



Аналіз показника життєвості населення України на основі моделювання часових рядів

Вікторія ЯВОРСЬКА¹  <https://orcid.org/0000-0002-7449-7908>

УДК 314-044.922(477)

Надія МЕЛЬНИК²  <https://orcid.org/0000-0002-2077-595X>

Андрій МЕЛЬНИК³  <https://orcid.org/0000-0002-6906-6396>

ПОШУКОВА СТАТТЯ

¹ Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
кафедра економічної та соціально географії і туризму

² Карпатський національний університет імені В. Стефаника,
кафедра готельно-ресторанної та курортної справи

³ Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
кафедра туризму, рекреації та регіонального розвитку

Листування – * viktoriaostr@gmail.com, nadiia.v.melnyk@pnu.edu.ua

Ключові слова: показник життєвості населення, демографічний прогноз, поліноміальне моделювання, демографічна політика, Україна

Анотація: У статті проаналізовано динаміку показника життєвості населення як інтегрального демографічного індикатора, що відображає баланс між народжуваністю та смертністю, а також дозволяє оцінити якість природного відтворення населення в регіональному розрізі. В умовах демографічної кризи, старіння нації, зростання смертності та тривалого зниження фертильності, обґрунтовано необхідність застосування статистичного моделювання для глибшого аналізу ситуації. Показник життєвості розглядається не лише як кількісна, але і як якісна метрика демографічної стабільності, що особливо актуально в контексті зростаючої територіальної асиметрії.

Метою дослідження є аналіз часових змін показника життєвості населення за період 1990–2024 рр. із подальшим прогнозуванням на коротко- і середньострокову перспективу. Для досягнення поставленої мети використано методи апроксимації, моделювання часових рядів, стандартизації демографічних коефіцієнтів, а також кореляційний аналіз. Акцентується увага на доцільності використання поліноміальних функцій, зокрема полінома 4-го ступеня, як найбільш збалансованої моделі для прогнозування життєвості. Результати моделювання демонструють невтішні прогнози щодо подальшого зниження рівня життєвості населення України.

Особливу увагу приділено регіональній диференціації, що виявила значні територіальні диспропорції. Найгірші показники життєвості населення зафіксовано у східних та північних регіонах України, а найкращі – у деяких західних областях та місті Києві. Водночас жодна з територій не демонструє позитивного природного приросту населення. Встановлено низький рівень кореляції між смертністю та життєвстю населення, що свідчить про багатофакторну природу демографічного дисбалансу. Виявлено етапи демографічної трансформації та ключові чинники зниження рівня життєвості населення в Україні.



Встановлено, що сучасні демографічна криза в Україні є наслідком тривалих структурних змін, масштабних соціально-політичних катастроф – від розпаду СРСР до повномасштабного вторгнення рф. Висновки дослідження актуалізують необхідність багаторівневих демографічних реформ, інтегрованих у соціальну, економічну та безпекову політику держави. Підкреслено потребу у формуванні цілісного підходу до регулювання демографічних процесів.

1. ВСТУП

У сучасних умовах Україна перебуває у стані демографічного виклику, що проявляється у зростанні темпів депопуляції, старінні населення, та зниженні фертильності та низки інших кризових явищ. За таких умов особливого значення набуває пошук інтегральних індикаторів, що дають змогу не лише кількісно, а й якісно оцінити стан та перспективи демографічного розвитку території України. Серед них показник життєвості населення. Він розглядається як важливий інструмент для виявлення територіальної асиметрії та прогнозування демографічних тенденцій. На відміну від абсолютних або відносних кількісних характеристик смертності, показник життєвості виступає якісним мірилом демографічної збалансованості та дозволяє оцінити ефективність природного відтворення населення. Його використання забезпечує глибше розуміння як рівня смертності, так і його взаємозв'язку з народжуваністю, а відтак – із загальним вектором демографічного розвитку.

Незважаючи на наявність офіційної статистичної інформації, аналіз динаміки показника життєвості населення у довгостроковій часовій перспективі вимагає застосування точніших та аналітично обґрунтованих прогностичних підходів. Моделювання часових рядів дає змогу не лише виявити тренди, сезонні коливання та переломні моменти в динаміці показника, а й здійснити коротко- та середньострокове прогнозування, що є особливо важливим для формування демографічної та соціальної політики.

Мета наукового пошуку – проаналізувати часову динаміку показника життєвості населення України упродовж 1990–2024 рр. та оцінити перспективи його змін за допомогою статистичних методів апроксимації та моделювання часових рядів. Особлива увага приділяється виявленню ключових тенденцій, структурних переломів і чинників, що впливають на демографічний розвиток території країни, а також розробку прогнозів розвитку показника життєвості для обґрунтування необхідності комплексних реформ у сфері демографічної політики.

Теоретичним каркасом проведеного наукового дослідження стали напрацювання представників Одеської наукової школи, зокрема, О.Г. Топчієва «Суспільно-географічні дослідження: методологія, методи, методики» (Топчієв 2005), В.В. Яворської «Регіональні геодемографічні процеси в Україні» (Яворська 2013), «Соціально-демографічна статистика» під загальною редакцією А.З. Підгорного (2016).

Серед сучасних моделей прогнозування смертності найбільш поширеними є моделі В. Брасса (Стефановський 2007) та Р. Лі, Л. Картера. (Lee, Carter 1992) Зазначена проблематика докладно розглядається у працях таких зарубіжних дослідників, як Lutz W., Ukolova, E.A., Martinez-Beneito, M.A., Walid Ghosn та їхніх співавторів (Lutz et al 2003; Ghosn et al 2013; Martinez-Beneito et al 2021; Ukolova 2024; Ukolova & Burcin 2024).

В Україні питання моделювання демографічних процесів перебуває в полі наукових інтересів представників різних галузей знань: демографів (Е.М. Лібанова – аналіз та прогноз людського розвитку регіонів України (Лібанова 2007); П.Є. Шевчук – застосування формальних методів до прогнозування смертності населення (Шевчук 2011); А.І. Стефановський – адаптація модифікованої моделі Брасса для побудови повних таблиць смертності (Стефановський 2007), математиків (І.В. Дулюк, Ю.П. Матусов – моделювання демографічних процесів за допомогою оптимальних процедур розпізнавання (Дулюк, Матусов 2010); Д.І. Угрин та ін. – інтелектуальні системи прогнозування демографічних змін

В. Яворська, Н. Мельник, А. Мельник.

Аналіз показника життєвості населення України на основі моделювання часових рядів

(Угрин та ін. 2024); Е.А. Караєв, О.В. Жила – моделювання демографічних процесів за допомогою матриць Леслі) (Караєва, Жила 2025), економістів (Т. Біткова, Сінь Цай – поєднання методів моделювання в аналізі демографічних процесів та економічного зростання (Біткова, Цай 2025); І.І. Максимова та ін. – прогнозування тенденцій демоекономічних процесів у сучасному бізнес-середовищі) (Максимова 2017).

2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Реалізація наукового дослідження стала можливою завдяки синергії універсальних методів наукового пізнання та спеціальних методів, які використовуються в демографії та географії населення, та дозволяють не лише описувати демографічні процеси, але й моделювати тенденції розвитку населення в різних геопросторових умовах. Власне вивчення показника життєвості населення здійснюється за допомогою методу стандартизації демографічних коефіцієнтів (Яворська 2013), що дозволяє виключити вплив відмінностей у складі населення різних груп, що порівнюються. Для опису, аналізу та моделювання процесу смертності в цілому та показника життєвості населення у конкретному випадку ми використали методи економетричного моделювання, а також методи систематизації та статистичного аналізу як інструменти у межах математичного моделювання. Візуалізація результатів наукового пошуку реалізована на основі графічного методу. Багатофакторність впливу на регіональну диференціацію показника життєвості населення відображено за допомогою структурно-логічного методу, а просторову класифікацію регіонів – методу групування. При дослідженні регіональних особливостей демографічного балансу для статистичної перевірки припущення про зв'язок між смертністю та життєвістю застосовувався коефіцієнт кореляції Пірсона, що дав можливість підкріпити аргументацію про багатофакторність природи демографічної ситуації.

Для проведення статистичного аналізу використано офіційні дані Державної служби статистики України (Державна служба статистики України 2022), Міністерства юстиції, а також інформацію з дашбордів платформи «Опендатабот» (Смертність в Україні утричі перевищує народжуваність 2025). Останні дають нам можливість оперувати емпіричними даними за 2023–2024 рр., позаяк під час дії правового режиму воєнного стану державна статистика не надає інформації щодо населення (ЗУ «Про захист інтересів суб'єктів подання звітності» 2025). Відсутність офіційної статистики в регіональному розрізі України з вищевказаних причин обумовлює нас використовувати при оцінці територіального розподілу показника життєвості статистичну інформацію станом на 2022 рік.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Якісним вираженням процесу смертності як маркеру демографічного розвитку являється показник життєвості населення (коефіцієнт життєвості), що дозволяє оцінити баланс між народжуваністю та смертністю в суспільстві. Під показником життєвості розуміємо відношення кількості народжених до кількості померлих за певний період часу (зазвичай за рік). Він служить своєрідним індикатором життєздатності та відтворення населення. Для зручності його візуалізації будемо використовувати відсоткове значення показника.

Розглянемо можливі апроксимації графіків динаміки показника життєвості в Україні упродовж досліджуваного періоду 1990–2024 рр. (рис. 1). Аналізуючи графіки, приходимо до висновку, що низькі значення коефіцієнта детермінації R^2 для всіх моделей вказують на те, що динаміка показника життєвості є більш складною, ніж може описати будь-яка з цих простих функцій.

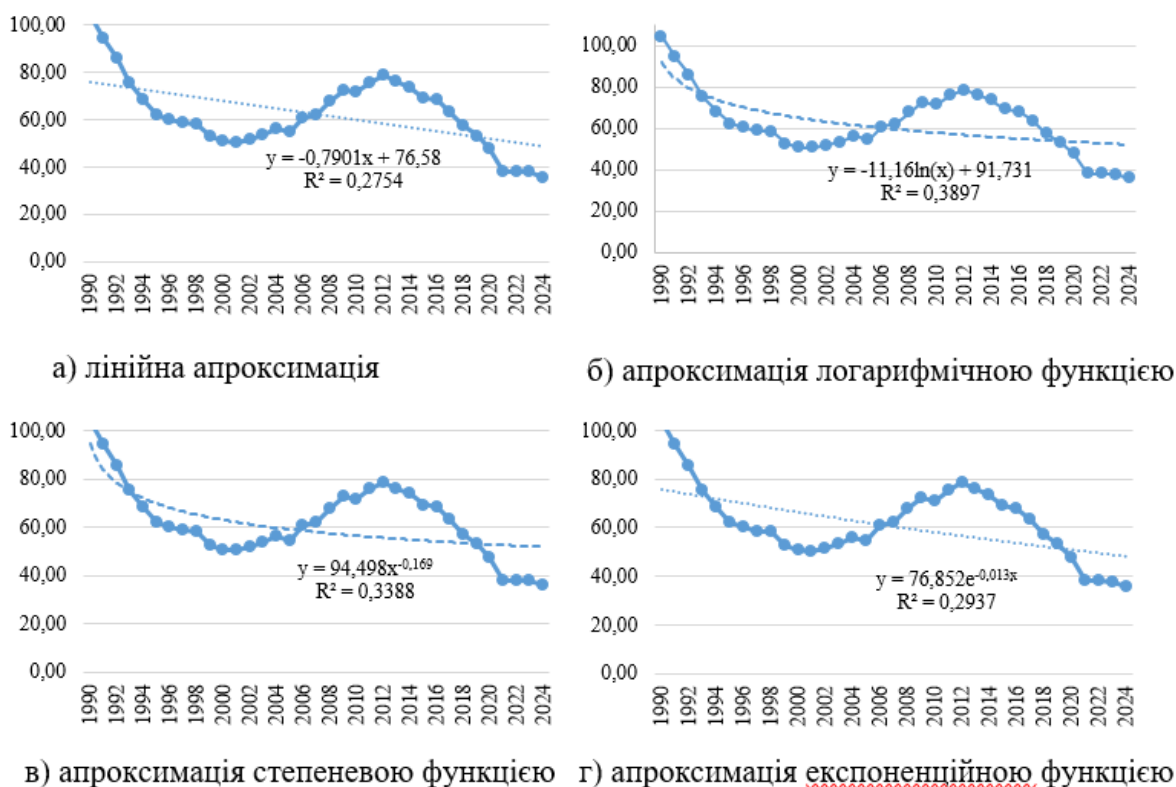


Рис. 1. Апроксимації графіків динаміки показника життєвості в Україні упродовж 1990–2024 рр.

Лінійна модель не враховує зміну темпів зниження показника життєвості, тому не відображає складніших коливань, які видно на графіку. Логарифмічна та степенева моделі дещо краще враховують зниження на початку періоду дослідження до 2006 р. та сповільнення темпів у подальшому, що корелює з реальною динамікою показника. Експоненційна ж модель відображає тенденцію до зниження, проте її пояснювальна здатність незначно вища за лінійну. Отже, жодна з моделей не дає високої точності ($R^2 < 0,4$), тому доцільно використовувати більш складніші або багатофакторні моделі, які можуть врахувати структурні переломи, циклічність чи зовнішні чинники на досліджуване явище.

Спробуємо описати динаміку показника життєвості за допомогою поліноміальної функції різних ступенів. Відповідність апроксимуючої функції емпіричним даним зростає пропорційно ступеню полінома: для полінома 2 ступеня вона становить 0,28; для полінома 3 ступеня – 0,90; полінома 4 ступеня – 0,94; полінома 5 ступеня – 0,98 (рис. 2).

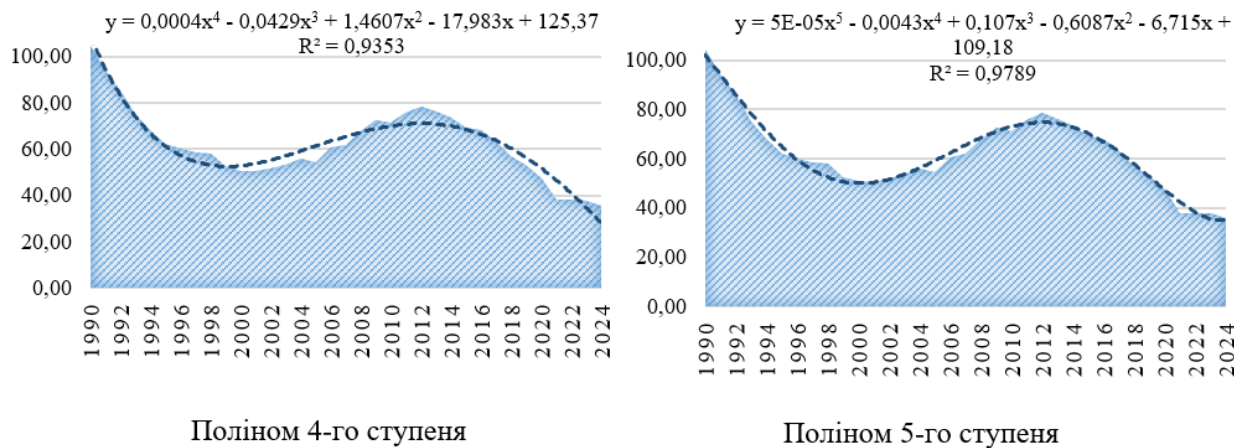


Рис. 2. Апроксимація динаміки показника життєвості населення України поліномом 4-го і 5-го ступеня

В. Яворська, Н. Мельник, А. Мельник.

Аналіз показника життєвості населення України на основі моделювання часових рядів

Основним недоліком поліноміальних апроксимацій є відсутність змістової інтерпретації їхніх коефіцієнтів, оскільки вони визначаються винятково на основі математичних критеріїв найменшого відхилення від емпіричних значень (Яворська 2013). Однак при використанні поліному 5-го і вище ступеня часто виникає так званий ефект Рунге – небажана хвилястість кривої, особливо на краях відрізка, що може призвести до появи штучних екстремумів, які не відповідають реальним тенденціям у емпіричних даних. В нашому конкретному випадку будемо послуговуватись результатами апроксимації динаміки показника життєвості населення поліномом 4-го ступеня. Отже, констатуємо наявність чіткої залежності між основними соціально-економічними та політичними подіями в Україні та змінами показника життєвості населення. На графіку простежуються кілька ключових етапів зміни цього показника.

Перший етап охоплює 1990–2000 рр. і характеризується стрімким спадом життєвості, що корелює з розпадом СРСР, поглибленням економічної кризи, гіперінфляцією, різким зниженням рівня життя, втратою соціальних гарантій та масовою еміграцією населення. Цей період супроводжувався зростанням смертності, зниженням народжуваності та загальним погіршенням демографічної ситуації.

Другий етап (2000–2013 рр.) відзначається поступовою стабілізацією та зростанням показника життєвості. Це зростання відбувалося на тлі економічного відновлення, стабілізації національної валюти, підвищення рівня доходів населення, а також впровадження певних соціальних програм. Відносна політична стабільність та спроби реформування економіки сприяли покращенню демографічних показників.

Третій етап розпочався у 2014 р. Він характеризується новим різким спадом показника життєвості. Основні причини ми вбачаємо у сукупності факторів: політична криза, Революція Гідності, анексія Криму, початок війни на Донбасі, значна економічна рецесія, девальвація національної валюти та зростання цін. Ці події суттєво вплинули на нову хвилю еміграції та погіршення демографічної ситуації.

Останній відрізок графіка (2020–2024 рр.) демонструє подальше зниження показника життєвості населення, що пов'язано з впливом пандемії COVID-19, а також повномасштабним вторгненням РФ у 2022 р. Ці події призвели до руйнування інфраструктури, масової міграції, значних людських втрат, гуманітарної кризи та подальшого погіршення економічної ситуації.

Розглянемо можливі варіанти прогнозування показника життєвості населення України з використанням наведених апроксимацій поліномами 3-го –5-го ступенів (табл. 1).

Отже, у нашому випадку найнадійнішим для екстраполяції є модель поліному 4-го ступеня. Прогноз на найближчу перспективу, виконаний на основі поліноміальної апроксимації 4-го ступеня, є песимістичним (табл. 1, рис. 3).

Таблиця 1. Можливі варіанти прогнозування показника життєвості населення України за допомогою функції апроксимації

№ з/п	Функції апроксимації	Коефіцієнт детермін	Прогнозування показника життєвості населення, %	
			2030 рік	2040 рік
1	Поліном 3-го ступеня	$R^2=0,9028$	-50,7	-358,8*
2	Поліном 4-го ступеня	$R^2=0,9353$	21, 57	15,47
3	Поліном 5-го ступеня	$R^2=0,9789$	-173,34	376,68**

* поліном 3-го ступеня не підходить для довгострокового прогнозування, позаяк форма полінома призводить до обвалу значень за межами діапазону даних

** отримані результати підтверджують попередні висновки про ефект Рунге. Модель поліному 5-го ступеня буде коректним використовувати для прогнозування тільки до 2028 року.

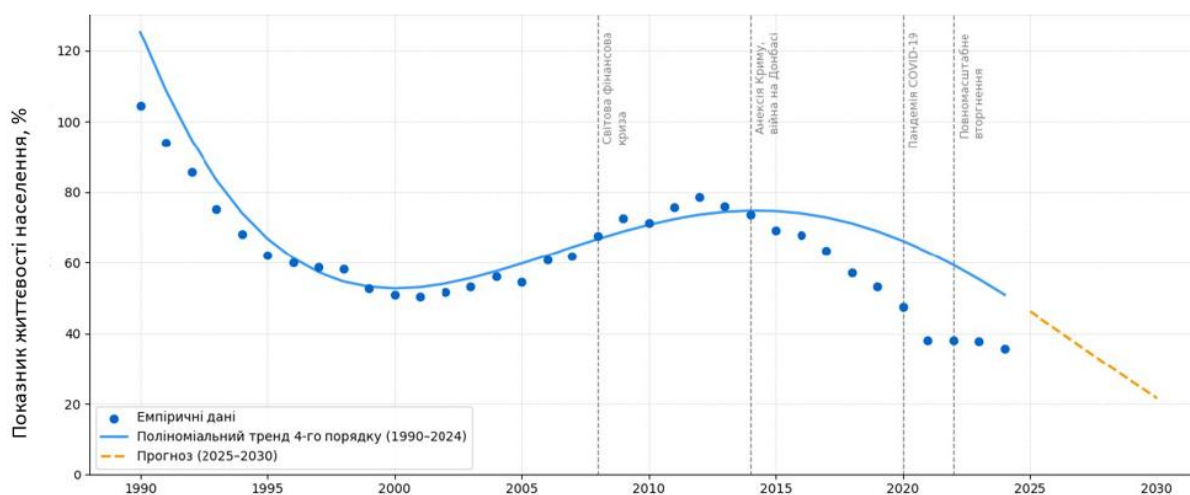


Рис. 3. Динаміка показника життєвості населення України з прогнозом до 2030 року (створено авторами)

Він свідчить про подальше зниження рівня життєвості населення України та поглиблення дисбалансу між народжуваністю та смертністю. За відсутності позитивних структурних змін у політичній, економічній та соціальній сферах, показник життєвості, ймовірно, залишатиметься на низькому рівні або продовжуватиме знижуватись. Результати аналізу акцентують необхідність комплексних реформ, спрямованих на покращення умов життя, стабілізацію економіки та забезпечення соціального захисту населення для запобігання негативному демографічному розвитку в країні.

Закономірно, що показник життєвості населення в регіональному розрізі залежить від сукупності взаємопов'язаних та взаємообумовлених груп чинників, які можна представити схематично (рис. 4):



Рис. 4. Сукупність чинників, що впливають на регіональну диференціацію показника життєвості населення (авторська розробка)

Територіальний розподіл показника життєвості в межах України представлено на *рисунку 5*.

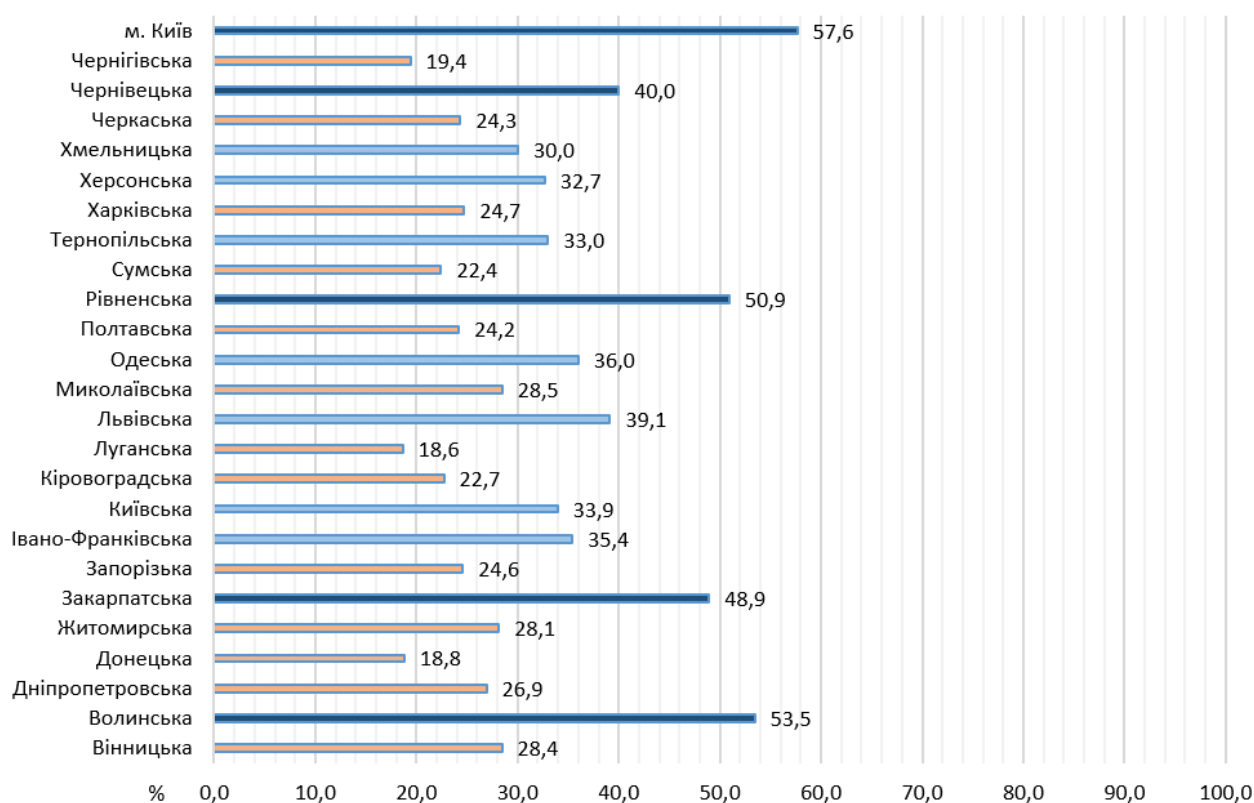


Рис. 5. Показник життєвості за регіонами України, станом на 2022 р.

Жодній з областей України не притаманне перевищення показника життєвості більше 100%, що свідчило б про домінування процесу народжуваності над смертністю. Середнє значення у 32% є катастрофічно низьким і чітко демонструє демографічну депресію. За допомогою методу групування ми представили розподіл областей України за рівнем життєвості населення (*табл. 2*).

Таблиця 2. Групування областей України за показником життєвості населення

Група	Діапазон показника життєвості, %	Області
критично низька	< 30	Чернігівська, Черкаська, Харківська, Сумська, Полтавська, Миколаївська, Луганська, Кіровоградська, Запорізька, Житомирська, Донецька, Дніпропетровська, Вінницька
низька	30–40	Хмельницька, Херсонська, Тернопільська, Одеська, Львівська, Київська, Івано-Франківська
відносно задовільна	> 40	Волинська, Рівненська, Закарпатська, Чернівецька, м. Київ

Як бачимо, до числа тих областей, що характеризуються дещо кращим демографічним балансом відноситься Волинська, Рівненська, Закарпатська, Чернівецька області та м. Київ. Проте, ми не можемо робити однозначні висновки про низьку смертність у цих регіонах, позаяк кореляційний коефіцієнт між змінними смертності та показником життєвості дорівнює $r = -0,1$. У цих регіонах фіксуємо стабільно вищий рівень народжуваності однак і він не забезпечує порогового рівня життєвості населення, необхідного для самовідтворення населення. Найбільш вразливими є східні та північні регіони України, які зазнають критичного демографічного тиску: старіння, депопуляція, зниження фертильності, наслідки війни.

В. Яворська, Н. Мельник, А. Мельник.

Аналіз показника життєвості населення України на основі моделювання часових рядів

5. ВИСНОВКИ

Отже, у ході дослідження встановлено, що демографічний розвиток в Україні характеризується стійкою тенденцією до зниження рівня життєвості населення, що є наслідком як довготривалих структурних трансформацій, так і масштабних соціально-економічних потрясінь. Аналіз динаміки показника життєвості за період 1990–2024 рр. засвідчив його високу чутливість до політичних, економічних та безпекових чинників, що підтверджується наявністю чітких переломних етапів у часовому ряді даних. Найбільше падіння зафіксоване у кризовий період 1990-х років, після 2014 р. та упродовж 2022–2024 рр., як наслідок повномасштабної війни.

Застосування різних типів апроксимаційних моделей, зокрема поліноміальних, засвідчило доцільність використання полінома 4-го ступеня як компромісного варіанту між математичною точністю та уникненням статистичних спотворень, притаманних моделям вищих порядків. Прогнозні обчислення вказують на подальше зниження життєвості населення, що загрожує поглибленням демографічної депресії та вимагає термінових стратегічних рішень на державному рівні.

Просторовий аналіз показника життєвості населення демонструє значну територіальну асиметрію, при цьому жоден регіон України не досягає позитивного приросту населення на основі природного відтворення. Найгірші показники спостерігаються у східних та північних областях. На нашу думку, це є прямим наслідком поєднання депопуляційних трендів, старіння населення, міграційних втрат і воєнного впливу. У відносно кращому становищі перебувають окремі західні області та столиця, де зберігається відносно вищий рівень народжуваності. Проте, навіть у цих регіонах, життєвості недостатньо для забезпечення простого відтворення населення, що підтверджується слабким зворотним зв'язком між рівнем смертності та показником життєвості ($r = -0,1$).

Узагальнення результатів дослідження засвідчує необхідність впровадження багаторівневих демографічних реформ, спрямованих на підвищення народжуваності, зниження смертності та покращення умов життя населення. Лише за умов інтеграції демографічної політики з економічною, соціальною та безпековою стратегіями можна призупинити деградаційні тенденції, стабілізувати демографічну ситуацію та забезпечити передумови для поступального розвитку країни.

ЛІТЕРАТУРА

1. Біткова, Т., & Сінь, Ц. (2025). Поєднання методів моделювання в аналізі демографічних процесів та економічного зростання Китаю. *Modeling the development of the economic systems*, (2), 22–30. <https://doi.org/10.31891/mdes/2025-16-3> [Bitkova, T., & Sin, Ts. (2025). Poiednannia metodiv modeliuvannia v analizi demohrafichnykh protsesiv ta ekonomichnoho zrostantia Kytaiu. *Modeling the development of the economic systems*, (2), 22–30. <https://doi.org/10.31891/mdes/2025-16-3>].
2. Державна служба статистики України. URL: <https://ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 01.07.2025) [Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy, available at: <https://ukrstat.gov.ua/> (date of application: 01.07.2025)]
3. Дулюк, І.В. & Матусов, Ю.П. (2010). Моделювання демографічних процесів на Україні за допомогою оптимальних процедур розпізнавання. *Економічний вісник НТУУ «КПІ»*. 250–255 [Duliuk, I.V. & Matusov, Yu.P. (2010). Modeliuvannia demohrafichnykh protsesiv na Ukraini za dopomohoiu optymalnykh protsedur rozpiznavannia. *Ekonomichnyi visnyk NTUU «KPI»*. 250–255]
4. Закон України «Про захист інтересів суб'єктів подання звітності та інших документів у період дії воєнного стану або стану війни». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2115-20#Text> (дата звернення 07.07.2025) [Zakon Ukrainy "Pro zakhyst interesiv subiektiv podannia zvitnosti ta inshykh dokumentiv u period dii voiennoho stanu abo stanu viiny", available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2115-20#Text> (date of application: 07.07.2025)]
5. Караєв, Е.А., Жила, О.В. (2025). Математичне моделювання демографічних процесів в Україні за допомогою матриць Леслі. *Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті: матеріали 29-го Міжнар. молодіж. Форуму* (Харків, 16–19 квітня 2025). Т. 8. 21–23. Харків : ХНУРЕ. [Karaiev, E.A.,

В. Яворська, Н. Мельник, А. Мельник.

Аналіз показника життєвості населення України на основі моделювання часових рядів

- Zhyla, O.V. (2025). Matematychnе modeliuвання demohrafichnykh protsesiv v Ukraini za dopomohoiu matryts Lesli. *Radioelektronika ta molod u XXI stolitti : materialy 29-ho Mizhnar. molodizh. Forumu* (Kharkiv, 16–19 kvitnia 2025) (Vol. 8, 21–23). Kharkiv : KhNURE.]
6. **Лібанова, Е.М.** (2007). Людський розвиток регіонів України: аналіз та прогноз. Київ : Інститут демографії та соціальних досліджень НАН України [Libanova, E.M. L(2007). Liudskiy rozvytok rehioniv Ukrainy: analiz ta prohnnoz. Kyiv : Instytut demohrafiі ta sotsialnykh doslidzhen NAN Ukrainy]
 7. **Максимова, І.І., Литвиненко, Д.А. & Світлична, В.В.** (2017). Прогнозування тенденцій демоекономічних процесів у сучасному бізнес-середовищі України. *Економіка і суспільство*. (13). 5–10 [Maksymova, I.I., Lytvynenko, D.A. & Svitlychna, V.V. (2017). Prohnzovuvannya tendentsii demoekonomichnykh protsesiv u suchasnomu biznes-seredovyshchi Ukrainy. *Ekonomika i suspilstvo*. (13). 5–10]
 8. **Підгорний, А.З., Самотоєнкова, О.В., Ольвінська, Ю.О., Вітковська, К.В.** (2016). Соціально-демографічна статистика: Підручник / За заг. ред. канд. екон. на ук, професора А.З. Підгорного. Одеса : ФОП Гуляєва В.М. [Pidhornyi, A.Z., Samotoienkova, O.V., Olvinska, Yu.O., Vitkovska, K.V. (2016). Sotsialno-demohrafichna statystyka: Pidruchnyk / Za zah. red. kand. ekon. na uk, profesora A.Z. Pidhornoho. Odesa : FOP Huliaieva V.M.]
 9. Смертність в Україні утричі перевищує народжуваність у 2024 році. *Опендатабот*. URL: <https://opendatabot.ua/analytics/birth-death-2024-6> (дата звернення 11.06.2025) [Smertnist v Ukraini utrychi perevyshchuie narodzhuvanist u 2024 rotsi. Opendatabot, available at: <https://opendatabot.ua/analytics/birth-death-2024-6> (date of application: 07.07.2025)]
 10. **Стефановський, А.І.** (2007). Адаптація модифікованої моделі Брасса для побудови повних таблиць смертності населення України. *Демографія та соціальна економіка*. 2. 38–55 [Stefanovskyi, A.I. (2007). Adaptatsiia modyfikovanoi modeli Brassa dlia pobudovy povnykh tablyts smertnosti naselennia Ukrainy. *Demohrafiia ta sotsialna ekonomika*. 2. 38–55]
 11. **Топчієв, О.Г.** (2005). Суспільно-географічні дослідження: методологія, методи, методики: Навчальний посібник. Одеса: Астропринт [Topchiiev, O.H. (2005). Suspilno-heohrafichni doslidzhennia: metodolohiia, metody, metodyky: Navchalnyi posibnyk. Odesa: Astroprynt]
 12. **Угрин, Д., Ушенко, Ю.О., Яцько, О.М., Довгунь, А.Я., Добровольський, Ю.Г.** (2024). Інтелектуальні системи прогнозування демографічних змін та їх вплив на маркетингові стратегії в IT-індустрії. *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології*, 48 (2), 13–23 [Uhryn, D., Ushenko, Yu.O., Yatsko, O.M., Dovhun, A.Ia., Dobrovolskyi, Yu.H. (2024). Intelktualni systemy prohnzovuvannya demohrafichnykh zmin ta yikh vplyv na marketynhovi stratehii v IT-industrii. *Optyko-elektronni informatsiino-enerhetychni tekhnolohii*, 48 (2), 13–23]
 13. **Шевчук П.Є.** (2011). Застосування формальних методів до прогнозування смертності населення. *Демографічні проблеми та тенденції*. 73–83 [Shevchuk P.Ie. (2011). Zastosuvannya formalnykh metodiv do prohnzovuvannya smertnosti naselennia. *Demohrafichni problemy ta tendentsii*. 73–83]
 14. **Яворська, В.В.** (2013). Регіональні геодемографічні процеси в Україні: монографія. Кам'янець-Подільський: Аксиома [Yavorska, V.V. (2013). Rehionalni heodemohrafichni protsesy v Ukraini: Monohrafiia. Kamianets-Podilskyi: Aksioma]
 15. **Ghosn, W, Kassié, D., Jougl, E., Salem, G., Rey, G. & Rican, S.** (2013). Trends in geographic mortality inequalities and their association with population changes in France, 1975–2006, *European Journal of Public Health*, 23 (5). 834–840 <https://doi.org/10.1093/eurpub/cks078>
 16. **Lee, R.D. & Carter, L.R.** (1992). Modeling and Forecasting U.S. Mortality. *Journal of American Statistical Association*. 87(419). 659–671.
 17. **Lutz W. et al.** (2003). Conditional Probabilistic Population Forecasting. Interim Report IR-03-052. Laxenburg.
 18. **Martinez-Beneito, M. A., Vergara-Hernández, C., Botella-Rocamora, P., Corpas-Burgos, F., Pérez-Panadés, J., Zurriaga, Ó., Aldasoro, E., Borrell, C., Cabeza, E., Cirera, L., Delfrade Osinaga, J., Fernández-Somoano, A., Gandarillas, A., Lorenzo Ruano, P. L., Marí-Dell’Olmo, M., Nolasco, A., Prieto-Salceda, M. D., Ramis, R., Rodríguez-Sanz, M., ... the MEDEA3 Project Group.** (2021). Geographical Variability in Mortality in Urban Areas: A Joint Analysis of 16 Causes of Death. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11), 5664. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115664>
 19. **Ukolova, B., & Burcin, B.** (2024). Analýza faktoru asociovaných s vícečetnými příčinami smrti v Česku v roce 2018 pomocí XGBoost regrese a metody SHAP. *Demografie*, 66(1), 24–38.
 20. **Ukolova, E.A.** (2024). Comparative Analysis of Regional Mortality Differences Using Underlying and Multiple Causes of Death: A Case Study of Czechia. *Spat Demogr* 12, 8. <https://doi.org/10.1007/s40980-024-00130-2>

V. Yavorska, N. Melnyk, A. Melnyk

Analysis of the Population Vitality Indicator in Ukraine Based on Time Series Modeling**Keywords:** population vitality indicator, demographic forecast, polynomial modeling, demographic policy, Ukraine

Abstract: In the current context, Ukraine is facing a demographic challenge characterized by accelerating depopulation, population aging, declining fertility, and a range of other crisis phenomena. Under such circumstances, the search for integral indicators enable both quantitative and qualitative assessment of the state and prospects of demographic development in Ukraine has become particularly important. One such indicator is the population vitality index, which is considered a crucial tool for identifying territorial asymmetries and forecasting demographic trends. Unlike absolute or relative quantitative measures of mortality, the vitality index serves as a qualitative metric of demographic balance and enables the assessment of the effectiveness of the natural population reproduction. Its application allows for a deeper understanding of not only mortality rate but also their interrelation with birth rates, and thus with the overall vector of demographic development.

The purpose of the scientific search – is to analyze the temporal dynamics of Ukraine's population vitality index over the period 1990–2024 and to assess its future trends using statistical methods of approximation and time series modeling. Particular attention is given to identifying key trends, structural breaks, and the factors influencing the country's demographic development. The study also aims to develop forecasts of the vitality index in order to substantiate the need for comprehensive reforms in the area of demographic policy.

The implementation of this research was made possible through the synergy of universal methods of scientific inquiry and specialized approaches commonly employed in demography and population geography. These methods not only allow for the description of demographic processes but also enable the modeling of population development trends under various geospatial conditions. The study of the population vitality index itself is conducted using the method of standardization of demographic coefficients, which allows for the elimination of differences in population composition across compared groups.

To describe, analyze and model both mortality processes in general and the population vitality index in particular, we employed econometric modeling techniques along with methods of systematization and statistical analysis, within the framework of mathematical modeling. The visualization of research results was carried out using graphical methods. The multifactorial nature on regional differentiation in the vitality index is reflected through the use of the structural-logical method, while spatial classification of regions was performed using the grouping method.

In examining regional features of demographic balance, Pearson's correlation coefficient was applied to statistically test the hypothesis regarding the relationship between mortality and vitality, which supported the argument concerning the multifactorial nature of the demographic dynamics.

Demographic development in Ukraine is characterized by a persistent downward trend in the population vitality index, which reflects consequences of both long-term structural transformations and large-scale socio-economic disruptions. The analysis of vitality dynamics over the period 1990–2024 reveals the indicator's high sensitivity to political, economic and security factors, as evidenced by distinct structural breaks within the time series. The most significant declines were recorded during the crisis of the 1990s, after 2014, and throughout 2022–2024 as a result of a full-scale war.

The application of various types of approximation models – particularly polynomial ones – demonstrated the appropriateness of using a fourth-degree polynomial as a compromise between mathematical precision and the avoidance of statistical distortions associated with higher order models. Forecasting results indicate a continued decline in population vitality, posing a serious risk of deepening

demographic depression and necessitating urgent strategic decisions at the national level.

Spatial analysis of the population vitality index reveals considerable territorial asymmetry, with no region in Ukraine currently achieving positive natural population growth. The most adverse indicators are observed in the eastern and northern regions. In our view, this outcome is a direct consequence of overlapping depopulation trends, population aging, migration losses and the impact of military conflict. Some western regions and the capital are in a relatively better position, maintaining comparatively higher birth rates. However, even in these areas, vitality levels remain insufficient to ensure natural population replacement, which is further supported by a weak inverse correlation between mortality and vitality ($r = -0.1$).

The findings of this study underscore the urgent need for the implementation of multi-level demographic reforms aimed at increasing fertility, reducing mortality, and improving overall living conditions. Only through the integration of demographic policy with economic, social and security strategies can the ongoing degradation be halted, demographic stability ensured and the foundations for the country's sustainable development established.