

ПРИНЦИП БАЛАНСУ ЗМІННИХ ПРИ ПРОГНОЗУВАННІ ВЗАЄМОПОВ'ЯЗАНИХ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ОЗНАК

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПУ БАЛАНСУ ЗМІННИХ ПРИ КОМПЛЕКСНОМУ ПРОГНОЗУВАННІ СОЦІАЛЬНО- ЕКОНОМІЧНИХ ОЗНАК

Прогнозування є методологічною базою планування – однієї з важливіших функцій управління на мікро- і макрорівні економічної системи. Від точності й достовірності прогнозних оцінок соціально-економічних показників залежить якість прийнятих управлінських рішень. Тому актуальність проблем розробки ефективної методології прогнозування не викликає сумнівів у середовищі як науковців, так і практиків.

У сучасній науці розроблено ряд методів, які володіють певними достоїнствами та недоліками і часто забезпечують цілком задовільні результати при прогнозуванні соціально-економічних змінних, що розглядаються ізольовано [1; 2]. Це, перш за все, графічний аналіз, максимізація коефіцієнта детермінації тощо.

Однак, ситуація принципово змінюється, коли здійснюється одночасне прогнозування декількох взаємозалежних показників типу чисельність всього населення, чоловіків і жінок; рівень народжуваності, смертності та природнього приросту населення; об'ємів експорту, імпорту та експортно-імпортного сальдо тощо. Подібні змінні описуються адитивними моделями $Y_1 = Y_2 + Y_3 + \dots + Y_k$, у лівій частині яких знаходяться деякі соціально-економічні ознаки, а у правій – їхні складові. Мультиплікативні залежності $Y_1 = Y_2 \times Y_3 \times \dots \times Y_k$ легко приводяться до адитивного типу шляхом логарифмування лівої й правої частини моделі.

В соціально-економічних дослідженнях такі показники зустрічаються достатньо часто, оскільки різні сторони процесу відтворення населення, а також і відтворення в економіці тісно взаємопов'язані, утворюють єдиний комплекс, що розвивається в процесі суспільного життя. У цьому випадку ізольовані методи вибору предиктора (системи прогнозних рівнянь, трендів тощо) не виключають небезпеку отримання помилкових результатів, що «розходиться», порушуючи фундаментальні якісні співвідношення і взаємозв'язки. Як би не були глибоко і ретельно розроблені прийоми екстраполяції окремих ізольованих рядів динаміки, вони не можуть застрахувати дослідника від отримання «віяла» прогнозів, що вирізняється абсурдністю передбачених значень досліджуваних ознак з точки зору їх внутрішньої залежності.

Щоб уникнути зазначених недоліків при комплексному дослідженні соціально-економічних показників, між якими спостерігаються об'єктивні взаємозв'язки, ми пропонуємо застосовувати принцип балансу змінних. Він може бути сформульований наступним чином: *остаточний висновок про придатність тих чи інших предикторів визначається ступенем виконання для прогнозованих значень взаємозв'язаних змінних деякого балансового співвідношення, справедливого для них у періоді передісторії.*

Принцип балансу змінних уперше був висунутий в теорії самоорганізації у 80-х роках ХХ ст. як один із напрямів технічної кібернетики, очолюваний академіком О.Г. Івахненком, при моделюванні складних імовірнісних систем за допомогою метода групового врахування аргументів [3]. Однак, на жаль, його застосування обмежилось лише прогнозуванням розвитку технічних й природних систем, не знайшовши практичного використання в соціально-економічних дослідженнях. Виключення складають окремі публікації автора, в яких висвітлені прикладні аспекти принципу балансу змінних і заснованого на ньому критерію балансу змінних. Так, у роботі [4] намічені основні етапи комплексного прогнозування взаємопов'язаних показників підприємства на базі принципу

балансу змінних. Публікації [5; 6] присвячені результатам застосування критерію балансу змінних при прогнозуванні грошових потоків товаровиробника та досвіду прогнозування соціально-економічних показників на базі критерію балансу змінних.

За своїм змістом принцип балансу змінних є головним у всій сукупності принципів математико-статистичного моделювання і прогнозування, так як він базується на абсолютно достовірній інформації про майбутній стан соціально-економічної системи: які б не були окремі значення змінних, для них має дотримуватися певний баланс, що впливає із сутності досліджуваних ознак. Тому критерії, побудовані на основі принципу балансу змінних, повинні займати пріоритетне становище в ієрархії критеріїв відбору форм моделей при прогнозуванні. Задоволення їм є необхідною і достатньою умовою отримання найбільш точних і достовірних прогнозів.

Раціональність такого підходу не викликає сумніву, бо про майбутнє ми знаємо точно тільки те, що в ньому збережуться ті ж самі взаємозв'язки між ознаками, які мали місце в минулому і в сьогоденні. Принцип балансу змінних і побудований на ньому критерій виконує роль зовнішнього доповнення, що несе нову інформацію про досліджуваний соціально-економічний процес. Це означає, що він повинен застосовуватися як пріоритетний у порівнянні з уже розробленими математико-статистичною теорією і апробованими на практиці методами вибору математичних форм моделей (рівнянь трендів різної складності) при побудові прогнозних предикторів. У першу чергу, це стосується критерію максимізації коефіцієнта детермінації ($\max R^2$), який зазвичай використовується при відборі найкращих опорних функцій, що апроксимують ізольовані ряди динаміки.

Не втрачаючи загальності, у першій частині статті обговоримо теоретичні аспекти визначення та використання критерію балансу змінних на прикладі простішого взаємозв'язку між досліджуваними соціально-економічними показниками:

$$Y_1 = Y_2 + Y_3. \quad (1)$$

У ролі Y_1 може, наприклад, виступати показник народжуваності, Y_2 – смертності, Y_3 – природнього приросту населення країни (регіону, міста).

Нехай завдання полягає в отриманні найкращого комплексного прогнозу змінних Y_1 , Y_2 , Y_3 на деякий період упередження L на основі відомих значень указаних показників за певний період передісторії N . Процес прогнозування з застосуванням критерію балансу змінних в цьому випадку складається з таких основних етапів.

1. *Визначення однорідної сукупності спостережень, яка представляє інформацію про динаміку досліджуваних соціально-економічних ознак.*

Важливішою умовою забезпечення однорідної сукупності спостережень є порівнянність статистичних даних про взаємопов'язані показники у часі за територією їхнього походження. Тобто інформація за кожний період часу (рік, місяць, тиждень тощо) повинна відноситись до однієї й тієї ж території – країни, регіону, міста. Виконання цієї вимоги, зазвичай, забезпечується на основі якісного типологічного угруповання.

2. *Відбір можливих опорних функцій, які найбільш точно описують досліджувані ряди динаміки.*

Ряди динаміки кожного показника, взяті за період передісторії, можна представити за допомогою трендових моделей типу

$$Y_i = f_i(X) + \varepsilon_i, \quad (2)$$

де X – фактор часу ($X = 1, 2, \dots, N$);

ε_i – компонента, що відображає дію випадкових чинників.

Для визначення виду опорних математичних функцій $f_i(X)$ на цьому етапі широко застосовуються традиційні методи статистичного моделювання: якісний теоретичний аналіз, візуальне вивчення графіків,

розрахунок послідовних різниць, характеристик приросту та інших параметрів. У результаті на першому етапі з усього переліку опорних функцій, число яких може бути досить великим, відбираються декілька головних ($n_i, i = 1, 2, 3$), які найбільш адекватно описують взаємозв'язані процеси, що вивчаються.

За методом найменших квадратів визначаються параметри кожної з відібраних опорних функцій $f_i(X)$, включаючи коефіцієнт детермінації R^2 , а також критерії математичної статистики (зокрема, F -критерій Фішера, t -критерій Стьюдента та ін.). Здійснюється екстраполяція і розраховуються точкові прогнозні значення показників на заданий період упередження $L = l_1 - l_2$ шляхом підстановки відповідного значення часу $X = N + L$ у $f_i(X)$.

3. *Послідовний перебір обмеженого числа опорних функцій, виділених на попередньому етапі.*

В якості оцінки кожної комбінації виступає ступінь дотримання вихідного балансового співвідношення для всіх точок періоду упередження $L = l_1 - l_2$. Число всіх можливих комбінацій m визначається добутком

$$m = n_1 \times n_2 \times n_3, \quad (3)$$

n_1, n_2, n_3 – кількість опорних функцій, вибраних для апроксимації відповідного взаємопов'язаного показника.

Наприклад, якщо для трьох змінних на другому етапі відібрано по 5 опорних функцій, то $m = 5 \times 5 \times 5 = 125$.

Найкраща комбінація опорних функцій відповідає мінімальному значенню критерію балансу змінних B_j , який розраховується за наступною формулою:

$$B_j = \min_{l_1} \frac{\sum_{l_2} (Y_1 - Y_2 - Y_3)^2}{\sum_{l_1} Y_1^2}. \quad (4)$$

Тобто в якості оцінки кожної комбінації прогнозних трендів виступає ступінь дотримання вихідного балансового співвідношення (1) для всіх точок періоду упередження. Величина V_j характеризує сумарний відносний розбаланс комплексного прогнозу досліджуваних показників. Чим ближче він до нуля, тим правильніше обраний предиктор i , навпаки. Отже, критерій (4) дозволяє здійснити оптимізацію визначення предиктора на множині виділених опорних функцій.

Якщо на другому етапі не пропущена жодна придатна функція, яка достатньо точно описує динаміку досліджуваних показників, то множина значень V_j у міру перебору форм трендів обов'язково проходить через глобальний мінімум, який визначає їхню оптимальну комбінацію (рис. 1).

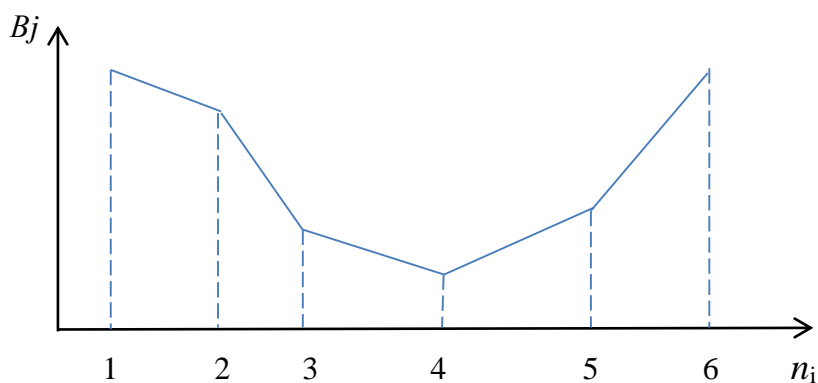


Рис. 1. Значення критерію балансу змінних при послідовному переборі комбінацій опорних функцій (4 – оптимальна комбінація)

Джерело: побудовано автором

4. Вибір оптимальної довжини періоду передісторії N .

Даний етап ми рекомендуємо проводити виключно на великих вибірках ($N > 20$) при наявності застарілих спостережень на початку рядів динаміки. Дійсно, дуже важливо правильно визначити довжину періоду передісторії N , вловити сучасні тенденції в розвитку досліджуваних процесів, щоб прогнозовані значення не суперечили теперішнім трендам взаємопов'язаних соціально-економічних показників.

З цією метою можна застосувати ітеративний підхід. Його суть полягає в утворенні нових усічених з початку рядів динаміки Y_1' , Y_2' , Y_3' шляхом

виключення з вихідних рядів G ($G = 1, 2, \dots, N/2$) перших рівнів. По кожному усіченому ряду будуються трендові моделі, визначаються прогнозні значення і знаходяться величини V_j . Іншими словами, досліджується поведінка критерію балансу змінних при поступовому скороченні довжини періоду передісторії N .

Такий підхід до комплексного моделювання взаємопов'язаних ознак дозволяє здійснити адаптацію майбутнього трендового предиктора до нових умов соціально-економічного процесу, звільнитися від впливу «старих» спостережень, посилити роль останніх точок ряду динаміки, що вкрай важливо при короткостроковому і середньостроковому прогнозуванні досліджуваних показників.

Тут слід відмітити наступний момент: якщо всі трендові моделі предиктора представлені однаковими математичними функціями $f_i(X)$, наприклад, лінійними, або параболою 2-го ступеню, то, зазвичай, спостерігається взаємозв'язок між самими коефіцієнтами трендів, який збігається з балансовим співвідношенням (1). Як показали практичні розрахунки [3], розбіжності проявляються в четвертому і далі знаку після коми. Звідси випливає така висока збалансованість вирівняних значень змінних і для точок періоду упередження.

5. Визначення інтервальних значень прогнозу.

Цей етап завершує процес комплексного прогнозування взаємопов'язаних соціально-економічних показників і являє собою звичайний розрахунок довірчих інтервалів за відомою схемою

$$Y_{i\ N+L} \pm \Delta_i, \quad (5)$$

де $Y_{i\ N+L}$ – точковий прогноз для i -го взаємопов'язаного показника;

Δ_i – гранична помилка i -го точкового прогнозу.

2. ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПУ БАЛАНСУ ЗМІННИХ ПРИ ПРОГНОЗУВАННІ ДЕМОГРАФІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ УКРАЇНИ

Розглянемо практичне використання наведеної теорії для комплексного прогнозування показників кількості живо народжених Y_1 , кількості померлих Y_2 і природного приросту населення України Y_3 на 2020-2021 рр. (табл. 1), між якими спостерігається співвідношення (1).

Таблица 1

Показники народжуваності, смертності й природного приросту населення України за 2010-2019 рр.

Роки	Число живо народжених, тис. осіб (Y_1)	Число померлих, тис. осіб (Y_2)	Природний приріст, тис. осіб (Y_3)
2010	497,7	698,2	-200,5
2011	502,6	664,6	-162,0
2012	520,7	663,1	-142,4
2013	503,7	662,4	-158,7
2014	465,9	632,3	-166,4
2015	411,8	594,8	-183,0
2016	397,0	583,6	-186,6
2017	364,0	574,1	-210,1
2018	335,9	587,7	-251,8
2019	308,8	581,1	-272,3

Джерело: складено автором на основі [7]

Зазначимо, що починаючи з 1991 р. в Україні спостерігається від'ємний природний приріст чисельності населення. При цьому народжуваність має тенденцію до зниження при достатньо стабільній смертності населення.

Розглянемо стисло основні етапи комплексного прогнозування показників кількості живо народжених, померлих і природного приросту населення України на 2020-2021 рр.

1. Оскільки останні шість років в Україні відбувається збройний конфлікт, спровокований Російською Федерацією, то починаючи з 2014 р. офіційна українська статистика не враховує інформацію з тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та частини тимчасово окупованих територій у Донецькій та Луганській областях. Тому було вирішено в дослідженні обмежитись даними за 2014-

2019 рр. ($N = 6$), які є цілком зіставними й однорідними з територіальної точки зору (див. шість останніх рядків табл. 1).

Справа в тім, що на малих вибірках ($N < 10$) критерії математичної статистики практично не «спрацьовують» внаслідок надто низької їхньої потужності, в той час як критерій балансу змінних завдяки його меншій чутливості до об'єму сукупності спостережень забезпечує задовільні результати вибору найкращого предиктора.

2. Для визначення виду опорних математичних функцій $f_i(X)$ на цьому етапі нами застосовувався якісний теоретичний аналіз та візуальне вивчення графіків змінних Y_1, Y_2, Y_3 . Так, для живо народжених Y_1 було запропоновано застосовувати лише одну опорну функцію ($n_1 = 1$): лінійну, що представлена на рис. 2. Її точність ($R^2 = 0,9805$) вказує на рівномірне зниження народжуваності за останні роки з середнім щорічним абсолютним падінням 29,89 тис. осіб.

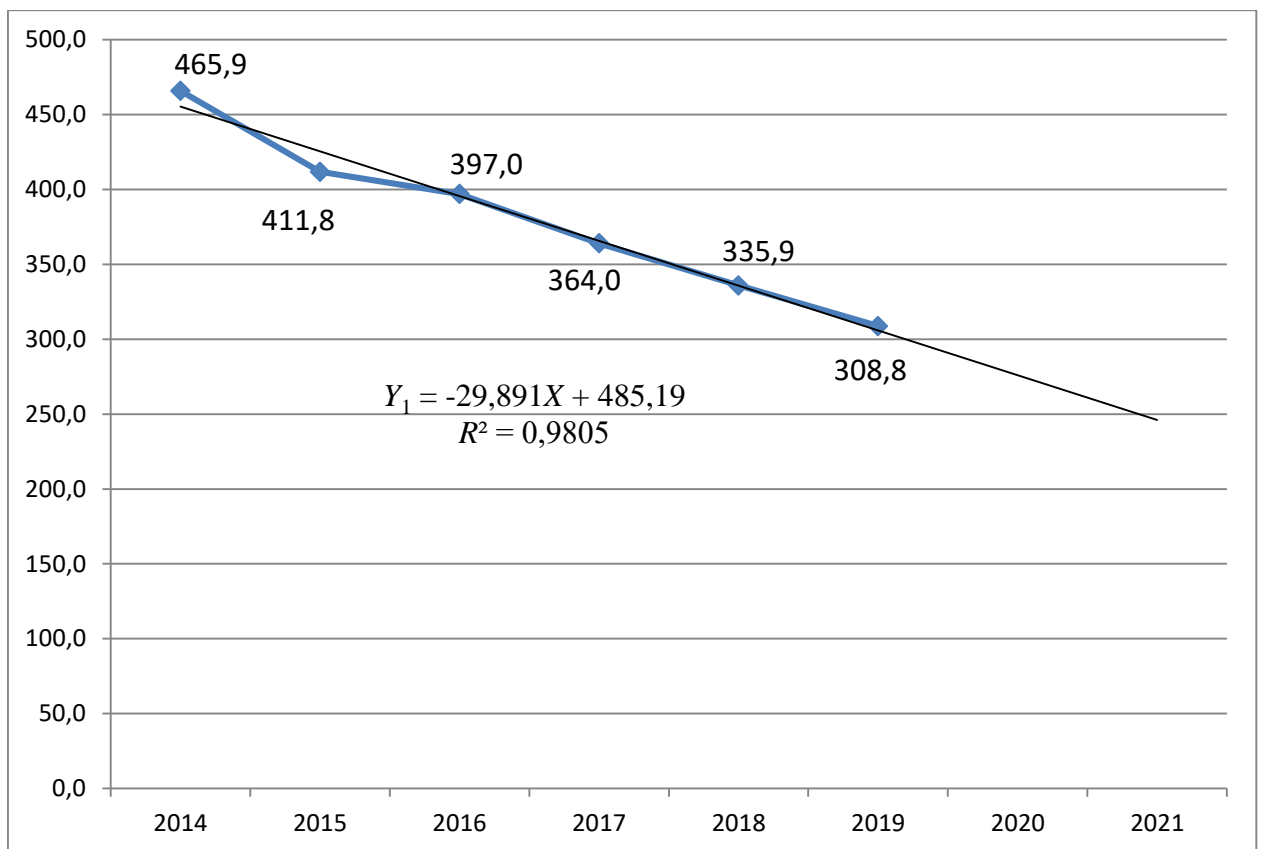


Рис. 2. Фактичні, вирівняні за лінійним трендом і прогнозовані на 2020-2021 рр. значення кількості живо народжених в Україні, тис. осіб

Джерело: побудовано автором

Точковий прогноз кількості живо народжених в Україні на 2020-2021 рр., а також інших демографічних показників розраховувався на базі екстраполяції, яка заснована на гіпотезі про інерційність розвитку соціально-економічних систем.

Прогноз кількості живо народжених за лінійним трендом на 2020 р.: $Y_{1\ 2020} = -29,891 \times 7 + 485,19 = 275,95$ тис. осіб;
на 2021 р.: $Y_{1\ 2021} = -29,891 \times 8 + 485,19 = 246,06$ тис. осіб.

Для числа померлих Y_2 на основі графічного аналізу було запропоновано застосовувати три опорних функції ($n_2 = 3$): параболічну, логарифмічну і степеневу, що представлені на рис. 3-5. Причому найвищу точність апроксимації ($R^2 = 0,8988$) забезпечує парабола 2-го ступеню.

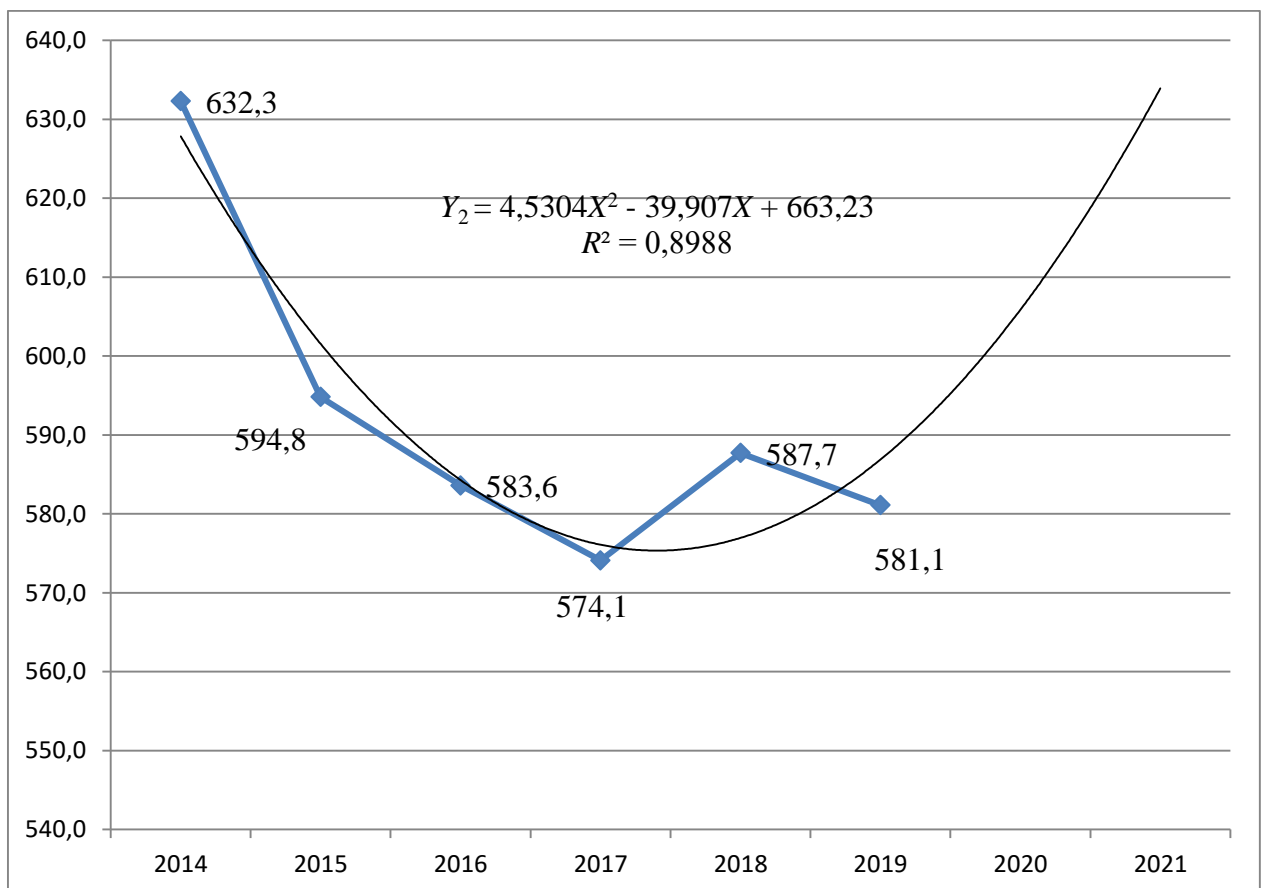


Рис. 3. Фактичні, вирівняні за параболічним трендом і прогнозовані на 2020-2021 рр. значення кількості померлих в Україні, тис. осіб

Джерело: побудовано автором

Прогноз кількості померлих за параболічним трендом

на 2020 р.: $Y_{2020} = 4,5304 \times 7^2 - 39,907 \times 7 + 663,23 = 605,87$ тис. осіб;

на 2021 р.: $Y_{2021} = 4,5304 \times 8^2 - 39,907 \times 8 + 663,23 = 633,92$ тис. осіб.

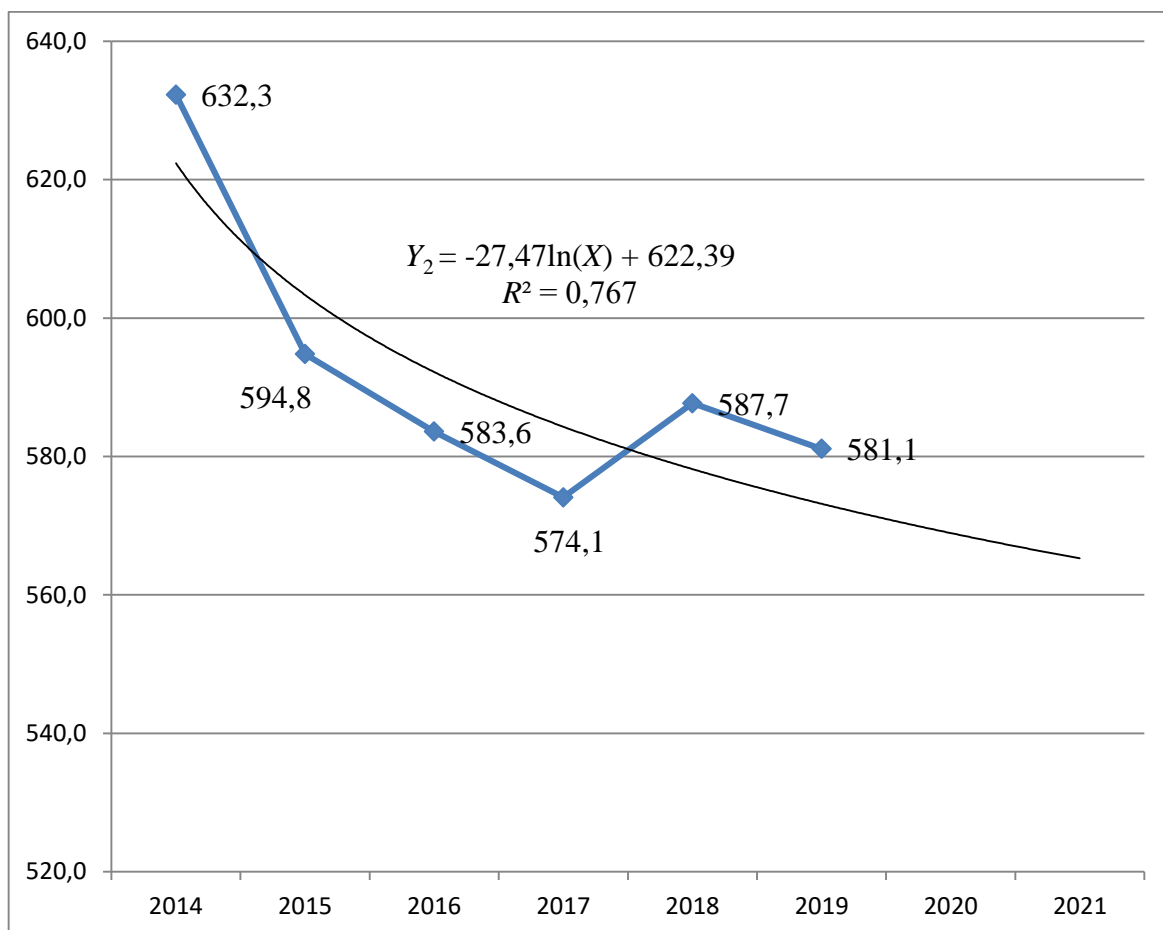


Рис. 4. Фактичні, вирівняні за логарифмічним трендом і прогнозовані на 2020-2021 рр. значення кількості померлих в Україні, тис. осіб

Джерело: побудовано автором

Прогноз кількості померлих за логарифмічним трендом

на 2020 р.: $Y_{2020} = -27,47 \times \ln(7) + 622,39 = 568,94$ тис. осіб;

на 2021 р.: $Y_{2021} = -27,47 \times \ln(8) + 622,39 = 565,27$ тис. осіб.

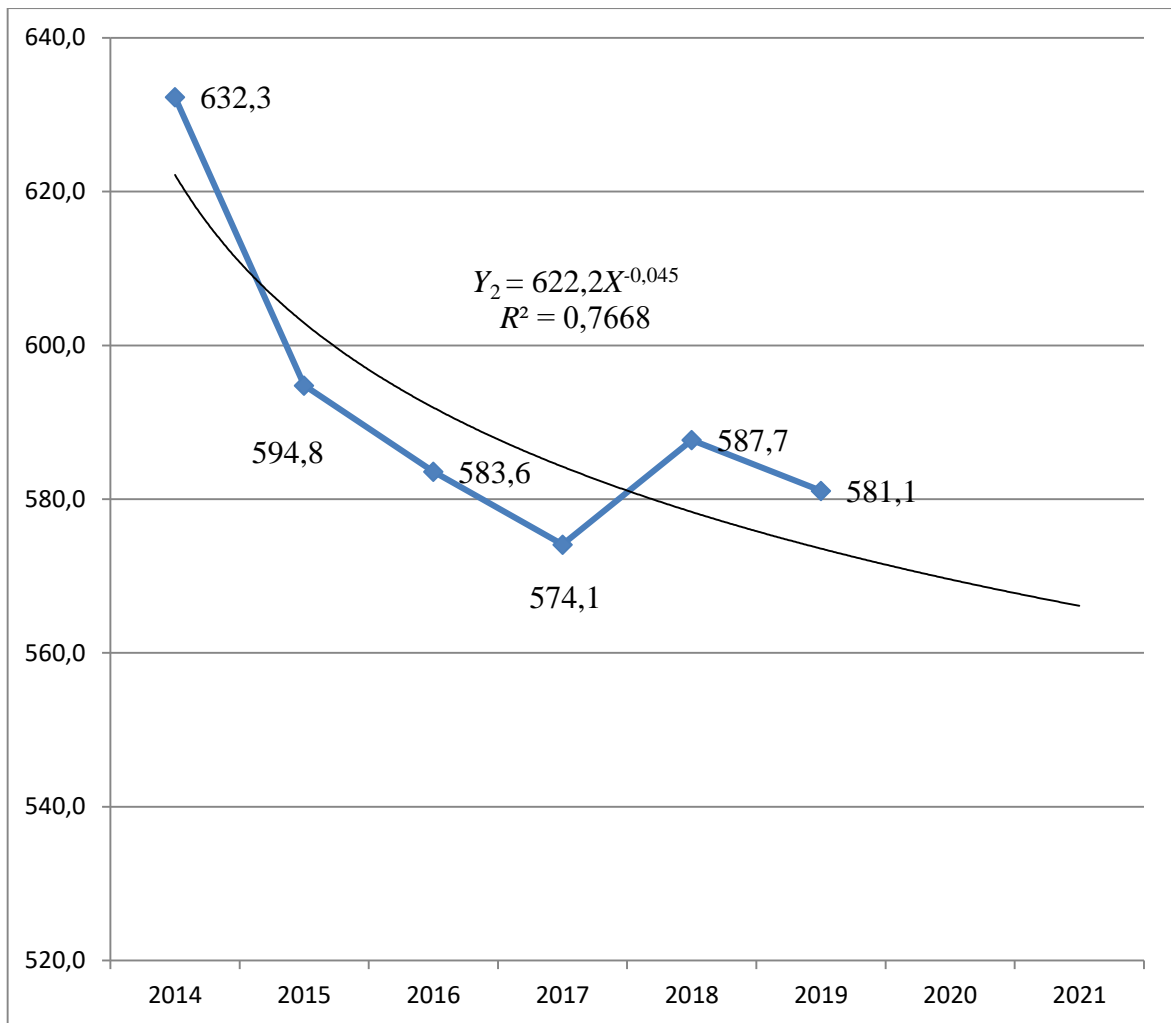


Рис. 5. Фактичні, вирівняні за степеневим трендом і прогнозовані на 2020-2021 рр. значення кількості померлих в Україні, тис. осіб
Джерело: побудовано автором

Прогноз кількості померлих за степеневим трендом

на 2020 р.: $Y_{2\ 2020} = 622,2 \times 7^{-0,045} = 570,03$ тис. осіб;

на 2021 р.: $Y_{2\ 2021} = 622,2 \times 8^{-0,045} = 566,62$ тис. осіб.

Для природного приросту населення Y_3 на основі графічного аналізу було запропоновано застосовувати дві опорні функції ($n_3 = 2$): лінійну і параболічну, що представлені на рис. 6, 7. Причому найвищу точність апроксимації ($R^2 = 0,9774$) забезпечує парабола 2-го ступеню.

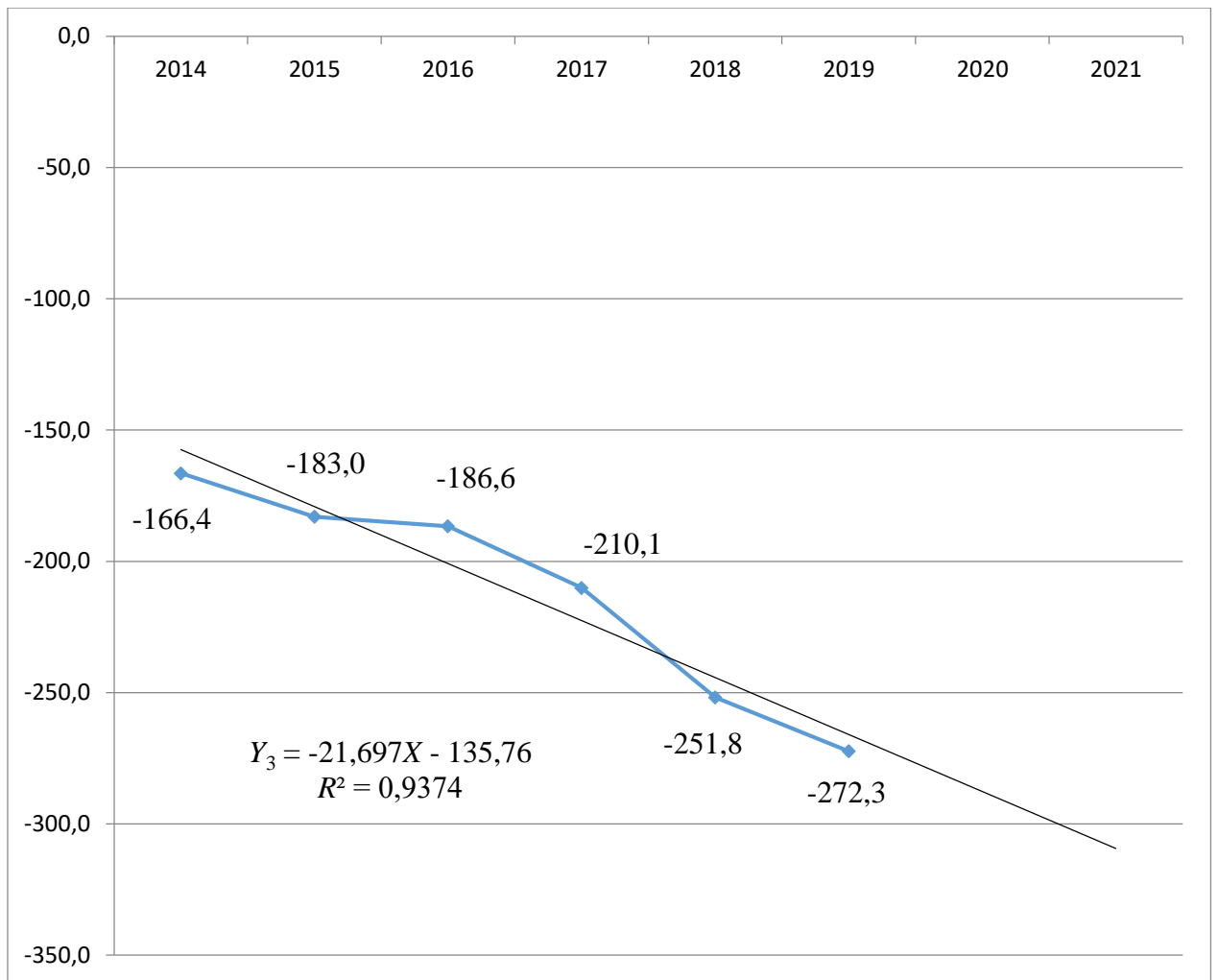


Рис. 6. Фактичні, вирівняні за лінійним трендом і прогнозовані на 2020-2021 рр. значення природного приросту населення в Україні, тис. осіб

Джерело: побудовано автором

Прогноз природного приросту населення за лінійним трендом

на 2020 р.: $Y_3_{2020} = -21,697 \times 7 - 135,76 = -287,64$ тис. осіб;

на 2021 р.: $Y_3_{2021} = -21,697 \times 8 - 135,76 = -309,34$ тис. осіб.

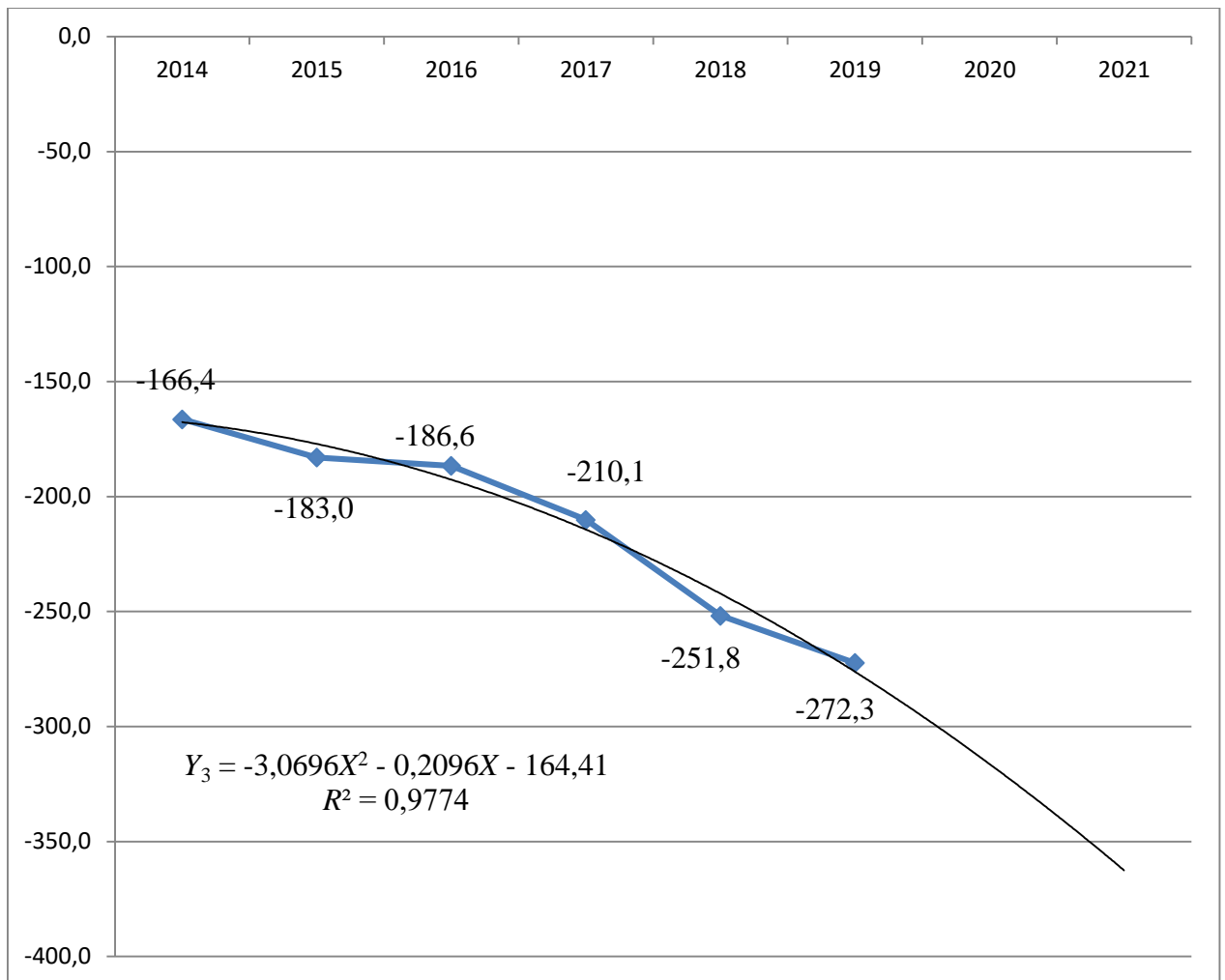


Рис. 7. Фактичні, вирівняні за параболічним трендом і прогнозовані на 2020-2021 рр. значення природного приросту населення в Україні, тис. осіб

Джерело: побудовано автором

Прогноз природного приросту населення за параболічним трендом
на 2020 р.: $Y_{2\ 2020} = -3,0696 \times 7^2 - 0,2096 \times 7 - 164,41 = -316,29$ тис. осіб;
на 2021 р.: $Y_{2\ 2021} = -3,0696 \times 8^2 - 0,2096 \times 8 - 164,41 = -362,54$ тис. осіб.

3. За формулою (3) знайдемо загальне число комбінацій відібраних на попередньому етапі опорних функцій і розрахуємо для кожного потенційного предиктора розбаланс (4).

$$m = 1 \times 3 \times 2 = 6.$$

Отже, на роль найкращої комбінації опорних функцій для комплексного прогнозування кількості живо народжених Y_1 , кількості померлих Y_2 і природнього приросту населення України Y_3 на 2020-2021 рр. претендують шість предикторів. Для кожного з них у табл. 2 наведено результати розрахунку критерію балансу змінних за формулою (4).

Таблиця 2

Визначення оптимального предиктору для комплексного прогнозування на 2020-2021 рр. кількості живо народжених, кількості померлих і природнього приросту населення України

Комбінація	Предиктор	Розбаланс B_j
1-1-1	$Y_1 = -29,891X + 485,19; Y_2 = 4,5304X^2 - 39,907X + 663,23;$ $Y_3 = -21,697X - 135,76.$	0,058181
1-1-2	$Y_1 = -29,891X + 485,19; Y_2 = 4,5304X^2 - 39,907X + 663,23;$ $Y_3 = -3,0696X^2 - 0,2096X - 164,41.$	0,006048
1-2-1	$Y_1 = -29,891X + 485,19; Y_2 = -27,47\ln(X) + 622,39;$ $Y_3 = -21,697X - 135,76.$	0,000922
1-2-2	$Y_1 = -29,891X + 485,19; Y_2 = -27,47\ln(X) + 622,39;$ $Y_3 = -3,0696X^2 - 0,2096X - 164,41.$	0,017711
1-3-1	$Y_1 = -29,891X + 485,19; Y_2 = 622,2X^{-0,045};$ $Y_3 = -21,697X - 135,76.$	0,001225
1-3-2	$Y_1 = -29,891X + 485,19; Y_2 = 622,2X^{-0,045};$ $Y_3 = -3,0696X^2 - 0,2096X - 164,41.$	0,016502

Джерело: розраховано автором

Наприклад, розбаланс оптимальної комбінації 1-2-1 (у табл. 2 виділено жирним), що відповідає критерію $\min B_j$, за формулою (4) розраховано так:

$$B_{1-2-1} = \frac{(275,95 - 568,94 + 297,64)^2 + (246,06 - 565,27 + 309,94)^2}{275,95^2 + 246,06^2} = 0,000922.$$

Найближчою за точністю ($B_j = 0,001225$) до оптимальної є комбінація 1-3-1, у якій кількість померлих апроксимується не логарифмічною кривою, а близькою за точністю степеневою функцією.

4. У даному дослідженні ми не оптимізували довжину періоду передісторії N , оскільки цей етап рекомендується проводити виключно на великих вибірках ($N > 20$), коли в наявності є застарілі спостереження на початку рядів динаміки. В обговорюваному випадку вибірка мала ($N = 6$) і на

неї виявлено досить глибокий $\min B_j = 0,000922$, що свідчить про успішне розв'язання поставленого завдання.

5. Оскільки принцип балансу змінних і побудований на ньому критерій (4) використовується лише для вирішення проблеми вибору прогнозного предиктора, то довірчі інтервали прогнозу розраховуються за відомою схемою (5), наприклад, в системі STATISTICA [2]. У даному дослідженні вони наведені разом з відповідними точковими прогнозами в табл. 3.

3. ВИСНОВКИ. Отже, якщо виявлені закономірності розвитку демографічних процесів в Україні зберуться у найближчому майбутньому, то точкові та 95-процентні інтервальні прогнози кількості живо народжених, померлих і природнього приросту населення України на 2020-2021 рр. будуть мати вигляд, представлений у табл. 3.

Таблиця 3

Результати комплексного прогнозування на 2020-2021 рр.
демографічних показників України, тис. осіб

Рік	Кількість живо народжених			Кількість померлих			Природний приріст населення		
	точковий прогноз	нижня межа 95-% довірчого інтервалу	верхня межа 95-% довірчого інтервалу	точковий прогноз	нижня межа 95-% довірчого інтервалу	верхня межа 95-% довірчого інтервалу	точковий прогноз	нижня межа 95-% довірчого інтервалу	верхня межа 95-% довірчого інтервалу
2020	275,95	253,15	298,74	568,94	547,02	590,85	-287,64	-317,96	-257,32
2021	246,06	217,88	274,23	565,27	541,01	589,52	-309,34	-346,81	-271,87

Джерело: розраховано автором

Таким чином, найкращим предиктором, який забезпечує найбільш збалансовані прогнозні оцінки кількості живо народжених, кількості померлих і величини природнього приросту населення України на 2020-2021 рр., є наступний:

$$\begin{cases} Y_1 = -29,891X + 485,19 \\ Y_2 = -27,47\ln(X) + 622,39 \\ Y_3 = -21,697X - 135,76 \end{cases} \quad (6)$$

Зазначимо, що в отриманий предиктор (6) не увійшли найбільш точні трендові моделі смертності та природного приросту (параболи 2-го ступеню з коефіцієнтами детермінації 0,8988 і 0,9774, відповідно). Це означає, що у випадку їхнього ізольованого застосування досліднику загрожує отримання «віяла» суперечливих прогнозних оцінок, які порушують базове балансове співвідношення (1).

Ми сподіваємось, що простота й доступність запропонованого підходу до комплексного прогнозування взаємопов'язаних показників на базі принципу (критерію) балансу змінних у сполученні з успішними його результатами навіть на малих вибірках будуть сприяти примноженню прихильників застосування ефективних ідей і методів технічної кібернетики в соціально-економічних дослідженнях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Koval V., Slobodianiuk O., Yankovyi V. Production forecasting and evaluation of investments using Allen two-factor production function. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2018. Vol. 4, No. 1: 219-226.
2. Боровиков В. П., Ивченко Г. И. Прогнозирование в системе STATISTICA в среде Windows. М.: Финансы и статистика, 1999. 384 с.
3. Ивахненко А. Г., Мюллер Й. А. Самоорганизация прогнозирующих моделей. К. : Техника, 1985. 223 с.
4. Янковий О. Г. Комплексне прогнозування взаємопов'язаних показників підприємства. *Матеріали 4-ї міжнар. наук.-практ. конф. «Економіка підприємства : сучасні проблеми теорії та практики»*, 18 вересня 2015 р. Одеса : ОНЕУ, 2015. С. 264-266.
5. Янковий О. Г., Кошельок Г. В. Прогнозування грошових потоків підприємства на основі принципу балансу змінних. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Економіка*. 2017. Випуск 1 (49). С. 309-315.
6. Янковий О. Г. Досвід прогнозування соціально-економічних показників на базі критерію балансу змінних. *Матеріали 9-ї міжнар. наук.-практ. конф. «Економіка підприємства : сучасні проблеми теорії та практики»*, 11 вересня 2020 р. Одеса : ОНЕУ, 2020. С. 80-82.
7. Офіційний сайт державної служби статистики України. URL : <http://www.ukrstat.gov.ua/>