

УДК 350.115

МЕТОДИКА ЧИСЕЛЬНОГО АНАЛІЗУ ЗАЛЕЖНОСТІ ІНТЕГРАЛЬНОГО ІНДЕКСУ ВІД ЗМІНИ ЗНАЧЕНЬ ПЕРВИННИХ ПОКАЗНИКІВ

Р.В. Волощук, В.С. Степашко

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

volrom@bigmir.net

В роботі розробляється методика чисельного аналізу ступеня залежності інтегрального індексу стану складної системи від зміни первинних показників у всьому діапазоні їхніх значень. Це виконується на прикладі інтегрального індексу інвестиційної безпеки України з метою пошуку напрямків ефективних управлінських рішень в інвестиційній сфері.

Ключові слова: інтегральний індекс, інвестиційна безпека, інвестиційні показники

A method is developed for numerical analysis of dependence degree of an integral index of a complex system state on the change of primary indexes in the whole range of their values. It is executed on an example of integral index of Ukraine investment safety with the purpose of search the directions of effective administrative decisions in the investment sphere.

Keywords: integral index, investment security, investment indicators

Разрабатывается методика численного анализа степени зависимости интегрального индекса состояния сложной системы от изменения первичных показателей во всем диапазоне их значений. Это выполняется на примере интегрального индекса инвестиционной безопасности Украины с целью поиска направлений эффективных управленческих решений в инвестиционной сфере.

Ключевые слова: интегральный индекс, инвестиционная безопасность, инвестиционные показатели

Вступ

Розроблений в [1, 2] метод інтегрального оцінювання стану складних систем, що ґрунтується на принципі нелінійної (кусково-лінійної) нормалізації [3] первинних показників стану, застосовується в задачах оцінювання рівня економічної безпеки України і закріплений в офіційній методиці Міністерства економіки [4]. Метод і далі розвивається [5, 6], причому в [7] на прикладі інвестиційної сфери показано, як такий індекс можна застосувати для прогнозування та планування розвитку цієї сфери.

В цій роботі ставиться на меті задача розроблення методики чисельного аналізу характеру залежності інтегрального індексу стану складної системи від можливої зміни первинних показників у всьому діапазоні їхніх значень. Ця задача вивчається на тому ж прикладі інвестиційної безпеки України. Метою таких досліджень є отримання інформації про відносний внесок первинних показників у формування значень відповідного інтегрального індексу, та про найбільш доцільні напрямки зміни економічної політики в тих чи інших галузях. Вибір прикладної теми цього дослідження обумовлений тим, що інвестиційна сфера є стратегічно важливою для розвитку економіки України.

Для прийняття ефективних управлінських рішень у цій сфері важливо знаходити можливості збільшення рівня інтегрального індексу інвестиційної безпеки за рахунок зміни значень показників, що його формують.

Інтегральний індекс стану складної системи

Стан економічної безпеки країни визначається сукупністю показників, що характеризують цю складну систему. Проте для економічної безпеки важливими є не лише самі конкретні значення показників, а їхнє співвідношення з пороговими та граничними значеннями. Порогові значення є такими, порушення яких не бажане, оскільки перешкоджає нормальному функціонуванню та розвитку національної економіки. Граничні значення показників – такі, що їх порушення призводить до небезпеки формування негативних тенденцій в галузі економічної безпеки країни.

Очевидно, що найвищий ступінь економічної безпеки досягається, коли весь комплекс показників знаходиться в межах припустимих порогів, а ще краще в межах певних оптимальних значень, і ці значення одного показника досягаються не на шкоду іншим. Наприклад, зниження темпів інфляції до порогового рівня призводить до підвищення рівня безробіття понад припустиму межу, або зниження дефіциту бюджету до порогового значення – до повного заморожування капіталовкладень і падіння виробництва тощо.

Характерною особливістю загальної задачі оцінки економічної безпеки країни, як і її складових – задач оцінки економічної безпеки для груп показників окремих галузей – є те, що індекс рівня безпеки не вимірюється безпосередньо, а його необхідно конструювати на базі наявних статистичних даних з урахуванням особливостей задачі. При цьому слід шукати деяку внутрішню структуру в даних про сукупність показників, враховуючи порогові та граничні значення показників як обмеження, що в сукупності визначають стан економічної безпеки.

В цілому можна сказати, що модель формування інтегрального індексу економічної безпеки повинна бути ієрархічною: такий індекс має бути лінійною комбінацією (згорткою) індексів безпеки для окремих галузей (груп первинних показників), кожен з яких, у свою чергу, теж має бути згорткою відповідних показників.

Сформулюємо задачу для окремої групи показників. Якщо x_j – деякі первинні показники, $j = \overline{1, m}$, що в сукупності характеризують певну галузь (сферу) економіки, то інтегральний індекс безпеки для цієї галузі повинен мати вигляд лінійної згортки:

$$I = \sum_{j=1}^m a_j \tilde{x}_j, \quad (1)$$

де a_j – деякі вагові коефіцієнти.

Від цього індексу, очевидно, слід вимагати, щоб він дорівнював 1 тоді, коли всі x_j набувають “найкращих” у певному розумінні, або оптимальних, значень, і 0 тоді, коли всі показники є “найгіршими”.

Звідси випливають такі вимоги до \tilde{x}_j та a_j :

1) кожен з \tilde{x}_j є нормалізованим, тобто $0 \leq \tilde{x}_j \leq 1$, причому 1 відповідає оптимальному значенню, а 0 – найгіршому.

2) всі a_j задовольняють нерівність $0 \leq a_j \leq 1$, причому $\sum a_j = 1$, тобто кожен коефіцієнт визначає внесок j -го показника в інтегральний індекс;

Далі розглянемо коротко задачі нормалізації показників та визначення вагових коефіцієнтів.

Діапазон усіх значень кожного первинного показника розбивається в загальному випадку на 5 інтервалів, що визначаються такими величинами: x_{zp}^H , x_{zp}^6 – гранично досяжні мінімальне та максимальне значення показника, або нижня та верхня границі; x_{nop}^H , x_{nop}^6 – порогові нижнє та верхнє значення, які бажано не перетинати; x_{opt}^H та x_{opt}^6 – межі інтервалу оптимальних значень. Ці шість величин називаються характеристичними значеннями первинного показника [3], які визначаються експертами.

Загалом нормалізація показників – це задача нормування змінних, або переходу від абсолютних до нормалізованих значень, або індикаторів, що змінюються від 0 до 1 і вже своєю величиною характеризують ступінь наближення до оптимального значення, що можна також інтерпретувати у відсотках: 0 відповідає 0%, 1 – 100%.

При формуванні множини індикаторів слід забезпечити інформаційну односпрямованість \tilde{x}_j , тому показники поділяють на стимулятори та дестимулятори. Зв'язок між інтегральним індексом I та стимулятором прямий, а між I та дестимулятором – обернений, тому дестимулятори перетворюють на стимулятори за допомогою нормування. Це означає, що вказані вище 5 інтервалів відповідають випадку, коли конкретний показник при зростанні своїх значень є спершу стимулятором, потім досягає інтервалу оптимальності, а далі стає дестимулятором. Зрозуміло, що існують також показники, що є «чистими» стимуляторами або дестимуляторами.

Специфікою нормалізації в задачі оцінювання стану складної системи, зокрема, рівня економічної безпеки, є необхідність враховувати згадані вище характеристичні значення, тому стандартні методи нормування тут не можна застосовувати [3, 6]. Запропоновані в [3] формули нелінійної (кусково-лінійної) нормалізації зводяться до того, що індикатор в інтервалі оптимальних значень первинного показника дорівнює 1, поза цим інтервалом він зменшується, досягаючи, наприклад, 0.5 на порогових значеннях, і далі спадає до 0 на

граничних значеннях. За межами інтервалу $[x_{zp}^H, x_{zp}^6]$ нормалізовані величини дорівнюють 0.

Для визначення вагових коефіцієнтів використовується метод головних компонент, обчислюваних засобами пакету “Статистика” у три етапи: а) розрахунок кореляційної матриці R первинних показників; б) виокремлення факторів (власних векторів матриці R) і розрахунок факторних навантажень (власних чисел матриці); в) ідентифікація головних компонент, якими є значущі осі багатовимірного еліпсоїда розсіювання. Як правило, значущими є від 1 до 3 власних чисел, і після нормування на одиницю модулів цих чисел отримуємо вагові коефіцієнти.

Методика чисельного аналізу залежності інтегрального індексу від зміни первинних показників

Мета – з’ясувати характер залежності інтегрального індексу стану складної системи від можливої зміни первинних показників у всьому діапазоні їхніх значень. Оскільки йдеться про залежність саме від окремо взятого показника, то зрозуміло, що при цьому інші показники, що формують інтегральний індекс, мають бути константами. З огляду на це можна запропонувати таку методику дослідження:

- весь діапазон реальних значень кожного з показників (загалом різної розмірності) розбити на однакову кількість інтервалів постійної довжини (різної для різних показників) для порівняння результатів;
- встановити для кожного показника значення, що буде постійним при зміні одного з них – найпростіше взяти останнє зі значень за часом;
- почергово змінювати перший, другий і т.д. показник від найменших до найбільших значень, що відповідають межах обраних інтервалів, та обчислювати значення інтегрального індексу в цих точках за умови, що інші показники є встановленими константами;
- побудувати графіки зміни значень інтегрального індексу в обраних точках для кожного з показників;
- вказати на графіку діапазон зміни реальних значень показника від мінімального до максимального, а також його поточне значення;
- проаналізувати отримані графіки і встановити показники, які:
 - дають мінімальне та максимальне значення інтегрального індексу;
 - при їх зміні від поточних значень до досягнення максимуму інтегрального індексу дадуть найбільший його приріст;
 - вже знаходяться в діапазоні максимуму інтегрального індексу;
- запропонувати інтерпретацію отриманих результатів з точки зору їх економічної досяжності;
- запропонувати найбільш доцільні варіанти напрямків зміни економічної політики в тих чи інших галузях.

Задача оцінювання стану інвестиційної безпеки

Інвестиційна безпека – це такий рівень національних та іноземних інвестицій (за умови оптимального їх співвідношення), який здатен забезпечити довгострокову позитивну економічну динаміку при належному рівні фінансування науково-технічної сфери, створення інноваційної інфраструктури та адекватних інноваційних механізмів.

Основними показниками інвестиційної діяльності в Україні є такі [5]:

x_1 – ступінь зносу основних засобів, %;

x_2 – частка прямих іноземних інвестицій у загальному їх обсязі, %;

x_3 – відношення обсягу інвестицій до вартості основних фондів, %;

x_4 – відношення обсягу інвестицій в основний капітал до ВВП, %;

x_5 – відношення обсягу прямих іноземних інвестицій до ВВП, %.

Статистику значень цих показників наведено в Таблиці 1, а затверджені характеристичні значення та вагові коефіцієнти для них – у Таблиці 2.

Таблиця 1. Показники інвестиційної діяльності в Україні, 1996-2008 рр.

Показник	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	40	38	40.4	42.3	43.7	45	47.3	48	49.3	49	51.5	52.6	52.6
2	7.89	9.39	13.11	11.09	13.66	11.22	13.15	13.16	14.1	14.43	15.75	18.06	17.43
3	1.5	1.4	1.7	2.1	2.9	3.6	3.2	5.2	6.64	7.29	7.98	10.08	12.46
4	15.4	13.3	13.6	13.5	13.7	16	16.5	19.3	21.96	21.09	23.02	26.44	24.54
5	1.2	1.2	1.8	1.5	1.9	1.8	2.2	2.8	3.47	3.57	4.15	5.62	5.01

Таблиця 2. Характеристичні значення показників інвестиційної сфери та їх вагові коефіцієнти

№	Найменування показника	Нижня границя $x_{зр}^H$	Нижній поріг $x_{пор}^H$	Норма нижня x_{opt}^H	Норма верхня x_{opt}^6	Верхній поріг $x_{пор}^6$	Верхня границя $x_{зр}^6$	Вагові коеф. a_j
1	Ступінь зносу основних засобів, %	10.0	14.0	25.0	35.0	50.0	70.0	0.211
2	Частка прямих іноземних інвестицій у загальному обсязі інвестицій, %	4.0	20.0	25.0	25.0	30.0	50.0	0.213
3	Відношення обсягу інвестицій до вартості основних фондів, %	1.0	4.0	6.0	8.0	12.0	16.0	0.200
4	Відношення обсягів інвестицій в основний капітал до ВВП, %	5.0	7.0	20.0	25.0	40.0	50.0	0.170
5	Відношення обсягу прямих іноземних інвестицій до ВВП, %	1.0	2.0	5.0	7.0	10.0	15.0	0.207

Враховуючи подані в Таблиці 2 вагові коефіцієнти, інтегральний індекс інвестиційної безпеки України можна записати у вигляді формули:

$$I = 0.211\tilde{x}_1 + 0.213\tilde{x}_2 + 0.2\tilde{x}_3 + 0.17\tilde{x}_4 + 0.207\tilde{x}_5, \quad (2)$$

де $\tilde{x}_j, j=1, 2, \dots, 5$, є нормалізованими за методом [3] значеннями перелічених вище первинних показників сфери інвестиційної діяльності.

Застосуємо тепер запропоновану вище методику до аналізу залежності інтегрального індексу (2) від зміни п'яти первинних показників у всьому діапазоні їхніх значень. За цією методикою окремі показники змінюються по черзі в діапазоні від їх нижнього x_{sp}'' до верхнього x_{sp}^g граничних значень, а решта дорівнюють їх постійним реальним значенням, що відповідають даним за 2008 р. (див. табл. 2), причому всі вони вимірюються у відсотках:

$$x_1^* = 52.6; x_2^* = 17.43; x_3^* = 12.46; x_4^* = 24.54; x_5^* = 5.01. \quad (3)$$

Встановлено, що в зазначених межах для кожного показника можна визначити по 15 умовних точок у всьому діапазоні значень. Відповідні точки для п'яти первинних показників цієї сфери наведено в Таблиці 3.

Таблиця 3. Значення первинних показників, для яких обчислюються значення інтегрального індексу інвестиційної безпеки України (2)

Показник	Значення показників у точках від 1 до 15 (у %)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	10	14	18	22	26	30	34	33	42	46	50	54	58	62	66
2	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43	46
3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4	5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47
5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

в Таблиці 4 наведено значення інтегрального індексу інвестиційної безпеки України (2), обчислені в поданих у табл. 3 точках значень п'яти первинних показників (при постійних значеннях (3) інших показників).

Таблиця 4. Значення інтегрального індексу інвестиційної безпеки (2) для поданих у таблиці 3 точок значень кожного з п'яти первинних показників

індекс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0.55	0.66	0.70	0.74	0.77	0.77	0.77	0.74	0.72	0.69	0.66	0.64	0.62	0.60	0.58
2	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.66	0.71	0.77	0.71	0.66	0.64	0.63	0.61	0.59	0.58
3	0.56	0.59	0.62	0.66	0.71	0.76	0.76	0.76	0.73	0.71	0.68	0.66	0.63	0.61	0.58
4	0.48	0.57	0.59	0.61	0.63	0.65	0.65	0.64	0.62	0.61	0.59	0.57	0.55	0.53	0.50
5	0.44	0.54	0.58	0.61	0.65	0.65	0.65	0.61	0.58	0.54	0.52	0.50	0.48	0.46	0.44

В табл. 3 жирним шрифтом відзначено максимально досяжні величини інтегрального індексу для кожного показника, а затемнені клітини вказують величину інтегрального індексу для значення (3) відповідного показника.

Результати таблиці 4 наочно відображені на графіках рис. 1 – 5. Зазначимо, що на всіх графіках тонкі вертикальні прямі показують межі діапазону значень, які приймав той чи інший первинний показник з 1996 по 2008 роки, а жирна пряма показує реальне значення показника станом на 2008 р. та відповідний рівень інвестиційної безпеки.

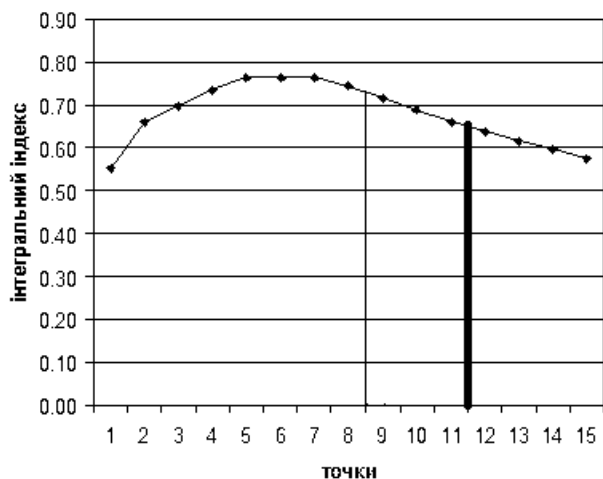


Рис. 1 Залежність індексу (2) від показника “Ступінь зносу основних засобів” (крок по осі абсцис дорівнює 4%)

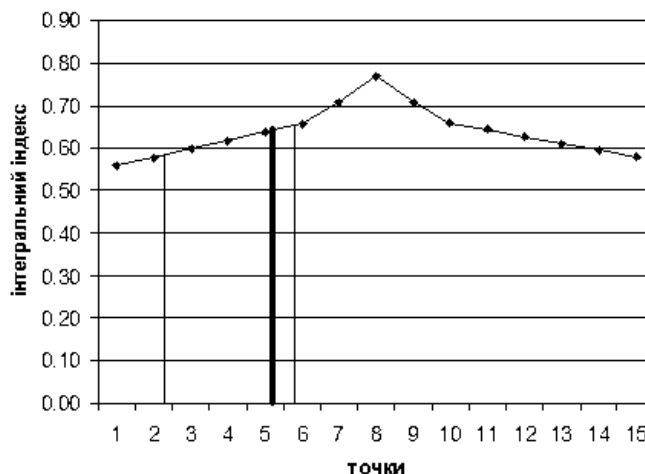


Рис. 2 Залежність індексу (2) від показника “Частка прямих іноземних інвестицій у загальному їх обсязі” (крок дорівнює 3%)

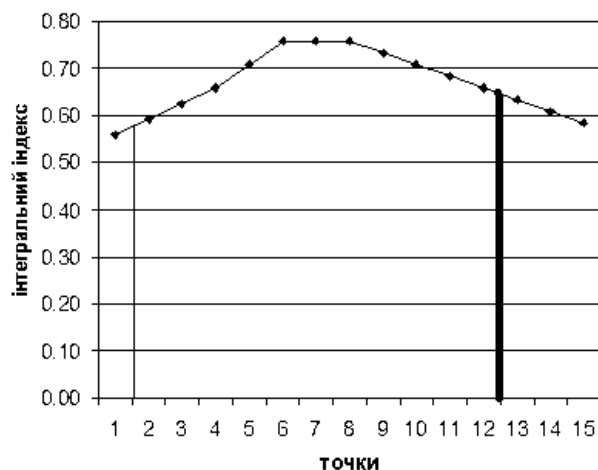


Рис. 3 Залежність індексу (2) від показника “Відношення обсягу інвестицій до вартості основних фондів” (крок дорівнює 1%)

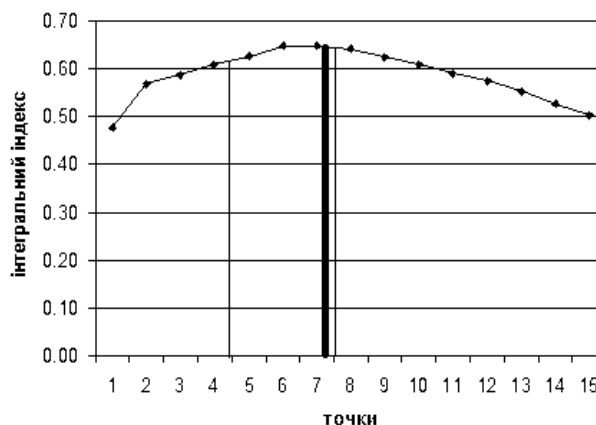


Рис. 4 Залежність індексу (2) від показника “Відношення обсягу інвестицій в основний капітал до ВВП” (крок дорівнює 3%)

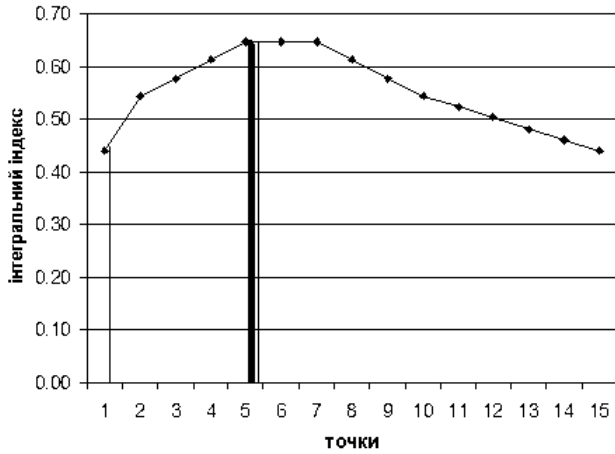


Рис. 5 Залежність індексу (2) від показника “Відношення обсягу прямих іноземних інвестицій до ВВП” (крок дорівнює 1%)

Таблиця 5 Кореляційна матриця первинних показників інвестиційної сфери України

	Var1	Var2	Var3	Var4	Var5
Var1	1	0,6	0,92	0,93	0,73
Var2	0,6	1	0,6	0,57	0,96
Var3	0,92	0,6	1	0,95	0,76
Var4	0,93	0,57	0,95	1	0,76
Var5	0,73	0,96	0,76	0,76	1

Висновки. У статті запропоновано методичку чисельного аналізу характеру залежності інтегрального індексу стану складної системи від зміни первинних показників, що формують цей індекс. Застосування цієї методики в задачі аналізу стану інвестиційної безпеки України продемонструвало можливість визначення найбільш обґрунтованих управлінських рішень щодо доцільних шляхів підвищення рівня інвестиційної безпеки.

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. Степашко В.С., Мельник І.М., Волощук Р.В. Моделі синтезу інтегральної оцінки стану складної системи взаємозв’язаних первинних показників // Моделювання та керування станом еколого-економічних систем регіону, Зб. наук. праць. – К.: Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем НАН України, 2006. – Вип. 3. – С. 275-284.
3. Степашко В.С. Про задачу нормалізації економічних показників // Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем, Зб. наук. праць. – К.: МННЦ ІТС НАНУ, 2005. – Вип. 9. – С. 20-26.
4. http://www.me.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=97980&cat_id=38738
5. Волощук Р.В. Підходи до нормування економічних показників // Індуктивне моделювання складних систем. Зб. наук. праць. – К.: МННЦ ІТС НАНУ, 2009. – С. 17–25.
6. Кваша Т.К., Степашко В.С. Методичні підходи до визначення переліку індикаторів стану економічної безпеки та їхніх характеристичних значень // Науково-технічна інформація. – 2009. - № 4 (42). – С. 8-15.
7. Волощук Р.В., Степашко В.С. Підходи до прогнозування інтегрального індексу стану інвестиційної сфери України. – Індуктивне моделювання складних систем. Зб. наук. праць. – К.: МННЦ ІТС НАНУ, 2010. – Вип. 2. – С. 32-38.