит державного бюджету, % до ВВП	не більше 3-4	0,28	0,46	0,86	0,40	0,65	0,68
Обсяг загального боргу, % до ВВП	не більше 60	0,50	0,22	0,19	0,42	0,84	0,57
Частки іноземного капіталу у статутному капіталі банків	не більше 30	0,58	0,39	0,05	0,95	0,19	0,16
Міжнародні резерви країни в місяцях імпорту	не менше 3	0,10	0,91	0,99	1,00	0,98	0,91
Контроль корупції		0,89	0,96	0,22	0,13	0,54	0,57
Політична стабільність та відсутність насильства / тероризму		0,39	0,42	0,47	0,47	0,49	0,03
Верховенство права		0,71	0,34	1,00	0,25	0,33	0,37
Рівень інфляції, %	не більше 7	0,99	0,02	0,99	0,99	0,97	0,83
Рівень безробіття, %	не більше 7,6	0,49	0,59	0,43	0,32	0,87	0,65
Індекс GINI		0,12	0,90	0,87	0,39	0,31	0,35
Integralindex		0,596 2	0,62 87	0,55 6	0,553 8	0,455 7	0,61 9505

Розрахувавши значення інтегрального показника за формулою (8) як індикатора загрози національної економіки в динаміці з 2008 по 2019 рр., виникає

необхідність візуалізації як загальної тенденції поведінки даного індексу в часі, так і варіації в межах від мінімально та максимально можливих рівнів. Для цього побудуємо рисунок 4.9.



Рисунок 4.9 – Динаміка індексу загрози національної економіки з 2008 по 2019 рр.

Аналіз рисунку 4.9 дозволяє стверджувати, що загальна тенденція індексу загрози національної економіки характеризується як зростаюча.

Усі країни в більшому чи меншому ступені прагнуть забезпечити довготривалі вигідні стратегічні переваги в напрямку економічних стабільності. А процеси, що відбуваються в глобальному світовому співтоваристві, гостро впливають на становлення та розвиток світового господарства, політичні та економічні відносини у суспільстві. Все це спричиняє формування нових загроз і ризиків для розвитку національної економіки та забезпечення безпечного функціонування держави. Забезпечення економічної безпеки передбачає, передусім, створення оптимального, ефективного механізму та методології формування національної економічної безпеки країни на основі побудови



структурно-логічної математичної моделі, що включає відповідну послідовність певних етапів дослідження факторів та показників загроз національної економіки.

Так , формування, розрахунок , оцінка та аналіз узагальненого показника індексу загрози національної економіки, дозволить допомогти у вирішенні основних поставлених цілей ефективного, стабільного, а головне безпечного функціонування національної економіки, таких як: стабільне зростання обсягів національного виробництва; стабілізація рівня цін; забезпечення стабільно о високого рівня зайнятості населення; підтримка рівноваги у зовнішньоторговельному балансі. Запропонована методологія дозволить своєчасно та оперативно забезпечувати підтримку необхідних організаційних, інституційних, нормативно-правових умов, що передбачають спроможність системи національної економіки до протистояння зовнішніх та внутрішніх загроз та навантажень, подальшої якісної адаптації до проблем та дестабілізуючих факторів, і як результат швидкому відновленню після впливу негативних чинників.