

Економіка

УДК 330.33/36

Ткаченко Іван Семенович

доктор економічних наук, професор

Хмельницький національний університет

Tkachenko Ivan

Doctor of Economic Sciences, Professor

Khmelnytskyi National University

ОЦІНЮВАННЯ ЕНТРОПІЇ ГАРМОНІЙНОСТІ СИНЕРГІЇ ЕКОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ

ASSESSMENT OF THE ENTROPY OF HARMONY OF SYNERGY OF THE ECONOMIC SYSTEM

*Людство про гармонію постійно гомонить.
Математика шукає метод як то мудро пояснить,
А Всесвіт все діє та ще й чудить й
За Золотий перетин щедро БОГУ дячить
($\phi = 0,6180339887$).
Якщо ж Золоту пропорцію ти хочеш знать
Треба просто взять та й записать:
Один, кома, шістьдесят один, вісімдесят,
тридцять три, дев'яносто вісім,
вісімдесят сім, а тепер
Повідом про це вже усім що ти знаєш
Золоту Пропорцію та й заодно
Число БОГА $\Phi = 1,6180339887$.*

Анотація. Представлено методику кількісно-якісного оцінювання різноманітності поєднуючих в цілісну сукупність характеристик економічної системи, яку побудовано на основі методу аналізу ієрархій та теорії гармонії структурованих систем, створеної з використанням інваріантів золотого перетину.

Ключові слова: кількісно-якісне оцінювання, експертна думка, синергія, метод аналізу ієрархій (MAI), ентропія, гармонія, золота пропорція, золотий перетин, економічна система.

Summary. *A methodology for quantitative and qualitative assessment of the diversity of characteristics of an economic system combining into a holistic set of characteristics is presented, which is built on the basis of the method of analysis of hierarchies and the theory of harmony of structured systems created using the invariants of the golden section.*

Key words: *quantitative and qualitative assessment, expert opinion, synergy, method of analysis of hierarchies (MAI), entropy, harmony, golden proportion, golden section, economic system.*

Вступ та постановка завдання. Аналізуючи результати сучасних наукових досліджень вітчизняних науковців та корифеїв світової економічної науки, усвідомлюємо, що на даному етапі управління підприємствами набуває все частіше нелінійний характер для сучасних економічних процесів, які неминуче сприяють виникненню непередбачуваних ситуацій, тобто з існуванням невизначеності. Зважаючи на це, існують методи зменшення впливу несанкціонованих факторів на роботу підприємства. Серед таких методів особливе місце займає планування. Однак досвід господарювання в умовах планової економіки вказує на його недосконалість. Отже, сьогодення потребує подальших досліджень з розробки науково обґрунтованих методик які враховують досвід ефективних менеджерів-експертів для зменшення ступеня невизначеності при оцінюванні ефективності функціонування об'єктів господарювання. Одним із достатньо відомих методів, який дозволяє зменшити невизначеність при прийнятті рішень є метод експертної оцінки рівня й показників якості об'єкта господарювання, або просто для прикладу економічної системи, та ґрунтується на використанні професійного досвіду та інтуїції експертів (фахівців з конкретної галузі знань) [1]. Сукупність кількісних значень коефіцієнтів вагомості всіх показників якості на будь яких ієрархічних ступенях оцінки мають однакове значення (в долях від

одиниці, у відсотках або за визначеною бальною шкалою). На такому підході будується, наприклад, відомий “метод аналізу ієрархій”(МАІ) [2]. Для оцінювання різноманітності з'єднуючих в цілісну сукупність характеристик економічної системи нами використана скорегована шкала відносних переваг, яка запропонована в роботі [2] (табл. 1).

Визначимо основні терміни в представленні сутності методики оцінювання ентропії гармонійності синергії будь якого конкретного об'єкту на прикладі узагальненого поняття економічна система.

Економічна систéма — сукупність усіх видів економічної діяльності людей у процесі їх взаємодії, спрямованої на виробництво, обмін, розподіл, споживання товарів і послуг, регулювання економічної діяльності. Загальні характерні риси економічних систем це є *цілісність, емерджентність, динамічність* економічність процесів, *невизначеність* щодо їх розвитку.

Цілісність (англ. *integrity*) — внутрішня єдність, узгодженість (пов'язаність) усіх складових чого-небудь, єдине ціле.

Емерджéнтність (англ. *emergence* — виникнення, поява нового) у теорії систем — наявність у будь-якої системи особливих властивостей, не властивих її складовим (підсистемам і блокам), а також сумі елементів, не пов'язаних системоутворюючими зв'язками; неможливість адаптації властивостей системи до суми властивостей її компонентів.

Динамічність — поведінка в часі та в залежності від структури елементів системи, взаємодії між ними, а також причинно-наслідкових зв'язків, петель зворотних зв'язків, затримок реакції, впливу середовища та інших. Особлива увага приділяється комп'ютерному моделювання таких систем.

Невизначеність — це об'єктивна неможливість здобуття абсолютного знання про об'єктивні та суб'єктивні фактори функціонування системи, неоднозначність її параметрів. Чим більша невизначеність під час прийняття господарського рішення, тим більший ризик помилки.

Синергія (від грец. *συνεργία* — (грец. *σύν*) разом; (грец. *ἔργον*) той, що діє, дія) — це сумарний ефект, який полягає у тому, що при взаємодії двох або більше факторів їхня дія суттєво переважає ефект кожного окремого компонента у вигляді простої їхньої суми.

Ентропія є одним з декількох способів вимірювання різноманітності, є безрозмірний показник, а у теорії інформації — це міра невизначеності, пов'язана з набором змінних.

Гармонія — узагальнююче поняття, що вказує на поєднання, злагодженість, взаємну відповідність якостей (предметів, явищ, частин цілого).

Таблиця 1

Шкала відносних переваг

Рівні відносних переваг	Визначення	Пояснення
1	Рівнозначність	Однаковий вклад обох видів порівнюваних факторів в досягненні мети
3	Помірна перевага одного над іншим	Досвід та переконання дають незначну перевагу одному фактору над іншим
5	Суттєва перевага	Досвід та переконання дають суттєву перевагу одному виду над іншим
7	Вагома перевага	Одному фактору надається настільки вагома перевага, що вона стає практично значуща
9	Дуже вагома перевага	Наявна очевидність переваги одного фактору над іншим та підтверджується найбільш впевнено
2, 4, 6, 8	Проміжні рішення між двома досить не суттєво різними сусідніми судженнями	Застосовуються у випадку прийняття компромісу
Обернені значення рівнів відносної значущості	Якщо при порівнянні рівня відносної значущості одного фактора з другим його значення є ціле число (наприклад, 8), то при порівнянні рівня відносної значущості другого з першим його показник приймає обернене значення (тобто 1/8)	

Бальні оцінки не повинні бути всі однаковими для оцінювання характеристик економічної системи, тому що **тільки різноманіття створює гармонію, а однаковість породжує хаос**. Для визначення переваги тієї чи іншої характеристики відносно однієї до другої скористаємось методикою попарного порівняння, що відома як метод аналізу ієрархій [2], а далі застосуємо метод ентропійної оцінки структурної гармонії системи [3].

Вирішення завдання. I Етап. Сутність процесу оцінювання синергетичної гармонії економічної системи, як об'єкту дослідження, здійснюється дослідником за наступним алгоритмом:

- заповнюємо клітини стовпців 2-5 (табл. 2), використовуючи вагові переваги одного фактора перед другим на основі їх змісту у (табл. 1), системну оцінку пріоритету однієї характеристики економічної системи над другою здійснимо таким чином:

- фіксуємо що пріоритет однієї характеристики перед іншою більший, наприклад, "цілісність" перед "невизначеність" на думку експерта відповідає оцінці за шкалою відносних переваг (табл. 1) $b_{14} = 8$, а тоді "цілісність" перед "невизначеність" буде $b_{41} = \frac{1}{8}$, і за таким же алгоритмом продовжимо виконувати наповнення й всіх інших клітин вихідної частини таблиці думок експерта $b_{ij} (i = j = 1, \dots, s)$ в даному прикладі маємо ($s = 4$) (табл. 2);

- знаходимо середнє геометричне значення балів для кожної i -ої характеристики економічної системи (строки табл. 2) за формулою:

$$\widehat{b_j} = \sqrt[s]{\prod_{i=1}^s b_{ij}} \quad (j = 1, 2, \dots, m),$$

де s – число характеристик економічної системи, для даного прикладу $s = 4$;

- обчислюємо сумарне значення середніх геометричних показників балів по даній економічній системі (стовпчик 6)

$$\sum_{i=1}^s \widehat{b}_i;$$

- визначаємо середньозважене значення для кожного $\widehat{b}_i$ (стовпчик 7):

$$P_i = \frac{\widehat{b}_i}{\sum_{i=1}^s \widehat{b}_i};$$

- на підставі середньозважених показників P_i (стовпчик 8) визначаємо фактичне значення системної ентропії за формулою (1) попередньо заповнивши (стовпці 9 та 10);

- визначимо за формулою К. Шеннона [3] фактичне значення системної ентропії:

$$H_s = -\frac{1}{\log s} \sum_{i=1}^s P_i \log P_i, \quad (1)$$

- оцінюємо значення показника невизначеності за фактичними даними за формулою (1), а

- за допомогою наступного співвідношення, визначаємо теоретичне значення інваріанту золотого перетину [3]:

$$H^{s+1} + H - 1 = 0, \quad (2)$$

та знайдемо для нього номер значення $s + 1$, якому воно відповідає,

$$H^{s+1} = 1 - H_s,$$

прологарифмуємо це співвідношення та отримаємо

$$(s + 1) \log H_s = \log (1 - H_s) \text{ або } s + 1 = \frac{\log (1 - H_s)}{\log H_s}, \quad (3)$$

- з'ясуємо відповідність фактичного значення H_s теоретичному рівню, маючи на увазі наступні міркування:

а) якщо фактичне значення показника H_s відповідає значенню рівня $(s + 1) = 3,0641$, яке достатньо наближене до цілого $[s + 1] = 3$, то це означає, що оцінюваний показник відповідає значенню дійсної *гармонійності*, та чим більше значення **цілої частини** $[s + 1]$, тим менша стійкість (надійність) рішення яке треба прийняти;

для дробної частини значення $\{s + 1\}_{\text{фак}}$ можуть бути такі варіанти:

б) якщо ж значення $\{s + 1\}_{\text{фак}}$ близьке до такого, що відповідає $\{s + 1\}_{\text{теор}} = 0,5$ (наприклад, $(s + 1) = 7,5254$), то в цьому випадку оцінка економічної системи наближається до *дисгармонійності* $\Delta = |\{s + 1\}_{\text{фак}} - \{s + 1\}_{\text{теор}}| = 0,5254 - 0,5 = 0,0254$, вона може бути реструктуризована чи модернізована або ж підпадає під експертну переатестацію;

в) якщо трапляються два такі випадки, що значення $\{s + 1\}_{\text{фак}}$ наближене до $\{s + 1\}_{\text{теор}} = 0,25$, або $\{s + 1\}_{\text{теор}} = 0,75$, то в такому випадку оцінка економічної системи наближена до рівня можливої *прийнятності*, тобто є ризик схильності як до гармонійності, так і до дисгармонійності $\Delta = |\{s + 1\}_{\text{фак}} - \{s + 1\}_{\text{теор}}| = 0,3281 - 0,25 = 0,0781$, або такий випадок $\Delta = |\{s + 1\}_{\text{фак}} - \{s + 1\}_{\text{теор}}| = 0,8123 - 0,75 = 0,0623$, при цьому подальша доля оцінки економічної системи повністю залежить від того, яке рішення прийме відповідний орган чи особа з урахуванням окремих її складових та здійснення наступного остаточного етапу оцінювання на основі експертних оцінок;

- знаходимо номер значення $(s + 1)$ і фіксуємо відповідність фактичного значення H_s теоретичному рівню, в залежності від співвідношень визначених нами в пунктах а), б) і в);

- робимо підсумовуючи висновки.

Реалізацію цього алгоритму в концентрованому варіанті представимо таблицею (табл. 2).

Таблиця 2

Системна оцінка переваг однієї характеристики економічної системи перед іншою

Характеристики економічної системи	1	2	3	4	$\prod_{i=1}^{s=4} b_{ij}$	$\hat{b}_i$	P_i	$\log P_i$	$P_i \log P_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Цілісність	1	1/8	1/7	8	0,142	0,6139	0,0990	-1,0044	-0,0994
Емерджентність	8	1	5	9	360	4,3559	0,7023	-0,1535	-0,1078
Динамізм	7	1/5	1	1/6	1,2096	0,6954	0,1121	-0,9504	-0,1065
Невизначеність	1/8	1/9	6	1	0,0833	0,5372	0,0866	-1,0625	-0,0920
					$\sum_{i=1}^s \hat{b}_i$	6,2024	1	$\sum_{i=1}^s P_i \log$	-0,4057
								H_s	-0,6739
								$s + 1$	2,8392

В нашому прикладі $(s + 1) = 2,8392$, тобто це значення може бути прийнятим як ціле, що за правилами округлення дорівнює трьом, або $[s + 1] = 2$ що також відповідає гармонійності системи, або ж як $\{s + 1\}_{\text{фак}} = 0,8392$, яке дещо ближче до показника $\{s + 1\}_{\text{теор}} = 0,75$, $\Delta = 0,0892 < 0,1602$, а це дає надію на вдосконалення сутності економічної системи за рахунок перегляду щодо важливості певних її характерних рис. На цьому етапі є можливість й завершити процес оцінювання, але частіше за все в прийнятті рішень довіряють думкам однієї групи експертів або навіть й кількох груп і тому продовжимо цей процес для групи із k осіб висококваліфікованих фахівців.

II етап. Оцінка ентропії синергії характеристик економічної системи групою експертів. Для даного варіанту сформуємо групу експертів із $k = 5$ осіб. Кожен експерт особисто виставляє по кожному параметру економічної системи свої бальні оцінки $b_i^k (k = 1, \dots, 5), (i = 1, \dots, 4)$, які представлено у відповідному стовпчику таблиць (табл.3 та табл.4), а далі знаходимо фактичне *кількісне* значення ентропії синергії характеристик (факторів) економічної системи та визначаємо її *якісну* сутність по кожному з експертів.

Таблиця 3

Оцінка ентропії синергії характеристик економічної системи експерта

$$k = 1$$

Характеристики економічної системи	b_i^1	P_i	$\log P_i$	$P_i \log P_i$
Цілісність	7	0,2500	-0,6021	-0,1505
Емерджентність	9	0,3214	-0,4930	-0,1585
Динамізм	8	0,2857	-0,5441	-0,1554
Невизначеність	4	0,1429	-0,8450	-0,1208
	28	1	$\sum_{i=1}^s P_i \log P_i$	-0,4852
			H_s	0,8059
			$s + 1$	7,5969

При значенні $[s + 1] = 7$ думка першого експерта синергія ознак економічної системи може бути більш менш переконливо оцінена як *дисгармонійна* через те що $\{s + 1\}_{\text{фак}} = 0,5969$ має досить незначне відхилення від значення $\{s + 1\}_{\text{теор}} = 0,5$, $\Delta = 0,5969 - 0,5 = 0,0969$.

Таблиця 4

Оцінки кожного з експертів групи, починаючи від $k = 2$ до $k = 5$.

Характеристики економічної системи	b_i^2	P_i	$\log P_i$	$P_i \log P_i$	b_i^3	P_i	$\log P_i$	$P_i \log P_i$
Цілісність	8	0,2963	-0,5283	-0,1565	6	0,2400	-0,6198	-0,1488
Емерджентність	8	0,2963	-0,5283	-0,1565	8	0,3200	-0,4949	-0,1584
Динамізм	7	0,2593	-0,5862	-0,1520	6	0,2400	-0,6198	-0,1488
Невизначеність	4	0,1481	-0,8294	-0,1228	5	0,2000	-0,6990	-0,1398

	27	1		-0,5878	25	1	$\sum_{i=1}^s P_i \log$	-0,59580
			H_s	0,9764			H_s	0,9896
			$s + 1$	156,87			$s + 1$	436,75
Характеристики економічної системи	b_i^4	P_i	$\log P_i$	$P_i \log P_i$	b_i^5	P_i	$\log P_i$	$P_i \log P_i$
Цілісність	7	0,2692	-0,5699	-0,1534	7	0,2500	-0,6021	-0,1505
Емерджентність	8	0,3077	-0,5119	-0,1576	9	0,3214	-0,4930	-0,1585
Динамізм	6	0,2308	-0,6368	-0,1470	7	0,2500	-0,6021	-0,1505
Невизначеність	5	0,1923	-0,7160	-0,1377	5	0,1786	-0,7481	-0,1336
	26	1		-0,5957	28	1	$\sum_{i=1}^s P_i \log$	-0,5931
			H_s	0,9894			H_s	0,9851
			$s + 1$	426,67			$s + 1$	280,2

З таблиці 4 видно та зрозуміло що всі цілі частини для фактичних значень $(s + 1)$ кожного експерта мають чи малі величини $[156; 436; 426; 280]$ ($k = 2; 3; 4; 5$), а це свідчить про те що думки їхні не переконливі відносно рівня гармонійності синергії економічної системи, а самі рівні оцінюються дещо неоднозначно: так от у другого експерта $\{156,87\}_{\text{фак},2} = 0,87$ фактично є середина між 1 та 0,75 і тому експерт може стверджувати що в його випадку має стан як гармонійності чи також і як такий що доцільно було б прийняти з доопрацюванням; а от третій і четвертий практично ідентичні, тому що $\{436,75\}_{\text{фак},3} = 0,75$ і $\{426,67\}_{\text{фак},4} = 0,67$ достатньо наближені один до одного; а от п'ятий маючи значення $\{280,2\}_{\text{фак},5} = 0,2$ зовсім недалеко від $\{s + 1\}_{\text{теор}} = 0,25$, і саме через це він може відносно впевнено пропонувати подальші перегляди бальних оцінок зокрема, та й структурного стану самої системи.

III етап. З'ясуємо яка ж спільна думка експертів відносно оцінки економічної системи, тобто визначимо ентропійну оцінку синергії думок експертів. Це можна здійснити через використання середньої арифметичної та середньозваженої геометричної. Бали які експерти виставили в табл.3 і табл.4 перенесемо в табл.5 і табл.6 та виконаємо відповідні обчислення.

Таблиця 5

Ентропійна оцінка синергії балів, виставлених експертами за характеристиками економічної системи ($k = 1, \dots, 5$)

Фактори економ. системи	b_i^1	b_i^1	b_i^1	b_i^1	b_i^1	$\sum_{k=1}^5 b$	P_i	$\log P_i$	$P_i \log P_i$
Цілісність	7	8	6	7	7	35	0,2613	-0,5829	-0,1523
Емерджентність	9	8	8	8	9	42	0,3134	-0,5039	-0,1579
Динамізм	8	7	6	6	7	34	0,2537	-0,5957	-0,1511
Невизначеність	4	4	5	5	5	23	0,1716	-0,7655	-0,1314
$\sum_{i=1}^4 b_i^k$	28	27	25	26	28	134	1	$\sum_{i=1}^s P_i \log$	-0,5227
								H_s	0,8682
								$s + 1$	14,3382

Таблиця 6

**Ентропійна оцінка синергії балів, виставлених експертами за
характеристиками економічної системи ($k = 1, \dots, 5$)**

Характеристики економічної системи	b_i^1	b_i^1	b_i^1	b_i^1	b_i^1	$\prod_{i=1}^{k=5} b_i$	$\widehat{b}_i^k$	P_i	$\log P_i$	$P_i \log P_i$
Цілісність	7	8	6	7	7	16464	6.9712	0.2714	-0.5664	-0.1537
Емерджентність	9	8	8	8	9	41472	8.3859	0.3264	-0.4862	-0.1587
Динамізм	8	7	6	6	7	14112	5.7595	0.2242	-0.6494	-0.1456
Невизначеність	4	4	5	5	5	2000	4.5731	0.1780	-0.7496	-0.1334
$\sum_{i=1}^4 b_i^k$	2 8	27	2 5	26	28	$\sum_{i=1}^{s=4} \widehat{b}_i$	25.689 7	1	$\sum_{i=1}^s P_i \log$	-0.5912
									H_s	0.9820
									$s + 1$	221.17

Обидва варіанти практично мають однакову якісну оцінку гармонійності: так в першому випадку значення для фактичного середньоарифметичного $\{14,3382\}_{\text{фак},+} = 0,3382$ є в середині проміжку між $\{s + 1\}_{\text{теор}} = 0,25$ та $\{s + 1\}_{\text{теор}} = 0,5$, а це означає що може бути прийнято без будь-яких особливих коливань або до опрацювання, або ж треба відхилити без коливань; а от у другому варіанті значення $\{221.17\}_{\text{фак},\sqrt{}} = 0,17$ наближене більше до стандарту $\{s + 1\}_{\text{теор}} = 0,25$ чим до одиниці, а тому навіть при такому значенні цілої частини $[s + 1] = [221,17] = 221$, яка свідчить про ослаблену впевненість цього результату, є більш реалістичним підсумком думок експертної групи що до для подальшого вдосконалення структурного визначення поняття економічна система. При цьому можемо підсумувати по завершенню дій за двома етапами що отримані кожним окремим експертом результати є менш переконливими порівняно з їх спільним висновком.

Висновки. Отримані результати дозволяють зробити висновки про те, що запропонована нами методика попарного бального оцінювання значущості одного фактора перед іншим з використанням шкал переваг методу аналізу ієрархій (МАІ) дозволяє зробити об'єднання двох окремих показників якості та кількості в один процес, як індивідуального так і групового, ентропійного оцінювання гармонійності синергії структурних характеристик (факторів) конкретної системи (об'єкту), та за своїм змістом ця методика є ні чим іншим як математичне обґрунтування такого поняття як *квантифікація* (від лат. quantum – скільки; facio – роблю) – кількісне висвітлення якісних ознак [1].

Література

1. The Philosophical Encyclopedic Dictionary (FES) contains 1700 articles. Scientific Editors L.V. Ozadovska, N.P. Polishchuk. NANU, 2002. 751 p.
2. Saati T., Kearns K. Analytical planning. *Organization of systems*. Oxford, Pergamon Press, 1985. 224 p.
3. Tkachenko I.S. Evdokimova N.V. Modeling the process of theft of deposit resources in a commercial bank: monograph. Kamyanets-Podilskyi: Axioma, 2019. 180 p.