

doi: 10.32620/oikit.2025.104.16

УДК 519.237.5:330.4

¹К. О. Ломанов, ²Т. П. Рибальченко

Застосування порядкових статистик для визначення оптимальної кількості періодів при оцінюванні соціально-економічних систем

¹*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,*²*Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут»*

При оцінюванні будь яких об'єктів кваліметрії застосовують інформаційні методи, які можна розділити на методи математичної фізики та методи математичної статистики. Для оцінювання соціально-економічних систем використовуються методи математичної статистики, що класифікуються на параметричні та непараметричні. Запропоновано підхід до оцінювання соціально-економічних систем за умов обмеженого обсягу статистичної інформації, що базується на застосуванні порядкових статистик. Автори звертають увагу на необхідність визначення мінімальної кількості періодів спостереження, необхідних для надійного оцінювання стану соціально-економічних систем, зокрема при щорічному зборі даних. Зазначено, що параметричні методи оцінювання, на відміну від непараметричних, дозволяють зменшити обсяг необхідної інформації за умови наявності відомостей про закон розподілу випадкової величини. У зв'язку з цим розроблено методику ідентифікації закону розподілу на основі порядкових статистик. Згідно з нею, порівнюються математичні сподівання впорядкованих вибірок із табличними значеннями для нормального, рівномірного та трикутного розподілів. Метод апробовано на прикладі показників соціально-економічного розвитку країн Європейського Союзу. Для апробації методики використано дані для Австрії. Результати дозволили встановити, що показники мають нормальний розподіл. Подальше порівняння дисперсій нормованих випадкових величин із табличними значеннями дає змогу визначити мінімальну кількість періодів для достовірного оцінювання. У розглянутому прикладі визначено, що мінімальний необхідний період становить сім років. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації процесів моніторингу та аналізу функціонування соціально-економічних систем за допомогою інформаційно-аналітичних систем управління. Запропонований підхід забезпечує баланс між точністю оцінювання та мінімізацією обсягу необхідної статистичної інформації. Методика може бути адаптована до інших типів систем, де важливо забезпечити обґрунтованість висновків при обмежених ресурсах збору даних.

Ключові слова: порядкові статистики; закон розподілу; соціально-економічні системи; ідентифікація закону; інформаційно-комунікаційні технології.

Вступ

Сучасні підприємства, концерни, холдинги, асоціації та корпорації представляють собою складні, багаторівневі та постійно змінні соціально-економічні системи (СЕС). Попри спільні системні характеристики, кожна з таких структур є унікальною, із власними особливостями, багато з яких складно зафіксувати або піддати точному контролю. У динаміці їх функціонування постійно виникають фактори невизначеності, що поділяються на зовнішні та внутрішні.

До зовнішніх чинників належать зміна економічних умов, оновлення науково-технічних підходів, нововведення в законодавстві, зокрема податковому й митному. Внутрішні ж фактори охоплюють трансформацію організаційних структур, зміну систем мотивації та оплати праці, кадрові коливання, морально-психологічні проблеми в колективах, а також технологічні збої й технічну

ненадійність.

На сьогодні функціонування соціально-економічних систем характеризується високим рівнем інтелектуалізації, глобалізацією та соціальною орієнтованістю управління. Водночас традиційні підходи до менеджменту СЕС виявляються малоефективними в умовах сучасного кризового і нестабільного середовища. Раніше незначущі або ігноровані фактори починають чинити суттєвий вплив на функціонування цих систем.

Особливе значення набувають процеси глобалізації партнерських мережових виробничо-організаційних структур, а також активне впровадження інноваційних інформаційних технологій (ІТ), які стають ключовими драйверами змін в управлінських моделях. Проте ці процеси залишаються недостатньо вивченими. У науковій літературі спостерігається зростаюча увага до аналізу впливу сучасних ІТ на організацію, методи та технології управління різними типами систем.

Вплив сучасних ІТ на управління підприємством є значним, оскільки безпосередньо пов'язаний із підвищенням ефективності його діяльності загалом. Впровадження ІТ зазвичай потребує значних витрат як на розроблення й впровадження, так і на подальше обслуговування та розвиток, тому багато підприємств вагаються щодо їх інтеграції.

Теоретичні основи ІТ охоплюють фундаментальні поняття й закони інформатики: поняття інформації, її властивостей (цінність, повнота, актуальність, компактність, достовірність, логічність); класифікації інформації; основні інформаційні процеси; типи інформаційних ресурсів; види інформаційної діяльності; принципи функціонування комп'ютерної техніки; алгоритми інформаційного моделювання; використання інформаційних ресурсів.

Мета статті – розробити методику визначення мінімальної кількості періодів оцінювання соціально-економічних систем із використанням порядкових статистик.

1. Огляд літератури

Соціально-економічні системи часто розглядаються в контексті їхнього сталого розвитку (СР), оскільки в літературі сталий розвиток неявно розглядається як передумова СР. Наприклад, зазначається, що концепція сталого розвитку може не враховувати потреби, які з часом змінюються і не визначаються. Численні дослідження підкреслюють, що сталий розвиток - це безперервний, довготривалий процес, який постійно адаптується до мінливих обставин [1-4]. Підкреслюється, що сталість за своєю суттю передбачає наявність стабільного зростання [5, 6].

Довгострокова життєздатність СЕС підтримується виключно завдяки постійному розвитку та зростанню [5]. Проте, що сталий розвиток невіддільний від стабільності та довгострокового розвитку, пишуть і в інших літературних джерелах [7, 8]. Стале тлумачення поняття розвитку впливає з розуміння того, що сталий розвиток передбачає стабільне прагнення до динамічної мети, що еволюціонує [9]. Інші літературні джерела також висвітлюють розвиток СЕС, зокрема в контексті досягнення фінансової стабільності банківських установ [10] та фінансової моделі країни в цілому і фінансової безпеки. Також підкреслюється важливість підтримки стабільних економічних показників.

Стабільність, за своєю суттю, означає послідовний, стійкий і незмінний розвиток. Вона визначається двома фундаментальними вимірами: кількісним

аспектом, який представляє ступінь розвитку СЕС, та якісним аспектом, який відображає величину змін, що відбулися протягом цього періоду. Ефективне управління розвитком вимагає здатності кількісно оцінювати ці параметри. Однак сучасні практики здебільшого обмежуються словесними описами або графічними зображеннями змін розвитку в різні періоди [9]. Це зазвичай називають динамікою змін. Однак вона слугує лише текстовою ілюстрацією і не дає жодної кількісної оцінки ситуації. Це обмеження не випадкове, оскільки лише обмежена кількість досліджень розглядала цей аспект.

Всі існуючі дослідження оцінюють інтенсивність та рівномірність розвитку протягом розглянутого періоду, узагальнюючи ці аспекти під терміном "динаміка розвитку". Однак виникає питання, чи можна цю метрику точно назвати індексом динаміки. Згідно зі словниковими визначеннями, динаміка - це розвиток або перебіг якогось явища. Таке тлумачення свідчить про те, що тенденції змін можуть бути недооцінені. У кращому випадку з динаміки можна зробити висновок про рівномірність розвитку, хоча й без кількісного представлення. Зрозуміло, що природним станом функціонування СЕС є розвиток, який за своєю суттю передбачає перехід від менш досконалого (нижчого) стану до більш досконалого (вищого). Отже, параметри інтенсивності та рівномірності не повністю відображають динаміку процесу, а скоріше представляють окремі аспекти розвитку та сталого розвитку в цілому [11].

3. Основна частина

З розвитком теорії ймовірностей і математичної статистики статистичні методи отримали широке застосування для вирішення різноманітних прикладних задач незалежно від галузі економіки чи сфери діяльності людини. Розв'язання будь-яких задач із використанням статистичних методів можливе двома основними групами підходів – параметричними та непараметричними статистиками. При цьому не можна однозначно надати перевагу одній з груп методів, оскільки кожна з них має свої переваги й недоліки та залежить передусім від обсягу наявної статистичної інформації.

Непараметричні статистики не вимагають знання закону розподілу досліджуваної випадкової величини, а використовують лише вибіркові значення з генеральної сукупності. Натомість параметричні статистики дозволяють вирішувати прикладні задачі навіть за обмеженого обсягу даних завдяки припущенню про відомий закон розподілу випадкових величин.

На практиці доволі часто виникає необхідність працювати в умовах обмеженого обсягу статистичної інформації. Такі ситуації характерні для виробництва й експлуатації дороговартісних і високонадійних технічних систем, а також для аналізу соціальних і соціально-економічних процесів. У задачах, пов'язаних із визначенням кількості періодів для оцінювання показників СЕС країн, під інформацією розумітимемо саме кількість часових періодів, за які здійснюється оцінка відповідних показників. У такому разі правомірним є твердження, що в прикладних статистичних задачах здійснюється вилучення інформації за обмежений часовий проміжок, результати якого екстраполюються на весь процес або явище.

Найбільша кількість інформації міститься в знанні закону розподілу випадкових величин. Закони розподілу, що використовуються в наукових дослідженнях, можуть мати до чотирьох параметрів. Чим більше параметрів має закон, тим точніше він описує досліджуване явище. Найчастіше застосовуються

симетричні закони з двома параметрами, серед яких – нормальний, рівномірний та трикутний розподіли.

Окрім того, застосування параметричних статистик є зручним завдяки наявності нормованих оцінок параметрів, що наведені в довідниках із математичної статистики. Знання закону розподілу підвищує ефективність розв'язання задач, дозволяючи зменшити необхідну кількість статистичних даних у порівнянні з непараметричними методами [12,13].

3.1. Методика визначення закону розподілу випадкових величин за обмеженими даними

Запропоновано метод ідентифікації законів розподілу випадкових величин дійсних значень показників досліджуваних об'єктів. Нехай маємо n незалежних спостережень $x_1, x_2, \dots, x_n$ неперервної випадкової величини x з функцією розподілу:

$$F\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right), \quad (1)$$

де μ – математичне сподівання; σ – середньоквадратичне відхилення; x – випадкова величина.

Розташуймо спостереження у порядку зростання та позначимо впорядковані результати як: $x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(n)}$.

Оскільки впорядковані випадкові величини X і Y (для вибірки обсягу n) пов'язані наступним співвідношенням [13]:

$$Y_{(i)} = \left(\frac{x_{(i)} - \mu}{\sigma}\right) \quad (i=1, 2, \dots, n), \quad (2)$$

де μ – математичне сподівання i -тої порядкової статистики $M(Y_{(i)})$.

Випадкова величина $Y_{(i)}$ має деяке значення, яке не залежить від параметрів. Звідси випливає, що для всіх розподілів вигляду $F\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)$ можна

один раз і назавжди обчислити математичне сподівання нормованої випадкової величини $Y_{(i)}$. Із властивостей математичних сподівань та співвідношення (2) маємо [14]:

$$M(X_{(i)}) = \mu + \sigma M(Y_{(i)}), \quad (3)$$

Таким чином, математичне сподівання i -тої порядкової статистики $M(Y_{(i)})$ є лінійною комбінацією параметрів μ та σ з відомими коефіцієнтами $M(Y_{(i)})$.

Отже, при заданому обсязі вибірки n можна на осі абсцис відкласти значення $M(Y_{(i)})$, а на осі ординат - вибіркові впорядковані результати (рис. 1).

Припускаючи, що $M(X_{(i)})=x_{(i)}$, знаходимо за методом найменших квадратів таку пряму, яка апроксимує ці точки, тобто таку, для якої сума квадратів відхилень була б мінімальною.

$$L = \sum_{i=1}^n (x_{(i)} - \mu - \sigma M(Y_{(i)}))^2 \quad (4)$$

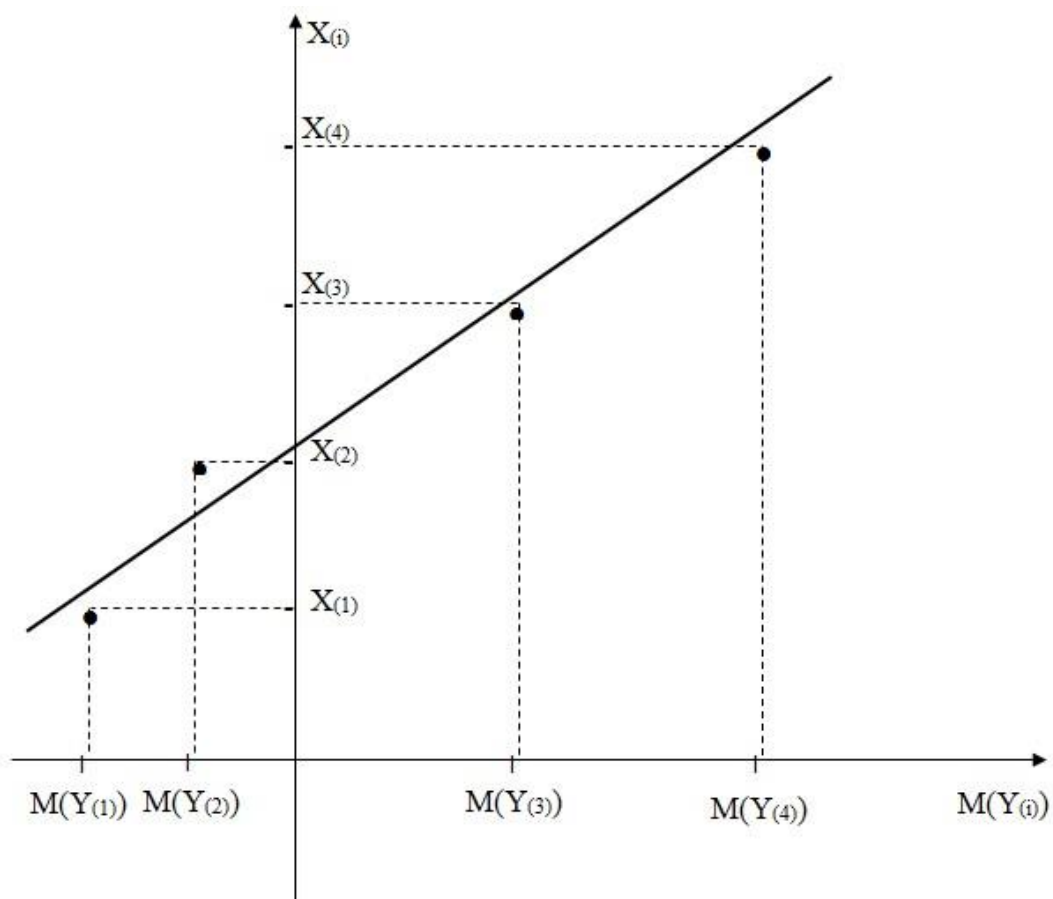


Рис. 1. Графічне зображення методу ідентифікації закону розподілу

У цьому випадку параметри набувають таких оцінок [13]:

$$\tilde{\mu} = \frac{A_2 S_1 - A_1 S_2}{nA_2 - A_1^2}; \quad \tilde{\sigma} = \frac{nS_2 - A_1 S_1}{nA_2 - A_1^2}, \quad (5)$$

де

$$A_1 = \sum_{i=1}^n M(Y_{(i)}) \quad (6)$$

$$A_2 = \sum_{i=1}^n [M(Y_{(i)})]^2, \quad (7)$$

$$S_1 = \sum_{i=1}^n x_{(i)}, \quad (8)$$

$$S_2 = \sum_{i=1}^n x_{(i)} \times M(Y_{(i)}) \quad (9)$$

Робота [14] містить таблиці середніх значень порядкових статистик для основних розподілів (нормального, рівномірного, трикутного), які зазвичай застосовуються у статистичному аналізі (табл. 1).

Таблиця 1

Математичні сподівання порядкових статистик [14]

Порядкові статистики	Математичні сподівання порядкових статистик для законів розподілу випадкових величин		
	Рівномірний	Нормальний	Трикутний
$M(Y_{(1)})$	0,090909	-1,53875	-0,3089
$M(Y_{(2)})$	0,181818	-1,00136	-0,21332
$M(Y_{(3)})$	0,272727	-0,65606	-0,14148
$M(Y_{(4)})$	0,363636	-0,37576	-0,08099
$M(Y_{(5)})$	0,454545	-0,12267	-0,02637
$M(Y_{(6)})$	0,545455	0,122667	0,026373
$M(Y_{(7)})$	0,636364	0,375764	0,080991
$M(Y_{(8)})$	0,727273	0,656059	0,141475
$M(Y_{(9)})$	0,818182	1,001357	0,213317
$M(Y_{(10)})$	0,909091	1,538752	0,308895

Методика ідентифікації закону розподілу випадкових величин ґрунтується на послідовному порівнянні значень критерію L , обчислених для кожного із припущених законів розподілу при фіксованій кількості спостережень n . Спочатку визначається значення L для одного з розподілів згідно з формулою (5), далі аналогічні обчислення виконуються для інших варіантів. Найменше з отриманих значень L вказує на той закон розподілу, який найкраще відповідає наявним статистичним даним. Такий підхід дозволяє з високою точністю встановити характер розподілу навіть за умов обмеженої вибірки.

Таким чином, застосування теорії порядкових статистик відкриває можливість достовірної ідентифікації ймовірнісної моделі досліджуваного процесу без потреби у великих обсягах даних. Для демонстрації практичного використання методики було проведено числовий експеримент: здійснено аналіз показників соціально-економічного розвитку за останні десять років. Дані для обчислень наведено в таблиці 2, що дозволило апробувати ефективність методу в умовах реальних статистичних обмежень.

Таблиця 2

Вихідні дані показників СЕС за останні десять років [15]

Країни ЄС	Показники СЕС 2014 - 2023 роки									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Австрія	7,5	7,8	8,2	7,8	7,1	6,72	6,1	7,23	6,9	7,05
Бельгія	16,4	16,1	16,2	16,1	15,6	15,42	15,09	16,2	16,01	16,03
Болгарія	31,2	31	30,6	30,2	29,6	30,84	30,12	32,93	32,41	33,05
Хорватія	28,4	28	27,7	27,1	26,5	27,43	26,43	29,56	29,01	29,67
Чехія	15,5	15,3	15,1	14,9	14,1	13,61	13,07	14,22	13,92	13,48
Данія	13	12,8	12	11,6	10,9	9,32	8,92	9,84	9,62	9,73
Естонія	27,6	27,1	26,2	25,4	24,6	23,21	22,06	23,59	23,06	22,74
Фінляндія	13	12,9	12,4	12	11,5	11,02	10,59	11,36	10,94	10,83
Франція	9,9	10,8	12,3	12,6	12,8	12,52	12,37	13,59	13,12	14,21
Німеччина	12,1	11,6	11,2	10,8	10,4	9,74	8,54	10,42	10,03	8,81

Продовження таблиці 2

Країни ЄС	Показники СЕС 2014 - 2023 роки									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Греція	23,6	23,3	22,4	22	21,5	20,81	19,23	20,94	20,31	20,93
Угорщина	22,1	21,6	21,9	22,2	22,4	22,7	23,22	25,96	25,01	25,44
Ірландія	12,2	11,8	11,3	10,8	10,4	9,7	8,91	9,86	9,4	10,13
Італія	21,1	20,8	20,6	20,2	19,8	19,51	18,66	20,42	20,15	20,32
Латвія	25,5	24,7	23,6	22,9	21,3	20,24	19,84	20,91	20,22	19,94
Литва	28	27,1	25,8	24,9	23,8	22,96	21,92	23,09	22,9	22,36
Люксембург	8	8,1	8,3	8,4	8,2	7,94	7,36	8,56	8,4	8,25
Мальта	24,3	24	24,3	24	23,6	23,21	22,03	23,54	23,09	23,37
Нідерланди	9,1	9,2	9	8,8	8,4	7,51	7,04	8,14	7,79	8,21
Польща	23,8	23,5	23,3	23	22,2	21,74	20,65	22,45	22,02	21,89
Португалія	19	18,7	17,6	17,2	16,6	16,13	15,38	17,01	16,5	15,71
Румунія	28,4	28,1	28	27,6	26,3	26,66	26,9	29,33	28,89	29,03
Словенія	23,1	23,5	23,3	23,1	22,4	22,16	21,54	23,07	22,49	22,08
Норвегія	13,6	13,1	13,5	13	12,6	12,2	11,8	10,8	11,62	11,05
Швейцарія	7,1	6,9	7,0	6,5	6,2	6	5,8	5,5	6,07	5,82
Туреччина	26,5	27,2	27,1	27	26,8	27,2	28,3	29,4	32,54	32,01
Іспанія	18,6	18,5	18,2	17,9	17,2	16,61	15,36	17,39	16,9	15,81
Словаччина	15	14,6	14,1	13,7	13	12,83	12,15	14,01	13,66	13,06
Швеція	13,9	13,6	13,2	12,6	12,1	11,63	10,73	11,69	11,04	10,8

На початковому етапі дослідження для визначення мінімально необхідної кількості періодів оцінювання показників СЕС слід сформулювати припущення щодо закону їх розподілу як випадкової величини. На цьому етапі доцільно здійснити попередній візуальний аналіз часових рядів показників СЕС за останнє десятиріччя, представлених на рисунку 2.

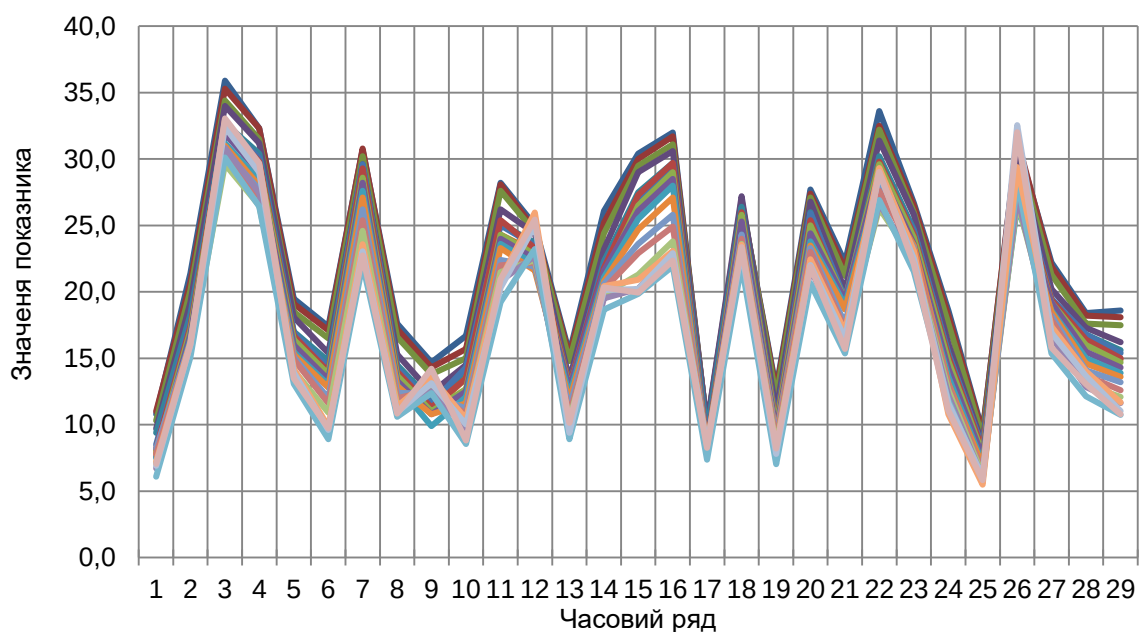


Рис. 2. Часовий ряд розподілу показників СЕС за останні десять років

З рисунка 2 видно, що закон розподілу належить до класу двопараметричних симетричних законів розподілу. Тому обмежимо процес ідентифікації трьома законами такого типу: нормальним, рівномірним і трикутним розподілами. Крім того, з рисунка видно, що розподіл показників СЕС є характерним для всіх країн. Відповідно, для визначення мінімальної кількості періодів оцінювання достатньо використовувати ці показники на прикладі однієї країни. У нашому випадку, для апробації методики, буде використано показники СЕС країни Австрія.

Пропонується методика ідентифікації закону розподілу показників СЕС за останні десять років, яка складається з кількох важливих послідовних дій.

1. Збір інформації про показники СЕС досліджуваного об'єкта. У таблиці 1 наведені вихідні дані показників СЕС за останні десять років. Числа подано в їхніх одиницях оцінювання.

2. Упорядковуємо всі значення в порядку зростання. Таким чином отримуємо впорядковану статистику.

3. Згідно з [14], обираємо моменти порядкових статистик для припущених законів розподілу, які, можливо, найточніше описують розподіл випадкових чисел. Таблиця математичних сподівань порядкових статистик для трьох законів розподілу наведена в таблиці 3 [14].

Таблиця 3

Таблиця математичних сподівань порядкових статистик
для трьох законів розподілу

Математичні сподівання порядкових статистик для законів розподілу			
n	Нормальний	Рівномірний	Трикутний
2	0,571	0,670	0,531
3	0,276	0,258	0,241
4	0,180	0,135	0,151
5	0,133	0,082	0,108
6	0,106	0,055	0,083
7	0,088	0,040	0,067
8	0,075	0,030	0,056
9	0,065	0,023	0,047
10	0,058	0,019	0,041
11	0,052	0,015	0,036
12	0,047	0,013	0,032
13	0,043	0,011	0,029
14	0,040	0,009	0,026
15	0,037	0,008	0,024
16	0,037	0,007	0,022
17	0,034	0,006	0,020
18	0,032	0,005	0,019
19	0,030	0,005	0,018

На рисунках 3–5 наведено математичні сподівання порядкових статистик для трьох законів розподілу у графічному вигляді.

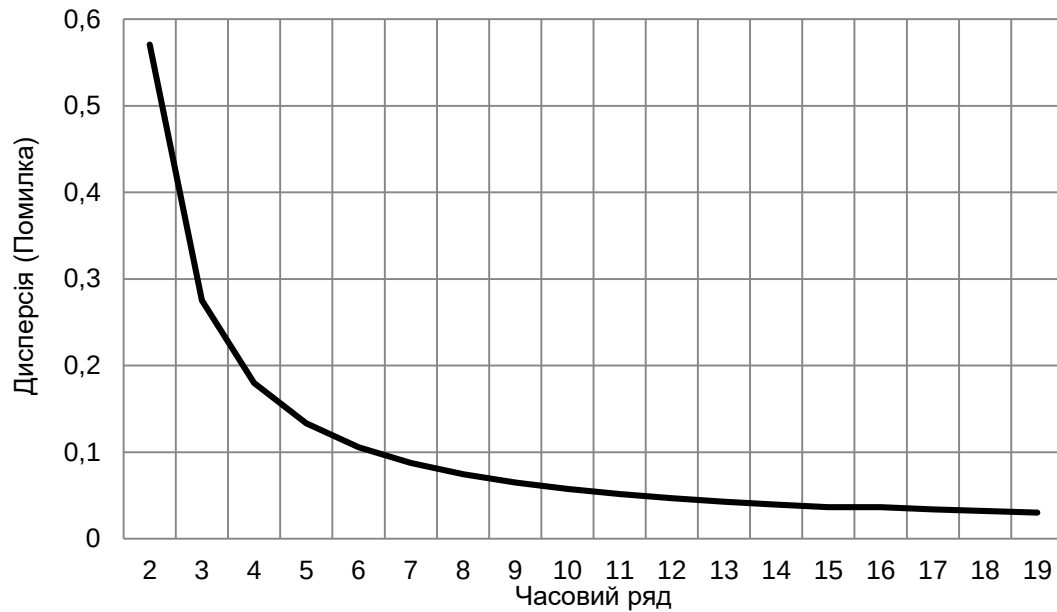


Рис. 3. Математичні сподівання порядкових статистик для нормального закону розподілу

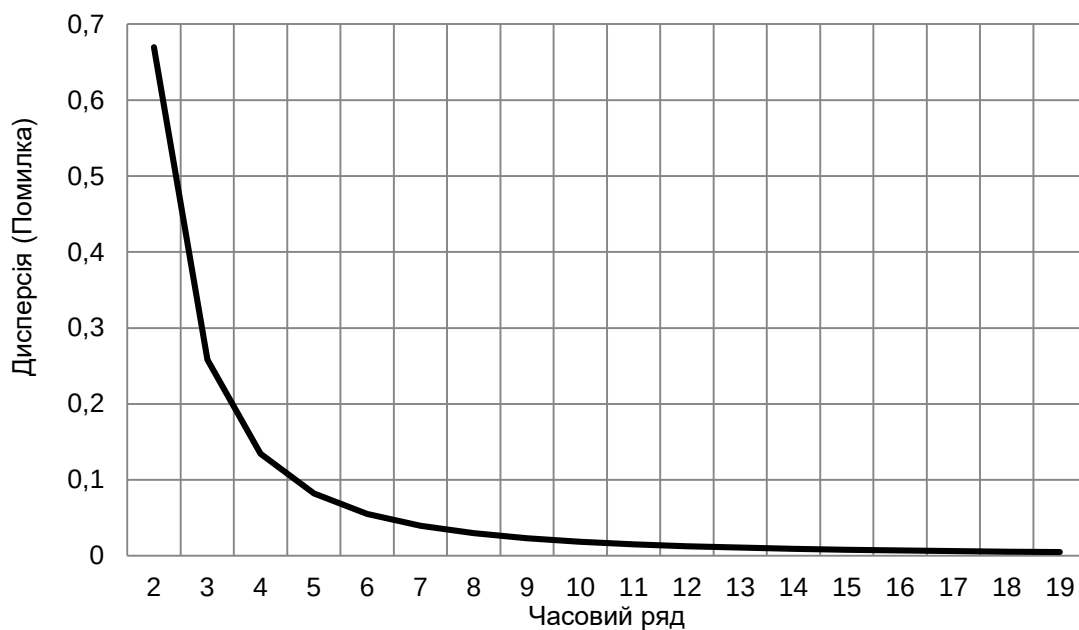


Рис. 4. Математичні сподівання порядкових статистик для рівномірного закону розподілу

4. На основі формул (7-9) здійснюємо обчислення параметричних оцінок для кожної країни ЄС. Отримані результати фіксуємо в таблиці 4 окремо для кожного із розглянутих законів розподілу.

5. Для кожного закону розподілу визначаємо значення критерію L згідно з формулою (5). Закон розподілу, що відповідає найменшому значенню L , вважається найкраще узгодженим із наявними даними. Підсумкові значення для трьох законів розподілу наведено в таблиці 4.

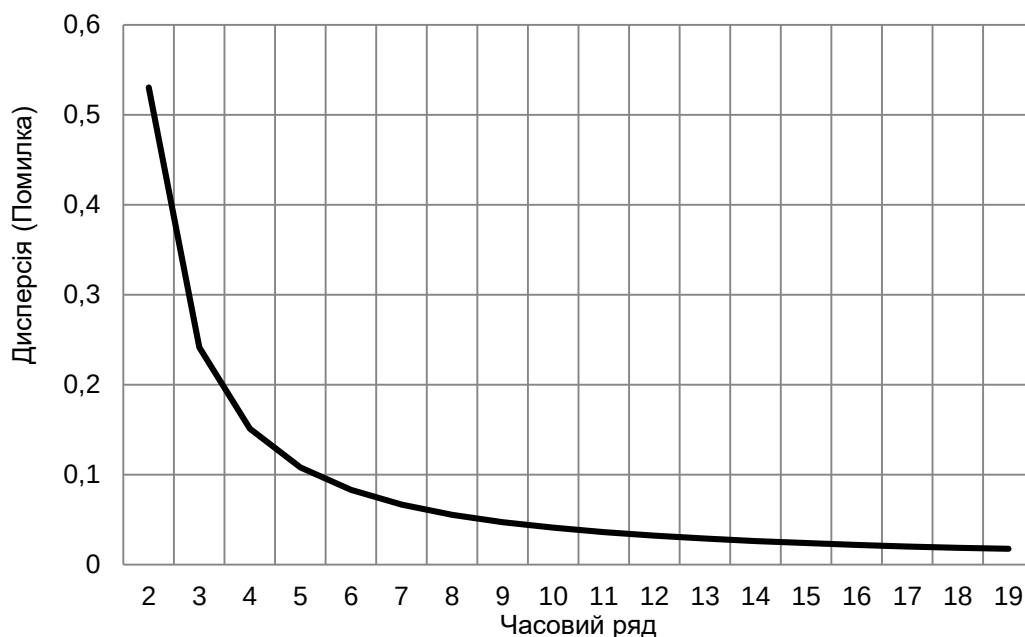


Рис. 5. Математичні сподівання порядкових статистик
їдля трикутного закону розподілу

Таблица 4

Оцінки параметрів для трьох законів розподілу

Закон розподілу	A ₁	A ₂	S ₁	S ₂	м	σ	L
Рівномірний	5	25	72,4	37,67	7,21	0,06	3,167
Нормальний	0	7,91	72,4	5,09	7,24	0,64	0,086
Трикутний	0	0,34	72,4	1,05	7,24	3,11	0,103

З аналізу таблиці 4 можемо визначити, що найменше значення критерію L відповідає нормальному закону розподілу, що дозволяє прийняти його як базову модель для подальших обчислень. Визначивши характер розподілу, наступним етапом є встановлення мінімальної кількості періодів, достатньої для достовірної оцінки показників соціально-економічної системи. Для цього всі значення випадкової величини підлягають нормуванню з метою переведення у безрозмірну форму. З огляду на потребу в більш точній відповідності, рекомендовано застосовувати нелінійне нормування, методики якого описані у низці наукових джерел [15–19]. Після нормування обчислюється дисперсія значень за класичною формулою:

$$D = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2}$$

де D – дисперсія; x_i – випадкове значення показника; x_{cp} – середнє значення випадкових чисел показника.

У випадку з Австрією, за даними за останні 10 років, дисперсія нормованих значень становить $D = 0,085$. Порівнявши її з теоретичними значеннями дисперсії нормального розподілу, встановлено, що найближчим є значення математичного сподівання порядкової статистики 0,088, що відповідає обсягу вибірки $n = 7$. Таким чином, для забезпечення достовірності оцінювання соціально-економічної

системи мінімальна кількість періодів має становити щонайменше сім років.

Висновки

Обґрунтовано доцільність використання параметричних методів статистичного аналізу для оцінювання соціально-економічних систем в умовах обмеженої кількості даних. Запропоновано та реалізовано методику ідентифікації закону розподілу випадкових величин на основі порядкових статистик, що дозволяє визначити оптимальну мінімальну кількість періодів для збору інформації. Такий підхід має особливу цінність у випадках, коли щорічне оновлення статистичних показників не дозволяє швидко сформувати повноцінну вибірку для класичних методів аналізу.

Запропонована методика дає змогу за допомогою впорядкованих значень вибірки й порівняння з теоретичними математичними сподіваннями обрати той закон розподілу, який найточніше описує реальний процес. У результаті апробації, проведеної на прикладі даних по країнах Європейського Союзу, доведено, що закон розподілу показників має нормальний характер, а мінімально необхідна кількість періодів для достовірного оцінювання становить сім років.

Таким чином, розроблений інструментарій дає змогу істотно оптимізувати процес моніторингу соціально-економічних систем, зменшуючи витрати часу та ресурсів на збір надлишкових обсягів даних. Запропонований підхід може бути ефективно адаптований до інших типів складних систем, зокрема в управлінні, економіці, енергетиці та сфері прийняття рішень. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення методів нормування даних, розширення класу законів розподілу, а також на створення автоматизованих програмних засобів для впровадження методики в практику.

Список літератури

1. Dima, B., Dima, Ș. M., Tudor, A. T. Societal sustainable development and long-run economic growth: How do we stand? // Sustainable Development (Bradford). – 2024. – Vol. 32, № 4. – P. 4222–4249. DOI: <https://doi.org/10.1002/sd.2896>.
2. Raman, R., Gunasekar, S., Ray, S., Behera, D. K., Nedungadi, P., Dénes, D. L. A holistic approach to Sustainable Development Goal 8: Integrating economic growth, employment, and sustainability // Equilibrium. Quarterly Journal of Economics and Economic Policy. – 2025. – Vol. 20, № 1. – P. 147–202. DOI: <https://doi.org/10.24136/eq.3342>.
3. Guang-Wen, Z., Murshed, M., Siddik, A. B., Alam, M. S., Balsalobre-Lorente, D., Mahmood, H. Achieving the objectives of the 2030 sustainable development goals agenda: Causalities between economic growth, environmental sustainability, financial development, and renewable energy consumption // Sustainable Development. – 2022. – Vol. 31, № 2. – P. 680–697. DOI: <https://doi.org/10.1002/sd.2411>.
4. Pânzaru, S., Dragomir, C. The Considerations of the Sustainable Development and Eco-Development in National and Zonal Context // Revista de management comparat international. – 2012. – Vol. 13, № 5. – P. 823–831.
5. Ginevičius, R., Gedvilaitė, D., Stasiukynas, A., Šliogerienė, J. Quantitative Assessment of the Dynamics of the Economic Development of Socioeconomic Systems Based on the MDD Method // Inžinerine Ekonomika–Engineering Economics. – 2018. – Vol. 29, № 3. – P. 264–271. DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.ee.29.3.20444>.

6. Ginevičius, R., Trishch, R., Bilan, Y., Lis, M., Pencik, J. Assessment of the Economic Efficiency of Energy Development in the Industrial Sector of the European Union Area Countries // *Energies*. – 2022. – Vol. 15, № 9. – Article ID 3322. DOI: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/9/3322>.
7. Ginevičius, R., Trishch, R., Remeikienė, R., Gasparėnienė, L. Complex evaluation of the negative variations in the development of Lithuanian municipalities // *Transformations in Business & Economics*. – 2021. – Vol. 20, № 2A(53A). – P. 635–653.
8. Ginevičius, R., Visokavičienė, B. T., Bilan, Y., Lisiński, M. Quantitative assessment of the financial hardship in the euro area countries // *PLoS ONE*. – 2024. – Vol. 19, № 4. – P. 1–15. – DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294886.s001>.
9. Volkov, A. Assessment of the impact of the common agricultural policy direct payments system on agricultural sustainability : Doctoral dissertation. – Vilnius : Technika, 2018. – URL: <https://vb.lcss.lt/object/elaba:30829704/index.html>.
10. Ozili, P. K., Iorember, P. T. Financial stability and sustainable development // *International Journal of Finance & Economics*. – 2024. – Vol. 29, № 3. – P. 2620–2646. – DOI: <https://doi.org/10.1002/ijfe.2803>.
11. Trishch, R. M., Sichinava, A., Bartoš, V., Stasiukynas, A., Schieg, M. Comparative assessment of economic development in the countries of the European Union // *Journal of Business Economics and Management*. – 2023. – Vol. 24, № 1. – P. 20–36. – DOI: <https://doi.org/10.3846/jbem.2023.18320>.
12. Lehmann, E. L., Joseph, P. Testing Statistical Hypotheses. – Cham : Springer, 2022. – DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-70578-7>.
13. Jakobsson, U., Westergren, A. Statistical methods for assessing agreement for ordinal data // *Scandinavian Journal of Caring Sciences*. – 2005. – Vol. 19. – P. 427–431. – DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1471-6712.2005.00368.x>.
14. David, H. Order Statistics. – New York : John Wiley and Sons, 1970. – 272 p.
15. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). – URL: <https://www.oecd.org/> (дата звернення: 20.02.2025).
16. Черняк, О. М., Фатєєва, Л. Ю., Яковлев, М. Ю., Рибальченко, Т. П., Зась, Д. С., Кузнєцов, В. Д. Оцінювання якості системи управління безпекою праці відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 45001:2018 на етапі функціонування // *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. – 2024. – № 1(27). – С. 226–235. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2024.27.226>.
17. Черняк, О., Сороколат, Н., Бурдейна, В., Фатєєва, Л., Багаєв, І. Застосування методу середніх прямокутників для отримання комплексного показника безпеки праці // *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. – 2023. – № 1(23). – С. 115–122. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2023.23.115>.
18. Trishch, R., Cherniak, O., Zdenek, D., Petraskevicius, V. Assessment of the occupational health and safety management system by qualimetric methods // *Engineering Management in Production and Services*. – 2024. – Vol. 16, № 2. – P. 118–127. DOI: <https://doi.org/10.2478/emj-2024-0017>.
19. Cherniak, O., Trishch, R., Ginevičius, R., Nechuiviter, O., Burdeina, V. Methodology for Assessing the Processes of the Occupational Safety Management System Using Functional Dependencies // *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering – 2023. ICTM 2023 // Lecture Notes in Networks and*

Systems. – Cham : Springer, 2024. – Vol. 996. – P. 3–13. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-60549-9_1.

References

1. Dima, B., Dima, Ș.M. & Tudor, A.T. (2024) 'Societal sustainable development and long-run economic growth: How do we stand?', *Sustainable Development (Bradford)*, 32(4), pp. 4222–4249. doi:10.1002/sd.2896.
2. Raman, R., Gunasekar, S., Ray, S., Behera, D.K., Nedungadi, P. & Dénes, D.L. (2025) 'A holistic approach to Sustainable Development Goal 8: Integrating economic growth, employment, and sustainability', *Equilibrium. Quarterly Journal of Economics and Economic Policy*, 20(1), pp. 147–202. doi:10.24136/eq.3342.
3. Guang-Wen, Z., Murshed, M., Siddik, A.B., Alam, M.S., Balsalobre-Lorente, D. & Mahmood, H. (2022) 'Achieving the objectives of the 2030 sustainable development goals agenda: Causalities between economic growth, environmental sustainability, financial development, and renewable energy consumption', *Sustainable Development*, 31(2), pp. 680–697. doi:10.1002/sd.2411.
4. Pânzaru, S. & Dragomir, C. (2012) 'The considerations of the sustainable development and eco-development in national and zonal context', *Revista de management comparat international/Review of international comparative management*, 13(5), pp. 823–831.
5. Ginevičius, R., Gedvilaitė, D., Stasiukynas, A. & Šliogerienė, J. (2018) 'Quantitative assessment of the dynamics of the economic development of socioeconomic systems based on the MDD method', *Inžinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 29(3), pp. 264–271. doi:10.5755/j01.ee.29.3.20444.
6. Ginevičius, R., Trishch, R., Bilan, Y., Lis, M. & Pencik, J. (2022) 'Assessment of the economic efficiency of energy development in the industrial sector of the European Union area countries', *Energies*, 15(9), 3322. Available at: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/9/3322>
7. Ginevičius, R., Trishch, R., Remeikienė, R. & Gasparėnienė, L. (2021) 'Complex evaluation of the negative variations in the development of Lithuanian municipalities', *Transformations in Business & Economics*, 20(2A(53A)), pp. 635–653.
8. Ginevičius, R., Visokavičienė, B.T., Bilan, Y. & Lisiński, M. (2024) 'Quantitative assessment of the financial hardship in the euro area countries', *PLoS ONE*, 19(4), pp. 1–15. doi:10.1371/journal.pone.0294886.
9. Volkov, A. (2018) *Assessment of the impact of the common agricultural policy direct payments system on agricultural sustainability*. Doctoral dissertation. Vilnius: Technika. Available at: <https://vb.lcss.lt/object/elaba:30829704/index.html>
10. Ozili, P.K. & Iorember, P.T. (2024) 'Financial stability and sustainable development', *International Journal of Finance & Economics*, 29(3), pp. 2620–2646. doi:10.1002/ijfe.2803.
11. Trishch, R.M., Sichinava, A., Bartoš, V., Stasiukynas, A. & Schieg, M. (2023) 'Comparative assessment of economic development in the countries of the European Union', *Journal of Business Economics and Management*, 24(1), pp. 20–36. doi:10.3846/jbem.2023.18320.
12. Lehmann, E.L. & Romano, J.P. (2022) *Testing statistical hypotheses*, 4th edn. Cham: Springer. doi:10.1007/978-3-030-70578-7.
13. Jakobsson, U. & Westergren, A. (2005) 'Statistical methods for assessing agreement for ordinal data', *Scandinavian Journal of Caring Sciences*, 19, pp. 427–431. doi:10.1111/j.1471-6712.2005.00368.x.

14. David, H.A. (1970) *Order statistics*. New York: John Wiley & Sons.
15. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (no date) *Homepage*. Available at: <https://www.oecd.org/> (Accessed: 20 February 2025).
16. Cherniak, O.M., Fatieieva, L.Yu., Yakovlev, M.Yu., Rybalchenko, T.P., Zas, D.S. & Kuznetsov, V.D. (2024) 'Evaluation of the occupational health and safety management system quality in accordance with the requirements of the international standard ISO 45001:2018 at the operational stage', *Modern state of scientific research and technologies in industry*, 1(27), pp. 226–235. doi:10.30837/ITSSI.2024.27.226.
17. Cherniak, O., Sorokolat, N., Burdeina, V., Fatieieva, L. & Bahaev, I. (2023) 'Application of the method of average rectangles to obtain a comprehensive indicator of occupational safety', *Modern state of scientific research and technologies in industry*, 1(23), pp. 115–122. doi:10.30837/ITSSI.2023.23.115.
18. Trishch, R., Cherniak, O., Zdenek, D. & Petraskevicius, V. (2024) 'Assessment of the occupational health and safety management system by qualimetric methods', *Engineering Management in Production and Services*, 16(2), pp. 118–127. doi:10.2478/emj-2024-0017.
19. Cherniak, O., Trishch, R., Ginevičius, R., Nechuiviter, O. & Burdeina, V. (2024) 'Methodology for assessing the processes of the occupational safety management system using functional dependencies', in *Integrated computer technologies in mechanical engineering – 2023 (ICTM 2023)*. Cham: Springer, pp. 3–13. doi:10.1007/978-3-031-60549-9_1.

Надійшла до редакції 16.05.2025, розглянута на редколегії 16.05.2025

Application of ordinal statistics to determine the optimal number of periods when evaluating socio-economic systems

When evaluating any objects of qualimetry, information methods are used, which can be divided into methods of mathematical physics and methods of mathematical statistics. To evaluate socio-economic systems, methods of mathematical statistics are used, which are classified as parametric and non-parametric. An approach to evaluating socio-economic systems under conditions of limited statistical information is proposed, based on the use of ordinal statistics. The authors draw attention to the need to determine the minimum number of observation periods necessary for a reliable assessment of the state of socio-economic systems, in particular when collecting data annually. It is noted that parametric estimation methods, unlike non-parametric ones, allow reducing the amount of necessary information, provided that information about the distribution law of a random variable is available. In this regard, a method for identifying the distribution law based on ordinal statistics has been developed. According to this methodology, the mathematical expectations of ordered samples are compared with tabulated values for normal, uniform and triangular distributions. The method has been tested on the example of socio-economic development indicators of European Union countries. Data for Austria was used to test the methodology. The results showed that the indicators have a normal distribution. Further comparison of the variances of normalised random variables with tabulated values makes it possible to determine the minimum number of periods for reliable estimation. In the example considered, it was determined that the minimum required period is seven years. The results obtained can be used to

optimise the processes of monitoring and analysing the functioning of socio-economic systems using information and analytical management systems. The proposed approach provides a balance between the accuracy of the assessment and the minimisation of the amount of statistical information required. The methodology can be adapted to other types of systems where it is important to ensure the validity of conclusions with limited data collection resources.

Keywords: ordinal statistics; distribution law; socio-economic systems; law identification; information and communication technologies.

Відомості про авторів:

Ломанов Костянтин Олександрович – аспірант кафедри інформаційних комп'ютерних технологій і математики, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Україна, e-mail: klomanov0320@gmail.com, ORCID: 0009-0000-7124-7607.

Рибальченко Тетяна Павлівна – аспірантка кафедри мехатроніки та електротехніки, Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут», Україна, e-mail: rybalchenko97tanya@gmail, ORCID: 0009-0008-5162-3634.

About the Authors

Lomanov Kostiantyn – Postgraduate Student at the Department of Information Computer Technologies and Mathematics, V. N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine, e-mail: klomanov0320@gmail.com, ORCID: 0009-0000-7124-7607.

Rybalchenko Tetiana – Postgraduate Student at the Department of Mechatronics and Electrical Engineering, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Ukraine, e-mail: rybalchenko97tanya@gmail, ORCID: 0009-0008-5162-3634.