

УДК 681. 513

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ІНТЕГРАЛЬНИХ ІНДЕКСІВ СТАНУ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

Р.В. Волощук

Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем НАН та МОН України, 03680, Київ, проспект Академіка Глушкова, 40,

voloshuk@bigmir.net

Розглянуто підходи до визначення ваг індексів, що характеризують складні системи (економічні об'єкти, галузі), а також використовуються в задачах оцінювання економічної або екологічної безпеки. Визначено недоліки і переваги кожного з підходів.

Ключові слова: складна система, інтегральний індекс, ваги показників, інвестиційна безпека

Рассмотрены подходы к определению весов индексов, характеризующих сложные системы (экономические объекты, отрасли), а также используются в задачах оценки экономической или экологической безопасности. Определены недостатки и преимущества каждого из подходов.

Ключевые слова: сложная система, интегральный индекс, веса показателей, инвестиционная безопасность

Approaches are examined to determining weights of indices characterizing complex systems (economic plants, industries) and used in tasks of evaluating the economic and environmental security. Advantages and disadvantages of each approach are identified.

Keywords: complex system, integrated index, weights of indicators, investment security

Вступ

При оцінці якості функціонування та оптимізації складних систем, які характеризуються сукупністю первинних показників, може виникнути задача формування узагальнюючого показника. Оскільки показники не завжди мають однакову значимість, необхідно при цьому визначати їх вагові коефіцієнти.

Процедура визначення вагових коефіцієнтів може відбуватися з використанням суб'єктивних (експертних) та об'єктивних (розрахункових) методів, кожен з яких має як переваги, так і недоліки.

Метою роботи є аналіз та систематизація існуючих підходів до визначення вагових коефіцієнтів первинних показників з подальшою верифікацією їх на показниках економічної безпеки держави для визначення найефективнішого методу для конкретної задачі.

Постановка задачі. Оцінюється загальний стан заданої системи (складного процесу). Нехай $x_i, i = \overline{1, m}$, – первинні взаємозв'язані показники функціонування цієї системи, які в сукупності характеризують її стан. Для однозначної інтерпретації, оцінювання та порівняння між собою кожен з показників x_i має бути нормованим (уніфікованим), тобто приведеним до

інтервалу $0 \leq \tilde{x}_i \leq 1$, причому $\tilde{x}_i = 1$ відповідає найкращим (оптимальним) значенням цього показника, а $\tilde{x}_i = 0$ – найгіршим (неприпустимим) його значенням, де \tilde{x}_i – нормоване значення показника. Це значення \tilde{x}_i будемо називати *індикатором* первинного показника x_i . Після нормалізації значень кожного з заданої системи первинних показників інтегральний індекс цієї системи обчислюється як сума цих нормалізованих величин з певними ваговими коефіцієнтами (однаковими або ні).

Якщо x_i – значення якогось із m нормалізованих показників, то інтегральний показник (індекс) може мати вигляд лінійної згортки [1]:

$$I = \sum_{i=1}^m k_i x_i (1)$$

де k_i – ваговий коефіцієнт i -го показника.

1 Основні підходи до визначення вагових коефіцієнтів

1.1 Експертні методи встановлення ваг показників

Найбільш поширеними є експертні методи встановлення ваг показників. Їх перевага – простота застосування, недолік – можлива недостовірність даних, певна суб’єктивність, трудомісткість збору та обробки результатів.

На сьогодні існує багато методів обробки результатів експертиз (методів експертного оцінювання та прогнозування): попарних зіставлень (порівнянь); надання переваг; рангів; нечітких експертних оцінок; аналізу ієрархій та їх удосконалені чи узагальнені варіанти. Крім того, існують методи організації проведення експертиз (інтерв’ю, анкетування, метод Делфі, метод комісій та ін.) і методи визначення компетентності експертів та вагомості їх оцінок.

Нижче наведено поетапно один з таких методів [1].

Етап 1. Організатори експертизи кожному експерту виставляють за певним набором критеріїв деяку оцінку за бальною шкалою, не обов’язково однаковою для всіх критеріїв. Такими критеріями можуть бути, наприклад, фах за освітою з точки зору галузі дослідження, рівень освіти, стаж роботи в галузі, стаж роботи в досліджуваному регіоні, досвід участі в подібних експертизах, рівень ознайомленості з методиками дослідження тощо.

Етап 2. Обчислюється сума балів за всіма критеріями для кожного експерта $C_i (i = 1, 2, 3, \dots, N)$, де N – кількість експертів.

Етап 3. Для кожного експерта визначається відносне значення C_{ii} за формулою:

$$C_{ii} = \frac{C_i}{C_{\max}}, \quad (2)$$

де C_{\max} – найбільша сумарна кількість балів, яку може набрати експерт.

Описаний метод визначає компетентність експертів шляхом їх взаємної оцінки. Досить часто використовують також методи самооцінки. За допомогою першого методу дуже часто отримується інформація про конфронтації та коаліції між експертами, за допомогою інших – інформація про рівень самовпевненості експерта. Саме з цих причин недоцільно обмежуватися лише взаємною оцінкою при визначенні компетентності експертів.

Нижче в табл. 1 і 2 подано приклад розрахунку компетентності експертів та їх відповідної відносної вагомості їх суджень.

Таблиця 1

Розрахунок компетентності експертів

Критерій	Шкала оцінювання	Експерти				
		1	2	3	4	5
рівень освіти	доктор – 5, кандидат – 4, магістр – 2, спеціаліст – 1	3	2	4	2	2
стаж роботи в галузі	до 5 років – 1, 5-10 років – 2, 10-15 років – 3, 15-20 років – 5	2	1	2	1	1
досвід участі в подібних експертизах	брав участь – 3, не брав участі – 0	3	3	0	3	3
сума		8	6	6	6	6

Таблиця 2

Розрахунок ваг експертів

Експерти	Бали	Ваги
1	8	0,250
2	6	0,188
3	6	0,188
4	6	0,188
5	6	0,188
сума	32	1

Розглянемо деякі з наявних підходів до визначення вагових коефіцієнтів експертним методом.

Підхід 1. Визначення вагових коефіцієнтів на основі **попарних порівнянь** [1]. Докладна числова інформація про досліджувані об’єкти не є обов’язковою, а порівняння можна здійснювати за якісними критеріями: “більше-менше”, “краще-гірше”, без уточнення, у скільки разів або на скільки більше чи краще.

Метод попарних порівнянь було розроблено американським математиком Т. Сааті. Кожен показник, підгрупа або група показників співставляються з іншими (показниками, підгрупами та групами відповідно) на основі шкали відносної значущості (табл. 3).

Експерти, виконуючи порівняння показників, заповнюють таблицю попарних порівнянь. Оскільки значення показників невідомі заздалегідь, порівняння виконується на основі суб’єктивних суджень, які чисельно оцінюються за шкалою. Необхідно відмітити, що кожна клітинка таблиці містить не одне число (безпосередню оцінку експерта), а сукупність чисел, з урахуванням того, що порівняння показників проводиться опосередковано через порівняння їх з певним допоміжним фактором. Врахування цих додаткових порівнянь дозволяє підвищити надійність отриманих результатів, або зменшити кількість необхідних експертів.

Таблиця 3

Шкала відносної значущості показників

Значення	Відповідність характеристик	Пояснення
1	Рівноцінність	Однакове значення двох характеристик
2	Помірна перевага одного над іншим	Досвід і думка експерта дають помірну перевагу однієї характеристики над іншою
3	Істотна перевага	Досвід і думка експерта дають істотну перевагу однієї характеристики над іншим
4	Значна перевага	Перевага однієї характеристики над іншою значна
5	Сильна перевага	Однозначна перевага однієї характеристики над іншою

Результатом порівняння є певне числове значення: показник, який має перевагу, оцінюється цілим числом (a_{ij}), протилежний – оберненим до нього ($1/a_{ij}$). Наприклад, якщо показник 1 за рішенням експерта має “помірну перевагу” над показником 2, то перший оцінюється числом $a_{12} = 2$, а другий – $a_{21} = 1/2$. Отримані значення записуються у вигляді матриці попарних порівнянь (табл. 4). Таблиця заповнюється по рядках (при порівнянні показників 1 з 2, оцінка 2 ставиться на перетині рядка 1 і стовпця 2, а оцінка 1/2 – на перетині рядка 2 і стовпця 1). На діагоналі заповненої таблиці завжди будуть стояти одиниці – порівняння показника самого з собою буде давати рівноцінність.

Таблиця 4

Матриця попарних порівнянь показників

№ характеристики	1	2	3	4
1	1	a_{12}	a_{13}	a_{14}
2	$a_{21}=1/a_{12}$	1	a_{23}	a_{24}
3	$a_{31}=1/a_{13}$	$a_{32} = 1/a_{23}$	1	a_{34}
4	$a_{41}=1/a_{14}$	$a_{42} = 1/a_{24}$	$a_{43} = 1/a_{34}$	1

Таблиця містить $n \times n$ оцінок – кожна характеристика має декілька оцінок, число яких залежить від кількості альтернатив, за якими проводиться порівняння. Задача визначення вагових коефіцієнтів показників зводиться до знаходження головного власного вектора матриці.

Апробацію методу виконаємо за показниками, що характеризують інвестиційну сферу України (табл. 5).

Таблиця 5

Показники інвестиційної безпеки України

№ п/п	Найменування показника
1	Ступінь зносу основних засобів, %
2	Частка прямих іноземних інвестицій у загальному обсязі інвестицій, %
3	Відношення обсягу інвестицій до вартості основних фондів, %
4	Відношення обсягів інвестицій в основний капітал до ВВП, %
5	Відношення приросту прямих іноземних інвестицій до ВВП, %

Таблиця 6

Показники інвестиційної безпеки України

Роки	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1996	40	7,89	1,5	15,4	1,2
1997	38	9,39	1,4	13,3	1,2
1998	40,4	13,11	1,7	13,6	1,8
1999	42,3	11,09	2,1	13,5	1,5
2000	43,7	13,66	2,9	13,7	1,9
2001	45	11,22	3,6	16	1,8
2002	47,3	13,15	3,2	16,5	2,2
2003	48	13,16	5,2	19,3	2,8
2004	49,3	14,1	6,64	21,96	3,47
2005	49	7,51	16,8	10,04	10,04
2006	51,5	10,99	19,23	15,42	15,42
2007	52,6	9,51	22,42	14,84	14,84

Продовження таблиці 6

2008	61,2	10,84	21,75	15,74	15,74
2009	60	18,52	12,07	30,12	30,12
2010	74,9	21,17	10,92	29,2	29,2
\bar{x}_j	49,547	12,354	8,762	17,241	8,882
σ_j	40	7,89	1,5	15,4	1,2

Таблиця 7

Матриця попарних порівнянь показників

№	1	2	3	4	5
1	1/1	1/2	2/3	1/2	1/2
2	2/1	1/1	1/2	1/2	2/3
3	3/2	2/1	1/1	1/2	2/1
4	2/1	2/1	2/1	1/1	1/2
5	2/1	3/2	1/2	2/1	1/1

Таблиця 8

Розрахунок ваг показників інвестиційної сфери України на прикладі обробки даних для першого з п'яти експертів

№	1	2	3	4	5	Сума	Ваги	Скориговано на вагу 1-го експерта*0,25
1	1	0,500	0,667	0,500	0,500	2,167	0,089	0,022
2	2,000	1	0,500	0,500	0,667	3,667	0,151	0,038
3	1,500	2,000	1	0,500	2,000	6,000	0,247	0,062
4	2,000	2,000	2,000	1	0,500	6,500	0,267	0,066
5	2,000	1,500	0,500	2,000	1	6,000	0,247	0,062
Сума						24,333	1,000	0,25

Таблиця 9

Вагові коефіцієнти показників інвестиційної сфери України за даними по 5 експертах

№ показника\вага експерта	*0,25	*0,188	*0,188	*0,188	*0,188	Сума ваг
1	0,022	0,025	0,028	0,015	0,029	0,119
2	0,038	0,033	0,031	0,035	0,031	0,168

Продовження таблиці 9

3	0,062	0,039	0,047	0,045	0,046	0,239
4	0,067	0,036	0,032	0,048	0,032	0,215
5	0,062	0,054	0,050	0,045	0,050	0,260
Сума						1,000

Найважливішими перевагами методу парних порівнянь та його модифікацій є:

1) простота у формуванні початкових матриць; 2) чітке математичне обґрунтування здійснюваних операцій; 3) можливість переходу до інших представлень експертної інформації (ранжування, еталонні оцінки тощо). Недоліком є громіздкість: при збільшенні числа показників буде рости число одиничних пар порівнянь.

Підхід 2. Визначення вагових коефіцієнтів *методом ранжування* [2]. Цей метод передбачає упорядкування елементів за мірою збільшення або зменшення пріоритетності за деякою ознакою. На основі отриманих кількісних оцінок об'єктів обирають найбільш пріоритетний. Упорядкування проводять у часі чи просторі або за конкретною ознакою для випадків, коли значення ознаки неможливо виміряти з причин практичного або теоретичного характеру.

Апробацію методу проведено так само за показниками інвестиційної сфери України (табл. 9-11).

Таблиця 10

Матриця бальних оцінок

Показник/експерт	1	2	3	4	5
1	100	90	90	100	90
2	100	90	90	90	80
3	90	90	80	80	80
4	80	80	80	80	80
5	80	80	80	80	80

Таблиця 11

Визначення середньої суми та квадратів відхилень суми рангів від середньої суми та вагових коефіцієнтів показників інвестиційної сфери України

№	1	2	3	4	5	Сума рангів	Відхилення суми від середнього значення	d_i^2	Ваги показників інвестиційної сфери України
1	1,5	2	1,5	1	1,5	7,5	-7,2	51,84	0,096

Продовження таблиці 11

2	1,5	2	1,5	2	3,5	10,5	-4,2	17,64	0,144
3	2	2	4	3	3,5	14,5	-0,2	0,04	0,199
4	4,5	4,5	4	4	3,5	20,5	5,8	33,64	0,281
5	4,5	4,5	4	4	3,5	20,5	5,8	33,64	0,281
разом						73,5		136,8	1,000
середнє						14,7			

Перевага цього методу полягає в його відносній простоті, але це не той випадок, коли простота ефективна, оскільки усереднення рангів зумовлює більш грубу оцінку вагових коефіцієнтів порівняно з іншими методами.

Підхід 3. Визначення вагових коефіцієнтів *методом безпосередньої оцінки* [3]. Експерти присвоюють показникам бали за певною шкалою (наприклад, від 1 до 10). Далі за кожним показником бали додаються і визначається середній:

$$C_i = \frac{\sum_{i=1}^N C_{ij}}{N}, \quad (3)$$

де N – кількість опитаних експертів; C_{ij} – сума балів за кожним показником.

Вказаний вираз використовується для розрахунку ваг:

$$S_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^m C_i}. \quad (4)$$

Таблиця 12

Розрахунок середнього балу

№	1	2	3	4	5	середній бал	Ваги показників інвестиційної сфери
1	100	90	90	100	90	94	0,220
2	100	90	90	90	80	90	0,210
3	90	90	80	80	80	84	0,196
4	80	80	80	80	80	80	0,187
5	80	80	80	80	80	80	0,187
						428	1,000

Безперечною перевагою даного методу можна вважати отримання кількісної оцінки. Разом з тим експертне оцифрування вносить значний елемент суб'єктивізму в значення вагових коефіцієнтів.

Підхід 4. Визначення вагових коефіцієнтів *методом адаптивної оцінки* [4]. Використовується у випадках, коли значущість показників змінюється з часом і відповідно виникає необхідність зменшення чи збільшення їх вагових коефіцієнтів:

- протягом тривалого часу показник стабільний і його значення практично не змінюється – величина вагового коефіцієнта може бути пропорційною темпу його зміни;

- при аналізі індикаторів економічної безпеки ряд показників може сягнути порогового значення – доцільно зменшити значення його вагового коефіцієнта, збільшивши при цьому ваги показників, які не досягли необхідного порогу;

- показник може втратити свій економічний сенс з різних економічних, політичних і соціальних причин.

При використанні методу адаптивної оцінки необхідно пам'ятати про те, що ваги повинні змінюватися однаковою чином для всіх розглянутих у порівнянні економічних систем, а їх сума повинна дорівнювати одиниці.

1.2 Розрахункові підходи до визначення вагових коефіцієнтів

Підхід 5. Визначення вагових коефіцієнтів методом парної кореляції [4]. Кореляційний аналіз даних проводиться з метою виявлення основних тенденцій зв'язку між показниками економіки. Якщо $x_i(t)$ – значення i -го показника в момент часу t , то коефіцієнт кореляції між значеннями показників (додатного чи від'ємного) знаходиться за формулою:

$$r_{ij}(t) = \left\langle \frac{\langle (x_i(t) - \langle x_i \rangle)(x_j(t) - \langle x_j \rangle) \rangle}{\sqrt{\langle (x_i(t) - \langle x_i \rangle)^2 \rangle \langle (x_j(t) - \langle x_j \rangle)^2 \rangle}} \right\rangle \quad (5)$$

де знак $\langle \cdot \rangle$ означає усереднення за часом.

Коефіцієнт парної кореляції між показниками, близький до одиниці, свідчить про тісний зв'язок між ними. У цьому випадку один з показників можна виключити з розгляду, істотно зменшити його вагу або об'єднати декілька показників в один, додавши їх ваги.

Перевагою розглянутих вище методик експертного оцінювання є те, що вони не вимагають високих знань сучасних інформаційних технологій і для вирішення багатьох завдань державного управління можуть бути реалізовані у відповідних установах власними силами на базі прикладних офісних програм.

Серед недоліків розглянутих підходів міжнародними експертами були виділені наступні:

– недостатнє використання сучасних науково обґрунтованих методів експертного оцінювання;

– необґрунтоване порівняння різних груп досліджуваних об'єктів;

– системні помилки у формуванні професійних груп експертів.

Далі розглянемо розрахунковий підхід до визначення вагових коефіцієнтів на основі методу, що базується на використанні показника варіації.

Підхід 6. Показник варіації розраховується і застосовується для визначення вагових коефіцієнтів наступним чином [5]:

$$k_j = \frac{V_k}{\sum_{k=1}^n V_k}, \quad V_k = \frac{S_j}{\bar{x}_j}, \quad (6)$$

причому

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ik}, \quad (7)$$

$$S_j = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (8)$$

де: k_j – ваговий коефіцієнт (ієрархії);

\bar{x}_j , – середнє значення j -ї ($j = 1, 2, \dots, n$) ознаки-показника;

x_i – значення j -ї ознаки (показника) для i -го об'єкта дослідження;

S_j – стандартне відхилення ознаки j .

Проте, виходячи з сутності коефіцієнта варіації, виникають сумніви щодо адекватності його використання при розрахунках вагових коефіцієнтів. Розбіжність значень певних показників, що лежать в основі розрахунку таксономічного показника, може бути дуже значною в порівнянні з іншими, але це не є підставою для того, щоб вважити ці показники більш впливовими.

2 Пропонований підхід: Визначення вагових коефіцієнтів на основі методу головних компонент (МГК)

Розглянемо тепер розрахунковий підхід до визначення вагових коефіцієнтів на основі МГК з використанням пакету *Statistica*.

Підхід 7. Перед проведенням аналізу з метою усунення впливу масштабу та розмірності показників, необхідно здійснити їх стандартизацію [5]:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_j}, \quad (10)$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{n-1}}, \quad (11)$$

де i, j – відповідно індекс показника та року, x_{ij}, z_{ij} – вихідне та стандартизоване значення показника відповідно, \bar{x}_j – середнє значення показника, σ_j – вибіркоче середньоквадратичне відхилення показника.

Алгоритм визначення вагових коефіцієнтів на основі МГК

1. Для визначення вагових коефіцієнтів використовується модель головних компонент [7]. Основний математичний метод виділення факторів та їх навантажень базується на визначенні власних чисел та власних векторів кореляційної матриці.

2. Модель головних компонент трансформує m -вимірний ознаковий простір у p -вимірний простір компонент ($p < m$).

3. У моделі головних компонент зв'язок між первинними ознаками і компонентами описується як лінійна комбінація [6]

$$y_i = \sum_j^m c_{ij} G_j \quad (12)$$

де y_i – стандартизовані значення i -ї ознаки з одиничними дисперсіями; сумарна дисперсія дорівнює кількості ознак m ; c_{ij} – внесок j -ї компоненти в сумарну дисперсію множини показників i -ої ознаки.

4. Компоненти G_j також є лінійною комбінацією

$$G_j = \sum_i^m d_{ij} x_{ij} \quad (13)$$

де d_{ij} – факторні навантаження; x_{ij} – вхідні дані.

5. Вагові коефіцієнти α_{ij} розраховуються за формулою:

$$\alpha_{ij} = \frac{c_{ij} \cdot |d_{ij}|}{\sum c_{ij} |d_{ij}|} \quad (14)$$

На данному етапі буде використано програму Statistica. Інформаційною базою компонентного аналізу можуть бути як первинні ряди (Raw data), так і кореляційна матриця (Correlation matrix). Тип інформаційної бази вказується на стартовій панелі модуля (Input file).

6. Процедури методу головних компонент – Principal components – представлено в модулі Factor Analysis – факторний аналіз. Праворуч розміщено поля для установлення параметрів моделі: Maximum no. of factors – максимальне число факторів і Minimum eigenvalue – мінімальне власне число. Якщо не задано іншого, ці параметри становлять відповідно 2 і 1.

7. За командою на виконання програми з’являється вікно Factor Analysis Results – результати факторного аналізу, в інформаційній частині якого вказується кількість ознак, метод аналізу, десятковий логарифм детермінанта кореляційної матриці, її власні значення λ_j та число виділених факторів.

8. Після установаження Eigenvalues система видає таблицю значень власних чисел, які є дисперсіями головних компонент, а також внесок кожної з них у сумарну варіацію ознакової множини – % total Variance – внесок кожної компоненти у факторне навантаження – коефіцієнти c_{ij} .

9. З-поміж процедур обертання факторів – Factor rotation – вибирається Varimax normalized – варімакс нормалізований. Згідно з опцією Factor loadings маємо таблицю факторних навантажень, значення яких наближаються до 1 або 0. Ознаки, що навантажує кожна компонента, виділено. Це – коефіцієнти d_{ij} .

10. Виконуємо розрахунок вагових коефіцієнтів за формулою (14).

Апробацію методу проведемо так само за показниками, що характеризують інвестиційну безпеку України за період 1996-2010 рр.

Таблиця 13

Коефіцієнти парної кореляції показників $X_1 - X_5$

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
X_1	1,00	0,67	0,60	0,72	0,89
X_2	0,67	1,00	-0,07	0,88	0,59
X_3	0,60	-0,07	1,00	0,07	0,65
X_4	0,72	0,88	0,07	1,00	0,70
X_5	0,89	0,59	0,65	0,70	1,00

Як правило, число факторів, що виділяються, визначається кількістю власних чисел більше одиниці. На рисунку 1 значення власних чисел кореляційної матриці представлено на осі ординат. Як видно, ці значення стрімко зменшуються, і лише два перших більші за одиницю, тобто виділяється не більше 2 факторів.

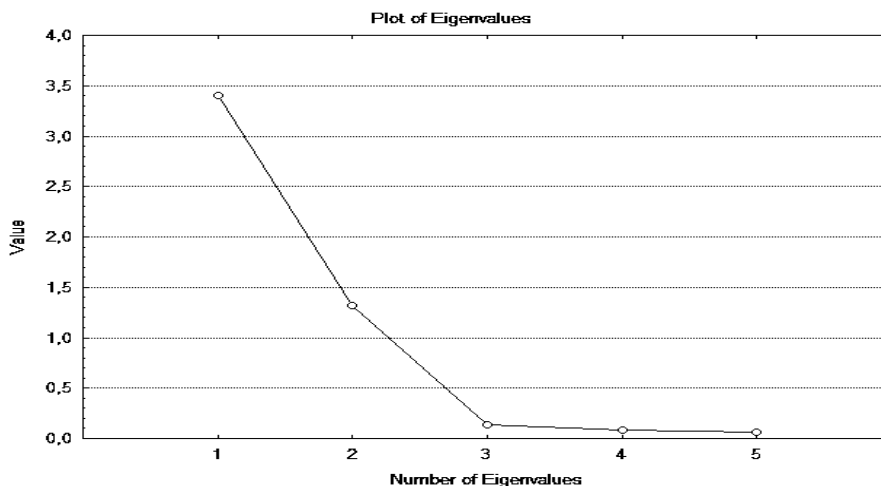


Рисунок 1 Виділення головних факторів

Наступним кроком за допомогою процедури «варимакс нормалізований» визначаються фактори, що найкраще інтерпретуються. Метою обертання є отримання найбільш простої факторної структури або досягнення простоти інтерпретації ознак та факторів.

Таблиця 14
Факторні навантаження, власні числа, ваги факторів після процедури «варимакс нормалізований».

Показники	F ₁	F ₂
X ₁	0,669868	0,695545
X ₂	0,972668	0,014961
X ₃	-0,100717	0,983402
X ₄	0,949971	0,161738
X ₅	0,614467	0,748352
власні числа λ _j	2,684966	2,037275
ваги факторів %	0,536993	0,407455

Внесок першої компоненти в сумарну дисперсію множини показників становить 41,34%, другої – 32,67% . Разом дві компоненти пояснюють 74,01% сумарної варіації, що свідчить про високий ступінь факторизації. Якщо взяти сумарну дисперсію за одиницю, то внесок кожного з цих компонентів становитиме приблизно 0,56 та 0,44. Ці значення можна прийняти за вагові коефіцієнти компонент. Контрольна сума цих ваг буде 0,56 + 0,44 = 1 .

Таблиця 15

Розрахунок ваг

Показник	F ₁	F ₂	$F_1 \cdot \frac{A_i}{S}$	$F_2 \cdot \frac{A_i}{S}$	Ваги
			*0,56	*0,44	
1		0,70		0,29	0,13
2	0,97		0,51		0,28
3		0,98		0,41	0,18
4	0,95		0,49		0,28
5		0,75		0,31	0,14

Сума	1,92	2,43	1,00	1,00	1,00
------	------	------	------	------	------

3 Порівняльний аналіз результатів

В таблиці 16 подано зведені результати застосування розглянутих вище підходів 1, 2, 3 та 7 для розрахунку вагових коефіцієнтів показників інвестиційної безпеки України.

Таблиця 16

Ваги показників інвестиційної сфери України

показники\підходи	Вагові коефіцієнти показників інвестиційної безпеки України			
	1	2	3	7
1	0,12	0,10	0,22	0,13
2	0,17	0,14	0,21	0,28
3	0,24	0,20	0,20	0,18
4	0,22	0,28	0,19	0,28
5	0,26	0,28	0,19	0,14
сума	1,00	1,00	1,00	1,00

З даних Таблиці 16 бачимо, що різні підходи до розрахунку вагових коефіцієнтів дають дещо різні результати. Отже, для прийняття обґрунтованих рішень щодо визначення вагових коефіцієнтів варто використовувати за можливості декілька підходів до розрахунку вагових коефіцієнтів. Також варто брати до уваги, що експертні методи мають значну суб'єктивну складову, тому використання пропонованого розрахункового методу визначення вагових коефіцієнтів на основі МГК є найбільш доцільним.

Висновки

Розглянуто і апробовано 7 підходів до визначення вагових коефіцієнтів.

До переваг методу попарних порівнянь можна віднести високу точність експерименту. До недоліків – громіздкість, при збільшенні числа об'єктів буде рости число одиничних пар порівнянь. Перевагою методу ранжування є простота процедури. Недоліком можна вважати факт зниження точності й надійності методу при збільшенні числа альтернатив.

В методі парної кореляції результати залежать від коректності побудови самої моделі – наявності в ній головних факторів, правильного вибору форми зв'язку, відсутності тісних взаємозалежностей між самими аргументами.

При визначення вагових коефіцієнтів на основі методу, що базується на використанні показника варіації, розходження у значеннях певних показників, що лежать в основі розрахунку таксономічного показника, може бути дуже

значним у порівнянні з іншими, але це зовсім не дає підстави для того, щоб вважати ці показники більш впливовими.

Перевагами методу визначення вагових коефіцієнтів на основі МГК є дешевизна (не потребує послуг експертів, які є дорогими) і відсутність суб'єктивної складової (на відміну від усіх експертних методів) результатів. Недоліками є технічна складність методу і залежність від коректності побудови самої моделі.

Перелік посилань

1. Методологія експертного оцінювання: конспект лекцій / Уклад. Новосад В. П., Селіверстов Р. Г. – К.: Вид-во НАДУ, 2008. – 48 с.
2. Дослідження ефективності методів визначення вагових коефіцієнтів М.О. Медиковский, О.Б. Шуневич Вісник Хмельницького національного університету №5, 2011 . — С. 120-123.
3. Грабовецкий Б.Є. Основи економічного прогнозування: Навчальний посібник. – Вінниця: ВФ ТАНГ, 2000. – 209 с.
4. Митяков Е.С. К вопросу о выборе весов при нахождении интегральных показателей экономической динамики / Е.С. Митяков, Д.А. Корнилов // Труды НГТУ. – Н.Новгород: Изд-во Нижегород. гос. техн. ун-т., 2011. №3(90). С. 289–300.
5. Гуляк Р.Е. Методи визначення вагових коефіцієнтів при розрахунку таксономічних показників. In: Сталій розвиток міст. Управління проектами і програмами міського і регіонального розвитку: Зб. наук. пр. — Харківська національна академія міського господарства – Харків. 2012– 155 с.
6. Статистичне моделювання та прогнозування / Єріна А. М./ . – К.: Вид-во КНЕУ, 2001— С. 149-150.
7. Підходи до нормування економічних показників / Р.В. Волощук // Індуктивне моделювання складних систем: Зб. наук. пр. — К.: МННЦ ІТС НАН та МОН України, 2009. — Вип. 1. — С. 17-25.