

УДК 681.518.2

ПІДХОДИ ДО НОРМУВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Р.В.Волощук

Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем

НАН та МОН України,

voloshuk@zeos.net

В статті розглянуто підходи до нормування показників, що характеризують складні системи (економічні об'єкти, галузі), а також використовуються у задачах оцінювання економічної або екологічної безпеки. Визначені недоліки і переваги кожного з підходів.

Ключові слова: нормування показника, складна система, агрегований показник, інтегральний індекс, інвестиційна безпека

В статье рассмотрены подходы к нормированию показателей, характеризующих сложные системы (экономические объекты, отрасли), а также используются в задачах оценивания экономической или экологической безопасности. Определены недостатки и преимущества каждого из подходов.

Ключевые слова: нормирование показателей, сложные системы, агрегированный показатель, интегральный индекс, инвестиционная безопасность

This article studies the methods of normalization of indicators characterizing complex systems (economic, environmental) as well as being used in tasks of estimation of economical or technological security. Weaknesses and strengths of each approach are identified .

Keywords: indicator normalization, complex system, aggregated indicator, integral index, investment security

Для комплексного аналізу стану економічної безпеки постає необхідність однозначної інтерпретації, оцінювання та порівняння між собою показників, що характеризують складні системи (економічні об'єкти, галузі), для цього такі показники мають бути нормованими (уніфікованими).

При цьому для аналізу та загальної оцінки складної системи як єдиного цілого важливо мати один агрегований показник – інтегральний індекс, який безпосередньо не вимірюється, але певним чином інтегрує первинні показники і обчислюється на основі їх статистичних значень.

Постановка задачі. Оцінюється стан заданої системи. Нехай $x_j, j = \overline{1, m}$, – первинні показники функціонування цієї системи, які в сукупності характеризують її стан. Для однозначного порівняння між собою кожен з показників x_j має бути нормованим (уніфікованим), тобто приведеним до інтервалу $0 \leq \bar{x}_j \leq 1$, причому $\bar{x}_j = 1$ відповідає найкращим (оптимальним) значенням цього показника, а $\bar{x}_j = 0$ – найгіршим (неприпустимим) його значенням, де \bar{x}_j – нормоване значення. Це значення будемо називати *індикатором* первинного показника x_j . Після нормалізації значень кожного з заданої системи первинних показників інтегральний індекс цієї системи обчислюється як сума таким чином нормалізованих величин з певними ваговими коефіцієнтами (однаковими або ні).

Якщо x_{ij} – значення якогось із m показників, $j=1, \dots, m$; $i=1, \dots, n$, за певний інтервал часу – наприклад, n років, то інтегральний показник (індекс) може мати вигляд лінійної згортки [1]:

$$I = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m k_j \bar{x}_{ij}, \quad (1)$$

де k_j - вагові коефіцієнти, що визначають ступінь внеску j -го показника в інтегральний індекс i -го періоду, \bar{x}_{ij} – нормалізовані значення показників x_{ij} .

Цей індекс (1) дорівнює 1 тоді, коли всі x_{ij} набувають “найкращих”, або оптимальних, значень, і 0 тоді, коли всі показники “найгірші”.

Для спрощення аналізу далі будемо вважати, що всі показники мають однакову вагу, тоді

$$k_j = \frac{1}{m} \quad (2)$$

Загалом для визначення вагових коефіцієнтів можна використовувати метод головних компонент [2] або експертні оцінки.

Основні підходи до нормування показників. В цій статті розглянуто 5 різних підходів до нормування, запропоновані в [1-5]. Далі аналізуватимемо лише один окремо взятий показник, тому індекс j опустимо.

Підхід 1 [1]. Стандартний підхід до нормування показників, що застосовується в математичній статистиці. При цьому серед усіх значень статистичних даних про змінювання в часі заданого показника знаходять мінімальне x_{\min} та максимальне x_{\max} значення, а далі виконують нормування за формулою:

$$\bar{x}_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

де n – обсяг статистичних даних (довжина вибірки), або число точок часового ряду. При цьому $\bar{x}_i = 0$, коли $x_i = x_{\min}$, та $\bar{x}_i = 1$, коли $x_i = x_{\max}$.

Очевидно, що таке нормування можна застосовувати в разі, якщо збільшення показника сприяє зростанню значення інтегрального індексу оцінки – такого типу показники називають *стимуляторами*. Якщо ж збільшення показника призводить до зменшення інтегрального індексу, тобто він належить до показників, які називають *дестимуляторами*, тоді нормування проводиться за формулою

$$\bar{x}_i = \frac{x_{\max} - x_i}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (4)$$

При цьому $\bar{x}_i = 0$, коли $x_i = x_{\max}$, та $\bar{x}_i = 1$, якщо $x_i = x_{\min}$.

Виконаємо нормування за цією формулою на прикладі показників, що характеризують інвестиційну безпеку України [6].

Таблиця 1

Показники, що характеризують інвестиційну безпеку України

№	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 чистого приросту прямих іноземних інвестицій до ВВП, %
6	Інтегральний показник інвестиційної безпеки

Таблиця 2

Значення показників, що характеризують інвестиційну безпеку України

№	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1	40,00	38,00	40,40	42,30	43,70	45,00	47,30	48,00	49,30	49,00	51,50	51,50
2	7,89	9,39	13,11	11,09	13,66	11,22	13,15	13,16	14,10	30,30	15,75	17,96
3	1,50	1,40	1,70	2,10	2,90	3,60	3,20	5,20	6,64	7,29	7,98	12,01
4	15,40	13,30	13,60	13,50	13,70	16,00	16,50	19,30	21,96	21,09	23,02	26,44
5	1,20	1,20	1,80	1,50	1,90	1,80	2,20	2,80	3,47	8,71	4,15	5,58

Таблиця 3

Результати нормування показників інвестиційної безпеки – перший підхід

№	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1	0,85	1,00	0,82	0,68	0,58	0,62	0,69	0,74	0,84	0,81	1,00	1,00
2	0,00	0,07	0,23	0,14	0,26	0,15	0,23	0,24	0,28	1,00	0,70	0,78
3	0,02	0,00	0,05	0,11	0,23	0,33	0,27	0,58	0,96	0,97	0,97	0,99
4	0,78	0,77	0,78	0,79	0,79	0,72	0,67	0,69	0,89	0,80	1,00	0,95
5	0,00	0,00	0,08	0,44	0,91	0,82	0,77	0,79	0,87	0,82	0,81	1,00
6	4,03	4,21	4,94	6,65	9,47	8,91	8,50	9,63	12,18	13,03	13,36	14,33

Проте часто в задачах таке стандартне нормування застосовувати не можна, оскільки при цьому беруться до уваги значення x_{\min} та x_{\max} , і тому коли з часом на вибірці даних, що постійно поповнюється, значення x_{\min} та/або x_{\max} будуть змінюватись, це вимагатиме повного перерахунку всіх результатів, що виключає їх порівнюваність. Також в наведеному підході відображається лише реально виміряна динаміку розвитку конкретного показника і зовсім не враховується задані (обґрунтовані) доцільні вимоги до бажаних чи небажаних значень цього показника.

Підхід 2 [2]. При монотонній залежності інтегрального індексу від значення показника використовуються формули (3) та (4).

У разі ж немонотонної залежності, коли між x_{\min} та x_{\max} існує певна оптимальна точка x_{opt} , де досягається найкраще значення показника, відповідна уніфікована змінна \bar{x}_i розраховується так [2]:

$$\bar{x}_i = 1 - \frac{|x_i - x_{opt}|}{\max\{(x_{\max} - x_{opt}), (x_{opt} - x_{\min})\}}, i = \overline{1, n}. \quad (5)$$

Отже, формула (5) є узагальнюючою відносно (3) та (4).

На тому ж прикладі інвестиційної безпеки України нормування за цією формулою з урахуванням оптимальних значень показників (див. таблицю 4) дає результати, наведені в таблиці 5.

Таблиця 4

Оптимальні значення показників інвестиційної безпеки України [5]

№	1	2	3	4	5
x_{opt}	35	25	6	25	7,5

Таблиця 5

Результати нормування показників інвестиційної безпеки – другий підхід

№	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1	0,85	1,00	0,82	0,68	0,58	0,62	0,69	0,74	0,84	0,81	1,00	1,00
2	0,24	0,34	0,57	0,44	0,60	0,45	0,57	0,57	0,63	0,99	0,73	0,87
3	0,02	0,00	0,05	0,11	0,23	0,33	0,27	0,58	0,96	0,97	0,97	0,99
4	0,78	0,77	0,78	0,79	0,79	0,72	0,67	0,69	0,89	0,80	1,00	0,95
5	0,20	0,20	0,80	0,50	0,90	0,80	0,53	0,63	0,75	0,72	0,86	1,00
6	5,52	5,75	9,22	7,55	10,13	9,41	8,00	9,53	12,27	12,47	13,67	14,52

Недоліки другого підходу є подібними до тих, що і в першому, зокрема, використовуються значення x_{\min} та x_{\max} , тобто з часом результати вимагатимуть перерахунку. Разом з тим, на відміну від першого підходу, в даному випадку при немонотонній залежності вже береться до уваги наявність певного оптимального значення показника x_{opt} , тобто враховується певним чином задані (обґрунтовані) доцільні вимоги до бажаних чи небажаних значень цього показника.

Підхід 3 [3]. Нормування відбувається з урахуванням так званих порогових значень показників x_{nor} , які характеризують рівень припустимих змін показника без істотного впливу на процес, який він характеризує. При цьому для показника-стимулятора застосовують нормування за формулою

$$\bar{x}_i = \frac{x_i}{x_{nor}}, \quad (6)$$

а для дестимулятора – за формулою

$$\bar{x}_i = \frac{x_{nor}}{x_i}. \quad (7)$$

Результати нормування показників інвестиційної безпеки за третім підходом подано в табл. 6.

Таблиця 6

Результати нормування показників інвестиційної безпеки – третій підхід

№	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1	0,88	0,92	0,87	0,83	0,80	0,78	0,74	0,73	0,71	0,71	0,68	0,68
2	0,39	0,47	0,66	0,55	0,68	0,56	0,66	0,66	0,71	0,99	0,79	0,90
3	0,25	0,23	0,28	0,35	0,48	0,60	0,53	0,87	1,00	1,00	1,00	1,00
4	0,62	0,53	0,54	0,54	0,55	0,64	0,66	0,77	0,88	0,84	0,92	1,00
5	0,24	0,24	0,36	0,30	0,38	0,36	0,44	0,56	0,69	1,00	0,83	1,00
6	0,47	0,48	0,55	0,52	0,58	0,59	0,61	0,71	0,79	0,91	0,84	0,91

В даному випадку береться до уваги наявність певного порогового значення показника, тобто враховується певним чином задані (обґрунтовані) доцільні вимоги до бажаних чи небажаних значень цього показника..

На відміну від першого та другого підходу, в третьому не використовуються значення x_{\min} та x_{\max} , тобто тут немає потреби перерахунку результатів нормування з часом. Значення x_{nor} мають задавати експерти. Проте цей варіант нормування має інший істотний недолік: нормовані величини можуть бути більшими 1 і навіть від'ємними, що утруднює їх безпосереднє застосування для побудови інтегральних індексів.

Підхід 4 [4]. Він застосовується в медико-біологічних дослідженнях для інтегрального оцінювання стану різних систем організму.

Припустимо, показник за статистикою змінюється в межах від x_{\min} до x_{\max} . Крім того, вважаються відомими нижня та верхня межі норми: p_i^h і p_i^g . Тоді інформаційний (інтегральний) показник можна визначити так.

Коли значення x_i знаходиться в інтервалі $p_i^h \leq x_i \leq p_i^g$, то нормоване значення $\bar{x}_i = 1$.

Коли x_i знаходиться в інтервалі $p_i^g < x_i \leq x_{\max}$, то

$$\bar{x}_i = \frac{x_{\max} - x_i}{x_{\max} - p_i^g}, i = \overline{1, n} \quad (8)$$

Коли x_i знаходиться в інтервалі $x_{\min} \leq x_i < p_i^H$, то

$$\bar{x}_i = \frac{x_i - x_{\min}}{p_i^H - x_{\min}}, i = \overline{1, n} \quad (9)$$

Таким чином, при потраплянні показника в будь-який діапазон інформаційний показник буде належати інтервалу $[0,1]$, а також $\bar{x}_i = 1$ при $x_i = x_{\max}$ та $\bar{x}_i = 0$ при $x_i = x_{\min}$.

Це дозволяє отримати уніфіковану відносну величину \bar{x}_i в усіх діапазонах значень первинного показника. Особливо це важливе у випадку, коли ці діапазони нерівні за розміром. Результати нормування показників інвестиційної безпеки за четвертим підходом подано в табл.8.

Таблиця 7

Нижній та верхній порогови показників інвестиційної безпеки України [6].

	1	2	3	4	5
p_i^H	14	20	4	7	2
p_i^6	50	30	12	40	10

Таблиця 8

Результати нормування показників інвестиційної безпеки – четвертий підхід

№	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1	0,70	0,82	0,67	0,56	0,53	0,61	0,75	0,76	0,87	0,86	1,00	1
2	0,00	0,12	0,43	0,26	0,48	0,27	0,43	0,44	0,60	1,00	0,65	0,83
3	0,02	0,00	0,07	0,15	0,33	0,48	0,39	0,83	0,89	0,90	0,91	0,95
4	0,82	0,64	0,65	0,66	0,66	0,77	0,80	0,92	0,94	0,94	0,93	0,92
5	0,00	0,00	0,84	0,72	0,82	0,80	0,74	0,78	1,00	1,00	1,00	1
6	4,04	3,63	8,54	7,79	9,18	9,67	9,67	11,68	13,51	14,32	13,75	14,19

В цьому четвертому підході, на відміну від другого та третього, не тільки береться до уваги наявність певного оптимального значення показника x_{opt} , але й вводиться поняття так званих меж норми. Тобто цей підхід враховує задані (обґрунтовані) доцільні вимоги до бажаних чи небажаних значень показника. Проте використання статистичних значень x_{\min} та x_{\max} породжує ті ж проблеми, про які йшлося вище: коли з часом на вибірці даних, що постійно поповнюється, значення x_{\min} та/або x_{\max} будуть змінюватись, це вимагатиме повного перерахунку всіх результатів.

Підхід 5 [5]. Нормалізація на основі врахування вектора характеристичних значень показників.

В [5] розроблено ефективні варіанти нелінійної нормалізації (на відміну від стандартного нормування) статистичних значень первинних показників з урахуванням їхніх характеристичних величин (вказані оптимальні, порогові та

граничні значення первинних показників називатимемо їхніми *характеристичними* величинами).

Для кожного первинного показника x_j задано так звані *порогові* значення $p_j^H, p_j^G, g_j^H, g_j^G$, які *бажано* не перетинати. При цьому пороги можуть бути нижні p_j^H , верхні p_j^G або двосторонні. Крім того, задано так звані *граничні* (найгірші) – також нижні g_j^H , верхні g_j^G або двосторонні – значення показників, перетинати які *неприпустимо* або фізично неможливо.

Таблиця 9

Граничні значення показників інвестиційної безпеки України [6].

g_j^H	1	2	3	4	5
	10	4	1	5	1
	70	50	16	50	15

Нижні та верхні граничні значення показників інвестиційної безпеки України подано в таблиці 9, а порогові містяться в таблиці 7.

1. У разі первинного показника-стимулятора x_j , тобто за обмежень на цей показник типу $x_j \geq p_j^H$, базова формула нормалізації має вигляд:

$$\bar{x}_j = \min\left[0.5 \max\left(0, (x_j - g_j^H) / (p_j^H - g_j^H)\right)\right] \quad (10)$$

2. У разі первинного показника-дестимулятора x_j , тобто за обмежень типу $x_j \leq p_j^G$, відповідна формула нормалізації є такою:

$$\bar{x}_j = \min\left[0.5 \max\left(0, (g_j^G - x_j) / (g_j^G - p_j^G)\right)\right] \quad (11)$$

3. У разі двосторонніх порогових та граничних обмежень на первинний показник x_j для нормалізації застосовуються формули (10) та (11).

Результати нормування показників інвестиційної безпеки за п'ятим підходом подано в табл. 10.

Таблиця 10

Результати нормування показників інвестиційної безпеки – п'ятий підхід

№	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1	0,83	0,90	0,82	0,76	0,71	0,67	0,59	0,57	0,52	0,53	0,93	0,93
2	0,24	0,34	0,57	0,44	0,60	0,45	0,57	0,57	0,63	0,99	0,73	0,87
3	0,17	0,13	0,23	0,37	0,63	0,87	0,73	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00
4	0,82	0,74	0,75	0,75	0,76	0,85	0,87	0,97	1,00	1,00	1,00	0,95
5	0,20	0,20	0,80	0,50	0,90	0,80	0,53	0,63	0,75	0,72	0,86	1,00
6	0,44	0,46	0,63	0,56	0,72	0,72	0,65	0,70	0,77	0,84	0,90	0,95

Тепер можна візуалізувати динаміку інтегрального показника інвестиційної безпеки України, розрахованого за допомогою всіх 5-ти розглянутих підходів.

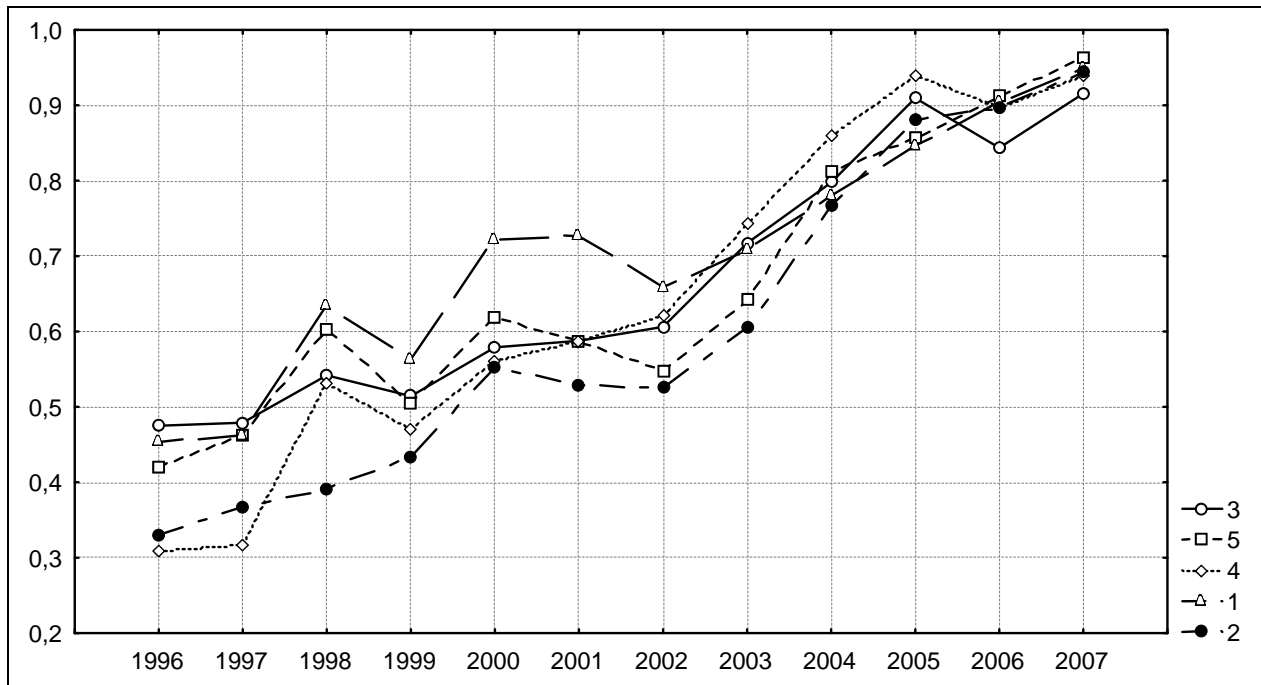


Рис.1. Динаміка інтегрального показника інвестиційної безпеки України за 1996-2007 роки

На графіку ми можемо відзначити, що п'ятий підхід є певною мірою узагальнюючий відносно інших підходів, він показує в основному середній рівень значення показника інвестиційної безпеки відносно інших підходів.

Така збалансованість пов'язана з тим, що в ньому беруться до уваги характеристичні величини (вказані оптимальні, порогові та граничні значення первинних показників), які відіграють принципово важливу роль у задачі оцінювання рівня інвестиційної безпеки.

Висновки

В статті розглянуто 5 підходів до нормування показників, що характеризують складні системи (економічні об'єкти, галузі), а також використовуються у задачах оцінювання економічної.

Недоліком першого підходу є те, що в ньому беруться до уваги значення x_{\min} та x_{\max} , тому, коли з часом на вибірці даних, що постійно поповнюється, значення x_{\min} та/або x_{\max} будуть змінюватись, це вимагатиме повного перерахунку всіх результатів.

Другий підхід у випадку монотонної залежності повторює перший (з аналогічними недоліками, зумовленими використанням значень x_{\min} та/або x_{\max}), а при немонотонній залежності береться до уваги наявність певного

оптимального значення показника $x_{\text{опт}}$, тобто враховуються задані вимоги до найкращих значень цього показника.

В третьому підході, подібно до другого, береться до уваги наявність певного порогового значення показника $x_{\text{пор}}$. На відміну від першого та другого підходу, в третьому не використовуються значення x_{min} та x_{max} , проте нормовані значення можуть бути більше одиниці.

В четвертому підході, на відміну від другого та третього, вводиться поняття так званих меж норми. Тобто наведений підхід враховує задані (обґрунтовані) доцільні вимоги до бажаних чи небажаних значень показника. Проте тут також беруться до уваги значення x_{min} та x_{max} , як і в першому та другому підходах, що зумовлює вже згадані недоліки.

Найбільш ефективним є п'ятий підхід, оскільки в ньому беруться до уваги характеристичні величини (вказані оптимальні, порогові та граничні значення первинних показників) які відіграють принципово важливу роль у задачі оцінювання рівня інвестиційної безпеки. Також при застосуванні цього підходу відпадає необхідність повного перерахунку всіх результатів кожного ряду, коли з часом на вибірці даних, що постійно поповнюється, значення x_{min} та/або x_{max} будуть змінюватись.

Наведено результати нормування показників, що характеризують інвестиційну безпеку України, а також розрахунку інтегрального індексу інвестиційної безпеки України за кожним з 5 розглянутих підходів.

Література

1. Степашко В.С., Мельник І.М., Кваша Т.К., Волощук Р.В. Моделі розрахунку інтегрального індексу для груп первинних економічних показників // Науково-технічна інформація. – 2005. – № 2. – С.8-12.
2. Айвазян К методологии измерения синтетических категорий качества жизни населения. – 2003. – том 39 – №2.
3. Методика визначення інтегральної рейтингової оцінки військових госпіталів Міністерства оборони України.– К.: НДІ ПВМ ЗС України, 2007.– 24 с.
4. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных. – К. 2006. – С.47-57.
5. Степашко В.С. Про задачу нормалізації економічних показників. – Там же. – Вип. 9. – 2005. – С. 32-36
6. Сайт Міністерства економіки України // Методика розрахунку рівня економічної безпеки України // <http://me.kmu.gov.ua>