

Гапон В. В.

кандидат педагогічних наук, начальник відділу освітнього інформаційного забезпечення ДНУ «Інститут освітньої аналітики», Київ, Україна, valvas.gapon@gmail.com
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7521-5450>

Чимбай Л. Л.

завідувач сектору системного та телекомунікаційного забезпечення відділу освітнього інформаційного забезпечення ДНУ «Інститут освітньої аналітики», Київ, Україна, lyudachim@gmail.com
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4647-2471>

ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГНОЗІВ У СФЕРІ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

Анотація. Метою статті є дослідження й застосування економіко-математичних методів, пошук альтернативних методологічних засад прогнозування чисельності учнів перших класів в умовах воєнного стану в державі, проведення порівняльного аналізу розроблених прогнозів та оцінювання їх точності. Для прогнозування обрано методи регресійного й кореляційного аналізу, що ґрунтуються на використанні часових рядів чисельності першокласників у період 2014/2015–2021/2022 н. рр. і кількості народжених дітей у 2008–2018 рр. Здійснено прогнозне оцінювання чисельності учнів перших класів на 2022/2023–2024/2025 н. рр. за трендовими та факторними моделями, проаналізовано отримані результати загалом по Україні й у розрізі регіонів. Такі дії, як розрахунок математичних характеристик точності прогнозної оцінки на основі коефіцієнтів детермінації, кореляції, критеріїв Фішера та Стьюдента, визначення відхилення (абсолютного й відносного) між фактичним і прогнозним значеннями досліджуваних показників, дали змогу оцінити адекватність моделі, точність прогнозного оцінювання та надійність методики. Проведений аналіз розроблених факторних моделей доводить залежність контингенту учнів перших класів від чисельності народжених у відповідному році, а також свідчить про високу якість, точність, надійність моделей. Встановлено, що дані про загальний контингент учнів і учнів перших класів є базовими чинниками для прогнозування чисельності педагогічних працівників, учителів, які викладають окремі предмети, котрі, у свою чергу, впливають на розрахунок обсягів освітньої субвенції з державного бюджету місцевим бюджетам на оплату праці педагогічних працівників у закладах загальної середньої освіти.

Ключові слова: загальна середня освіта, чисельність учнів перших класів, контингент учнів, методи й моделі прогнозування, регресійний та кореляційний аналіз, прогнозна оцінка.

JEL classification: I21, I23, Y10.

DOI: 10.32987/2617-8532-2023-2-108-121.

Унаслідок військової агресії російської федерації проти України та введення в Україні воєнного стану процес збору, опрацювання й ана-

лізу необхідної статистичної та адміністративної інформації істотно ускладнився. Зокрема, було важко спрогнозувати чисельність першо-

© Гапон В. В., Чимбай Л. Л., 2023

класників і контингенту учнів закладів загальної середньої освіти на початок 2022/2023 н. р., особливо випускників шкіл, які мали стати потенційними вступниками до закладів вищої, фахової передвищої, професійної (професійно-технічної) освіти.

Концептуальні засади прогнозування розвитку, питання теоретичного моделювання, технології та методики прогнозування досліджували К. В. Гораш, О. І. Мезенцева, І. О. Климчук, Л. А. Онищук, Н. Є. Пархоменко, О. О. Прохоренко, Д. О. Пузіков, О. В. Мушка, А. Д. Цимбалару [1] та ін. Зокрема, науковцями визначено, узагальнено й охарактеризовано ключові дефініції прогнозування як складника освітньої діяльності, що є важливими при дослідженні проблеми методів і засобів прогнозування розвитку загальної середньої освіти.

У своїх наукових працях Л. А. Онищук розкриває та обґрунтовує теоретичні засади прогнозування розвитку загальної середньої освіти [2; 3]. Методологія прогнозування розглядається автором як «вчення про принципи, загальні методи, способи і системи розроблення прогнозу, вчення про побудову діяльності, що спрямовується на одержання прогнозу, заснована на логічній організації перерахованих складових, теоретичних засадах і практичних узагальнюючих засобах щодо їх утілення». Дослідницею обґрунтовано доцільність застосування синергетичної методології в процесі прогнозування розвитку загальної середньої освіти. Водночас вона наголошує, що конструювання системи прогнозування розвитку такої освіти передбачає реалізацію низки дослідницьких процедур, зокрема таких, як визначення функці-

онального змісту діяльності системи, її організаційно-управлінської структури та об'єкта прогнозування, добір і обґрунтування методологічного інструментарію щодо розроблення й використання прогнозів, забезпечення її функціонування необхідними ресурсами.

Д. О. Пузіков та О. В. Мушка у своїх наукових працях описали процес розроблення теоретичної моделі прогнозування розвитку загальної середньої освіти, презентували результати ретроспективного аналізу прогностичних моделей і пропозиції щодо шляхів використання розроблених моделей у практичній діяльності [4; 5].

О. І. Мезенцева та І. О. Климчук вивчали деякі аспекти прогнозування розвитку загальної середньої освіти, зокрема прогностичний фон, внутрішні й зовнішні чинники, критерії та показники розвитку загальної середньої освіти в Україні [6; 7].

А. Д. Цимбалару досліджено засади прогнозування розвитку початкової освіти, описано навчально-методичне забезпечення впровадження цієї прогностичної моделі, розроблено підходи до створення належного прогностичного інструментарію, доступного широкому колу суб'єктів освітньої діяльності [8].

Для дослідження процесів в освітній сфері широко використовуються методи статистичного аналізу та прогнозування, найпростішим із яких є побудова часового тренду на основі динамічного ряду. Цей метод рекомендується застосовувати на початку аналізу для попереднього оцінювання стану досліджуваного об'єкта з метою визначення моделей апроксимації на наступному етапі.

Математичним методам аналізу даних присвячено навчальний посібник В. Є. Бахрушина, в якому розглянуто основні принципи й методи виконання дисперсійного, кореляційного, факторного аналізу, описано особливості та сфери використання кожного з них [9]. Науковець приділив увагу методам побудови й дослідженню регресійних лінійних одно-, багатофакторних, поліноміальних моделей. У його праці запропоновано різні підходи до проведення кореляційного аналізу кількісних і порядкових ознак, залежно від сфери, для якої виконуються розрахунки.

У працях Т. С. Клебанової наведено класифікацію та характеристику математичних методів і моделей, що застосовуються при прогнозуванні соціально-економічних процесів [10]. Значна увага приділяється демонстраційним прикладам застосування сучасних статистичних прикладних програм.

О. В. Кривда, Ю. В. Сидоренко, Д. П. Романова дослідили соціально-економічні процеси, які мають складну структуру та не підлягають прогнозуванню класичними поліноміальними методами [11]. Для їх вивчення використовують спеціально розроблені моделі прогнозування, що ґрунтуються на адаптивному методі, який є комбінацією методів прогнозування плаваючої середньої. Алгоритм розрахунку, обчислення похибки та інших показників виконувався за допомогою комп'ютерної системи.

Публікації К. Ю. Сегіди присвячено тематиці геодемографічного прогнозування на основі поширеного методу пересування вікових груп (метод компонент) [12]. Дослідниця зауважує, що цей метод варто вико-

ристовувати для середньострокового прогнозу, а метод ретроспективної екстраполяції – для короткострокового прогнозу. Запропоновані нею методи аналізу й прогнозування можуть успішно використовуватись і в освітній галузі. Так, метод пересування вікових груп було застосовано й у наших дослідженнях, присвячених прогнозуванню контингенту учнів закладів загальної середньої освіти (далі – заклади ЗСО) [13; 14].

Питанням прогнозування показників загальної середньої освіти, а саме чисельності випускників закладів ЗСО, присвячено публікації В. І. Бредюка, В. Б. Василюка, О. І. Джоші [15]. Дослідники констатують, що фактори, пов'язані з народжуваністю, є визначальними для прогнозування чисельності випускників закладів ЗСО й формування студентського контингенту. Прогнозування чисельності випускників на базі повної середньої освіти запропоновано проводити у два етапи: на основі взаємозв'язку народжуваності та чисельності випускників із базовою середньою освітою, а потім випускників із базовою середньою освітою й із повною середньою освітою. Дослідження ґрунтувалися на застосуванні парної та множинної дистрибутивно-лагових моделей і регресійного аналізу. Науковцями доведено, що запропоновані регресійні залежності з високою точністю описують взаємозв'язок чисельності народжених і чисельності випускників 9-х та 11-х класів, що дає можливість спрогнозувати динаміку цих показників у майбутньому.

У своїх попередніх дослідженнях ми запропонували проводити прогнозне оцінювання чисельності уч-

нів перших класів на основі даних про народжуваність дітей у відповідних роках за допомогою емпіричного методу. Розрахунок усереднених коефіцієнтів відношення фактичної чисельності учнів перших класів закладів ЗСО до відповідної чисельності народжених дітей загалом по Україні та в розрізі регіонів й типу місцевості дав можливість ідентифікувати певні тенденції міграційних і демографічних процесів. Визначення математичних характеристик точності прогнозової оцінки на основі обчислення відхилення (абсолютного й відносного) між фактичною та прогнозовою величинами досліджуваних показників дало змогу оцінити адекватність моделі й точність прогнозного оцінювання [13; 14].

Як видно, вітчизняні вчені зробили вагомий внесок у розв'язання проблеми розроблення методів прогнозування стану загальної середньої освіти та визначення адекватності розроблених прогнозів. Однак окреслене питання не втрачає своєї актуальності й потребує подальшого вивчення.

Метою цієї статті є дослідження та застосування економіко-математичних методів, пошук альтернативних методологічних засад прогнозування чисельності учнів перших класів в умовах воєнного стану, проведення порівняльного аналізу розроблених прогнозів і оцінювання їх точності.

Нами розглядаються часові ряди чисельності першокласників (без учнів спеціальних закладів ЗСО та учнів спеціальних класів у закладах ЗСО) упродовж 2014/2015–2021/2022 н. рр. і чисельності народжених дітей відповідно у 2008–2015 рр. у розрізі регіонів.

Інформаційною базою дослідження є статистична звітність за формою № 76-РВК «Зведений звіт закладів загальної середньої освіти» за період 2014/2015–2021/2022 н. рр. [16] та дані Держстату щодо народжуваності дітей за період 2008–2018 рр. [17].

Чисельність учнів перших класів є одним із ключових показників оцінювання стану ЗСО, на прогнозних значеннях якого ґрунтуються розрахунки та приймаються управлінські рішення щодо розвитку складових цієї ланки освіти: мережі закладів ЗСО, контингенту учнів, чисельності педагогічних працівників, фінансового, матеріально-технічного забезпечення тощо.

При прогнозуванні часових рядів можливі два варіанти постановки завдання: 1) для отримання майбутніх значень досліджуваного часового ряду використовуються доступні значення тільки цього ряду; 2) для отримання прогнозних значень можливе використання не лише фактичних значень ряду, що розглядається, а й значень зовнішніх факторів, представлених у вигляді тимчасових рядів (у нашому випадку – часовий ряд народжуваності дітей).

При розробленні моделі прогнозування часового ряду нами визначалася функціональна залежність y_t , яка адекватно описує тенденції розвитку показника та полягала в отриманні мінімального середнього абсолютного відхилення прогнозного значення від фактичного. Як уже зазначалося, найпоширенішими серед моделей прогнозування одного часового ряду є трендові моделі, що описують тенденції зміни досліджуваного показника лише з плином

часу й відображаються за допомогою рівняння:

$$y_t = f(t) + \varepsilon_t, \quad (1)$$

де $f(t)$ – детермінована (невипадкова) компонента процесу (явища); ε_t – стохастична (випадкова) компонента процесу; t – номер періоду.

У кожному конкретному випадку підхід до вибору форми тренда повинен бути індивідуальним і ґрунтуватися не лише на сформованій тенденції, а й на сутності аналізованого явища. Трендова модель дає змогу виявити основну тенденцію досліджуваного показника та зробити загальну прогнозну оцінку, котра покаже його очікувану поведінку, якщо сформована тенденція збережеться й надалі.

При виборі функції тренда важливо враховувати, з якою метою вона буде використовуватися: тільки для ретроспективного аналізу чи також і за межею цього періоду (тобто для прогнозування). У першому випадку функція повинна добре згладжувати весь вихідний динамічний ряд, у другому – перевага надається функції, яка має кращі характеристики

апроксимації для останньої частини динамічного ряду. Це пояснюється тим, що тенденції, котрі складаються наприкінці ретроспективного періоду, мають найбільший вплив на майбутній розвиток.

У нашому дослідженні для часового ряду фактичних значень чисельності першокласників у 2014/2015–2021/2022 н. рр. загалом по Україні виконано експериментальні розрахунки прогнозних значень засобами MS Excel на основі графічного представлення ряду з додаванням лінії тренду. Найкращі результати отримано під час екстраполяції трендовою поліноміальною моделлю другого порядку (рис. 1), рівняння якої має вигляд:

$$y = -2612,1t^2 + 22373t + 391469, \quad (2)$$

де y – чисельність першокласників; t – часовий фактор (тренд), значення якого дорівнюють 1, 2, 3, 4, ..., n .

Для розробленої трендової моделі достовірність апроксимації, що визначається коефіцієнтом множинної детермінації, відображає частку розкиду відносно середнього значення й характеризує величину залежності між двома змінними, а саме чи-

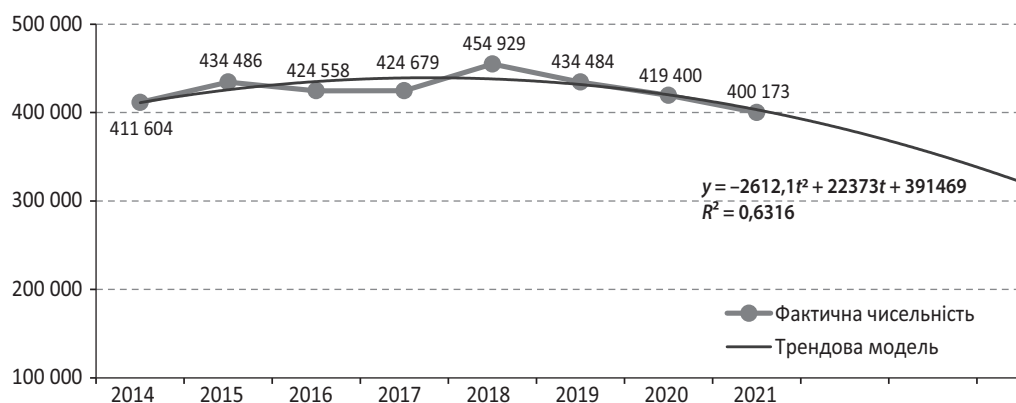


Рис. 1. Фактична чисельність учнів перших класів загалом по Україні та трендова модель прогнозу, осіб

Побудовано авторами.

сельністю першокласників і часовим трендом. Цей коефіцієнт показує, яка частина загальної варіації залежної (результативної) ознаки (y_t) обумовлена варіацією незалежної (трендової) ознаки (t), що включена в регресійну модель.

Розрахований коефіцієнт детермінації ($R^2 = 0,6316$) показує, що варіації коливань результативної ознаки (чисельність першокласників) на 63,16 % обумовлені варіацією незалежної трендової ознаки та на 36,84 % залежать від варіації факторів, які не включено в модель.

Розрахований коефіцієнт кореляції для цієї моделі $K = 0,7947$ перебуває в діапазоні $0,75 < K < 1$, що свідчить про високу щільність зв'язку з трендом і адекватність побудованої моделі.

Для оцінки точності розробленої трендової моделі на основі рівняння (2) розраховано чисельність першокласників загалом по Україні за період 2014/2015–2021/2022 н. рр. (табл. 1).

Як свідчать дані, наведені в табл. 1, відносні відхилення отриманих результатів порівняно із фактичними значеннями не перевищує 3,71 %, що

вказує на адекватність розробленої моделі та правильність вибору методологічних підходів прогнозування чисельності першокласників. Відносні відхилення трьох останніх років часового ряду менші за 1 %, що відповідає більш точній апроксимації, тож модель може бути використана для прогнозуної оцінки на перспективу. Прогнозні значення на період 2022/2023–2024/2025 н. рр. загалом по Україні отримано на основі рівняння (2) для значень часового фактора $t = 9, t = 10, t = 11$: $y_9 = 381\,246$, $y_{10} = 353\,989$, $y_{11} = 321\,508$ осіб відповідно.

У попередні роки в межах виконання науково-дослідної роботи «Удосконалення інформаційно-аналітичного забезпечення для визначення стану та прогнозування розвитку загальної середньої освіти» прогнозування чисельності першокласників було виконано на основі емпіричних методів. Прогнозні значення на зазначені періоди становили 387 811, 355 554 та 328 193 особи відповідно. Розраховані відносні відхилення між прогнозними значеннями чисельності першокласників, отримані на основі цих двох методів,

Таблиця 1

Відхилення розрахованої на основі трендової моделі чисельності учнів перших класів від фактичних значень

Навчальний рік	Фактична чисельність, осіб	Розрахована чисельність, осіб	Абсолютне відхилення, осіб	Відносне відхилення, %
2014/2015	411 604	408 618	2 986	0,73
2015/2016	434 486	425 767	8 719	2,01
2016/2017	424 558	435 079	-10 521	-2,48
2017/2018	424 615	439 167	-14 552	-3,43
2018/2019	454 929	438 032	16 897	3,71
2019/2020	434 484	431 671	2 813	0,65
2020/2021	419 400	420 087	-687	-0,16
2021/2022	403 279	400 173	3 106	0,78

Складено авторами за [16] та за результатами розрахунків.

дорівнюють 1,70, 0,44 і 2,03 % відповідно, що свідчить про адекватність розроблених моделей та надійність методики.

У процесі дослідження нами для кожного регіону розроблено математичні трендові моделі прогнозування чисельності учнів перших класів (табл. 2).

Для більшості регіонів коефіцієнт кореляції для розроблених моделей перебуває в діапазоні $0,75 < K < 1$, що вказує на високу щільність зв'язку з

трендом і адекватність побудованої моделі. Лише для Івано-Франківської (0,6465) та Львівської (0,7347) областей коефіцієнт кореляції перебуває в межах ($0,3 < K \leq 0,75$), що характеризує середню щільність зв'язку.

У переважній більшості регіонів прогноз розраховано на основі трендової поліноміальної моделі другого порядку. Найкращий збіг результатів прогнозу за двома методами спостерігався у Волинській, Житомирській, Закарпатській, Львівській,

Таблиця 2

Рівняння лінії тренду прогнозу чисельності учнів перших класів, коефіцієнти детермінації й кореляції

Регіон	Рівняння	Коефіцієнт детермінації	Коефіцієнт кореляції
Вінницька обл.	$y = -147,24t^2 + 1214,3t + 15373$	0,7922	0,8901
Волинська обл.	$y = -94,768t^2 + 745,28t + 13480$	0,6233	0,7895
Дніпропетровська обл.	$y = -187,01t^2 + 1471,4t + 33063$	0,6038	0,7770
Донецька обл.	$y = -106,08t^2 + 674,99t + 16492$	0,7607	0,8722
Житомирська обл.	$y = -101,09t^2 + 835,13t + 12923$	0,7263	0,8522
Закарпатська обл.	$y = -98,542t^2 + 813,29t + 16305$	0,6702	0,8187
Запорізька обл.	$y = -132,79t^2 + 1050,6t + 15934$	0,6357	0,7973
Івано-Франківська обл.	$y = -56,494t^2 + 419,05t + 15886$	0,4180	0,6465
Київська обл.	$y = 587,95t + 21379$	0,7549	0,8688
Кіровоградська обл.	$y = -101,26t^2 + 843,12t + 8750,9$	0,7743	0,8799
Луганська обл.	$y = -30,429t^2 + 166t + 5606,4$	0,7803	0,8833
Львівська обл.	$y = -152,02t^2 + 1424,5t + 26389$	0,5398	0,7347
Миколаївська обл.	$y = -90,982t^2 + 717,59t + 11315$	0,6556	0,8097
Одеська обл.	$y = -177,35t^2 + 1684t + 25294$	0,5632	0,7505
Полтавська обл.	$y = -63,435t^2 + 462,4t + 13561$	0,7233	0,8505
Рівненська обл.	$y = 1,9953t^4 - 42,862t^3 + 169,24t^2 + 418,12t + 15305$	0,7171	0,8468
Сумська обл.	$y = -65,97t^2 + 504,82t + 9445,4$	0,6526	0,8078
Тернопільська обл.	$y = -62,536t^2 + 395,61t + 11204$	0,8140	0,9022
Харківська обл.	$y = -121,08t^2 + 946,78t + 24645$	0,5981	0,7734
Херсонська обл.	$y = -87,935t^2 + 686,64t + 10735$	0,7847	0,8858
Хмельницька обл.	$y = -64,679t^2 + 516,65t + 13381$	0,6810	0,8252
Черкаська обл.	$y = -78,357t^2 + 587,36t + 11226$	0,8068	0,8982
Чернівецька обл.	$y = -78,19t^2 + 705,6t + 9755,9$	0,6066	0,7788
Чернігівська обл.	$y = 4,7955t^3 - 145,88t^2 + 879,09t + 8633,9$	0,8115	0,9008
м. Київ	$y = -211,57t^2 + 2296,9t + 27026$	0,7470	0,8643
Україна	$y = -2612,1t^2 + 22373t + 391469$	0,6316	0,7947

Складено авторами.

Одеській, Сумській, Тернопільській, Черкаській областях.

Отже, прогнозування за допомогою часового тренду проведено для попереднього аналізу й визначення тенденцій розвитку такого показника, як чисельність учнів перших класів у закладах ЗСО. Для глибшого дослідження пропонується розглянути моделі факторного аналізу з метою вивчення взаємозв'язків між значеннями змінних.

Загальна методика перевірки гіпотези про існування зв'язку між змінними передбачає три основних етапи: визначення типу даних та їх репрезентативності; перевірку гіпотези про наявність зв'язку між ними й оцінювання щільності зв'язку.

Для побудови факторної моделі чисельність учнів перших класів у закладах ЗСО розглядається нами як функціональна залежність від кількості народжених у відповідному році. Проведений аналіз зазначених часових рядів показав, що загалом по Україні коефіцієнт кореляції дорівнює 0,7797. Разом із тим для переважної низки регіонів його значення перевищує 0,75, що свідчить про тісний зв'язок показників, а отже, про залежність контингенту учнів перших класів від чисельності народжених у відповідному році.

Поняття регресії й кореляції безпосередньо пов'язані. Кореляційний аналіз оцінює щільність зв'язку, а регресійний – його форму, яка вказує на залежність між факторними ознаками у вигляді рівняння регресії. Далі

на основі регресійного аналізу нами визначено тип функції, виконано розрахунок коефіцієнтів регресії та теоретичних значень результативної ознаки, перевірено статистичну значимість рівняння й коефіцієнтів регресії.

Таким чином, рівняння моделі набуває вигляду:

$$y = -35644,639 + 1,053x, \quad (3)$$

де x – чисельність народжених у 2008–2015 рр. (табл. 3).

Далі на основі цієї моделі виконано розрахунок чисельності першокласників у закладах ЗСО загалом по Україні у 2014/2015–2021/2022 н. рр. і наведено відповідні фактичні значення цього показника (рис. 2).

За результатами аналізу факторної моделі залежності чисельності першокласників (y) від кількості народжених (як незалежної змінної x) загалом по Україні для восьми років статистичних спостережень нами отримано такі коефіцієнти регресії: коефіцієнт кореляції – 0,7797; коефіцієнт детермінації – 0,6080; стандартна помилка – 11 150,827, що показує якість апроксимації результатів спостережень. Критерій Фішера, який використовується для оцінювання значимості лінійних регресійних моделей, у наших розрахунках дорівнює 9,287332495, а критеріальна оцінка – 0,022583919, отже, рівняння регресії є значущим із вірогідністю майже 98 %.

Значимість коефіцієнтів моделі (рівняння в загальному вигляді $y = a + bx$) визначено на основі t -кри-

Таблиця 3

Чисельність народжених у 2008–2015 рр., осіб

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
443 513	446 153	433 312	437 500	453 069	438 611	440 862	411 781

Складено авторами за: [17].

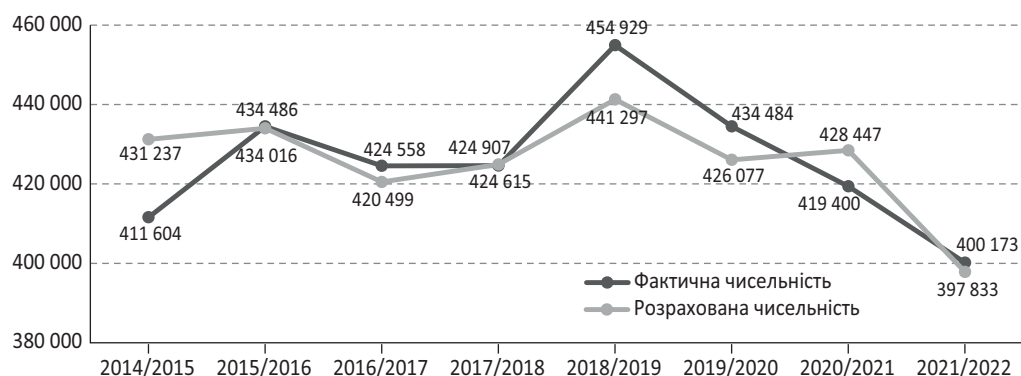


Рис. 2. Розподіл фактичної й розрахованої методом факторного аналізу чисельності учнів перших класів у 2014/2015–2021/2022 н. рр., осіб

Побудовано авторами.

терію Стьюдента. Для коефіцієнта a критичне значення критерію Стьюдента $t_{\text{крит}} = 2,44$; $t_{\text{стат } a} = 0,235$; $t_{\text{стат } a} < t_{\text{крит}}$, отже, коефіцієнт a не є статистично значимим. Для коефіцієнта b $t_{\text{стат } b} = 3,048$; $t_{\text{стат } b} > t_{\text{крит}}$, тобто коефіцієнт b є статистично значимим.

Якість моделі встановлено за допомогою значення R -критерію Фішера. Розраховане критичне значення критерію Фішера $F_{\text{крит}} = 5,987$, для нашої моделі значення $F_{\text{стат}} = 9,287$, що підтверджує лінійний зв'язок між x і y .

Коефіцієнт детермінації для факторної моделі дорівнює 0,6080, отже, варіація (змінюваність) змінної y (чисельність учнів перших класів) на 60,8 % пояснюється варіацією змінної x (кількість народжених дітей у відповідному році), а 39,2 % припадає на інші фактори, не враховані в моделі, зокрема міграційні процеси (виїзд за межі країни), віковий фактор першокласників (у перший клас частково оформлюються діти 7- або 8-річного віку), смертність дітей тощо. Розрахована середня помилка апроксимації дорівнює 1,7 %. Для високої якості розроблених моделей значення цього коефіцієнта має бути

меншим за 7 %. Розрахований коефіцієнт еластичності для нашої моделі становить 1,0838, отже, при збільшенні кількості народжених на 1 % чисельність першокласників зросте на 1,08 %.

Результати розрахунків прогнозної чисельності учнів перших класів загалом по Україні у 2022/2023–2024/2025 н. рр. наведено в табл. 4.

Таким чином, нами отримано точковий прогноз чисельності учнів перших класів на 2022/2023–2024/2025 н.рр. Розрахунки інтервального прогнозу свідчать, що з вірогідністю 95 % за середньої кількості народжених у 2016–2018 рр. 349 253 особи середня чисельність першокласників у 2022/2023–2024/2025 н.рр. перебуватиме в межах 281 507–416 999 осіб. Обчислений коефіцієнт співвідношення величини верхньої й нижньої меж прогнозу дорівнює 1,48, що вказує на досить високу точність прогнозу за розробленою моделлю, оскільки прогноз вважається точним, якщо це значення не перевищує 2.

З огляду на викладене можна зробити такі висновки:

Таблиця 4

**Кількість народжених і прогнозна чисельність учнів перших класів
загалом по Україні у 2022/2023–2024/2025 н. рр., осіб**

Рік народження	Кількість народжених	Навчальний рік	Прогнозна чисельність першокласників
2016	397 037	2022/2023	382 312
2017	363 987	2023/2024	347 521
2018	335 874	2024/2025	317 927

Складено авторами.

1. Статистичне вивчення тенденцій і закономірностей розвитку загальної середньої освіти в умовах збройної агресії рф в Україні вимагає вдосконалення методології прогнозування на основі достовірної статистичної інформації, організації збору й опрацювання даних, створення якісного інформаційного забезпечення для прийняття ефективних управлінських рішень.

2. На основі методів математичної статистики нами розроблено трендові й факторні моделі для прогнозування чисельності учнів перших класів у закладах ЗСО (без спеціальних закладів), які вказують на репрезентативність вибірок досліджуваних даних, адекватність моделей і надійність методики.

3. Для більшості регіонів коефіцієнт кореляції для розроблених трендових моделей перебуває в діапазоні $0,75 < K < 1$, що свідчить про високу щільність зв'язку з трендом та адекватність побудованої моделі.

4. Проведений аналіз розроблених факторних моделей доводить залежність контингенту учнів перших класів від чисельності народжених у відповідному році, а також свідчить про високу якість і точність цих моделей, оскільки розрахована середня помилка апроксимації дорівнює 1,7 %.

5. За факторною моделлю отримано точковий прогноз чисельності уч-

нів загалом по Україні на 2022/2023–2024/2025 н. рр. Розрахунки інтервального прогнозу показали, що з вірогідністю 95 % за середньої кількості народжених у 2016–2018 рр. 349 253 особи середня чисельність першокласників у 2022/2023–2024/2025 н. рр. перебуватиме в межах від 281 507 до 416 999 осіб.

6. У зв'язку з масштабним тимчасовим переміщенням населення, зокрема сімей із дітьми, у безпечніші регіони, на нашу думку, доцільно виконувати розрахунок прогнозних значень чисельності учнів першого класу за трендовими моделями загалом по Україні та в розрізі регіонів з урахуванням внутрішньо переміщених осіб; застосовувати факторні моделі лише для розроблення прогнозу загалом по Україні, оскільки прогнозне оцінювання від кількості народжених за регіонами в умовах сьогодення не має сенсу й можливе тільки в повоєнний період.

7. Наукова новизна одержаних результатів полягає в розв'язанні важливої наукової проблеми в галузі управління загальною середньою освітою – розробленні концептуально-методологічних засад прогнозування ключових показників діяльності системи загальної середньої освіти в умовах її реформування й модернізації, забезпечення керівників

різних рівнів управління даними для обґрунтування необхідних управлінських заходів.

Перспективою подальших досліджень в окресленому напрямку є

розроблення моделей прогнозування загального контингенту учнів, чисельності педагогічних працівників і вчителів, які викладають окремі предмети в закладах ЗСО.

Список використаних джерел

1. Прогнозування розвитку загальної середньої освіти: теорія і методологія : монографія / Л. А. Онищук та ін. ; за наук. ред. Д. О. Пузікова. Київ : КОНВІ ПРІНТ, 2019. 240 с. URL: <https://undip.org.ua/library/prohnozuvannia-rozvytku-zahalnoi-serednoi-osvity-teorii-i-metodolohii-monohrafiia/>.
2. Онищук Л. А. Значення прогностичного знання в галузевому управлінні. *Актуальні проблеми соціології, психології, педагогіки*. 2013. № 3(20). С. 209–215. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/apspp_2013_3_31.
3. Онищук Л. А. Концепція прогнозування розвитку загальної середньої освіти. Київ : Пед. думка, 2016. 46 с. URL: https://undip.org.ua/wp-content/uploads/2021/08/kontsepsiya_prohnozuvannya_rozvytku_zagalnoi_serednoi_osvity_2016.pdf.
4. Пузіков Д. О. Теоретична модель прогнозування розвитку загальної середньої освіти. *Український педагогічний журнал*. 2017. № 4. С. 128–137. URL: <https://uej.undip.org.ua/index.php/journal/article/view/575>.
5. Мушка О. В. Прогностичні моделі розвитку загальної середньої освіти, розроблені в незалежній Україні, в змісті посібника з педагогічного прогнозування для вчителя. *Проблеми сучасного підручника*. 2018. Вип. 21. С. 271–282. DOI: <https://doi.org/10.32405/2411-1309-2018-21-271-283>.
6. Мезенцева О. І. Міжнародні чинники розвитку загальної середньої освіти в Україні. *Український педагогічний журнал*. 2017. № 4. С. 18–26. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukrpj_2017_4_5.
7. Климчук І. О. Дослідження критеріїв та показників розвитку загальної середньої освіти в Україні. *ScienceRise: Pedagogical Education*. 2016. № 10. С. 19–26. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/texcped_2016_10_6.
8. Цимбалару А. Д. Педагогічне проектування освітнього простору в школі І ступеня: теорія і практика : монографія. Київ : Пед. думка, 2013. 692 с.
9. Бахрушин В. Є. Методи аналізу даних : навч. посіб. Запоріжжя : КПУ, 2011. 268 с. URL: <http://kist.ntu.edu.ua/textPhD/metDataManing.pdf>.
10. Прогнозування соціально-економічних процесів : навч. посіб. / Т. С. Клебанова та ін. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. 656 с. URL: http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/37928/3/Book_2015_Klebanova_Prohnoz_sots_ekon_protseviv.pdf.
11. Кривда О. В., Сидоренко Ю. В., Романова Д. П. Прогнозування динаміки економічних процесів за допомогою методів фрактальної геометрії. *Економічний вісник НТУУ «Київський політехнічний інститут»*. 2017. № 14. DOI: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.14.2017.108714>.
12. Сегіда К. Ю. Методичні основи геодемографічного прогнозування. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2016. Вип. 24. С. 109–116. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pbgo_2016_24_26.
13. Гапон В. В., Барабаш О. А., Чимбай Л. Л. Аналіз демографічної ситуації та прогнозне оцінювання чисельності учнів перших класів. *Освітня аналітика України*. 2021. № 2(13). С. 101–116. DOI: <https://doi.org/10.32987/2617-8532-2021-2-101-116>.

14. Гапон В. В., Чимбай Л. Л. Оцінювання точності розробленого прогнозу контингенту учнів у денних закладах загальної середньої освіти. *Освітня аналітика України*. 2022. № 2(18). С. 72–87. DOI: <https://doi.org/10.32987/2617-8532-2022-2-72-87>.

15. Бредюк В. І., Василів В. Б., Джоші О. І. Прогнозування чисельності випускників середніх загальноосвітніх навчальних закладів II-го та III-го ступеня Рівненської області. *Технології навчання*. Рівне : НУВГП, 2015. Вип. 14. С. 31–36. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/1603/>.

16. Зведений звіт закладів загальної середньої освіти (форма № 76-ПВК) / ДНУ «Інститут освітньої аналітики». URL: <https://iea.gov.ua/naukovo-analitichna-diyalnist/analitika/informatsijni-byuleteni/>.

17. Населення України / Державна служба статистики України. URL: http://db.ukrcensus.gov.ua/MULT/Dialog/statfile_c.asp.

Valentyna Gapon

Ph. D. (Pedagogy), SSI «Institute of Educational Analytics», Kyiv, Ukraine, valvas.gapon@gmail.com
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7521-5450>

Lyudmyla Chimbay

SSI «Institute of Educational Analytics», Kyiv, Ukraine, lyudachim@gmail.com
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4647-2471>

APPLICATION OF ECONOMIC AND MATHEMATICAL METHODS FOR DEVELOPING FORECASTS IN THE FIELD OF GENERAL SECONDARY EDUCATION

Abstract. *The military aggression of the Russian Federation against Ukraine and the introduction of martial law in Ukraine caused serious problems with the collection, processing and analysis of the necessary statistical and administrative information. In particular, it was necessary to predict the number of first-graders and enrollment of pupils in general secondary schools at the beginning of the 2022/2023 school year and especially school leavers, who are expected to become potential entrants to higher education, pre-tertiary vocational and vocational education institutions. When developing a model for forecasting the number of first-graders, a functional dependence was determined that adequately describes the development trends of this indicator, and consisted in obtaining the minimum average absolute deviation of the forecast value from the actual. In the course of the study, we developed trend models for forecasting the number of first-grade students for each region and determined the mathematical characteristics of the forecast model. For a more detailed study, we consider factor analysis models in order to examine the relationship between the number of first-graders and the number of children born. Based on the regression analysis, the type of function was determined; regression coefficients and theoretical values of the resulting indicator were calculated; and the statistical significance of the equation and regression coefficients was tested. In this way, we received a target forecast of the number of students for the 2022/2023-2024/2025 school years. Given the large-scale temporary*

displacement of the population, in particular families with children to safer regions, we consider it expedient to calculate the forecast values of the number of first-grade students using trend models for Ukraine as a whole and by region, taking into account internally displaced persons. Factor models should be used only to develop a forecast for Ukraine as a whole, since forecasting from the number of births by region is not meaningful in today's conditions and is possible only in the post-war period. The prospect of further research in this direction is the development of economic and mathematical models for forecasting the total number of school students, the number of pedagogical staff and teachers of certain subjects in general secondary schools.

Keywords: general secondary education, number of students in first grades, school student contingent, forecasting methods and models, regression and correlation analysis, forecast evaluation.

References

1. Pusikov, D. O. (Ed.). (2019). *Forecasting the development of general secondary education: theory and methodology*. Kyiv: KONVI PRINT. Retrieved from <https://undip.org.ua/library/prohnozuvannia-rozvytku-zahalnoi-serednoi-osvity-teoriia-i-metodolohiia-monohrafiia/> [in Ukrainian].
2. Onyshchuk, L. A. (2013). The value of predictive knowledge in sectoral management. *Current issues of sociology, psychology, and pedagogy*, 3(20), 209-215. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/apspp_2013_3_31 [in Ukrainian].
3. Onyshchuk, L. A. (2016). *The concept of forecasting the development of general secondary education*. Kyiv: Pedahohichna dumka. Retrieved from https://undip.org.ua/wp-content/uploads/2021/08/kontsepsiya-prohnozuvannya-rozvytku-zagalnoyi-serednoyi-osvity_2016.pdf [in Ukrainian].
4. Pusikov, D. (2017). Theoretical model for prediction of general secondary education development. *Ukrainian Educational Journal*, 4, 128-137. Retrieved from <https://uej.undip.org.ua/index.php/journal/article/view/575> [in Ukrainian].
5. Mushka, O. (2018). Secondary education development forecasting models developed in the independent Ukraine in the contents of teacher's pedagogical forecasting manual. *Problems of the Modern Textbook*, 21, 271-282. DOI: <https://doi.org/10.32405/2411-1309-2018-21-271-283> [in Ukrainian].
6. Mezentseva, O. (2017). International factors of influence on the comprehensive secondary education development. *Ukrainian Educational Journal*, 4, 18-26. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukrpj_2017_4_5 [in Ukrainian].
7. Klimchuk, I. (2016). Research on criteria and indicators for the development of general secondary education in Ukraine. *ScienceRise: Pedagogical Education*, 10, 19-26. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/texcped_2016_10_6 [in Ukrainian].
8. Tsymbalaru, A. D. (2013). *Pedagogical design of educational space in a school of the first degree: theory and practice*. Kyiv: Pedahohichna dumka [in Ukrainian].
9. Bakhrushyn, V. (2011). *Data analysis methods*. Zaporizhzhia: KPU. Retrieved from <http://kist.ntu.edu.ua/textPhD/metDataManing.pdf> [in Ukrainian].
10. Klebanova, T. S., Kurzenev, V. A., Naumov, V. M., Hurianova, L. S., Cherniak, O. I., Zakharchenko, P. V., & Serhiienko, O. A. (2015). *Forecasting of social and economic processes*. Kharkiv: KhNEU named after S. Kuznets. Retrieved from http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/37928/3/Book_2015_Klebanova_Prohnoz_sots_ekon_protseviv.pdf [in Ukrainian].

11. Kryvda, O. V., Sydorenko, Iu. V., & Romanova, D. P. (2017). Forecasting the dynamics of economic processes by the methods of fractal geometry. *Economic Bulletin of NTUU "Kyiv Polytechnical Institute"*, 14. DOI: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.14.2017.108714> [in Ukrainian].
12. Sehida, K. (2016). Methodical bases of geodemographic forecasting. *Problems of Continuous Geographic Education and Cartography*, 24, 109-116. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pbgo_2016_24_26 [in Ukrainian].
13. Gapon, V., Barabash, O., & Chimbay, L. (2021). Analysis of the demographic situation and forecast estimation of the number of first grade students. *Educational analytics of Ukraine*, 2(13), 101-116. DOI: <https://doi.org/10.32987/2617-8532-2021-2-101-116> [in Ukrainian].
14. Gapon, V. & Chimbay, L. (2022). Assessment of the accuracy of the developed forecast of the student population in full-time general secondary education institutions. *Educational analytics of Ukraine*, 2(18), 72-87. DOI: <https://doi.org/10.32987/2617-8532-2022-2-72-87> [in Ukrainian].
15. Bredyuk, V. I., Vasylyv, V. B. & Dzhoshi, O. I. (2015). Prognostification of graduates' number of middle general secondary educational establishments of levels II and III in Rivne region. *Learning technologies*, 14, 31-36. Rivne: NUVGP. Retrieved from <https://ep3.nuwm.edu.ua/1603/> [in Ukrainian].
16. SSI «Institute of Educational Analytics». (n. d.). *Consolidated report of general secondary education institutions (form No. 76-RVK)*. Retrieved from <https://iea.gov.ua/naukovo-analitichna-diyalnist/analitika/informatsijni-byuleteni/> [in Ukrainian].
17. State Statistics Service of Ukraine. (n. d.). *Population of Ukraine*. Retrieved from http://db.ukrcensus.gov.ua/MULT/Dialog/statfile_c.asp [in Ukrainian].