

О. І. Кулинич

*доктор економічних наук, професор, професор
кафедри математики, статистики та
інформаційних технологій,
Хмельницький університет управління та
права імені Леоніда Юзькова
E-mail: kulynych_roman@ukr.net
ResearcherID: AAB-2984-2019,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8571-0559>*

Р. О. Кулинич

*доктор економічних наук, професор, завідувач
кафедри математики, статистики та
інформаційних технологій,
Хмельницький університет управління та
права імені Леоніда Юзькова
E-mail: kulynych_roman@ukr.net
ResearcherID: F-6617-2018,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7687-8766>*

Статистичні методи прогнозування показників соціально-економічного розвитку та способи оцінки їх результатів

Анотація. У статті запропоновано спосіб оцінювання методів прогнозування (методу регресійно-кореляційного аналізу та статистичних рівнянь залежностей) на основі аналізу похибок прогнозу із застосуванням методу комплексних статистичних коефіцієнтів. Встановлення похибки прогнозу запропоновано здійснювати шляхом співставлення прогнозованого та фактичного значення показників. Такий ретроспективний підхід дозволяє встановити кращий метод прогнозування. Розрахунки тренду наведено також графічно з визначенням мінімальних, середніх та максимальних прогнозних значень. Застосування методу статистичних рівнянь залежностей для вивчення змін в динаміці дозволяє зменшити рівень похибки прогнозного розрахунку у зв'язку з тим, що таке вивчення дає змогу отримати науково обґрунтовані результати як при нечисленній, так і численній сукупності рівнів динамічного ряду. Достовірність розрахунків прогнозу явищ та процесів на основі методу статистичних рівнянь залежностей забезпечується шляхом обчислення для досліджуваного рівняння рівня стійкості тренду. З метою визначення інтервальних значень прогнозу (мінімальні та максимальні значення прогнозу) на основі методу статистичних рівнянь залежностей запропоновано використовувати середнє лінійне відхилення.

Ключові слова: *прогноз, метод кореляційно-регресійного аналізу, метод статистичних рівнянь залежностей, метод комплексних статистичних коефіцієнтів.*

Вступ. Розроблення плану та стратегії розвитку України в умовах ринкових відносин передбачає наукове обґрунтування прогнозів основних мікро- та макроекономічних показників. Статистичне прогнозування динаміки цих показників передбачає, що значення результативної ознаки не підлягають ранжуванню, на відміну від вихідних даних варіаційного ряду.

Визначення тренду у динамічному ряді на основі статистичних та математичних методів повинно враховувати: наявність лагу (тобто невідповідності у часі дій та їх наслідків); незіставність окремих значень ряду; застосування для прогнозування нечисленних рядів;

статистичне оцінювання ряду на основі застосування різних аналітичних форм рівнянь тренду (лінійного чи нелінійного).

Статистика розглядає усі явища та процеси як взаємопов'язані між собою, наприклад, зміна законодавства (податкового та фінансового), зміна курсів валют, інфляція, зміна інструкцій щодо обліку даних у статистичній звітності тощо призводить до непорівнянності рядів динаміки для статистичного аналізу та прогнозування.

Метою статті є розгляд критеріїв застосування та функціональних можливостей метод статистичних рівнянь залежностей. Питанням кількісного статистичного аналізу взаємозв'язків явищ та процесів присвячені праці С. С. Герасименка [12], А.В. Головача [1], А. М. Єріної [2], І. Г. Манцурова [10], Н. О. Парфенцевої [11] та інших вчених.

Матеріали та методи. Значення прогнозу одержують використовуючи основний постулат прогнозування про суттєву незмінність тенденції факторів, які формували розвиток показника у прогнозованому періоді. Екстраполяція передбачає, що закономірність розвитку явища, встановлена на основі регресійного рівняння, може бути продовжена за межі тих умов, в яких її було отримано. На основі визначення довірчих інтервалів можна встановити межі (мінімальні та максимальні рівні), в яких, за визначеного рівня імовірності, знаходяться значення прогнозованого показника.

Результати для обговорення. Способи прогнозування рівнів основного макроекономічного показника соціально-економічного розвитку України — обсягу валового внутрішнього продукту розглянемо на прикладі застосування методів регресійного аналізу та статистичних рівнянь залежностей. Метою цих розрахунків є визначення прогнозних значень з подальшим оцінюванням вірогідності прогнозованого обсягу валового внутрішнього продукту у майбутньому періоді.

Встановлення параметрів рівняння лінійного тренду динамічного ряду обсягу валового внутрішнього продукту України на основі регресійного аналізу представлено в табл. 1 [8, 10, 11, 14].

Таблиця 1

Вихідні дані для розрахунку параметрів лінійного тренду обсягу ВВП

Рік	Символ року, t	ВВП, млрд. грн., y	$t_i y_i$	t_i^2	Теоретичні значення ВВП, млрд. грн., \hat{y}	$(y - \hat{y})^2$
2013	1	1522,7	1522,70	1,00	1349,50	29998,24
2014	2	1586,9	3173,80	4,00	1721,39	18087,56
2015	3	1988,5	5965,50	9,00	2093,28	10978,85
2016	4	2385,4	9541,60	16,00	2465,17	6363,25
2017	5	2982,9	14914,50	25,00	2837,06	21269,31
Разом	15,00	7112,22	35118,10	55,00	10466,40	86697,21

Система нормальних рівнянь набуде вигляду:

$$\begin{cases} 5a + 15b = 10466,40; \\ 15a + 55,00b = 35118,10. \end{cases}$$

Розв'язком даної системи буде лінійне рівняння тренду виду:

$$\hat{y} = 977,61 + 371,89 \times t.$$

Це означає, що з року в рік відбувається приріст обсягу ВВП на 371,89 млрд. грн. З метою вивчення точності оцінок регресії або величини відхилень теоретичних (\hat{y}) з фактичними їх значеннями (y) в табл. 1 наведено відповідний розрахунок $(y - \hat{y})^2$.

Оцінювання параметрів рівнянь тренду основного макроекономічного показника на основі застосування методу найменших квадратів, передбачає встановлення кращої апроксимації за формулою мінімізації суми квадратів різниці теоретичних значень (\hat{y}), визначених за рівнянням тренду, від фактичних (y), а саме:

$$\sum_{i=1}^n (y - \hat{y})^2 \rightarrow \min.$$

Побудова довірчого інтервалу прогнозних значень за Е. Ферстером та Б. Ренцом передбачає встановлення стандартного відхилення рівняння регресії на основі застосування формули [13]:

$$S_{\hat{y}_i}^2 = S_u^2 \times \left(\frac{1}{n} + \frac{(t_i - \bar{t})^2}{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2} \right),$$

де $S_{\hat{y}_i}^2$ — стандартне відхилення рівняння регресії;

S_u^2 — залишкова дисперсія;

n — число спостережень;

t_i — значення символів часу;

\bar{t} — середнє значення символів часу.

Довірчі межі істинного рівня регресії \tilde{y}_i при відомому значенні надійності α та пояснювальної змінної t_i визначають за формулою:

$$\hat{y}_i - t_{f,\alpha} S_{\hat{y}_i} \leq \tilde{y}_i \leq \hat{y}_i + t_{f,\alpha} S_{\hat{y}_i},$$

де $S_{\hat{y}_i}$ — квадратний корінь із стандартного відхилення рівняння регресії;

$t_{f,\alpha}$ — критерій Стюдента, визначений на основі відомих значень рівня імовірності α та кількості ступенів вільності $f=n-m-1$.

Визначимо довірчий інтервал для досліджуваних прогнозованих рівнів макроекономічного показника. Так, для показника “Обсяг валового внутрішнього продукту України, млрд. грн.” (y) довірчі межі для істинних значень регресії по усіх членах ряду динаміки t_i ($i = 1, \dots, 5$) складемо табл. 2 та використаємо формулу стандартного відхилення.

Середнє значення символів часу $\bar{t} = 3,0$ р., залишкова дисперсія дорівнює

$$S_u^2 = \frac{86697,21}{3} = 28899,07, \quad n = 5 \text{ р.}$$

Знаходимо квантиль $t_{f,\alpha}$ розподілу Стюдента при α

$$= 0,05 \text{ і } f = 5 - 1 - 1 = 3 \text{ ступенях вільності: } t_{3;0,05} = 3,18.$$

Довірчий інтервал лінійного тренда й прогнозованих значень обсягу валового внутрішнього продукту України на 2018–2019 рр.

Рік	Символ року, t	Теоретичні значення ВВП, млрд. грн., \hat{y}	$(t_i - \bar{t})^2$	$S_{\hat{y}_i}$	$t_{6;0,05} S_{\hat{y}_i}$	$\hat{y}_i - t_{f,\alpha} S_{\hat{y}_i}$	$\hat{y}_i + t_{f,\alpha} S_{\hat{y}_i}$
1	2	3	4	5	6	7	8
2013	1	1349,50	4,00	131,68	419,06	930,44	1768,56
2014	2	1721,39	1,00	93,11	296,32	1425,07	2017,71
2015	3	2093,28	0,00	76,03	241,95	1851,33	2335,23
2016	4	2465,17	1,00	93,11	296,32	2168,85	2761,49
2017	5	2837,06	4,00	131,68	419,06	2418,00	3256,12
		Разом	10,00				
2018	6	3208,95	9,00	178,29	567,41	2641,54	3776,36
2019	7	3580,84	16,00	228,08	725,84	2855,00	4306,68

У другій графі табл. 2 вміщено позначення символів часу t_i (2013–2017 рр.). Графа 3 містить визначені в табл. 1 значення регресії. Стандартні похибки окремих значень регресії наведено в графі 5, а в 7 і 8 графах відповідно вказані мінімальні та максимальні значення довірчих меж. Наприклад, при $t_7 = 7$ (прогноз на 2019 рік) дійсні рівні регресії з імовірністю 0,95 будуть належати інтервалу: $2855,00 \leq \hat{y}_7 \leq 4306,68$

Динаміка валового внутрішнього продукту України за 2013–2017 рр., а також теоретичні й прогнозовані значення (визначені з допомогою методу регресійного аналізу) на 2018, 2019 рр. та його довірчий інтервал наведено на графіку (див. рис. 1).

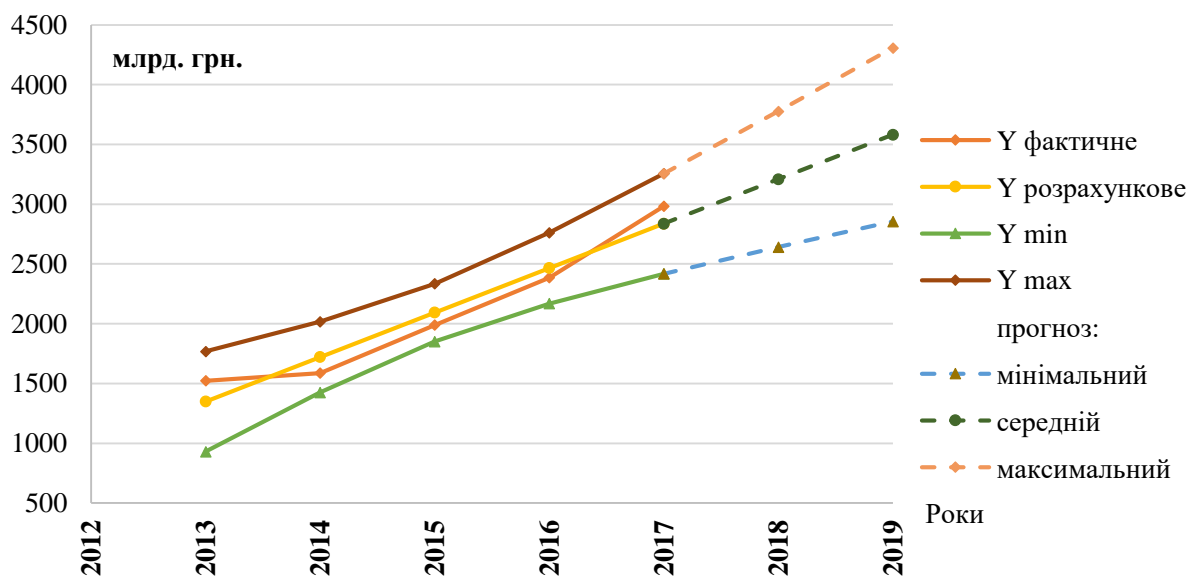


Рис. 1. Динаміка фактичного і теоретичного обсягу валового внутрішнього продукту за 2013–2017 рр. та прогнозовані значення, виконані методом регресійного аналізу, на 2018–2019 рр.

Результати здійснених прогнозних розрахунків рівнів обсягу валового внутрішнього продукту методом регресійних рівнянь тренду доповнимо застосуванням методу статистичних рівнянь залежностей.

Методологічні положення прогнозування як на основі застосування методу регресійного аналізу, так і статистичних рівнянь залежностей, здійснюється для вихідних даних інтервальних (моментних) динамічних рядів досліджуваного явища, для якого

визначають тенденцію розвитку (тренд).

На основі застосування методу статистичних рівнянь залежностей можна розв'язати такі завдання статистичного аналізу взаємозв'язку явищ та процесів:

1) виявлення основного напрямку розвитку (тенденції);

2) обґрунтування прогнозних рівнів економічних явищ;

3) оцінка інтенсивності використання чинників, що формують розвиток економічного явища в динаміці.

Застосування методу статистичних рівнянь залежностей у прогнозуванні розвитку явищ та процесів передбачає встановлення рівня стійкості тренду. Достовірність прогнозних даних забезпечується, коли зазначений коефіцієнт набуває значень в межах від 0,7 до 1,0, що свідчить про виявлення стійкої тенденції розвитку явища. Встановлення кращої функції взаємозв'язку здійснимо також за критерієм мінімуму абсолютного розміру відхилень між розрахунковими (y_t) та дійсними (y) рівнями досліджуваного показника за формулою $\sum |y - y_t| \rightarrow \min$. Врахування цих критеріїв при застосуванні комп'ютерної програми "Метод статистичних рівнянь залежностей" дозволило одержати наступні результати (див. табл. 3) [5, С.92 – 108; 133 – 135].

Таблиця 3

Параметри та критерії методу статистичних рівнянь залежностей при виборі функції тренду обсягу ВВП України за 2013–2017 рр.

№	Рівняння залежності	Показник					Врахування критеріїв методу при виборі функції тренду
		параметр залежності	коефіцієнт стійкості зв'язку	коефіцієнт кореляції	індекс кореляції	сума відхилень	
		b	K	r	R	$ y_i - y_t $	
1	лінійна ЛПЗ №1	0,187358	0,772	0,98	0,97	651,74	неспівпадання показників індексу та коефіцієнта кореляції
2	лінійна ЛПЗ №2	0,7456	0,857	0,99	0,99	638,08	Найкраща функція (при зменшенні як чинникової, так і результативної ознак).
3	лінійна ЛОЗ №1	0,93679	стійкого зв'язку немає	0,21	-	4075,22	Функція не може бути підібрана.
4	лінійна ЛОЗ №2	0,14912	стійкого зв'язку немає	0,41	-	5032,34	Функція не може бути підібрана.
5	парабола	0,7456	0,857	0,99	0,99	638,08	Найкраща функція.
6	обернена парабола	0,187358	0,772	0,98	0,97	651,74	Неспівпадання показників індексу та коефіцієнта кореляції
7	гіпербола ГПЗ №1	0,689661	стійкого зв'язку немає	0,89	0,89	1390,34	Функція не може бути підібрана.

8	гіпербола ГПЗ №2	1,16197 4	стійкого зв'язку немає	0,87	0,76	2625,28	Функція не може бути підібрана.
9	гіпербола ГОЗ №1	1,45993 2	стійкого зв'язку немає	0,08	-	4762,29	Функція не може бути підібрана.
10	гіпербола ГОЗ №2	0,54890 8	стійкого зв'язку немає	0,56	0,39	4075,06	Функція не може бути підібрана.
11	логічна ЛОГПЗ №1	0,00027 2	стійкого зв'язку немає	0,93	0,93	1330,21	Функція не може бути підібрана.
12	логічна ЛОГПЗ №2	0,00067 6	стійкого зв'язку немає	0,9	0,84	1339,13	Функція не може бути підібрана.
13	логічна ЛОГОЗ №1	0,00057 6	стійкого зв'язку немає	0,11	-	6581,32	Функція не може бути підібрана.
14	логічна ЛОГОЗ №2	0,00032	стійкого зв'язку немає	0,49	0,23	3994,38	Функція не може бути підібрана.

Прогнозування на основі даних динамічного ряду обсягу ВВП характеризується рівнянням прямої залежності при зменшенні чинникової та результативної ознак, за формулою [6] (лінійна ЛПЗ №2):

$$y_t = y_{\max} \left(1 - bd \frac{t_i}{t_{\max}} \right),$$

де y_t — рівняння лінійного тренду; y_{\max} — максимальне значення результативної ознаки; b — параметр тренду; d — символ відхилень коефіцієнта порівняння; t_i — значення символу року; t_{\max} — максимальне значення символу року.

Вихідні дані з метою кількісного оцінювання динаміки обсягу валового внутрішнього продукту на основі рівняння тренду наведено в табл. 4.

Таблиця 4

**Розрахунково-допоміжна таблиця для встановлення
параметрів тренду обсягу ВВП України за 2013–2017 рр.**

Рік	ВВП, млрд. грн., y	Символ року, t	$1 - \frac{t_i}{t_{\max}}$ (d_t)	$1 - \frac{y_i}{y_{\max}}$ (d_y)	$b d_t$	Теоретичні значення обсягу ВВП, млрд. грн., y_t
2013	1522,7	1	0,8000	0,4895	0,5965	1203,6600
2014	1586,9	2	0,6000	0,4680	0,4474	1648,4700
2015	1988,5	3	0,4000	0,3334	0,2982	2093,2800
2016	2385,4	4	0,2000	0,2003	0,1491	2538,0900
2017	2982,9	5	0,0000	0,0000	0,0000	2982,9000
Разом	10466,4	15	2,0000	1,4912	—	10466,4000

За даними табл. 4 параметри рівняння тренду прямої залежності становлять [8]:

1. $y_{max} = 2982,9$ (млрд. грн.).

2. Параметр залежності “ b ”:

$$b = \frac{\sum \left(1 - \frac{y_i}{y_{max}}\right)}{\sum \left(1 - \frac{t_i}{t_{max}}\right)} = \frac{1,4912}{2,0000} = 0,7456.$$

З урахуванням наведених вище параметрів, рівняння лінійного тренду набуде вигляду:

$$y_t = 2982,9 \times \left(1 - 0,7456 \times d_{1 - \frac{t_i}{t_{max}}}\right).$$

Параметр “ b ” рівняння означає, що зміна відхилень коефіцієнтів порівняння динамічного ряду на один рік супроводжується зміною у 0,7 раза ($b = 0,7456$) коефіцієнтів порівняння результативного показника — обсягу ВВП. Тотожність значень суми теоретичних і емпіричних значень результативного показника $\sum y_t = \sum y$ свідчить про правильність здійснених розрахунків.

Достовірність розрахунків прогнозу явищ та процесів на основі методу статистичних рівнянь залежностей забезпечується шляхом обчислення для досліджуваного рівняння рівня стійкості тренду за формулою $K = 1 - \frac{\sum |d_y - b d_t|}{\sum d_y}$. Необхідні розрахунки для визначення такого коефіцієнта наведемо в табл. 5.

Таблиця 5

**Розрахунково-допоміжна таблиця для встановлення
рівня стійкості тренду**

Рік	d_y	$b d_t$	$ d_y - b d_t $
2013	0,4895	0,5965	0,1070
2014	0,4680	0,4474	0,0206
2015	0,3334	0,2982	0,0351
2016	0,2003	0,1491	0,0512
2017	0,0000	0,0000	0,0000
Разом	1,4912	—	0,2139

Звідки:

$$K = 1 - \frac{\sum |d_y - b d_t|}{\sum d_y} = 1 - \frac{0,2139}{1,4912} = 0,86.$$

Встановлений рівень коефіцієнта стійкості тренду, який відповідно до шкали оцінки залежностей характеризує наявність високого рівня стійкого зв'язку, що в свою чергу дозволяє застосувати обране рівняння тренду з метою здійснення прогнозних розрахунків.

Довірчі межі прогнозу, встановленого методом статистичних рівнянь залежностей, визначають за формулою [6]:

$$\bar{d} = \frac{\sum |y - \bar{y}|}{n},$$

де \bar{d} — середнє лінійне відхилення між фактичними та середнім значенням досліджуваного показника;

n — кількість спостережень.

$$y_t \pm \bar{d},$$

де y_t — теоретичні значення досліджуваного показника, що визначено на основі рівняння тренду;

$$\bar{d} = \frac{\sum |y - \bar{y}|}{n}$$

— середнє лінійне відхилення між фактичними та середнім фактичним значенням досліджуваного показника;

n — кількість спостережень.

Визначимо допустимий інтервал для теоретичних значень ВВП України за досліджуваній період на основі наведених вище формул (див. табл. 6).

Таблиця 6

Розрахунково-допоміжна таблиця для встановлення середнього лінійного відхилення та теоретичних рівнів мінімальних і максимальних значень обсягу ВВП України

Рік	ВВП, млрд. грн., y	$ y - \bar{y} $	Теоретичні значення обсягу ВВП, млрд. грн., y_t		
			мінімальні	середні	максимальні
2013	1522,7	570,58	730,96	1203,66	1676,36
2014	1586,9	506,38	1175,77	1648,47	2121,17
2015	1988,5	104,78	1620,58	2093,28	2565,98
2016	2385,4	292,12	2065,39	2538,09	3010,79
2017	2982,9	889,62	2510,20	2982,90	3455,60
Разом	10466,4	2363,48	—	10466,40	—
У середньому	2093,28	—	—	—	—

За даних табл. 6 значення середнього лінійного відхилення між фактичними та середнім значенням ВВП України за 2013–2017 рр. становить 472,70 млрд. грн. ($\bar{y} = 2093,28$ млрд. грн.,

$\sum |y - \bar{y}| = 2363,48$ млрд. грн., $\bar{d} = \frac{2363,48}{5} = 472,70$ млрд. грн.). Шляхом віднімання від

теоретичних значень обсягу ВВП України (середній рівень, табл. 4) одержаного значення середнього лінійного відхилення одержимо мінімально можливі теоретичні значення обсягу ВВП, а відповідно шляхом додавання – максимальні (табл. 6).

Для розрахунку прогнозних значень обсягу валового внутрішнього продукту на наступний 2018 рік, а також 2019 р. (за межами даних табл. 4) побудуємо табл. 7.

Таблиця 7

Прогнозні значення обсягу валового внутрішнього продукту на 2018–2019 рр.

Рік	Символ року, t	$1 - \frac{t_i}{t_{max}}$	$b d_t$	Прогнозні значення обсягу валового внутрішнього продукту, млрд. грн.		
				мінімальні	середні	максимальні
1	2	3	4	5	6	7
2018	6	-0,200	-0,1491	2955,01	3427,71	3900,41
2019	7	-0,400	-0,2982	3399,82	3872,52	4345,22

Отже, за даними табл. 7 видно, що прогнозне значення обсягу валового внутрішнього

продукту на наступний 2018 рік складе 3427,71 млрд. грн. та 1670,58 млрд. грн. відповідно у 2019 р., а саме:

$$y_{t_{2018}} = 2982,9 \times \left(1 - 0,7456 \times d_{1-\frac{6}{5}} \right) = 2982,9 \times [1 - (-0,1491)] = 3427,71 \text{ млрд. грн.}$$

Тобто у середньому щорічно обсяг ВВП України зростає на 444,81 млрд. грн. (3872,52-3427,71=444,81 млрд. грн.). Відповідне значення середньорічного приросту за методом кореляційно-регресійного аналізу складає 371,89 млрд. грн. (табл. 1).

Обчислені в табл. 6 прогностні значення обсягу валового внутрішнього продукту та прогностні значення 2018–2019 рр. відобразимо графіком (див. рис. 2). У другій графі табл. 6 вміщено позначення символів часу t_i (2018–2019 роки). Графа 6 містить визначені в табл. 4 теоретичні значення обсягу ВВП у прогнозованому періоді.

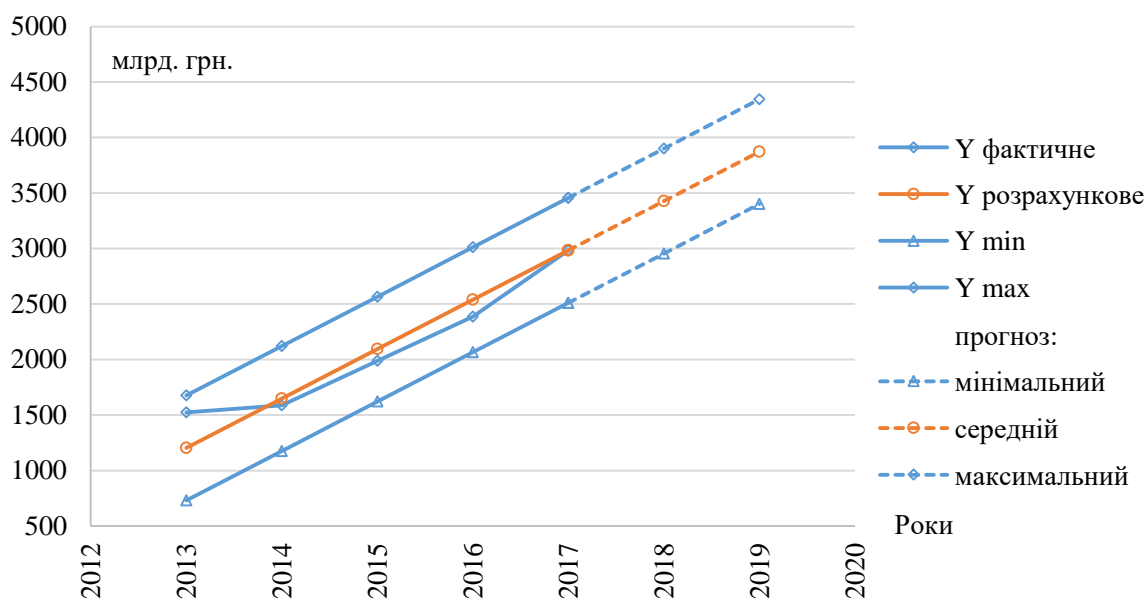


Рис. 3.2. Динаміка фактичного і теоретичного обсягу валового внутрішнього продукту за 2013–2017 рр. та прогностні значення, виконані методом статистичних рівнянь залежностей, на 2018, 2019 рр.

Метод статистичних рівнянь залежностей дозволяє здійснити науково обґрунтоване вивчення загальної тенденції розвитку та прогнозування динаміки явищ та процесів на основі нечисленної величини рівнів ряду. Розрахунки тренду, виконані на основі методу статистичних рівнянь залежностей, досліджуваного макроекономічного показника наведено також графічно з визначенням мінімальних, середніх та максимальних прогностних значень (рис. 2).

Проаналізуємо фактичні значення динаміки валового внутрішнього продукту на основі визначення похибки прогнозу, яку доцільно визначати шляхом співвідношення прогностних рівнів з фактичними. З метою зіставлення прогностних та фактичних значень обсягу ВВП у 2018 році сформуємо табл. 8.

Порівняння прогнозних значень обсягу валового внутрішнього продукту України на 2018 рік з фактичними їх значеннями

Показник	Обсяг валового внутрішнього продукту
Фактичні значення за 2018 рік, млрд. грн.	3558,71
<i>Метод розрахунку прогнозу:</i>	
1. Метод статистичних рівнянь залежностей	
а) мінімальні рівні	2955,01
б) середні рівні	3427,71
в) максимальні рівні	3900,41
2. Метод регресійних рівнянь тренду	
а) мінімальні рівні	2641,54
б) середні рівні	3208,95
в) максимальні рівні	3776,36
<i>похибка прогнозу, %</i>	
1. Метод статистичних рівнянь залежностей	
а) мінімальні рівні	16,96
б) середні рівні	3,68
в) максимальні рівні	9,60
2. Метод регресійних рівнянь тренду	
а) мінімальні рівні	25,77
б) середні рівні	9,83
в) максимальні рівні	6,12

Джерело: [8, 9, 10, 14].

Для оцінки за даними табл. 8, де наведено шість варіантів прогнозу, які ґрунтуються на застосуванні методів статистичних рівнянь залежностей та регресійних рівнянь тренду, визначимо кращий варіант з них, на основі застосування методу комплексних статистичних коефіцієнтів (див. табл. 8). Застосуємо метод комплексних статистичних коефіцієнтів для оцінки рівня похибки прогнозних розрахунків на 2018 рік у порівнянні з фактично досягнутими значеннями за цей рік. Розрахунки проведемо за формулою [6]:

$$K_{\varepsilon} = \sum \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}},$$

де K_{ε} — коефіцієнт вагомості відхилень;

x_i — значення похибки прогнозу, %;

x_{\min} та x_{\max} — мінімальна й максимальна величина похибки прогнозу відповідно, %.

Похибку прогнозу пропонуємо визначати за формулою:

$$\text{Похибка прогнозу} = \left| \left(\frac{\text{Прогноз} \cdot 100}{\text{Фактичне значення}} \right) - 100 \right|.$$

За даними табл. 8 про величину похибки прогнозу для розрахунку комплексних статистичних коефіцієнтів побудуємо табл. 9 та 10.

Значення відхилень похибок прогнозу ВВП на 2018 рік

Показник		Обсяг ВВП
Метод статистичних рівнянь залежностей	мінімальні рівні	13,28
	середні рівні	0,00
	максимальні рівні	5,92
Метод регресійного аналізу	мінімальні рівні	22,09
	середні рівні	6,15
	максимальні рівні	2,44

На основі комплексного коефіцієнта вагомості відхилень (табл. 10) встановимо місце окремого способу прогнозування основних макроекономічних показників за принципом мінімізації відхилень між фактичними та прогнозованими значеннями обсягу ВВП.

Таблиця 3.10

Значення комплексного коефіцієнта та місця окремого способу прогнозування для визначення оптимального прогнозу

Показник		Комплексний коефіцієнт	Місце прогнозу
Метод статистичних рівнянь залежностей	мінімальні рівні	0,601	5
	середні рівні	0,000	1
	максимальні рівні	0,268	3
Метод регресійного аналізу	мінімальні рівні	1,000	6
	середні рівні	0,278	4
	максимальні рівні	0,110	2

З розрахунку виходить, що з окремих варіантів прогнозу рівнів основного макроекономічного показника — валового внутрішнього продукту — найменші значення похибки прогнозу відмічено при розрахунках, виконаних методом статистичних рівнянь залежностей на основі середніх рівнів прогнозу на 2018 рік. Отже у 2018 р. найбільш вірогідним значенням прогнозу ВВП є його обсяг на суму 3427,71 млрд. грн. (середній рівень прогнозу, визначений для 2018 р. методом статистичних рівнянь залежностей). Відмітимо, що фактичний обсяг ВВП у 2018 р. склав 3558,71 млрд. грн. [1], що на 3,68 % більше від прогнозу. За результатами прогнозування обсягу ВВП на 2018 р. методом регресійного аналізу, необхідно зазначити, що друге місце займають розрахунки на основі максимальних рівнів прогнозу.

Оскільки на основі ретроспективного аналізу нами встановлено кращий метод прогнозування досліджуваного показника та форму рівняння тренду, то скористаємося цим для прогнозування обсягу ВВП України на 2018-2019 рр. Розрахунки проведемо за формулою (табл. 11):

$$y_t = y_{\max} \left(1 - bd \frac{t_i}{t_{\max}} \right).$$

За даними табл. 11 параметри рівняння тренду прямої залежності становлять [9]:

1. $y_{\max} = 3558,71$ (млрд. грн.).

2. Параметр залежності “b”:

¹ Державна служба статистики України [Електронний ресурс] // Офіційний сайт державної служби статистики України. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>.

$$b = \frac{\sum \left(1 - \frac{y_i}{y_{max}}\right)}{\sum \left(1 - \frac{t_i}{t_{max}}\right)} = \frac{2,0589}{2,5000} = 0,8236.$$

Рівняння лінійного тренду набуло вигляду:

$$y_t = 3558,71 \times \left(1 - 0,8236 \times d_{1 - \frac{t_i}{t_{max}}}\right).$$

Параметр “b” рівняння означає, що зміна відхилень коефіцієнтів порівняння динамічного ряду на один рік супроводжується зміною у 0,8 раза ($b = 0,8236$) коефіцієнтів порівняння результативного показника — обсягу ВВП. Визначимо також коефіцієнт стійкості тренду:

$$K = 1 - \frac{\sum |d_y - bd_t|}{\sum d_y} = 1 - \frac{0,2284}{2,0589} = 0,82.$$

Встановлений рівень коефіцієнта стійкості тренду, який характеризує високий рівень стійкості тренду, дозволяє застосувати обране рівняння тренду з метою здійснення прогнозних розрахунків.

За даних табл. 11 значення середнього лінійного відхилення між фактичними та середнім значенням ВВП України за 2013-2018 рр. становить 765,78 млрд. грн. ($\bar{y} = 2337,52$ млрд. грн., $\sum |y - \bar{y}| = 3828,91$ млрд. грн., $\bar{d} = \frac{3828,91}{6} = 765,78$ млрд. грн.). За даними табл. 11 видно, що прогнозне значення обсягу валового внутрішнього продукту на наступний 2019 рік складе 4047,19 млрд. грн. та 4535,66 у 2020 р., а саме:

$$y_{t_{2019}} = 3558,71 \times \left(1 - 0,8236 \times d_{1 - \frac{7}{6}}\right) = 3558,71 \times [1 - (-0,1373)] = 4047,19 \text{ млрд. грн.}$$

Розрахунково-допоміжна таблиця для встановлення параметрів тренду

Рік	ВВП, млрд. грн., у	Символ року, t	$1 - \frac{t_i}{t_{\max}}$ (d _t)	$1 - \frac{y_i}{y_{\max}}$ (d _y)	b d _t	d _y - b d _t	y - \bar{y}	Теоретичні значення обсягу ВВП, млрд. грн., у _t		
								мінімальні	середні	максимальні
2013	1522,70	1	0,8333	0,5721	0,6863	0,1142	814,8183	350,54	1116,33	1882,11
2014	1586,90	2	0,6667	0,5541	0,5490	0,0050	750,6183	839,02	1604,80	2370,59
2015	1988,50	3	0,5000	0,4412	0,4118	0,0294	349,0183	1327,50	2093,28	2859,06
2016	2385,40	4	0,3333	0,3297	0,2745	0,0552	47,88167	1815,97	2581,76	3347,54
2017	2982,90	5	0,1667	0,1618	0,1373	0,0245	645,3817	2304,45	3070,23	3836,02
2018	3558,71	6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1221,192	2792,93	3558,71	4324,49
Разом	14025,11	21	2,5000	2,0589	-	0,2284	3828,91	-	14025,11	-
У середньому	2337,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2019	-	7	-0,167	-	-0,1373	-	-	3281,40	4047,19	4812,97
2020	-	8	-0,333	-	-0,2745	-	-	3769,88	4535,66	5301,45

Тобто у середньому щорічно обсяг ВВП України зростає на 488,48 млрд. грн. (4047,19-3558,71=488,48 млрд. грн.).

Обчислені в табл. 11 прогностні значення обсягу валового внутрішнього продукту та прогностні значення 2019–2020 рр. відобразимо графіком (див. рис. 3).

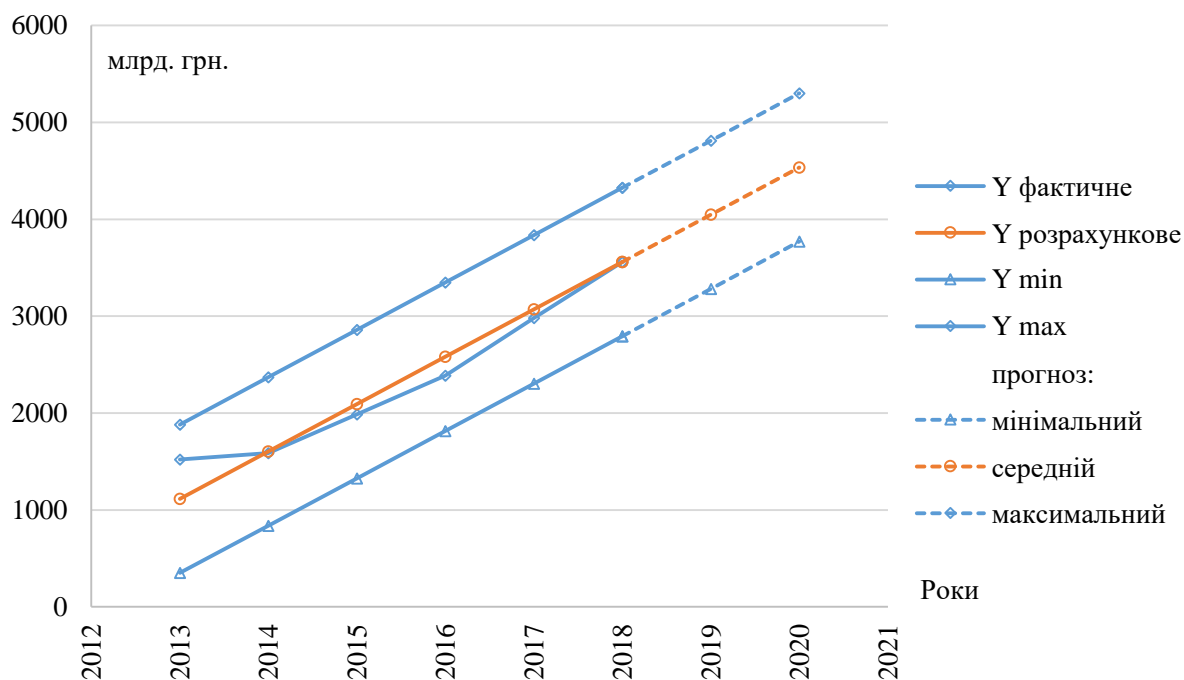


Рис. 3. Динаміка фактичного і теоретичного обсягу валового внутрішнього продукту за 2008-2014 рр. та прогностні значення, виконані методом статистичних рівнянь залежностей, на 2015–2016 рр.

Висновки. Застосування методу статистичних рівнянь залежностей для вивчення змін в динаміці дозволяє зменшити рівень похибки прогностного розрахунку у зв'язку з тим, що таке вивчення дає змогу отримати науково обґрунтовані результати як при нечисленній, так і численній сукупності рівнів динамічного ряду, а також через те, що самі обчислення не містять степеневі величини (квадрати значень, 3-я степінь тощо).

Наведені методологічні положення прогнозування обсягу валового внутрішнього продукту дозволяють також здійснювати оцінку динаміки макро- та мікроекономічних показників та обсягу валового регіонального продукту на регіональному рівні, з метою обґрунтування прогнозування розвитку територіальної громади або обсягу надходжень до бюджету на районному рівні.

Викладена методика вибору методів прогнозування показників соціально-економічного розвитку може бути використана суб'єктами господарсько-фінансової діяльності (промисловими та сільськогосподарськими підприємствами тощо), студентами при підготовці курсових та дипломних робіт та аспірантами в наукових дослідженнях.

Список використаних джерел

1. Головач А. В. Статистичне забезпечення управління економікою: прикладна статистика : [навч. посіб.] / А. В. Головач, В. Б. Захожай, Н. А. Головач. – К. : КНЕУ, 2005. – 333 с.
2. Єріна А. М. Теорія статистики : [практикум] / А. М. Єріна, З. О. Пальян. – К. : Знання, 2006. – 255 с.
3. Кулинич Е. И. Статистическая оценка факторов хозяйственной деятельности заготовительных организаций / Е. И. Кулинич. – М. : Финансы и статистика, 1983. – 192 с.
4. Кулинич Е. И. Эконометрия / Е. И. Кулинич. – М. : Финансы и статистика, 1999–2001. – 304 с.

5. Кулинич О. І. Економетрія : [навч. посіб.] / О. І. Кулинич. – Хмельницький: Поділля, 2003. – 215 с.
6. Кулинич О. І. Теорія статистики : [підруч.] / О. І. Кулинич, Р. О. Кулинич. – [7-е вид., перероб. і доп.]. – К. : Знання, 2015. – 239 с.
7. Кулинич Р. О. Прикладні аспекти застосування методу статистичних рівнянь залежностей [Електронний ресурс] Персональний сайт Кулинич Р. О. – URL : <http://www.kulynych.in.ua/examples-of-application-msrz>
8. Кулинич Р. О. Статистична оцінка чинників соціально-економічного розвитку : [монографія] / Р. О. Кулинич. – К. : Знання, 2007. – 311 с.
9. Кулинич Р. О. Статистичні методи аналізу взаємозв'язку показників соціально-економічного розвитку : [монографія] / Р. О. Кулинич. – К. : Формат, 2008. – 288 с.
10. Манцуров І. Г. Статистика економічного зростання та конкурентоспроможності країни : [монографія] / І. Г. Манцуров. – К. : КНЕУ, 2006. – 392 с.
11. Парфенцева Н.О. Статистичне вивчення соціально-економічного розвитку України : [підруч.] / Н. О. Парфенцева, Р. О. Кулинич. –К.: ВПД “Формат”, 2011. – 456 с.
12. Статистика : [підруч.] / [С. С. Герасименко, А. В. Головач, А. М. Єріна та ін.]. – [2. вид. , перероб. і доп.]. – К. : КНЕУ, 2000. – 467 с.
13. Ферстер, Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа: Руководство для экономистов [Текст] / Э. Ферстер, Б. Ренц ; [пер. с нем.]. – М. : Финансы и статистика, 1983. – 302 с.
14. Державна служба статистики України [Електронний ресурс] // Офіційний сайт державної служби статистики України. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>.

References

1. Holovach, A. V. Zakhzhaj, V. B., Holovach, N. A. (2005). Statystychnе zabezpechennia upravlinnia ekonomikoju: prykladna statystyka [Statistical support of economic governance: applied statistics]. Kyiv: KNEU [in Ukrainian].
2. Yerina, A. M., Palian, Z. O. (2006) Teoriya statystyky [Theory of Statistics]. Kyiv: Znannya [in Ukrainian].
3. Kulynych, E. I. (1983) Statystycheskaia otsenka faktorov khoziaistvennoi deiatelnosti zahotovitelnykh orhanyzatsyi [Statistical evaluation of factors of economic activity of procurement organizations]. Moscow: Finansy i statystika [in Russian].
4. Kulynych, E. I. (1999–2001) Ekonometriia [Econometrics]. Moscow: Finansy i statystika [in Russian].
5. Kulynych, O. I. (2003). Ekonometriia [Econometrics]. Khmelnytskyi: Podillia [in Ukrainian].
6. Kulynych, O. I., Kulynych, R. O. (2015). Teoriia statystyky [Theory of statistics]. (7th ed.). Kyiv: Znannya [in Ukrainian].
7. Kulynych, R. O. Prykladni aspekty zastosuvannia metodu statystychnykh rivnian zalezhnosteï [Applied aspects of the method of statistical equations of dependencies]. Personalnyi site Kulynycha R. O. www.kulynych.in.ua. Retrieved November 24, 2019, from: <http://www.kulynych.in.ua/examples-of-application-msrz> [in Ukrainian].
8. Kulynych, R. O. (2007), Statystychna otsinka chynnykiv sotsialno-ekonomichnoho rozvytku [Statistical evaluation factors of socio-economic development], Kyiv: Znannya Ukraine [in Ukrainian].
9. Kulynych, R. O. (2008), Statystychni metody analizu vzaiemozv'iazku pokaznykiv sotsialno-ekonomichnoho rozvytku [Statistical methods for analysis of dependences indicators of socio-economic development], Format, Kyiv, Ukraine [in Ukrainian].
10. Mantsurov, I. G. (2006). Statystyka ekonomichnoho zrostannia ta konkurentospromozhnosti krainy [Statistic of economic growth and competitiveness of the country]. Kyiv: KNEU [in Ukrainian].

11. Parfentseva, N. O., Kulynych, R. O. (2011). Statystychnе vyvchennia sotsialno-ekonomichnoho rozvytku Ukrainy [Statistical study of socio-economic development of Ukraine]. Kyiv: VPD "Format" [in Ukrainian].
12. Herasymenko, S. S., Holovach, A. V., Yerina, A. M. (2000) Statystyka [Statistics]. (2nd ed.). Kyiv: KNEU [in Ukrainian].
13. Ferster, E. and Renc, B. (1983), Metody korreljacionnogo i regressionnogo analiza: Rukovodstvo dlja jekonomistov [Methods correlation and regression analysis: guidance for economists], Finansy i statistika, Moscow, Russia.
14. Ofitsiynyi sait derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy. Retrieved November 15, 2019, from: www.ukrstat.gov.ua [in Ukrainian].

O. I. Kulynych,

DSc in Economics, Professor,

Professor of Department for Mathematics, Statistics and Information Technology,

Leonid Yuzkov Khmelnytsky University of Management and Law

E-mail: kulynych_roman@ukr.net

ResearcherID: AAB-2984-2019,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8571-0559>

R. O. Kulynych,

DSc in Economics, Professor,

Head of Department for Mathematics, Statistics and Information Technology,

Leonid Yuzkov Khmelnytsky University of Management and Law

E-mail: kulynych_roman@ukr.net

ResearcherID: F-6617-2018,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7687-8766>

Statistical methods for forecasting socio-economic development indicators and methods for evaluating their results

The article proposes a method of estimating forecasting methods (regression-correlation analysis method and statistical dependence equations) based on the analysis of forecast errors using the method of complex statistical coefficients. It is proposed to perform forecasting error by comparing the forecasted and actual values of the indicators. This retrospective approach allows you to establish a better prediction method. Trend calculations are also presented graphically, with minimum, average and maximum forecast values. The application of the method of statistical equations of dependencies for studying changes in dynamics allows to reduce the level of error of predictive calculation due to the fact that such study allows to obtain scientifically sound results in both a small and numerous set of levels of a dynamic series. The reliability of the calculations of the forecast of phenomena and processes on the basis of the method of statistical equations of dependencies is ensured by calculating for the investigated equation the level of stability of the trend. In order to determine the interval forecast values (minimum and maximum forecast values), it is proposed to use the mean linear deviation based on the method of statistical dependence equations.

Keywords: *forecast, method of correlation-regression analysis, method of statistical dependence equations, method of complex statistical coefficients.*