

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗВ'ЯЗАНИХ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Сергеева Л.Н., д.е.н., проф.,

Книшенко Т.М., к.е.н.

Класичний приватний університет (м. Запоріжжя)

Актуальність проблеми. Отримання прогнозів динаміки соціально-економічних показників є однією з найважливіших задач математичного моделювання в економіці. Основними найпоширенішими методами прогнозування є статистичні методи [1, 2], методи експертних оцінок [3, 4] і методи нелінійної динаміки – теорії хаосу [8]. Для застосування методів першої і третьої груп необхідна наявність часових рядів – результату спостережень за соціально-економічною системою протягом певного часу, для другої групи відсутність спостережень за поведінкою системи, що досліджується, заповнюється досвідом експертів, одержаним при моніторингу аналогічних систем [4].

Внаслідок неповної інформації в соціально-економічній системі може виникнути проблема побудови прогнозу. В цьому випадку актуальним є представлення результативного показника у вигляді зв'язаних соціально-економічних показників та обґрунтування детермінованих рівнянь зв'язку.

Аналіз останніх наукових досліджень. Моделювання структурними рівняннями є методом статистичного аналізу. Цей підхід можна розглядати як комбінацію регресійного, факторного аналізу та методів теорії графів [10]. Альтернативною назвою техніки є моделювання коваріаційної структури, оскільки модель структурних рівнянь повинна включати аналіз коваріаційної структури між спостережуваними змінними [9].

Дослідження теорії моделювання структурними рівняннями показує, що цей метод реалізується за допомогою лінійних структурних рівнянь [4]. Використання структурних рівнянь носить за мету перевірку відповідності

теоретичних моделей емпіричних даних, оцінювання прямих та непрямих ефектів, параметрів моделі. Але в соціально-економічних системах моделювання лінійними рівняннями носить спрощений характер, динаміка соціально-економічних показників є часто нелінійною [5, 8].

Метою роботи є дослідження особливостей прогнозування соціально-економічних показників, що **сполучені** детермінованими рівняннями зв'язку, а також обґрунтування рекомендацій щодо підвищення точності прогнозу.

Виклад основного матеріалу дослідження. При застосуванні статистичних методів прогнозування часовий ряд аналізується як реалізація дискретного випадкового процесу [4]. В протилежність цьому, за методами нелінійної динаміки часовий ряд є ітераційною послідовністю, що породжується детермінованим нелінійним дискретним відображенням [8]. Оскільки соціально-економічні системи є складними системами, то їх стан і поведінка характеризується не одним показником, а цілим комплексом показників, тобто при прогнозуванні поведінки таких систем необхідно будувати прогнози для множини соціально-економічних показників [5, 6]. При цьому прогнозування проводиться для кожного показника незалежно, але можливе висунення і перевірка гіпотези про наявність між показниками статистичної залежності [2, 9]. Проте в цьому підході не враховується наявність в соціально-економічних системах детермінованих соціально-економічних і інших законів, які виражаються в детермінованих зв'язках між соціально-економічними показниками, наприклад:

- прибуток підприємства, що дорівнює його доходам за вирахуванням витрат;
- сальдо зовнішньоекономічної діяльності (платіжного балансу) – різниця експорту товарів і послуг та імпорту;
- валовий внутрішній продукт, що дорівнює сумі витрат на споживання, державних витрат і інвестицій тощо;

– структура соціально-економічних показників, зокрема частка ринку, що належить кожному з виробників, частка вікової групи в загальній чисельності населення. Зауважимо, що сума всіх часток повинна дорівнювати 1.

Наявність детермінованих зв'язків є додатковою інформацією про соціально-економічну систему, яка при традиційному статистичному підході не враховується і не використовується для підвищення точності прогнозу.

Представимо соціально-економічний показник як сполучення структурних та динамічних властивостей, що виражається в детермінованому рівнянні зв'язку та впливає на якість його прогнозу (рис. 1):



Рис. 1. Фактори впливу на якість прогнозу соціально-економічного показника

Обґрунтуємо рекомендації щодо підвищення точності прогнозу.

Для простоти викладу вважатимемо, що поведінка системи описується трьома показниками A , B , C , і відоме рівняння зв'язку:

$$C = f(A, B). \quad (1)$$

Прогнозні значення показників, одержані статистичним методом (за допомогою регресійного аналізу, методами декомпозиційного аналізу або методами **ковзного середнього** й експоненційного згладжування), позначимо a , b , c відповідно.

Виділимо два основні варіанти:

Варіант 1. Підстановка прогнозів в праву і ліву частину рівняння

зв'язку (1) дозволяє одержати рівність .

Варіант 2. Підстановка прогнозів в рівняння зв'язку призводить до порушення рівності. Різницю

$$\Delta = c - (a + b) \quad (2)$$

будемо називати нев'язкою прогнозів.

Варіант 1 виникає, якщо рівняння зв'язку лінійне і для отримання прогнозів для всіх трьох показників використовується або лінійна, або логарифмічна трендова моделі. Розглянемо цей варіант на прикладі прогнозування зовнішньоекономічної діяльності України. В якості показника A розглянемо обсяг експорту товарів і послуг, B – обсяг імпорту товарів і послуг, C – сальдо платіжного балансу. Всі дані відносяться до часового інтервалу з 01.02.2005 р. по 01.01.2011 р. включно [4] та приведені в табл. 1. Рівняння зв'язку матиме вид:

$$C=A-B. \quad (3)$$

Таблиця 1

Дані платіжного балансу України за 2005-2011 рр.(млн. доларів США)

№ з/п	Період спостережень	Експорт (A)	Імпорт (B)	Сальдо (C)	№ з/п	Період спостережень	Експорт (A)	Імпорт (B)	Сальдо (C)
1	01.02.2005	2490,7	1804,8	685,9	37	01.02.2008	3664,8	4638,6	-973,8
2	01.03.2005	2636,7	2407,6	229,1	38	01.03.2008	4701,2	6483,3	-1782,1
3	01.04.2005	3223,3	3282,4	-59,1	39	01.04.2008	5451,3	7719,4	-2268,1
4	01.05.2005	3032	3093,7	-61,7	40	01.05.2008	5580,5	7950,1	-2369,6
5	01.06.2005	2791,8	2814,9	-23,1	41	01.06.2008	6305,4	7712,1	-1406,7
6	01.07.2005	2829,4	3203,4	-374	42	01.07.2008	6891,5	7920,5	-1029
7	01.08.2005	2763,7	3148	-384,3	43	01.08.2008	7654	8827,4	-1173,4
8	01.09.2005	2683,3	3187,6	-504,3	44	01.09.2008	6657,6	8229,5	-1571,9
9	01.10.2005	2808,8	3205,7	-396,9	45	01.10.2008	6666,3	8422,5	-1756,2
10	01.11.2005	2923,5	3209,3	-285,8	46	01.11.2008	5625,8	7583,2	-1957,4
11	01.12.2005	2956,2	3252	-295,8	47	01.12.2008	3711	5268,5	-1557,5
12	01.01.2006	3089	3527,1	-438,1	48	01.01.2009	4057,9	4780,2	-722,3
13	01.02.2006	2337,2	2711,5	-374,3	49	01.02.2009	2437,1	2040,8	396,3
14	01.03.2006	2583,3	3184,3	-601	50	01.03.2009	2692,5	3798	-1105,5
15	01.04.2006	3144,7	3897,7	-753	51	01.04.2009	3168,8	3935,3	-766,5
16	01.05.2006	2870,9	3279,9	-409	52	01.05.2009	3070,3	3591,1	-520,8
17	01.06.2006	3114,1	3687,3	-573,2	53	01.06.2009	2911,4	3205,1	-293,7
18	01.07.2006	3344,8	3645	-300,2	54	01.07.2009	3019,8	3196	-176,2
19	01.08.2006	3351,2	3753,6	-402,4	55	01.08.2009	3210	3899	-689
20	01.09.2006	3514	3864,1	-350,1	56	01.09.2009	3201,9	3832,9	-631
21	01.10.2006	3673,2	4183,7	-510,5	57	01.10.2009	3738,4	4023,3	-284,9
22	01.11.2006	3472,7	4086	-613,3	58	01.11.2009	4120,6	4338	-217,4

23	01.12.2006	3352,6	3981	-628,4	59	01.12.2009	3968,6	4523,1	-554,5
24	01.01.2007	3609,1	4764,7	-1155,6	60	01.01.2010	4156,3	5050,5	-894,2
25	01.02.2007	3212,5	3707,6	-495,1	61	01.02.2010	3008	3262,3	-254,3
26	01.03.2007	3411,2	4296	-884,8	62	01.03.2010	3372	3712,8	-340,8
27	01.04.2007	4109	4960,8	-851,8	63	01.04.2010	3944,8	4716,3	-771,5
28	01.05.2007	4062,7	4822,3	-759,6	64	01.05.2010	4206,7	4602,9	-396,2
29	01.06.2007	4092,9	4840,1	-747,2	65	01.06.2010	4194,2	4412,8	-218,6
30	01.07.2007	4242,8	4675,6	-432,8	66	01.07.2010	4328,6	4718,8	-390,2
31	01.08.2007	4261,9	5201,9	-940	67	01.08.2010	4241	5163	-922
32	01.09.2007	4176,1	5004,2	-828,1	68	01.09.2010	4249,5	5423	-1173,5
33	01.10.2007	4122	4846,9	-724,9	69	01.10.2010	4699,7	5674,6	-974,9
34	01.11.2007	4347,3	5873,3	-1526	70	01.11.2010	4740,7	6177	-1436,3
35	01.12.2007	4453,4	5818,8	-1365,4	71	01.12.2010	5128,8	6232,4	-1103,6
36	01.01.2008	4804,3	6570,5	-1766,2	72	01.01.2011	5291,2	6646,3	-1355,1

На рис. 2 приведені дані показників *A*, *B*, *C*.

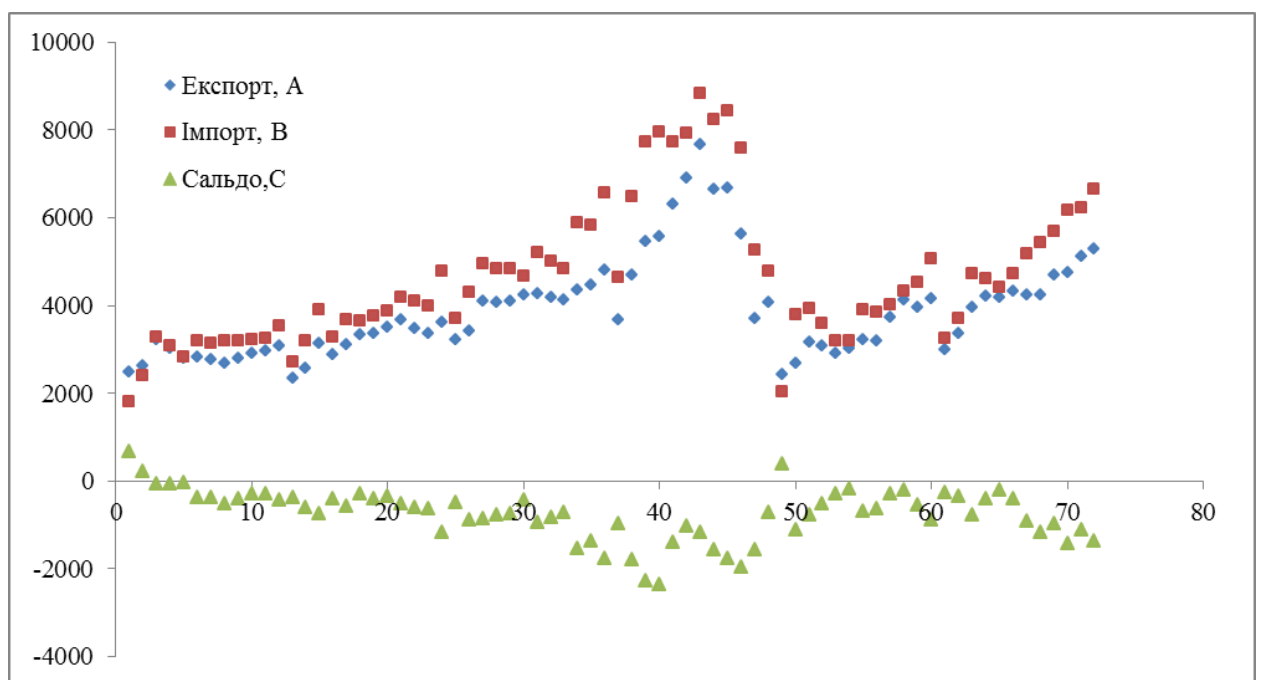


Рис. 2. Динаміка сальдо платіжного балансу та його структурних показників

В наведеному прикладі нев'язки прогнозів не виникає, проте рівняння зв'язку дозволяє більш обґрунтовано прогнозувати динаміку сальдо платіжного балансу. Побудова прогнозної моделі є ефективною, якщо в системі не відбулося структурних зрушень, але на значення показників 2007–2009 рр. вплинула світова фінансова криза, тому доцільно розглянути післякризову динаміку. На рис. 3 наведені згладжені дані, лінійні трендові моделі, рівняння моделей і значення коефіцієнтів детермінації для періоду 2009–2011 рр.

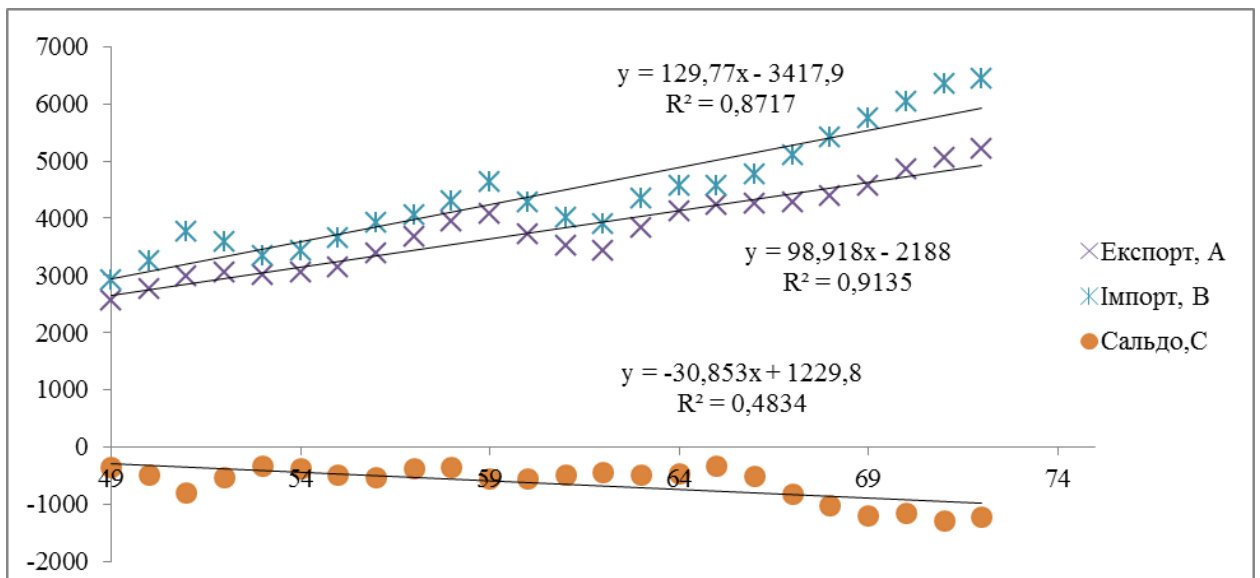


Рис. 3. Побудова прогнозних моделей

Аналіз моделі *C* показує, що коефіцієнт детермінації не є високим, коефіцієнти моделі не є статистично значущими, тобто ця модель відповідно до теорії регресійного аналізу має дуже низьку якість і не може використовуватися для прогнозування [5].

Показники *A* і *B* мають стійкий зростаючий лінійний тренд. Відповідні рівняння прогнозних моделей мають вид:

$$\text{Експорт, } A: \quad a = \underset{(6,49)}{98,92}t - \underset{(395,1)}{2188,03}, \quad \overline{R^2} = 0,91, \quad F = 232,43 \quad (4)$$

$$\text{Імпорт, } B: \quad b = \underset{(10,62)}{129,77}t - \underset{(646,45)}{3417,9}, \quad \overline{R^2} = 0,87, \quad F = 149,43 \quad (5)$$

Всі коефіцієнти обох моделей *A* і *B* є статистично значущими (під коефіцієнтами в дужках приведені їх стандартні відхилення). Коефіцієнти детермінації і значення критерію Фішера свідчать про високу якість моделей, отже, ці моделі можна використовувати для прогнозування, а використовуючи рівняння зв'язку (*C*), можна одержати також прогноз сальдо платіжного балансу.

За результатами аналізу варіанту 1, необхідно відзначити, що лінійні моделі тренда мають обмежене вживання, їх можна застосовувати для побудови короткострокових прогнозів – на 3-4 періоди вперед. При

середньостроковому і довгостроковому прогнозуванні необхідно враховувати, що більшість соціально-економічних процесів є процесами з насиченням, і для їх моделювання застосовуються нелінійні моделі, наприклад, степенева, логарифмічна або логістична. Крім того, в часовому ряді значень показника окрім тренда можуть бути присутні сезонні або циклічні коливання. Для побудови прогнозної моделі необхідно застосовувати декомпозиційний аналіз, методів ковзаючого середнього і експоненційного згладжування, що навіть при лінійному тренді приведе до появи нев'язки прогнозів.

Варіант 2 продемонструємо спочатку на модельних рядах даних з нелінійним трендом і рівнянням зв'язку (3). На рис. 4 і рис. 5 представлено два приклади модельних часових рядів з лініями тренда, прогнозами по всіх показниках на чотири періоди вперед і значеннями показника C , розрахованими по прогнозних значеннях показників A і B з використанням рівняння зв'язку (3).

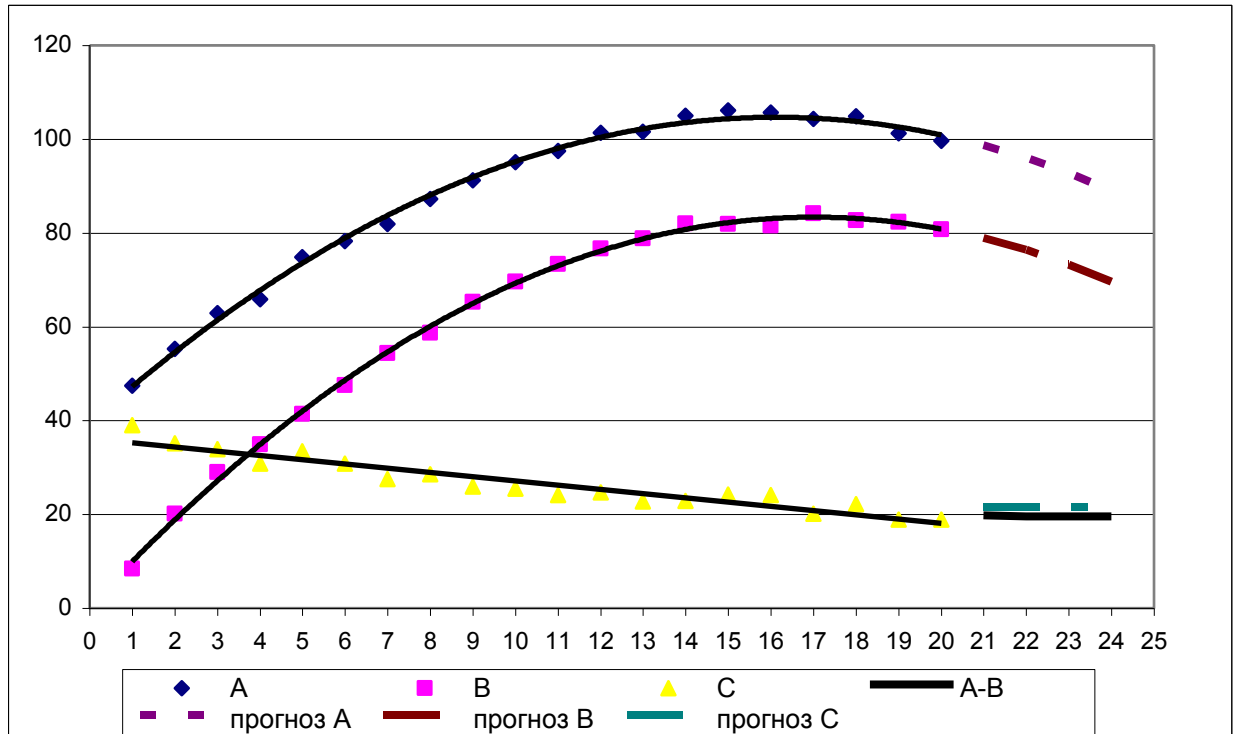


Рис. 4. Прогнозування по модельних часових рядах. Ряди A і B мають параболічний тренд, ряд C – лінійний

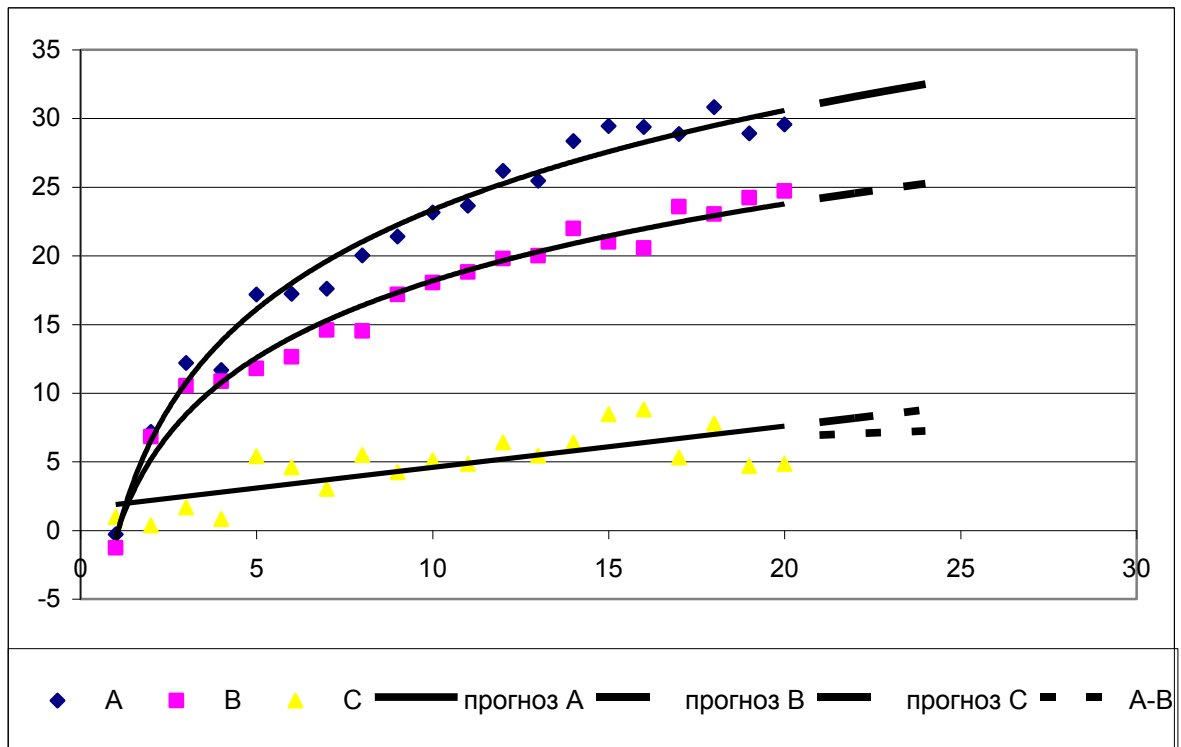


Рис. 5. Прогнозування по модельних часових рядах. Ряди *A* і *B* мають логарифмічний тренд, ряд *C* – лінійний

Розрахунки показують, що для першого варіанту нев'язка прогнозу досягає зверху 10% від прогнозного значення, а для другого варіанту – зверху 20%.

Оскільки прогнозування соціально-економічних показників здійснюється з метою планування майбутньої соціально-економічної діяльності, то в плані, що базується на прогнозних значеннях показників (наприклад, доходів, витрат і прибутку) нев'язку варто мінімізувати для виконання рівняння зв'язку. Таким чином, виникає проблема розподілу нев'язки.

Для вирішення цієї проблеми для лінійних моделей авторами пропонується метод розподілу нев'язки, заснований на середньоквадратичних відхиленнях помилок прогнозних моделей. Позначимо σ_A , σ_B , σ_C , – відповідні середньоквадратичні відхилення для показників *A*, *B* і *C*. На їх основі розраховуються коефіцієнти розподілу нев'язки:

$$k_A = \frac{\sigma_A}{\sigma_A + \sigma_B + \sigma_C}, k_B = \frac{\sigma_B}{\sigma_A + \sigma_B + \sigma_C}, k_C = \frac{\sigma_C}{\sigma_A + \sigma_B + \sigma_C}. \quad (6)$$

Формули розрахунку коефіцієнтів розподілу нев'язки задовольняють наступним вимогам:

- сума коефіцієнтів рівна 1
- більша частка нев'язки йде на коректування менш точного прогнозу.

Оскільки

$$\Delta = c - (a + b),$$

то

$$k_A \Delta + k_B \Delta + k_C \Delta = c - (a + b)$$

або

$$c - k_C \Delta = a + k_A \Delta + b + k_B \Delta. \quad (7)$$

Для моделі $\Delta = c - (a + b)$, отримуємо наступне рівняння зв'язку:

$$c - k_C \Delta = (a + k_A \Delta) - (b - k_B \Delta). \quad (8)$$

Отже, скоректовані значення прогнозів $(\tilde{a}, \tilde{b}, \tilde{c})$ обчислюються за формулами:

$$\tilde{a} = a + k_A \Delta, \quad \tilde{b} = b - k_B \Delta, \quad \tilde{c} = c - k_C \Delta, \quad (9)$$

Розглянемо тепер процедуру розподілу нев'язки для даних, представлених на рис. 5. Прогнозні моделі були одержані у вигляді:

$$a = 10,45 \ln t - 0,71, \quad \overline{R^2} = 0,98, \quad F = 899,5, \quad \sigma_A = 1,23, \quad (10)$$

$$b = 8,08 \ln t - 0,43, \quad \overline{R^2} = 0,97, \quad F = 713,2, \quad \sigma_B = 1,07 \quad (11)$$

$$c = 0,3t + 1,58, \quad \overline{R^2} = 0,53, \quad F = 22,2, \quad \sigma_C = 1,64. \quad (12)$$

Розрахуємо коефіцієнти розподілу нев'язки по формулах (6):

$$k_A = 0,31, k_B = 0,27, k_C = 0,42. \quad (13)$$

В табл. 2 приведені прогнознi значення по всіх трьох показниках, обчислені по формулах (10) – (12), а також скоректовані прогнознi значення з урахуванням розподілу нев'язки з вагами (13), розраховані по формулах (9).

Таблиця 2

Побудова зв'язаного прогнозу з розподілом нев'язки

№ з/п	Період прогнозування	a	b	c	$a-b$	Нев'язка	\tilde{a}	\tilde{b}	\tilde{c}	$\tilde{a} - \tilde{b}$
1	t_1	31,09	24,17	7,88	6,93	0,95	31,39	23,91	7,48	7,48
2	t_2	31,58	24,54	8,18	7,04	1,14	31,94	24,23	7,71	7,71
3	t_3	32,04	24,90	8,48	7,14	1,34	32,46	24,54	7,92	7,92
4	t_4	32,49	25,24	8,78	7,24	1,54	32,97	24,83	8,14	8,14

В процесі дослідження у авторів виникло питання щодо розподілу нев'язки в моделях, що не є адитивними. Оскільки формули (6) – (8) можуть бути застосовані тільки для адитивних моделей, то необхідно привести вихідну модель до адитивного вигляду, наприклад, шляхом логарифмування.

Розглянемо цей випадок на прикладі прогнозування частки чоловіків в населенні України. В якості показника A розглядатимемо кількість чоловіків в Україні, B – загальну кількість осіб, а C – частку чоловіків. Всі дані відносяться до часового інтервалу 1995–2011 рр. [4] і приведені в табл. 3. Рівняння зв'язку має вигляд:

$$C=A/B. \quad (14)$$

Графічне подання динаміки показників A , B , C наведено на рис. 6, 7.

Дані щодо частки чоловіків в постійному населенні України (1990-2011 рр.)

№ з/п	Період спостережень	Кількість чоловіків, тис. ос. (A)	Кількість постійного населення, тис. ос. (B)	Частка чоловіків (C)
1	1995	23792,3	51300,4	0,463784
2	1996	23591,6	50874,1	0,463725
3	1997	23366,2	50400,0	0,463615
4	1998	23163,5	49973,5	0,463516
5	1999	22963,4	49544,8	0,463488
6	2000	22754,7	49115,0	0,463294
7	2001	22530,4	48663,6	0,462983
8	2002	22316,3	48240,9	0,462601
9	2003	22112,5	47823,1	0,462381
10	2004	21926,8	47442,1	0,46218
11	2005	21754,0	47100,5	0,461863
12	2006	21574,7	46749,2	0,461499
13	2007	21434,7	46465,7	0,461302
14	2008	21297,7	46192,3	0,461066
15	2009	21185,0	45963,4	0,46091
16	2010	21107,1	45782,6	0,461029
17	2011	21032,6	45598,2	0,461259

Для застосування наведеної методики будемо використовувати дані за 1995 – 2010 рр. для побудови прогнозу, а дані 2011 р. для оцінювання якості прогнозу шляхом порівняння його з реальними даними.

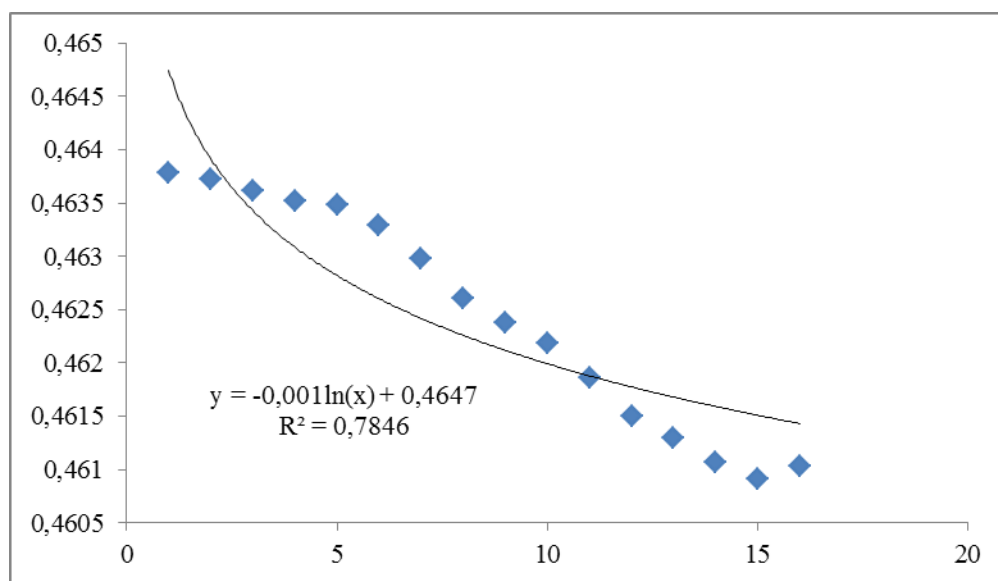


Рис. 6. Модель часового ряду C, частка чоловіків

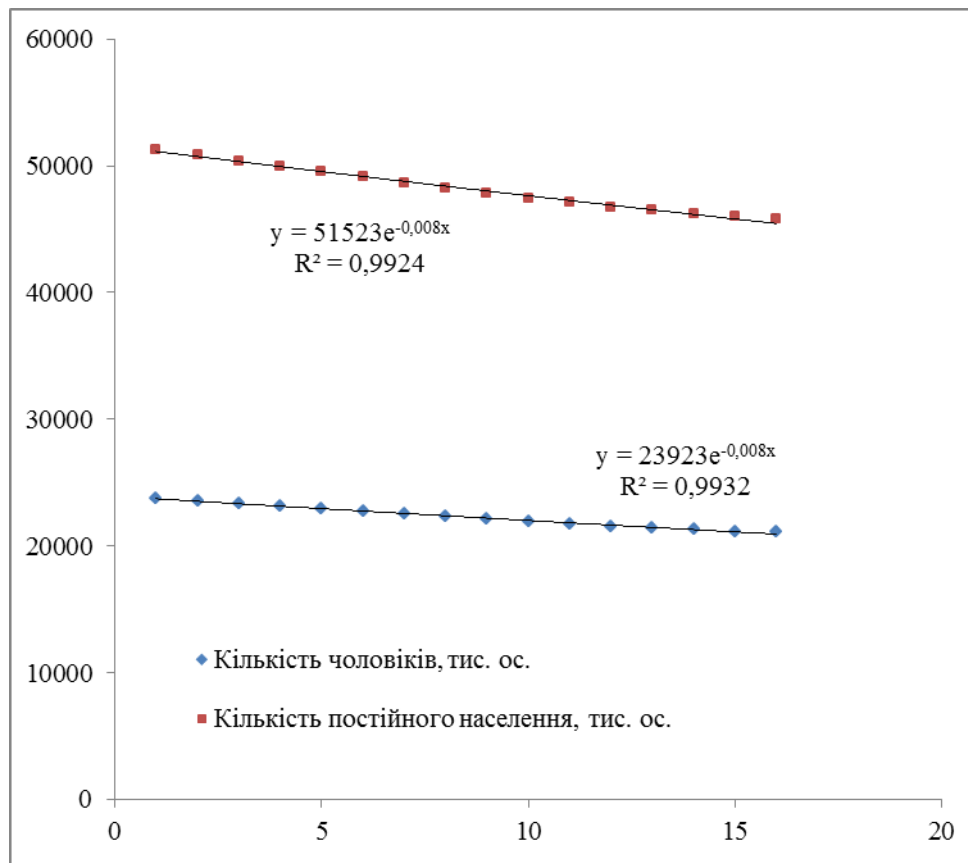


Рис. 7. Моделі часових рядів A (кількість чоловіків), B (кількість постійного населення в Україні), тис. ос.

Для покращення якості прогнозу функцію C приведено до адитивного виду шляхом логарифмування.

$$\ln(C) = \ln(A) - \ln(B). \quad (15)$$

Після цього було побудовані прогнозні моделі. В табл. 4 наведені вигляд функцій для фактичних та логарифмованих значень A , B , C .

Таблиця 4

Вигляд функцій для фактичних та логарифмованих значень A , B , C

Показник	Прогнозна функція	Логарифмована функція
A	$a = 23923e^{-0,008t}$ $R^2 = 0,9932$	$\ln(a) = -0,0083t + 10,08$ $R^2 = 0,9932$
B	$b = 51523e^{-0,008t}$ $R^2 = 0,9924$	$\ln(b) = -0,0079t + 10,85$ $R^2 = 0,9924$
C	$c = -0,001\ln(t) + 0,46$ $R^2 = 0,7846$	$\ln(c) = -0,003\ln(t) - 0,77$ $R^2 = 0,7842$

Для логарифмованих значень функцій було розраховано коефіцієнти розподілу нев'язки за формулою (6):

$$k_{\ln(A)} = 0,498, k_{\ln(B)} = 0,479, k_{\ln(C)} = 0,023. \quad (16)$$

В табл. 5 наведені прогнозні значення по всіх трьох показниках, обчислені за даними табл. 4, скоректовані прогнозні значення з урахуванням розподілу нев'язки з вагами (16) для логарифмованих функцій A, B, C . Фактичні скоректовані значення $\tilde{a}, \tilde{b}, \tilde{c}$ визначались шляхом експонування.

Таблиця 5

Побудова зв'язаного прогнозу з розподілом нев'язки

Показник	Фактичне	Прогнозне	Скоректоване
$\ln(a)$	9,9538	9,8974	9,8990
$\ln(b)$	10,7276	10,6762	10,6747
$\ln(c)$	-0,7738	-0,7756	-0,7757
a	21032,6	20915,97 (за прогнозною моделлю)	19910,61 (шляхом експонування)
b	45598,2	44939,02 (за прогнозною моделлю)	43245,82 (шляхом експонування)
c	0,461259	0,4589 (за прогнозною моделлю)	0,4604 (шляхом експонування)

За табл. 5 бачимо, що, хоча й за структурними показниками спостерігається погіршення якості прогнозу, але підвищується якість прогнозу результативного показника. Для підвищення якості прогнозу структурних показників необхідно переглянути їх прогнозні функції.

Висновки та перспективи подальших наукових розробок. В роботі запропоновано метод підвищення якості прогнозу на основі розподілення нев'язки прогнозу, за яким будь-яка структура соціально-економічного показника має приводитись до адитивного вигляду. Запропонований метод підвищення точності прогнозів за рахунок розподілу нев'язки володіє властивістю універсальності, оскільки його можна застосовувати при прогнозуванні більш ніж трьох зв'язаних

показників. Крім того, рівняння зв'язку може приймати довільний, а не тільки лінійний вигляд.

Метод розподілення нев'язки прогнозу застосовується, якщо:

1. Підстановка прогнозів в праву і ліву частину рівняння зв'язку дозволяє одержати рівність, але потребується підвищення точності прогнозу.

2. Підстановка прогнозів в рівняння зв'язку приводить до порушення рівності. В цьому випадку необхідно розподіляти нев'язку прогнозу та коректувати прогноз результативного показника, а також функції його структурних показників.

Запропонована процедура розподілу нев'язки може бути застосована при декомпозиційному методі побудови прогнозів, а також при вживанні методів ковзаючого середнього і експоненційного згладжування з різними параметрами згладжування, оскільки в цих випадках нев'язка прогнозів також виникає.

Перспективою наукових досліджень є застосування методу при дослідженні структурних властивостей соціально-економічних показників.

Література:

1. Герасимов Б.И. Экономико-математические модели погрешностей оценки качества: эконометрика: монографія / Б.И. Герасимов. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2009. – 80 с.
2. Грубер Й. Эконометрия : уч. пос. для студ. экон. спец. / Й. Грубер. – К. – 1996 – Т. 1 . – 397 с.
3. Доугерти К. Введение в эконометрику / К. Доугерти: Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М. – 1999. – 402 с.
4. Забродский В.А. Прогнозування виробничих ситуацій і оцінка застосовності методів прогнозу / В.А. Забродский, Ю.Г. Лысенко, В.Р. Христиановский // Нова радянська соціально-економічна

література. – М. : Юніон. – 1975. – № 9. – С.30-37.

5. Макроекономічне моделювання та короткострокове прогнозування / НАН України; Інститут економічного прогнозування / І.В. Крючкова (ред.). – К., 2000. – 336 с.
6. Модели оценки, анализа и прогнозирования социально-экономических систем : монография / [Клебанова Т. С., Кизим Н. А., Благун И. С. и др.] ; Харьк. нац. экон. ун-т и др. – Х. : ИНЖЭК, 2010. – 277 с.
7. Офіційний сайт Державного комітету статистики України – Ел. ресурс: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
8. Сергеева Л.Н. Моделирование поведения социально-экономических систем методами нелинейной динамики (теории хаоса): монография / Л.Н. Сергеева. – Запоріжжя: ЗГУ, 2002. – 227 с.
9. Шепитько Г.Е. Социально-экономическое прогнозирование и моделирование / Г.Е. Шепитько. – Академия экономической безопасности МВД России. – 2007. – 351 с.
10. Rex B. Kline Principles and Practice of Structural Equation Modeling. 2nd Edition - New York: Guilford. Press, 2004. – 366 p.