

СЕКЦІЯ 10  
СТАТИСТИКА

УДК 303.715

**Марець О.Р.**  
кандидат економічних наук, доцент,  
доцент кафедри статистики  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка

**Вільчинська О.М.**  
кандидат економічних наук,  
доцент кафедри статистики  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка

## ТЕОРЕТИЧНІ ПИТАННЯ ПОБУДОВИ ІНТЕГРАЛЬНИХ ІНДИКАТОРІВ

## THEORETICAL ISSUES OF INTEGRAL INDICATORS CALCULATING

## АНОТАЦІЯ

Інтегральні (комполитні) індикатори об'єднують набір змінних за допомогою науково обґрунтованих ваг, щоб відобразити певну сторону складного (латентного явища) в індексі. Їх часто використовують у суспільних науках, щоб показати приховані, недоступні для безпосереднього вимірювання явища чи процеси. У статті відображено класифікацію таких показників за різними критеріями. Досліджено різні методологічні питання побудови інтегральних індикаторів. Розглянуто п'ять тематичних досліджень, для яких були побудовані комполитні індикатори.

Ключові слова: інтегральний індикатор, інтегральний індекс, комполитний індикатор, нормалізація, стандартизація, субіндекс, вага, ранжування.

## АННОТАЦИЯ

Интегральные (комполитные) индикаторы объединяют набор переменных с помощью научно обоснованных весов, чтобы отразить определенную сторону сложного (латентного явления) в индексе. Их часто используют в общественных науках, чтобы показать скрытые, недоступные для непосредственного измерения явления или процессы. В статье отражена классификация таких показателей по различным критериям. Исследованы различные методологические вопросы построения интегральных индикаторов. Рассмотрены пять тематических исследований, для которых были построены комполитные индикаторы.

Ключевые слова: интегральный индикатор, комполитный индикатор, нормализация, стандартизация, субиндекс, вес, ранжирование.

## ANNOTATION

Composite indicators aggregate a set of variables by using weights, which are understood to reflect the variables' importance in the index. They are very often used in social sciences with the aim of capturing relevant, possibly latent, dimensions of reality. In this article, types of indicators according to different criteria are described. Then different methodological questions of composite index construction are explored. After that five case studies for which composite indicators were built are examined.

Keywords: composite indicator, normalization, standardization, subindex weight, rankings.

**Постановка проблеми.** У дослідженні соціально-економічних явищ чи процесів часто виникає потреба їх оцінки за низкою показників, які є різноименними чи неспівставними

величинами. Це і порівняння рівня життя різних регіонів, країн чи груп країн; рівня ефективності групи підприємств; якості складних виробів; успішності працівників тощо. У перелічених прикладах маємо справу зі складними явищами, які неможливо виміряти та оцінити за допомогою одного показника, тому до аналізу залучають складні індикатори, які містять у собі низку показників.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Теоретико-методологічні основи визначення інтегральних індикаторів викладено в працях П.М. Григорука [3], Ф.М. Бородкина та С.А. Айвазяна [2], В.С. Мхитаряна [5; 7] та ін. Прикладні аспекти застосування інтегральних індикаторів у вивченні складних соціально-економічних явищ викладено у роботах В.Г. Минашкина [4], В.С. Мхитаряна [5], Г.П. Полякової [6], Н.Н. Райської [8].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Практика використання інтегральних показників у соціально-економічних дослідженнях є досить поширена. Водночас у вітчизняних наукових публікаціях відчувається брак досліджень, які б систематизували та узагальнювали методи, за допомогою яких визначають ці індикатори, вказували на їх переваги та недоліки.

**Мета статті** полягає у вивченні вітчизняного та зарубіжного досвіду використання комполитних індикаторів для оцінки різних соціально-економічних процесів. Зокрема, нас цікавлять різні методи стандартизації показників та їх агрегування.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Індикатори класифікують за низкою ознак (мета застосування, мета вимірювання, предмет, об'єкт, суб'єкт, тип інформації, джерела отримання інформації, тип шкали, складність

конструкції індикатора тощо). Нас цікавить останній критерій, за яким їх поділяють на: *одномірні та багатомірні; прості та складні*.

Для позначення останніх у спеціальній літературі використовують терміни: інтегральний, багатомірний, композитний, синтетичний, агрегований [1–9]. Ми надалі будемо використовувати терміни *інтегральний та композитний*.

Найпростіші одномірні індикатори – це, наприклад, загальна чисельність населення, кількість народжених, кількість померлих, щільність населення, ранг країни за величиною щільності населення. Найпопулярніший із багатомірних індикаторів – індекс людського розвитку та його підвиди [10].

Прості індикатори описують один об'єкт і призначені для порівняння його зміни за однією характеристикою. Вони мають чітку і зрозумілу розмірність (часу, простору, ваги, грошових одиниць тощо). Об'єктами можуть бути країни, регіони, фірми, їх групи тощо. Інтегральні індикатори є функціями, наборами, системами функцій індексів, показників. Вони найчастіше безрозмірні.

Вимоги, які висувають до індикаторів, відносяться до структури, якості, інтерпретацій, цілей, сфер застосування, використаної інформації та інших їх властивостей та характеристик.

Перелічені вимоги можна систематизувати та звести до наступних [2]:

1) наявність чіткого переліку цілей та завдань індикатора та максимально можливе їх охоплення;

2) корисний прикладний характер;

3) зв'язок індикатора з теоріями і концепціями, його розміщення в мережі концепцій;

4) обґрунтована система шкал вимірювання;

5) валідність, надійність і сенситивність;

6) релевантність, доречність, придатність до використання для більшості населення;

7) стандартність (інваріантність) у часі та просторі;

8) наявність у складі керованих змінних, на яких будується індикатор;

9) вагові коефіцієнти складових індикатора повинні бути статистично значущими;

10) розумність витрат.

Тож у результаті ми використовуємо одномірні показники для визначення багатомірного. Треба пам'ятати, що будь-які узагальнення (згортання) призводять до втрати певної інформації. Такі показники поглинають індивідуальні відмінності досліджуваної сукупності і виявляють загальні.

Загалом, для побудови інтегральних індикаторів використовують [2; 7; 9]:

- *експертні методи*, які включають прямі та непрямі експертні оцінки порівнюваних значень. Якість результатів тут залежить від кваліфікації експертів. Слід зауважити також, що оцінки експертів є суб'єктивні;

- *ап'риорні методи* – вид інтегрального показника та його параметри обирають, керу-

ючись теоретичними уявленнями про сутність досліджуваного економічного явища, характер взаємозв'язку вихідних показників, їх значення для зіставлення економічних процесів;

- методи *«розпізнавання образів»* – це різноманітні методи багатомірної класифікації об'єктів. Вони є об'єктивніші за вже перелічені методи. Їх можна використовувати для групування часткових показників, з яких потім виділяти в кожній групі найтипівіший показник і розглядати його як інтегральну характеристику для відповідної групи вихідних показників;

- методи *факторного і компонентного аналізу* застосовують досить часто, оскільки вони дають непогані результати, хоча нерідко виникають певні труднощі: виникнення ваг з негативними значеннями, слабкий кореляційний зв'язок агрегованого показника з деякими з часткових показників тощо.

- *непараметричні методи*.

Зазначимо, що універсальної методики для створення інтегрального індикатора немає. Необхідно в кожному конкретному випадку керуватись особливостями досліджуваного явища.

Крім того, побудова композитного індикатора, своєю чергою, є частиною алгоритму вивчення багатомірної вибірки [1].

Незалежно від різноманітності методів і підходів, у загальному вигляді створення інтегрального показника передбачає такі етапи:

1. Вибір і оцінка даних.

2. Обробка даних.

3. Агрегування.

Перший етап передбачає формування набору базових показників, що характеризують стан досліджуваного явища, і визначення способу їх вимірювання. Він передбачає детальний аналіз суті явища та обґрунтування кожного показника, який буде включений у інтегральний індекс.

Із одного боку, важливо, щоб інформація не дублювалась (тобто щоб базових показників не було забагато), з іншого – щоб були охоплені всі елементи складного явища (тобто щоб показників було не замало). Для перевірки якості набору базових показників використовують конкретні математичні методи, наприклад коефіцієнт кореляції Пірсона [11].

Базові показники групують та на їх основі визначають субіндекси (після нормування).

На другому етапі базові показники нормують (стандартизують). Це роблять для того, щоб уніфікувати шкали показників.

Спосіб нормування залежить від суті базового показника та його впливу на досліджуване складне явище. Наприклад, у вітчизняній науковій літературі використовують терміни «стимулятори» і «дестимулятори». Стимулятори – це показники, збільшення яких покращує загальну оцінку роботи об'єкта дослідження (випуск продукції, продуктивність праці), а дестимулятори, навпаки, погіршують

оцінку роботи (собівартість, рекламація, брак, штрафи).

Застосовують наступні методи стандартизації:

- на середнє значення:

$$\text{для стимуляторів: } z_i = x_{ij}/\bar{x}, \quad (1)$$

$$\text{для дестимуляторів: } z_i = \bar{x}/x_{ij},$$

де  $z_i$  – нормоване значення;

$x_{ij}$  – початкове значення показника;

$\bar{x}$  – середнє регіональне значення показника.

- на розмах варіації:

$$\text{для стимуляторів: } z_i = \frac{x_{ij} - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}, \quad (2)$$

$$\text{для дестимуляторів: } z_i = \frac{x_{max} - x_{ij}}{x_{max} - x_{min}},$$

де  $x_{max}$  – найбільше значення показника;

$x_{min}$  – найменше значення показника.

- на еталонне значення (на базі умовного моменту 2-го порядку):

$$M_{2j} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ji} - x_{je})^2}{n}, \quad (3)$$

де  $j$  – номер показника;

$i$  – номер країни (регіону, об'єкту);

$M_{2j}$  – умовний момент другого порядку  $j$ -го індикатора;

$x_{ji}$  – значення  $j$ -го показника  $i$ -ї країни (регіону, об'єкту);

$x_{je}$  – еталонне значення  $j$ -го показника;

$n$  – кількість країн (регіонів, об'єктів).

Еталонним значенням тут може бути стандартне чи нормативне значення показника. Якщо такого немає, то еталонним обирають те значення, за якого досліджуване складне явище набирає найоптимальнішого значення.

- на середнє квадратичне відхилення ( $\sigma$ ):

$$z_i = \frac{x_{ij} - \bar{x}}{\sigma_{xj}}, \quad (4)$$

- інші.

На третьому етапі розраховують інтегральний показник, тобто агрегують субіндекси. Для цього використовують різні методи. Найпоширенішими є застосування середніх арифметичної чи геометричної (використовують ще терміни «адитивна згортка» або «мультиплікативна згортка» [3]).

Середню арифметичну використовують тоді, коли є підстави вважати, що взаємозв'язок між кожною складовою та результуючим досліджуваним явищем є лінійний. При цьому обмежень на кількість складових композитного індексу практично немає.

Середню геометричну використовують тоді, коли вихідні показники в аналізі є відносними величинами. Зазвичай кількість складових інтегрального індексу не більше семи. Крім того, нижнє значення уніфікованої шкали для оцінювання показників рівне нулю зазвичай не використовують. Середня геометрична є чутливою до низьких значень її компонентів, якщо одна з його складових близька до нуля, це нівелює вплив усіх інших чинників [3].

Якщо агрегування здійснюють за допомогою зважених арифметичної чи геометричної, то окремим блоком дослідження є визначення ваг.

Розглянемо далі приклади конкретних досліджень, у ході яких використовували композитні індикатори. Нас цікавить передусім структура вихідних показників, способи їх нормування та методи агрегування.

*Вивчення якості життя регіону* [5]. У цьому дослідженні автори для визначення показників на першому етапі виділили три базові складові: 1) рівень добробуту; 2) якість населення; 3) якість соціальної сфери. Було сформовано базу із 60 часткових показників, яка була інформаційно перенасичена, ненаочна та характеризувалась яскраво вираженою мультиколінеарністю.

За допомогою методу головних компонент (описаний, наприклад, П.М. Григоруком [3]) кількість часткових показників зменшили до 40. Для нормування використали формули (1). Субіндекси для трьох базових компонент визначали за допомогою середньої геометричної, оскільки виходили з припущення, що високої якості життя неможливо досягнути без будь-якої значущої його складової, тому зв'язок між ними мультиплікативний. Результуючий інтегральний індикатор також визначали за допомогою середньої геометричної. У результаті були отримані чотири індекси: для кожної складової та загальний. Значення композитного індикатора, отриманого за такою методикою, коливається від 0 до 1, і його можна використовувати як для статичних, так і для динамічних порівнянь.

Для іншого дослідження якості життя [6] використовували ті ж самі блоки показників, способи нормування та агрегування. Результуючий інтегральний індикатор визначали за допомогою середньої геометричної зваженої. Ваги визначали таким чином, щоб їх сума дорівнювала 1.

*Визначення рейтингу фінансової незалежності* [4]. Базою у дослідженні авторів були вихідні показники, які згрупували у такі блоки: 1) внутрішня економіка; 2) державні фінанси; 3) приватні фінанси.

Нормування було здійснене за формулою (3). Нормовані показники кожної з трьох груп були зведені до одного за допомогою середньої арифметичної. Інтегральний індикатор визначали за допомогою середньої арифметичної зваженої, де вагами виступає кількість індикаторів у групі. Завершувалося це дослідження присвоєнням рейтингів: країна чи регіон, де значення композитного індексу мінімальне (а отже, переважають індикатори з найменшими відхиленнями від еталонного значення), отримують найвищий рейтинг; а ті, де максимальне – найнижчий рейтинг.

*Порівняння інвестиційної привабливості регіонів* [9]. Набір вихідних показників дослід-

ники поділили на дві групи: інвестиційний ризик (10 показників) та інвестиційний потенціал (14 показників). Композитний індекс розраховано за середньої арифметичної зваженої. Для визначення ваг було використано ймовірнісний підхід, базований на матриці попарних порівнянь. Для визначення рейтингу регіонів за п'ятибальною шкалою використано формулу:

$$z_i = \frac{x_{ij} - \bar{x}}{\sigma_{xj}} \cdot 5.$$

Значення рейтингу коливається від 0 до 5.

Досить цікавим є застосування інтегральних індексів і вивчення *циклічних змін економіки країни* [8]. Тут базовими показниками є динамічні ряди, поділені на три групи за критерієм порівняння з еталонним динамічним рядом (індекс промислового виробництва). Виходячи з цього розраховано:

- випереджальний індекс (динаміка індексу випереджає зміни економічної активності) – 7 показників;

- індекс співпадінь (динаміка індексу дорівнює змінам економічної активності) – 4 показника;

- індекс запізнь (динаміка індексу відстає від змін економічної активності) – 8 показників.

Вихідні динамічні ряди були приведені до одної бази та з їх складу була усунена сезонність. Інтегральні індекси є середньою арифметичною зваженою його структурних елементів. Для визначення ваги кожного показника використано матрицю коефіцієнтів парної кореляції.

**Висновки.** Хочемо наголосити, що не менш важливим елементом аналізу за допомогою інтегральних індексів є їх інтерпретація (у тому числі за допомогою графічного методу). Це питання заслуговує не меншої уваги, ніж методика розрахунку показника, хоча воно і не було метою нашого дослідження.

Отже, бачимо, що сфери застосування інтегрального показника є дуже різноманітні, як і методи його обчислення. Використання різних

підходів до побудови інтегрального показника може привести до різних результатів, тому слід вдумливо і обґрунтовано підходити до їх вибору.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Бокун Н.Ч. Использование многомерной выборки для измерения неофициальной экономики / Н.Ч. Бокун // Вопросы статистики. – 2008. – № 2. – С. 30–37.
2. Бородкин Ф.М. Социальные индикаторы : [учебник] / Ф.М. Бородкин, С.А. Айвазян. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2006. – 607 с.
3. Григорук П.М. Методи побудови інтегрального показника / П.М. Григорук, І.С. Ткаченко // Бізнес Інформ. – 2012. – № 4(411). – С. 34–38.
4. Минашкин В.Г. О методических вопросах определения рейтинга финансовой независимости / В.Г. Минашкин, Е.А. Саблина // Вопросы статистики. – 2011. – № 11. – С. 24–27.
5. Мхитарян В.С. Интегральная оценка качества жизни населения Республики Марий Эл / В.С. Мхитарян, Л.П. Бакуменко // Вопросы статистики. – 2011. – № 6. – С. 60–67.
6. Полякова Г.П. Интегральная оценка качества жизни населения регионов Приволжского федерального округа / Г.П. Полякова, Л.С. Тюкаева // Вопросы статистики. – 2013. – № 11. – С. 35–41.
7. Прикладная статистика. Основы эконометрики : [учебник для вузов] : в 2-х т. Т. 1 / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян ; 2-е изд., испр. – М. : Юнити-Дана, 2001. – 656 с.
8. Райская Н.Н. Использование интегральных индексов в анализе циклических изменений российской экономики / Н.Н. Райская, Я.В. Сергиенко, А.А. Френкель // Вопросы статистики. – 2009. – № 12. – С. 8–13.
9. Райская Н.Н. Рейтинг регионов по интегральному показателю инвестиционной привлекательности / Н.Н. Райская, Я.В. Сергиенко, А.А. Френкель // Вопросы статистики. – 2009. – № 1. – С. 56–61.
10. Human development reports. United nations development program/ [Electronic esource]. – Mode of access : <http://hdr.undp.org/en/2015-report>.
11. Paruolo P. Ratings and Rankings: Voodoo or Science? / P. Paruolo, M. Saisana, and A. Saltelli // Journal of the Royal Statistical Society 2013. – № 176(2). – P. 609–634.