

УДК 303.725.33:314.12
DOI: 10.37128/2411-4413-2023-1-6

**ВНУТРІШНІЙ
ВАЛОВИЙ
ПРОДУКТ
ЯК ПРЕДИКТОР
РІВНЯ
НАРОДЖУВАНOSTI
В УКРАЇНІ**

ШЕВЧУК О.Ф.,
*кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри математики, фізики
та комп'ютерних технологій,
Вінницький національний аграрний університет
(м. Вінниця)*

У роботі проводиться інформаційно-аналітичне дослідження кореляційних зв'язків між коефіцієнтом народжуваності в Україні й рівнем внутрішнього валового продукту (далі – ВВП), вираженого в доларах США, на одну особу населення. Попередньо проведені розрахунки на основі офіційних статистичних даних за 1990-2021 рр. вказували на відсутність як лінійного ($R^2 = 0,0089$), так і нелінійного регресійного зв'язку між досліджуваними показниками. Проте, детальніший аналіз кореляційного поля дозволив виокремити три часових інтервали з досить тісним лінійним зв'язком між народжуваністю в Україні й загальним станом національної економіки. Побудована внаслідок такого аналізу комбінована регресійна модель народжуваності виявилась адекватною, а усі її параметри – статистично значущими з довірчою ймовірністю $p = 0,95$. При цьому подібні статистичні оцінки невідомих параметрів моделі було отримано і при дослідженні наявності інерційності у реакціях значень ендегенної змінної з урахуванням лагової затримки в один рік.

Зміна специфікації моделі, внаслідок введення додаткового індикатора глобальної фінансової кризи, призвела до покращення її показників кореляції та точності інтерполяції, як за наявності лагового зміщення ($R_{\Delta=1}=0,960$, $MAPE_{\Delta=1} = 3,89\%$), так і за його відсутності ($R_{\Delta=0}=0,982$, $MAPE_{\Delta=0} = 2,68\%$).

За оцінками, проведеними на основі побудованої комбінованої моделі народжуваності, встановлено, що до початку військової агресії РФ 2014 року, коефіцієнт народжуваності у країні мав прямий лінійний зв'язок із рівнем ВВП, вираженим у доларах США, на одну особу населення. Проте, коефіцієнт регресії, що спостерігався у період економічної кризи 1990-1999 рр., був значно вищим за відповідний показник, розрахований для періоду відновлення економіки 2000-2014 рр. Тобто, процес зменшення коефіцієнта народжуваності, що спровокований економічною кризою, виявився більш значущим за процес його відновлення під час економічного зростання України.

Натомість, для періоду військової агресії РФ характерним стає зворотній зв'язок між даними показниками, а саме – зростання рівня ВВП країни супроводжується зменшенням народжуваності.

Ключові слова: коефіцієнт народжуваності, внутрішній валовий продукт, ряд динаміки, рівняння регресії, коефіцієнт кореляції, комбінована регресійна модель.

Табл.: 1. Рис.: 6. Літ.: 16.

GROSS DOMESTIC PRODUCT AS A PREDICTOR OF THE BIRTH RATE IN UKRAINE

SHEVCHUK Oleksandr,
*Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor of the Department of Mathematics,
Physics and Computer Technologies,
Vinnytsia National Agrarian University
(Vinnytsia)*

The paper conducts an information-analytical study of correlations between the fertility rate in Ukraine and the level of the gross domestic product (hereinafter referred to as – GDP), expressed in US dollars, per person of the population. Preliminary calculations based on the official statistical data for 1990-2021 indicated the absence ($R^2 = 0.0089$) of both linear and non-linear regression relationships between the studied indicators. However, a more detailed analysis of the correlation field made it possible to trace three time intervals with a fairly close linear relationship between the birth rate in Ukraine and the general state of the national economy. The combined regression model of the birth rate built as a result of such an analysis turned out to be adequate, and all its parameters were statistically significant at the confidence level of $p = 0.95$. At the same time, similar statistical estimates of the unknown parameters of the model were also obtained when investigating the presence of inertia in the reactions of the values of the endogenous variable, taking into account a lag delay of one year.

The change in the specification of the model, as a result of the introduction to consideration of an additional indicator of the global financial crisis, led to an improvement in its correlation indicators and interpolation accuracy, both in the presence of a lag shift ($R_{\Delta=1}=0.960$, $MAPE_{\Delta=1} = 3.89\%$), and in its absence ($R_{\Delta=0}=0.982$, $MAPE_{\Delta=0} = 2.68\%$).

According to estimates made on the basis of a combined fertility model, it was established that before the beginning of the military aggression of the Russian Federation in 2014, the birth rate in the country had a direct linear relationship with the level of GDP, expressed in US dollars, per person of the population. However, the regression coefficient observed during the economic crisis of 1990-1999 was significantly higher than the corresponding indicator calculated for the economic recovery period of 2000-2014. That is, the process of reducing the birth rate, which was provoked by the economic crisis, turned out to be more significant than the process of its recovery during the economic growth of the country.

On the other hand, for the period of the military aggression of the Russian Federation, a feedback relationship between these indicators becomes characteristic, namely, a decrease in the birth rate is accompanied by an increase in the level of the country's GDP.

Key words: birth rate, gross domestic product, series of dynamics, regression equation, correlation coefficient, combined regression model.

Tabl.: 1. Fig.: 6. Ref.: 16.

Постановка проблеми. Розпад Радянського Союзу у 1991 році призвів до появи на світовій арені п'ятнадцяти окремих суверенних держав, соціально-економічну сферу яких охопили значні й довготривалі трансформаційні процеси. Відмова від авторитарного керівного впливу «московського центру» дозволила кожній країні самостійно обирати свій власний вектор розвитку, беручи за основу геополітичну й національну автентичність. При цьому, таке переорієнтування було досить болючим для населення. Національні економіки країн були виснажені централізованим плановим підходом, внутрішні зв'язки було втрачено, а власне виробництво виявилось не конкурентоздатним. Наслідком цього стала значна інфляція, поява дефіциту товарів першої необхідності, зростання безробіття, загальний занепад соціальної сфери й підвищення показників злочинності.

Відновлення економіки для кожної пострадянської держави відбувалось достатньо повільно, за власним сценарієм та під впливом ряду зовнішніх чинників. І тому, усі згадані вище негативні соціально-економічні явища й загалом загальна невизначеність майбутньої перспективи накладали неабиякий відбиток на демографічні процеси країн, що мають, зокрема, фундаментальне

значення у стратегії їхнього національного розвитку.

З огляду на це, дослідження внутрішніх взаємозв'язків, що формувалися у таких складних соціальних системах за наявності унікальних і нестандартних перехідних умов, викликає значний науковий інтерес прикладного характеру. Зокрема, одним із дискусійних є питання щодо виявлення наявності впливу загального рівня економіки країни на показники народжуваності. При цьому даний аналіз викликає інтерес не лише з боку встановлення та оцінки наявності зв'язку між даними показниками, а й з боку порівняння отриманих результатів із «європейською» та «африканською» моделлю народжуваності, для яких є характерним зворотній зв'язок між рівнем економіки й коефіцієнтом народжуваності. Оскільки, зокрема, для пострадянських країн, що опинилися у перехідному періоді свого становлення, навпаки, прийнятною є гіпотеза про пряму, а не зворотну залежність між даними показниками. Проте це твердження потребує додаткового аналізу й емпіричного підтвердження.

При цьому також зазначимо, що на початковому етапі, аналітичні дослідження необхідно проводити у межах статистичних даних окремих країн, бо для кожної з них є характерною не лише власна модель економічного розвитку, а й певні геополітичні й етнічні (національні) особливості, що можуть мати безпосередній вплив на рівень народжуваності. До уваги необхідно брати і зовнішні чинники впливу, якими, зокрема, є спровоковані Росією військові конфлікти (Молдова, Грузія, Вірменія, Азербайджан, Україна), політичні кризи (революції), карантинні обмеження, викликані пандемією COVID-19 тощо. Але надалі результати таких окремих досліджень можуть бути об'єднані при побудові узагальненої моделі народжуваності й встановленні певних емпіричних закономірностей, характерних для перехідного етапу економічного розвитку пострадянських країн.

Отже, в основі даної роботи лежатиме економетричний аналіз і статистична оцінка наявності кореляційного зв'язку між рівнем економічного розвитку України й показниками народжуваності у 1990-2021 роках. При цьому аналізуватиметься природа виявленого зв'язку й можливий вплив із боку зовнішніх чинників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання побудови загальних теоретичних й емпіричних моделей народжуваності на основі економетричного аналізу даних завжди були й залишаються центром уваги зарубіжних науковців, таких як Блеха Б., Дурчек П. [1], Інноченті Н., Віньолі Д., Лаззеретті Л. [2], Ашраф К., Вайль Д., Уайльд Дж. [3], Допке М., Ганнуш А., Кіндерманн Ф., Тертільт М. [4], Шоумітро К., Фогль Т. [5], Лі Кю, Цуй А., Лю Л., Ахмед С. [6], Карра М., Каннінг Д., Уайлд Дж. [7], Клеланд Дж., Мачіяма К. [8], Кармовська Г. [9]. При цьому автори моделюють і вивчають особливості зміни основних демографічних показників як на основі статистичних даних окремих країн або регіонів [1-3], так і об'єднуючи їх у певні кластерні групи [4-9] за геополітичною та економічною ознакою.

Зокрема, відзначимо одне з останніх і найґрунтовніших досліджень економіки народжуваності розвинутих країн, що наведено у монографії [4].

Автори, на основі власних розрахунків й аналізу існуючих моделей, дійшли висновку, що у країнах із високим рівнем доходу, економіка народжуваності вступає у нову еру. При цьому, раніше розроблені моделі першого покоління вже не є універсальними, бо, наприклад, за авторськими спостереженнями, взаємозв'язок між народжуваністю та рівнем доходу починає згладжуватися, а у деяких випадках навіть змінюється на протилежний.

Також заслуговує на увагу проведений на основі 500 публікацій узагальнений оглядовий аналіз взаємозв'язку між показниками смертності, народжуваності й станом економіки 201 країни у період 1960-2015 років [6]. Зокрема, автори відзначають основні демографічні чинники впливу зниження рівня народжуваності й наголошують на необхідності впровадження з боку керівництва держав загальних соціально-економічних інвестицій у розвиток людського капіталу.

А, наприклад, особливості макросимуляційних моделей народжуваності, що є характерними саме для ряду африканських країн, наводяться у роботах [7, 8].

Окремо відзначимо й статтю Кармовської Г., у якій досліджуються демографічні зміни у групі з 29 постсоціалістичних країн у 1992-2017 роках [9]. В основі роботи лежить перевірка гіпотези про те, що зростання демографічного потенціалу даних країн пов'язується зі зростанням їхнього добробуту, що вимірюється у ВВП на одного працівника. Проте, проведений узагальнений економетричний аналіз дану гіпотезу не підтвердив, бо за проведеними авторськими розрахунками, зростання середніх показників якості життя у 2017 році в порівнянні з 1992 роком, супроводжуються відповідним зменшенням індексу демографічного потенціалу (далі – ІДП). При цьому автор зазначає, що основні причини й корені таких демографічних трансформацій даних регіонів залишаються невідомими, а особливої аналітичної уваги потребують країни Азії, для яких спостерігаються найвищі й унікальні показники ІДП [9, с. 100].

Отже, проведений у даній роботі аналіз, підтверджує раніше зроблене припущення, про те, що на початковому етапі, насамперед, варто досліджувати демографічні трансформації у межах окремої країни, з урахуванням її геополітичних і національних особливостей, і лише після цього проводити узагальнене просторове моделювання. Також, доцільним є виокремлення групи з 15 пострадянських країн від загального табору 29 постсоціалістичних країн, оскільки їхня соціально-економічна сфера формувалась у межах Радянського Союзу, а його розпад призвів до суттєвих трансформаційних процесів, аніж у інших державах соціалістичного блоку.

Вітчизняні науковці досліджують, зазвичай, загальні демографічні тенденції в Україні [10] і розробляють імітаційні моделі впливу демографічних процесів на показники економічного розвитку [11, 12]. Але при цьому зауважимо, що побудова регресійних моделей та статистична оцінка зв'язків між показником народжуваності в Україні й загальним рівнем національної економіки цілеспрямовано не проводилась.

Формулювання цілей статті. Мета даної роботи полягає в аналітичному дослідженні наявності кореляційного зв'язку між народжуваністю в Україні й загальним станом національної економіки. Завданнями статті є розробка регресійної моделі народжуваності, статистична оцінка й аналіз її параметрів, виявлення наявності загальних тенденцій та напрямків удосконалення її прогностичної валідності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Інформаційно-аналітичне дослідження проводиться на основі загальнодоступної статистичної інформації, з якою можна ознайомитись у мережі Інтернет за посиланням [13, 14]. Методологічною основою проведеного дослідження є математичний апарат кореляційно-регресійного аналізу. Зокрема, у роботі використано: графічний метод візуального оцінювання наявності й форм статистичного зв'язку між показником народжуваності й рівнем ВВП; метод найменших квадратів для оцінки невідомих параметрів моделей та побудови на їхній основі регресійних рівнянь; критерії Фішера й Стюдента для дослідження адекватності отриманих моделей та оцінки статистичної значущості їхніх параметрів. У якості ендогенної змінної (N_t) обрано динамічний ряд народжуваності в Україні з розрахунку на 100 тис. населення у період 1990-2021 рр. Тобто, ми розглядатимемо збільшений на два порядки коефіцієнт народжуваності, що застосовується у демографічній статистиці для характеристики інтенсивності народжуваності. Така зміна показника, у подальшому, сприятиме зручнішій інтерпретації результатів проведеного дослідження. Отже, значення ендогенної змінної обчислювались за формулою:

$$N_t = \frac{n_t}{P_t} \cdot 10^5, \quad (1)$$

де n_t – загальна кількість живонароджених за рік t ; P_t – середня чисельність населення за рік t .

Результати проведених розрахунків наведено графічно на рис. 1 у вигляді часового ряду. Як бачимо з графіка, за такий досить нетривалий проміжок часу (32 роки), відбуваються істотні зміни у динаміці народжуваності. А саме – загальна тенденція щорічного спаду народжуваності у 1990-1999 роках змінюється періодом його сталого зростання (2000-2012 рр.) і навпаки (2013-2021 рр.). Такі різкі зміни у спрямованості досліджуваного показника є досить важливими з демографічної точки зору, вони потребують ретельного аналізу й виявлення можливих причин їхнього виникнення.

Разом із тим, відзначена вище динаміка має братися до уваги і під час виявлення та відбору основних предикторів народжуваності, серед яких рівень розвитку економіки, згідно з висунутою гіпотезою, займає одну з ключових позицій. А узагальнену оцінку рівня економіки країни можна опосередковано провести за показником внутрішнього валового продукту, що є головним у системі національних рахунків і лежить в основі опису найважливіших економічних процесів і явищ. Проте, як номінальний, так і реальний ВВП, виражені у національній валюті, демонструють загальну тенденцію до сталого зростання, що, у свою чергу, не відповідає динаміці зміни показника народжуваності. Крім того, враховуючи кризові явища й неодноразову

девальвацію національної валюти, зростаючий тренд ВВП не відповідає і загальному стану економіки України й рівню життя населення. Тому, згадані вище показники ВВП доцільно розглядати вираженими у доларах США, що є основною резервною та найпоширенішою валютою у світі. Наведені міркування було використано також і при відборі основних економічних предикторів злочинності й побудові відповідної моделі криміногенності країни [15, с. 37]. Це підкреслює роль ВВП у формуванні не лише народжуваності, а й інших соціальних показників, зокрема, злочинності.

Отже, у роботі, як основну екзогенну змінну розглядатиметься показник номінального ВВП, виражений у доларах США, з розрахунку на одну особу населення (G_t). Значення даного показника отримано за даними статистики Світового банку [14] і подано на рис. 1 у вигляді часового ряду.

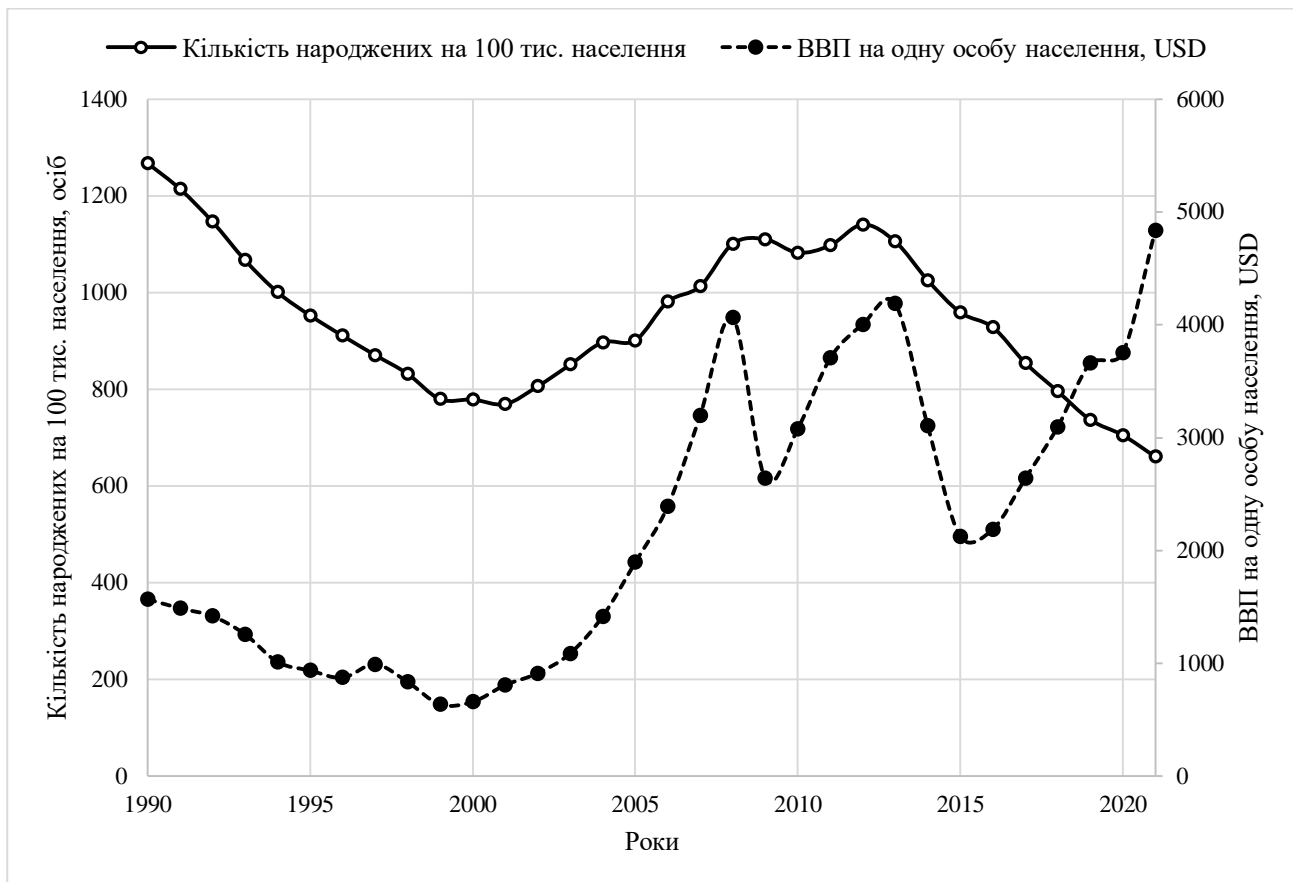


Рис. 1. Динаміка зміни народжуваності в Україні й розміру внутрішнього валового продукту, вираженого у доларах США, з розрахунку на одну особу населення (1990-2021 рр.)

Джерело: побудовано автором за даними Державної служби статистики України [13] і Світового Банку [14]

Для оцінки наявності функціонального зв'язку між відзначеними вище показниками, вхідні дані відображено у вигляді точок на кореляційному полі (рис. 2) і розраховано відповідний коефіцієнт детермінації. Його значення ($R^2 = 0,0089$) та поверхневий візуальний аналіз даних, поданих на рис. 2, вказує на відсутність як лінійної, так і нелінійної залежності між народжуваністю та ВВП.

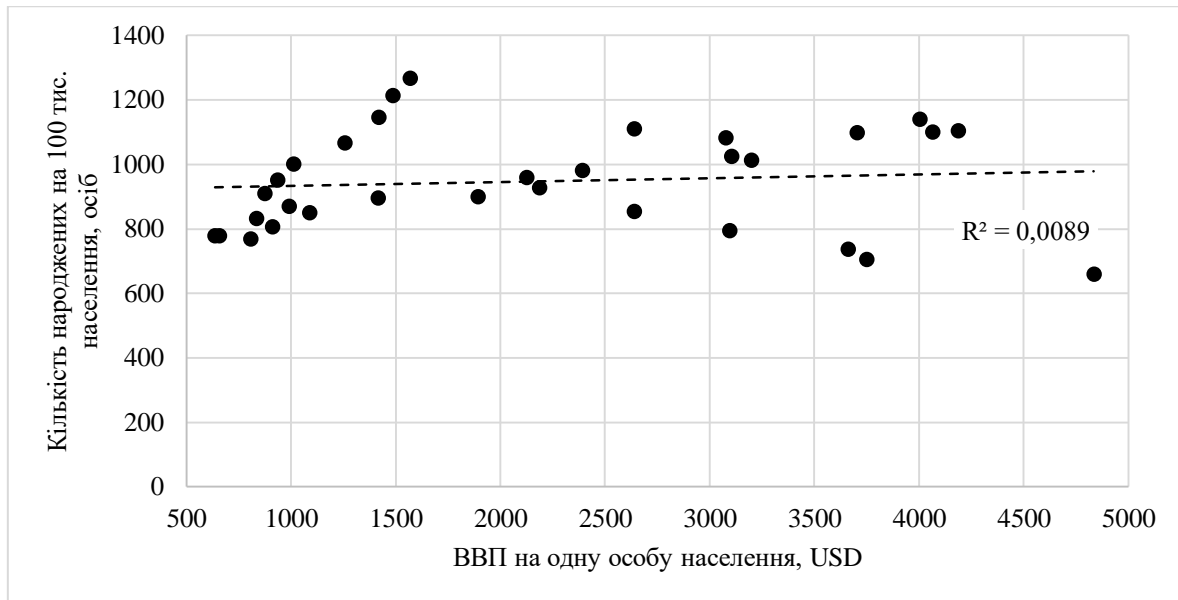


Рис. 2. Кореляційне поле й лінійне рівняння регресії між коефіцієнтом народжуваності в Україні й ВВП, вираженого у доларах США, на одну особу населення (1990-2021 рр.)

Джерело: побудовано й розраховано автором за даними Державної служби статистики України [13] і Світового Банку [14]

Проте, деталізована оцінка (рис. 2) дозволяє виокремити три області точок, що пов'язані між собою лінійно (рис. 3). При цьому, досить важливим виявився факт їхнього хронологічного порядку й загальної спрямованості у межах кожної області. Отже, на кореляційному полі було відзначено три окремі області (періоди).

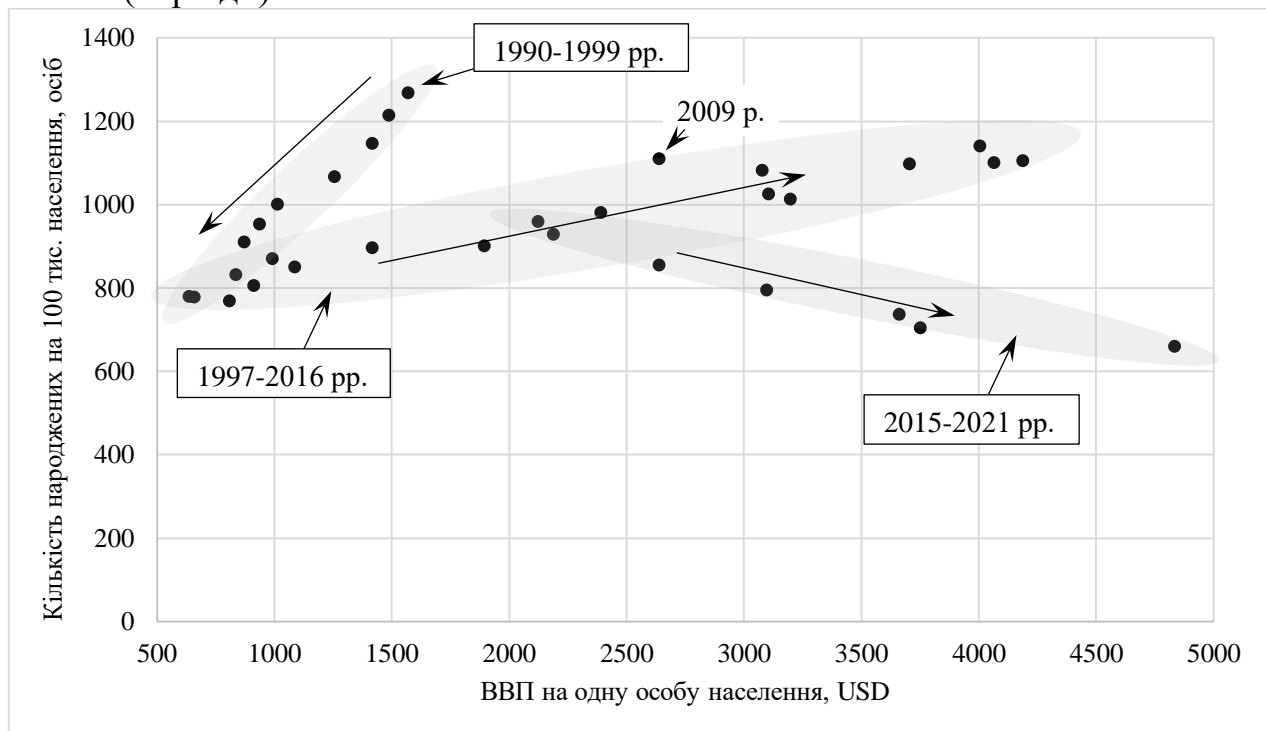


Рис. 3. Кореляційне поле й області лінійної залежності між коефіцієнтом народжуваності в Україні й ВВП, вираженого у доларах США, на одну особу населення (1990-2021 рр.)

Джерело: побудовано й розраховано автором за даними Державної служби статистики України [13] і Світового Банку [14]

У першому періоді (1990-1999 рр.) спостерігається швидке падіння ВВП країни й, відповідно, стрімке зменшення показника народжуваності. Цей часовий проміжок характеризується затяжними кризовими явищами, спричиненими розпадом Радянського Союзу. Країну охопила глибока соціально-економічна депресія, падіння рівня життя населення, безробіття, значне зростання показників злочинності.

Наступний період (1997-2016 рр.) характеризується поступовим відновленням економіки й, відповідно, збільшенням рівня народжуваності. При цьому варто зауважити, що глобальна фінансова криза 2008 року мала свій відбиток і на економіці України, що, зокрема, призвело у 2009 році до зниження рівня ВВП і девальвації національної валюти майже вдвічі. Як наслідок, точка, що відповідає даному року (окремо відзначена на рис. 3) має найбільше відхилення від загального лінійного тренду. Відповідні зміни торкнулись і народжуваності, проте, внаслідок інертності даного показника, його зменшення було не настільки суттєвим і фіксувалось лише у 2010 році, оскільки подальше досить швидке відновлення економіки (2010-2013 рр.) не дозволило йому прогресувати.

Отже, зміни народжуваності, зокрема її зростання у даному періоді, зумовлюються загальним економічним розвитком країни. Проте, темпи такого відновлення є значно нижчими у порівнянні з темпами зменшення народжуваності, зафіксованими у 1990-1999 рр. Загальне порівняння швидкості спадання та швидкості відновлення показника народжуваності, можна оцінити за відношенням кутових коефіцієнтів відповідних лінійних регресійних рівнянь. Проте, такий аналіз буде наведено далі, після побудови загальних моделей народжуваності.

У наступному третьому періоді (2015-2021 рр.) спостерігається кардинальна зміна у напрямку зв'язку між досліджуваними показниками. А саме – збільшення рівня ВВП вже не призводить до зростання коефіцієнта народжуваності, а навпаки, – спостерігається його загальна спадна динаміка. Причому, така різка зміна у спрямованості тренду може бути зумовлена лише впливом досить вагомих зовнішніх чинників. Найімовірніше, така реакція показника народжуваності відбулася через військову агресію РФ й окупацію частин Луганської, Донецької областей а також анексії Автономної Республіки Крим. Тобто, не зважаючи на поступове відновлення економіки України після Революції Гідності (2014 р.), агресивні гібридні військові дії з боку Росії, порушуючи загальні принципи внутрішньої безпеки країни, спричиняли психологічний тиск на населення, що, в свою чергу, призводило до щорічного зниження показника народжуваності упродовж усього третього періоду.

Відзначимо також, що у розглянутих вище часових проміжках, введено перехідні роки, що одночасно включені до обох сусідніх періодів, а саме 1997-1999 рр. і 2015-2016 рр. У цих роках відбуватиметься перехід від однієї моделі народжуваності до іншої, а їхню конкретизацію (уточнення) буде проведено після побудови відповідних регресійних рівнянь і розрахунку відносної помилки прогнозу.

Отже, проведений аналіз дає підстави для впровадження комбінованої

триперіодної моделі, припускаючи, що для кожного окремого часового проміжку існує лінійна залежність між коефіцієнтом народжуваності (N_t) і ВВП, вираженого у доларах США, на душу населення України (G_t):

$$\begin{aligned} N_t &= a_0 + a_1 G_t + \varepsilon_t, \\ \hat{N}_t &= \hat{a}_0 + \hat{a}_1 G_t, \\ \varepsilon_t &= N_t - \hat{N}_t, \end{aligned} \quad (2)$$

де a_0, a_1 – невідомі параметри економетричної моделі для певного періоду, а \hat{a}_0 й \hat{a}_1 – їхні відповідні оцінки; ε_t – залишки.

Загальна оцінка параметрів a_0 й a_1 проводилась окремо для кожного періоду за методом найменших квадратів (далі – МНК) із використанням функції «Регресія» надбудови «Аналіз даних» у MS Excel. Результати таких розрахунків подано графічно на рис. 4 у вигляді регресійних рівнянь, а їхні оціночні характеристики наведено у табл. 1. Зазначимо, що отримані моделі виявились адекватними з високою точністю апроксимації, а усі їхні параметри – статистично значущими.

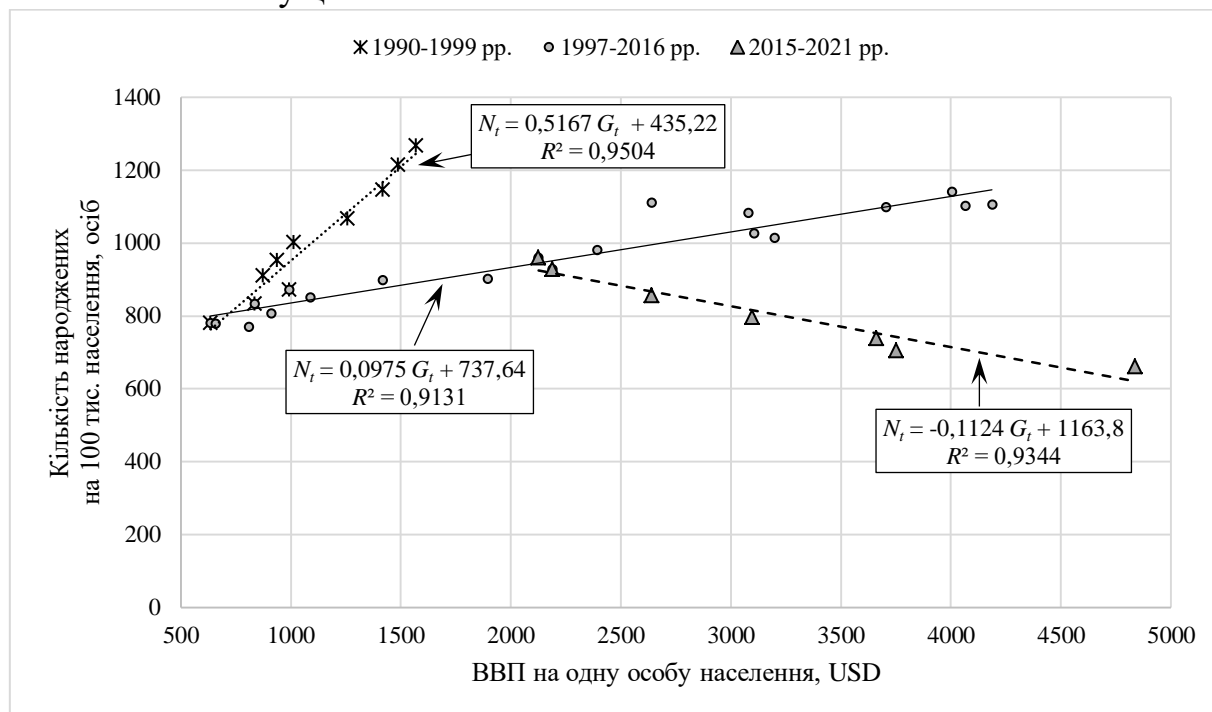


Рис. 4. Кореляційне поле й відповідна комбінована модель залежності між коефіцієнтом народжуваності в Україні й ВВП, вираженого у доларах США, на одну особу населення (1990-2021 рр.)

Джерело: побудовано й розраховано автором за даними Державної служби статистики України [13] і Світового Банку [14]

Відзначимо також, що оцінку точності, для кожного часового інтервалу, було проведено на основі розрахунку середньої абсолютної помилки прогнозу (MAPE), а для узагальненої теоретичної оцінки впливу зміни рівня економіки на показники народжуваності, розраховано відповідні показники еластичності ($E_{N,G}$) окремого відрізка:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \cdot 100\%; \quad E_{N,G} = \frac{\Delta N}{\Delta G} \cdot \frac{\bar{G}}{\bar{N}}.$$

Результати проведених розрахунків наведено у табл. 1.

Таблиця 1

**Оціночні характеристики комбінованої регресійної моделі
народжуваності**

№ з/п	Параметр моделі	Часовий період		
		1990-1999 pp.	1997-2016 pp.	2015-2021 pp.
1	\hat{a}_0	435,22 (47,62)	737,64 (17,78)	1163,80 (44,06)
2	\hat{a}_1	0,5167 (0,0417)	0,0975 (0,0071)	-0,1124 (0,0133)
3	R	0,975	0,956	-0,967
4	R^2	0,950	0,913	0,934
5	F	153,2	189,2	71,3
6	$MAPE$	3,17%	2,89%	3,15%
7	$E_{N,G}$	0,56	0,21	-0,47

Джерело: сформовано й розраховано автором за даними Державної служби статистики України [13] і Світового Банку [14]

Проте, розглядаючи кореляційну модель залежності між народжуваністю та станом економіки країни, варто брати до уваги наявність певної інерційності у реакціях значень ендогенної змінної. Тобто, зміна показника народжуваності може проявлятися із затримкою відносно зміни рівня ВВП. Тому, додатково було проведено кореляційно-регресійний аналіз для даних показників, але з лаговим зміщенням в один рік (один лаг). Результати таких розрахунків подано графічно на рис. 5.

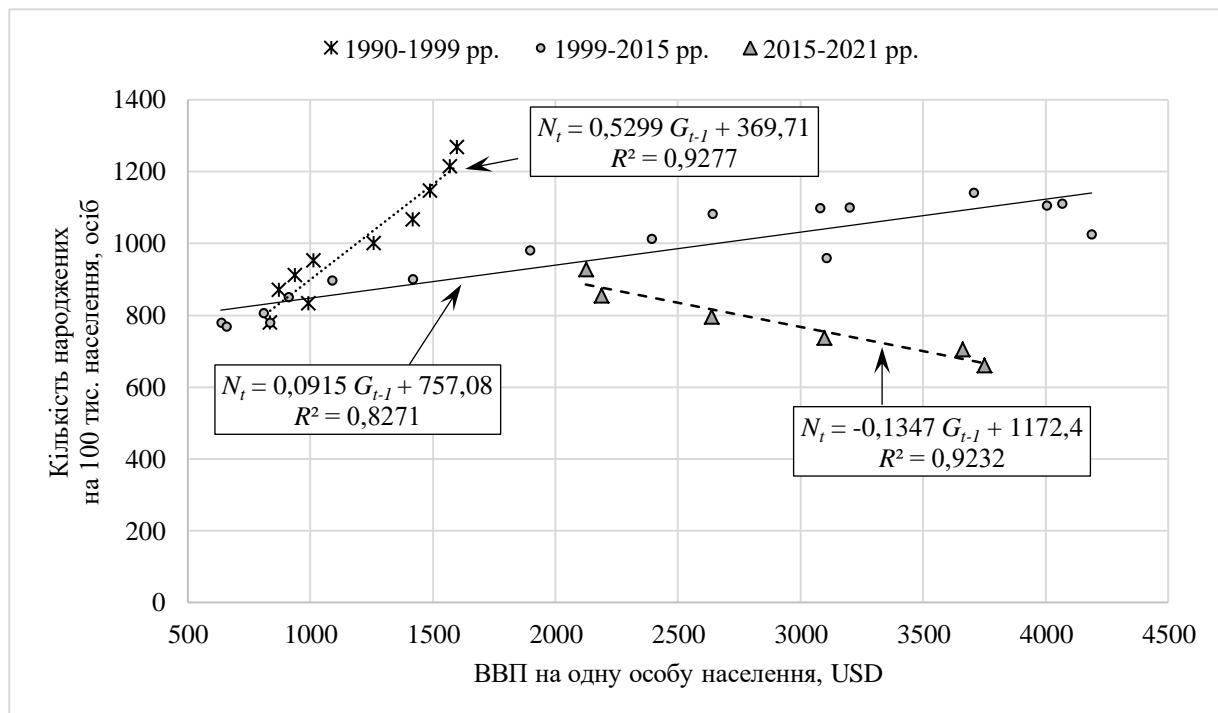


Рис. 5. Кореляційне поле й відповідна комбінована модель залежності між коефіцієнтом народжуваності в Україні й ВВП, вираженого у доларах США, на одну особу населення з урахуванням лагового зміщення (1990-2021 pp.)

Джерело: побудовано й розраховано автором за даними Державної служби статистики України [13] і Світового Банку [14]

Як бачимо, лаговий зсув не порушує загальної структури кореляційного поля, а зміни в оціночних характеристиках побудованих регресійних рівнянь є неістотними. Отже, застосований вище розподіл досліджуваного часового інтервалу на три окремі періоди й наведені відповідні міркування є справедливими і при лаговій затримці показника народжуваності в один рік. Також зазначимо, що при лаговому зміщенні, введені періоди стають чіткішими, а роками переходу між ними є 1999 р. і 2015 р.

Отриманий загальний результат, при введенні лагового зсуву, є досить важливим, оскільки, з одного боку, він підтверджує всі попередні висновки, а з іншого – дозволяє проводити прогнозування рівня народжуваності у наступному році, спираючись на значення показника ВВП поточного року.

Крім того, обидві триперіодні моделі народжуваності, з лаговою затримкою та при її відсутності, можуть бути удосконалені за рахунок введення індикатора глобальної фінансової кризи, що мала істотний вплив на рівень ВВП у 2009 році:

$$K_t = \begin{cases} 0, & \text{якщо } t \neq 2009 \text{ р.} \\ 1, & \text{якщо } t = 2009 \text{ р.} \end{cases} \quad (3)$$

Отже, після врахування додаткового індикатора K_t й уточненні часових періодів, загальна модель народжуваності без наявності лагового зміщення показника ВВП набуває вигляду:

$$\hat{N}_t = \begin{cases} 435,2 + 0,517 \cdot G_t, & \text{для I періоду (1990 – 1999 рр.)}; \\ 725,9 + 0,098 \cdot G_t + 125,5 \cdot K_t, & \text{для II періоду (2000 – 2014 рр.)}; \\ 1163,8 - 0,112 \cdot G_t, & \text{для III періоду (2015 – 2021 рр.)}. \end{cases} \quad (4)$$

Оцінку побудованої моделі проведено на основі розрахунку коефіцієнта кореляції ($R_{\Delta=0}$) і середньої абсолютної процентної помилки ($MAPE_{\Delta=0}$):

$$R_{\Delta=0} = \sqrt{1 - \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y}_t)^2}} = \sqrt{1 - \frac{26534,12}{755651,22}} = 0,982, \quad (5)$$

$$MAPE_{\Delta=0} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \cdot 100\% = 2,68\%. \quad (6)$$

Отримані значення вказують на її високу точність й істотну прогностичну валідність.

При введенні лагової затримки між народжуваністю та ВВП ($\Delta = 1$), спостерігається незначна зміна в оцінках коефіцієнтів регресійних рівнянь і дещо зменшується точність апроксимації:

$$\hat{N}_t = \begin{cases} 369,7 + 0,530 \cdot G_{t-1}, & \text{для I періоду (1990 – 1999 рр.)}; \\ 764,7 + 0,087 \cdot G_{t-1} + 87,6 \cdot K_t, & \text{для II періоду (2000 – 2014 рр.)}; \\ 1172,4 - 0,134 \cdot G_{t-1}, & \text{для III періоду (2015 – 2021 рр.)}. \end{cases} \quad (7)$$

$$R_{\Delta=1} = 0,960, \quad MAPE_{\Delta=1} = 3,89\%. \quad (8)$$

Проте, для обох комбінованих моделей середня абсолютна процентна помилка не перевищує 5 %, що, з урахуванням макроекономічного рівня

досліджуваних показників, є досить істотним показником якості інтерполяції (прогнозування) рівня народжуваності в Україні на основі головного індикатора економіки. Графічне порівняння емпіричних і теоретичних значень народжуваності, розрахованих за відсутності (4) і за наявності лагового зміщення (7), наведено на рис. 6.



Рис. 6. Показник народжуваності на 100 тис. населення України (N_t) у період 1990-2021 рр. і його відповідна теоретична оцінка (\hat{N}_t) за регресійними рівняннями (4) і (7)

Джерело: побудовано й розраховано автором за даними Державної служби статистики України [13] і Світового Банку [14]

Наостанок, проаналізуємо й порівняємо динаміку зміни народжуваності у межах кожного періоду. Насамперед, зазначимо, що з 1990 до 2015 року спостерігається прямий лінійний зв'язок між загальним показником народжуваності й рівнем розвитку національної економіки. Проте, спадний тренд обох показників саме у 1990-1999 роках є доволі суттєвим, а зміна рівня народжуваності при цьому визначається кутовим коефіцієнтом, що дорівнює 0,517 без урахування лагового зміщення та 0,530 при $\Delta = 1$. Тобто, при зменшенні ВВП на 100 дол. США зниження рівня народжуваності за моделлю (4) складає майже 52 особи на 100 тис. населення з довірчим інтервалом (42,0; 61,3), визначеним при 5%-му рівні значущості. А розрахунок показника еластичності (див. табл. 1), узагальнено демонструє, що 1 %-не зменшення рівня ВВП країни, у даному часовому інтервалі, супроводжується 0,56 %-м зменшенням показника народжуваності. При введенні лагового зміщення показника ВВП (7), отримуємо оцінку зміни народжуваності такого ж порядку.

У наступному періоді (2000-2014 рр.) відновлення економіки сприяє поступовому зростанню народжуваності з прямим лінійним зв'язком, проте реакція даного показника на зростання рівня ВВП є значно нижчою, у порівнянні з його попередньою спадною динамікою. А саме – збільшення ВВП на 100 дол. США сприяє збільшенню коефіцієнта народжуваності лише на 10 осіб, із довірчим інтервалом даного значення (8,6; 11,1) за оцінками проведеними для моделі (4). Отже, темпи відновлення народжуваності, що зумовлюються економічною складовою у 2000-2014 роках, є значно повільнішими (більш ніж у 5 разів) за їхній стрімкий спад у 1990-1999 роках. Причина цього, найімовірніше, полягає у комплексному психологічному впливі на населення з боку системних кризових явищ соціально-економічної сфери й складної криміногенної ситуації, яка спостерігалась в Україні після розпаду Радянського Союзу.

Кардинальна зміна у напрямку взаємозв'язку між показниками моделі відбувається у 2015-2021 рр. А саме – збільшення рівня ВВП країни вже не призводить до зростання показника народжуваності, а навпаки, відбувається його щорічне зниження. Згідно з моделлю (4), при зростанні ВВП на 100 дол. США народжуваність зменшується на 11 осіб, а довірчий інтервал даної оцінки складає (-7,8; -14,7) при 5 %-му рівні значущості. Така, протилежна спрямованість у динаміці показників моделі, вказує на появу додаткового істотного чинника впливу на показник народжуваності, що у загальному переважає та нівелює фактор економічного зростання країни. Найімовірніше, таким визначальним чинником впливу є військова агресія з боку рф, що мала свій початок у 2014 році. Як наслідок, починаючи з 2015 року народжуваність вже не зумовлюється економічним зростанням країни, а має щорічну тенденцію до зниження.

Наведений вище аналіз і виокремлення додаткових істотних факторів впливу на показник народжуваності є підґрунтям щодо вдосконалення побудованих моделей внаслідок зміни їхньої специфікації та розширення кола екзогенних змінних.

Висновки. Проведений кореляційно-регресійний аналіз дозволив встановити наявність трьох окремих періодів залежності загального рівня народжуваності України від стану національної економіки. Для кожного з них є характерним наявність тісного лінійного зв'язку між коефіцієнтом народжуваності й рівнем ВВП, вираженого у доларах США з розрахунку на одну особу. Побудована при цьому комбінована модель народжуваності статистично обґрунтовано визначає наступні часові проміжки:

1. Кризовий період (1990-1999 рр.), що характеризується тривалим падінням економіки й, відповідно, зменшенням рівня народжуваності. При цьому, зниження рівня ВВП на 1 %, у даному періоді супроводжується зменшенням показника народжуваності на 0,56 %.

2. Період відновлення (2000-2014 рр.), для якого збільшення рівня ВВП на 1 % викликає зростання народжуваності на 0,21 %.

3. Період військової агресії рф (2015-2021 рр.), для якого є характерним зростання головного індикатора національної економіки, проте, його

збільшення на 1 % супроводжується зменшенням показника народжуваності на 0,47 %.

Введення лагової затримки між рівнем ВВП і народжуваністю загалом підтверджує наведені висновки, при незначному відхиленні оціночних характеристик побудованої моделі.

Покращення прогностичної валідності запропонованої триперіодної моделі народжуваності отримано внаслідок залучення додаткового індикатора глобальної фінансової кризи, що мала істотний вплив на рівень ВВП у 2009 році.

Список використаних джерел

1. Bleha B., Durcek P. An interpretation of the changes in demographic behaviour at a sub- national level using spatial measures in post-socialist countries: A case study of the Czech Republic and Slovakia. *Regional Science*. 2017. Vol. 98 (1). P. 331-351. DOI: <https://doi.org/10.1111/pirs.12318>.
2. Innocenti N., Vignoli D., Lazzeretti L. Economic complexity and fertility: insights from a low fertility country. *Regional Studies*. 2021. Vol. 55 (8). P. 1388-1402. DOI: 10.1080/00343404.2021.1896695.
3. Ashraf Q.H., Weil D.N., Wilde J. The Effect of Fertility Reduction on Economic Growth. *Population and Development Review*. 2013. Vol. 39 (1). P. 97-130. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2013.00575.x>.
4. Doepke M., Hannusch A., Kindermann F., Tertilt M. The Economics of Fertility: A New Era. Bonn: Institute of Labor Economics, 2022. 120 p.
5. Shoumitro C., Vogl T. Escaping Malthus: Economic Growth and Fertility Change in the Developing World. *American Economic Review*. 2018. Vol 108 (6). P. 1440-1467. DOI: 10.1257/aer.20170748.
6. Li Q., Tsui A.O., Liu L., Ahmed S. Mortality, fertility, and economic development: An analysis of 201 countries from 1960 to 2015 [version 1; peer review: 2 approved, 1 approved with reservations]. *Gates Open Res*. 2018. Vol. 2 (14). DOI: <https://doi.org/10.12688/gatesopenres.12804.1>.
7. Karra M., Canning D., Wilde J. The Effect of Fertility Decline on Economic Growth in Africa: A Macrosimulation Model. *Population and Development Review*. 2017. Vol. 43 (S1). P. 237-263. DOI: <https://doi.org/10.1111/padr.12009>.
8. Cleland J., Machiyama K. The Challenges Posed by Demographic Change in sub-Saharan Africa: A Concise Overview. *Population and Development Review*. 2017. Vol 43 (S1). P. 264-286. DOI: <https://doi.org/10.1111/padr.170>.
9. Karmowska G. Demographic changes in post-socialist countries in the period 1992-2017. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*. 2020. Vol. 64 (6). P. 87-102. DOI: 10.15611/pn.2020.6.07.
10. Населення України. Демографічні тенденції в Україні у 2002-2019 рр.: кол. моногр. / за ред. О.М. Гладуна; Київ: НАН України, Інститут демографії та соціальних досліджень імені М.В. Птухи. 2020. 174 с.
11. Ляшенко О.М., Дума Л.В., Бажанова Н.В. Багатофакторне економетричне моделювання людського розвитку країн. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського, серія*

«Економіка і управління». 2020. Т 31 (70). № 4. С. 139-144. DOI: <https://doi.org/10.32838/2523-4803/70-4-48>.

12. Біткова Т.В., Гумірова Ю.С. Моделювання впливу демографічних процесів на економічне зростання: системно-динамічний підхід. *Проблеми системного підходу в економіці*. 2018. Вип. 6 (68). С. 164-172. DOI: <https://doi.org/10.32782/2520-2200/2018-6-26>.

13. Державна служба статистики України. Демографічна та соціальна статистика. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 06.01.2023).

14. The World Bank: Data / Ukraine. URL: <https://data.worldbank.org/country/ukraine> (дата звернення: 06.01.2023).

15. Шевчук О.Ф. Регресійна модель рівня злочинності на основі головного індикатора економічного розвитку України. *Форум права*. 2023. № 74 (1). С. 33-44. DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.7016661>.

16. Прикладна економетрика: навч. посіб. у двох частинах. Частина 1 / Л.С. Гур'янова, Т.С. Клебанова, С.В. Прокопович та ін. Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця. 2016. 235 с.

References

1. Bleha, B., & Durcek, P. (2017). An interpretation of the changes in demographic behaviour at a sub-national level using spatial measures in post-socialist countries: A case study of the Czech Republic and Slovakia. *Regional Science*, 98 (1), 331-351. DOI: <https://doi.org/10.1111/pirs.12318> [in English].

2. Innocenti, N., Vignoli, D., & Lazzeretti, L. (2021). Economic complexity and fertility: insights from a low fertility country. *Regional Studies*, 55 (8), 1388-1402. DOI: 10.1080/00343404.2021.1896695 [in English].

3. Ashraf, Q.H., Weil, D.N., & Wilde, J. (2013). The Effect of Fertility Reduction on Economic Growth. *Population and Development Review*, 39 (1), 97-130. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2013.00575.x> [in English].

4. Doepke, M., Hannusch, A., Kindermann, F., & Tertilt, M. (2022). *The Economics of Fertility: A New Era*. Bonn: Institute of Labor Economics [in English].

5. Shoumitro, C., & Vogl, T. (2018). Escaping Malthus: Economic Growth and Fertility Change in the Developing World. *American Economic Review*, 108 (6), 1440-1467. DOI: 10.1257/aer.20170748 [in English].

6. Li, Q, Tsui, A.O., Liu, L., & Ahmed, S. (2018). Mortality, fertility, and economic development: An analysis of 201 countries from 1960 to 2015 [version 1; peer review: 2 approved, 1 approved with reservations]. *Gates Open Res*, 2 (14). DOI: <https://doi.org/10.12688/gatesopenres.12804.1> [in English].

7. Karra, M., Canning, D., & Wilde, J. (2017). The Effect of Fertility Decline on Economic Growth in Africa: A Macrosimulation Model. *Population and Development Review*, 43, S1, 237-263. DOI: <https://doi.org/10.1111/padr.12009> [in English].

8. Cleland, J., & Machiyama, K. (2017). The Challenges Posed by Demographic Change in sub-Saharan Africa: A Concise Overview. *Population and Development Review*, 43, S1, 264-286. DOI:

<https://doi.org/10.1111/padr.170> [in English].

9. Karmowska, G. (2020). Demographic changes in post-socialist countries in the period 1992-2017. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 64 (6), 87-102. DOI: 10.15611/pn.2020.6.07 [in English].

10. Gladun, O. (Ed.). (2020). *Naselennya Ukrainy. Demohrafichni tendentsiyi v Ukraini u 2002-2019 rr. [Population of Ukraine. Demographic trends in Ukraine in 2002-2019]*. Kyiv: NAS of Ukraine, Ptukha Institute for Demography and Social Studies [in Ukrainian].

11. Lyashenko, O.M., Duma, L.V., & Bazhanova, N.V. (2020). Bahatofaktorne ekonometrychne modelyuvannya lyudskoho rozvytku krayin [Multifactor econometric modeling of human development of countries]. *Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V.I. Vernadskoho, seriia «Ekonomika i upravlinnia» – Academic notes of the Tavri National University named after V.I. Vernadskyi, «Economics and Management» series*, 31 (70), 4, 139-144. DOI: <https://doi.org/10.32838/2523-4803/70-4-48> [in Ukrainian].

12. Bitkova, T.V., & Humirova, Yu.S. (2018). Modelyuvannya vplyvu demohrafichnykh protsesiv na ekonomichne zrostannya: systemno-dynamichnyy pidkhid [Modeling of the impact of demographic processes on economic growth: a system-dynamic approach]. *Problemy systemnoho pidkhodu v ekonomitsi – Problems of Systemic Approach in the Economy*, 6 (68), 164-172. DOI: <https://doi.org/10.32782/2520-2200/2018-6-26> [in Ukrainian].

13. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy: Demohrafichna ta sotsialna statystyka [State Statistics Service of Ukraine: Demographic and social statistics]. *ukrstat.gov.ua*. Retrieved from: <https://www.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].

14. The World Bank: Data / Ukraine. *data.worldbank.org*. Retrieved from: <https://data.worldbank.org/country/ukraine> [in English].

15. Shevchuk, O.F. (2023). Rehresiyna model rivnya zlochynnosti na osnovi holovnoho indykatora ekonomichnoho rozvytku Ukrainy [Crime Level Regression Model Based on the Main Indicator of Economic Development of Ukraine]. *Forum prava – Law forum*, 74 (1), 33-44. DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.7016661> [in Ukrainian].

16. Huryanova, L.S., Klebanova, T.S., Prokopovych, S.V. et all. (2016). *Prykladna ekonometryka [Applied econometrics]*. Kharkiv: KHNEU im. S. Kuznetsya [in Ukrainian].

Відомості про автора

ШЕВЧУК Олександр Федорович – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри математики, фізики та комп'ютерних технологій, Вінницький національний аграрний університет (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3, e-mail: shevchuk177@gmail.com).

SHEVCHUK Oleksandr – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics, Physics and Computer Technologies, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, 3, Soniachna Str., e-mail: shevchuk177@gmail.com).