

Міністерство освіти і науки України
Рівненський державний гуманітарний університет
Кафедра інформаційних технологій та моделювання

Кваліфікаційна робота

за освітнім ступенем «бакалавр»

на тему:

**СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ ДЕМОГРАФІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ
МЕТОДОМ ЕКСТРАПОЛЯЦІЇ ЧАСОВИХ РЯДІВ.**

Виконав:

здобувач IV курсу

групи ПЗ-41

спеціальності 121 «Інженерія

програмного забезпечення»

Копервас Владислав Миколайович

Науковий керівник:

к.т.н., доцент Шевцова Н. В.

Рівне – 2026

АНОТАЦІЯ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Копервас В.М. Система прогнозування демографічних показників методом екстраполяції часових рядів. Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня «бакалавр» за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення» – Рівненський державний гуманітарний університет. Рівне, 2026. 65 с.

Дана кваліфікаційна робота присвячена дослідженню, аналізу та програмній реалізації системи прогнозування демографічних показників на основі методів екстраполяції часових рядів. У роботі розглянуто теоретичні основи демографічного прогнозування, проаналізовано сучасну демографічну ситуацію в Україні та досліджено особливості використання математичних моделей для передбачення змін чисельності населення, народжуваності, смертності та міграційних процесів.

У межах дослідження було проведено порівняльний аналіз основних методів екстраполяції часових рядів, серед яких лінійна екстраполяція, експоненціальна екстраполяція, лінійна регресія, поліноміальна екстраполяція, логістична модель та модель ARIMA. Для кожного з методів визначено принципи функціонування, переваги, недоліки та сфери практичного застосування при прогнозуванні демографічних процесів.

Практичною складовою роботи стала розробка веборієнтованої системи прогнозування демографічних показників. Вебзастосунок реалізовано з використанням мов HTML, CSS та JavaScript. Для візуалізації результатів прогнозування використано бібліотеку Chart.js, що забезпечує побудову інтерактивних графіків та наочне представлення результатів аналізу. Система підтримує як ручне введення демографічних даних, так і імпорт статистичної інформації з CSV-файлів, що дозволяє працювати з реальними часовими рядами та застосовувати різні методи прогнозування залежно від обсягу доступних даних.

Особливу увагу приділено забезпеченню доступності та зручності використання системи. Розроблений програмний продукт дозволяє користувачам без спеціальної підготовки здійснювати аналіз демографічних тенденцій, отримувати прогнозні значення на майбутні періоди та порівнювати результати різних

математичних моделей. Практична цінність отриманих результатів полягає у створенні доступного інструменту для підтримки прийняття рішень у сфері демографічного аналізу, освітньої діяльності та наукових досліджень.

Ключові слова: демографічне прогнозування, часові ряди, екстраполяція, лінійна екстраполяція, експоненціальна екстраполяція, лінійна регресія, поліноміальна екстраполяція, логістична модель, модель ARIMA, вебзастосунок, HTML, CSS, JavaScript, Chart.js.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ. ДЕМОГРАФІЧНИХ ПРОГНОЗІВ	12
1.1. Демографія як наука: поняття, предмет і структура	12
1.2. Демографічний прогноз: сутність, види та практичне значення	14
1.3. Демографічна ситуація в Україні: основні проблеми та тенденції	16
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ЕКСТРАПОЛЯЦІЇ В ПРОГНОЗУВАННІ ДЕМОГРАФІЧНИХ ПРОЦЕСІВ.	20
2.1. Екстраполяція часових рядів як метод прогнозування	20
2.2. Основні методи екстраполяції часових рядів	21
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ДЕМОГРАФІЧНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ.	29
3.1. Загальна характеристика вебзастосунку	29
3.2. Програмні особливості вебзастосунку	34
ВИСНОВКИ	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	46
ДОДАТКИ	48

ВСТУП

Актуальність теми роботи. Демографічні процеси є одним із визначальних чинників соціально-економічного розвитку будь-якої держави. Чисельність населення, показники народжуваності та смертності, а також масштаби, тенденції та напрями міграційних потоків мають безпосередній вплив на формування та функціонування ринку праці, рівень економічної активності, обсяг державних соціальних витрат, розвиток систем освіти, охорони здоров'я та пенсійного забезпечення, визначення потрібної кількості житла і ресурсів, розбудову населених пунктів і їх функціонування, аналіз і правильне розміщення економічних зон задля найбільшої вигоди. Зміни демографічної структури населення визначають довгострокові стратегічні напрямки державної політики та потребують постійного моніторингу й аналізу.

В сучасному світі існує величезна кількість викликів соціально-економічного характеру, зокрема нестабільний перебіг процесів глобалізації, зростання можливостей міграційної мобільності населення та кризові явища в демографії. В цьому середовищі особливої актуальності набуває можливість використання різноманітних інформаційних технологій і моделей для прогнозування та аналізу демографічних даних. Традиційні методи статистичного аналізу на даний момент є застарілими і не завжди можуть дозволити користувачу оперативно аналізувати, зчитувати і обробляти великі обсяги даних. Через це дуже важко швидко отримувати наочно достовірні результати. Саме ці чинники створюють потребу в автоматизованих системах аналізу зрушень демографічних показників.

Під час демографічного аналізу особливого значення набуває можливість прогнозування демографічних процесів, оскільки це дозволяє оцінити більшість можливих сценаріїв зміни чисельності або структури населення у майбутньому, своєчасно виявляти негативні тенденції та формувати найбільш оптимальні управлінські рішення. Методи екстраполяції часових рядів є одними із найбільш ефективних та поширених інструментів для прогнозування, оскільки дозволяють відстежувати зміни в структурі та аналізувати динаміку показників, беручи за основу

історичні дані. З наявними даними уже можна будувати прогностичні значення на визначений період.

В цьому плані Україна дуже добре підходить як показовий приклад. Депопуляція тут триває вже не один десяток років і ознак того, що ця тенденція зміниться, поки не видно. Народжуваність менша за смертність, молодь виїжджає за кордон, війна, яка перейшла у повномасштабну фазу в лютому 2022 року, додала ще кілька серйозних проблем одразу. Мільйони людей виїхали за кордон і багато з них уже не повернеться. Цілі райони на сході та півдні втратили велику частину жителів. За таких обставин уміння нормально прогнозувати демографічну ситуацію являється не просто академічним інтересом, а важливим інструментом що реально потрібен для планування бюджету, соціальних програм, розвитку регіонів, тощо.

Окремо варто зазначити, що демографічні дані не є найзручнішим матеріалом для аналізу. Пропуски, різкі стрибки через вплив зовнішніх подій, суперечності між різними джерелами трапляються регулярно. Метод, який успішно працює з економічними часовими рядами, на демографічних даних може видати некоректний результат. Тому не можна застосовувати перший-ліпший інструмент без урахування специфіки предметної області. Необхідно розуміти, для яких умов кожен підхід є придатним, а в яких випадках варто звернутися до альтернативних методів. Іншою важливою проблемою є доступність програмного забезпечення. Більшість професійних програм для демографічного аналізу мають високу вартість або потребують тривалого навчання. Для невеликого міського відділу статистики чи молодого дослідника це часто є непереборним бар'єром. Внаслідок цього рішення нерідко приймаються на основі доступних, але застарілих засобів: старих таблиць, звітів, ручних підрахунків. Відсутність зручного і доступного інструменту спонукала до створення вебсистеми. Метою розробки не є конкуренція з науковими платформами, а забезпечення базового рівня потреб, де користувачеві необхідно швидко оцінити тенденцію, побудувати прогноз на кілька років уперед і зробити це без надмірних технічних складнощів.

Мета дослідження – аналіз того, як працюють методи екстраполяції часових рядів, зрозуміти логіку кожного з них, де вони справляються добре, а де починають

давати похибки. Демографічні дані ніколи не були сталою одиницею: вони реагують на міграційні хвилі, збройні конфлікти, економічні потрясіння, через це в них регулярно з'являються різкі стрибки та спади, які ламають будь-яку рівну тенденцію. Рівень зайнятості, стан системи охорони здоров'я, доступність житла - все це теж тисне на демографічні показники. Саме тому інструменти, які непогано працюють, у фінансовому прогнозуванні, у демографії чи деінде дають значно гірший результат. Саме тому з'явилась потреба у дослідженні і порівнянні конкретних математичних моделей і алгоритмів з розумінням того, що стоїть за кожною формулою.

Суть кваліфікаційної роботи полягає у розробці вебсистеми, яка збирає демографічні дані, аналізує їх, приводить до потрібного вигляду і на основі цього будує прогнози. Припустимо, є дані про народжуваність за двадцять років – система на їх основі покаже, чого очікувати через п'ять або десять років, і зробить це одразу кількома методами для зручності порівняння. Важливою частиною розробленої системи є зручність. Система розрахована на користування не тільки дослідниками чи розробниками, а й аналітиками, працівниками держструктур і простими людьми, яким цікава демографічна статистика, але які не мають ніякої технічної підготовки.

Об'єкт дослідження – це демографічні процеси та часові ряди демографічних показників. Сюди входять дані про чисельність населення, народжуваність і смертність, а також міграційні потоки, як ті, що йдуть у країну, тобто іміграція, так і ті, що з неї виходять, тобто еміграція. Усі ці показники разом відображають те, як населення змінюється з часом: зростає, скорочується або перерозподіляється між регіонами.

Часові ряди цих показників і їхні значення, зафіксовані через рівні проміжки часу дають можливість не просто описати поточний стан, а виявити закономірності, де є чітка тенденція до зниження, а де до циклічних коливань, які пов'язані, наприклад, із економічними кризами або воєнними подіями, де зміна одного показника тягне за собою зміну іншого, а де вони розвиваються відносно незалежно. Все це важливо розуміти, якщо стоїть задача не просто описати минуле, а спробувати передбачити майбутнє.

Таким чином, часові ряди демографічних показників це не просто статистика заради статистики. Це інструмент, який при правильному використанні дає змогу побачити, куди рухається населення, що на це впливає і чого очікувати в найближчі роки.

Предметом дослідження є методи екстраполяції часових рядів, тобто способи прогнозування майбутніх значень на основі наявних даних за минулі роки. Існує чимало таких методів, і всі вони різняться за своїми властивостями. Одні методи розраховані на ситуації, де дані змінюються плавно та передбачувано, інші ж створені для роботи з різкими стрибками та незрозумілими відхиленнями. При цьому важливо розуміти не лише сам метод, а й те, на чому він тримається: які формули стоять за розрахунком, які параметри треба задавати вручну, а які підбираються автоматично, як модель поводить себе за наявності пропусків або помилкових значень.

Уся теоретична частина прив'язана до конкретної задачі – прогнозування демографічних показників, а саме народжуваності, смертності та міграції. Кожен із цих показників поводить себе по-своєму: міграційні потоки можуть за один рік кардинально змінитися через зовнішню подію, тоді як смертність змінюється повільніше й передбачуваніше. Тому метод, який добре спрацював для одного показника, для іншого може дати неприйнятний результат. Програмна реалізація передбачає вибір мови програмування, необхідних бібліотек, організацію обчислень та створення інтерфейсу, зручного для користувача. Кінцевою метою є створення системи, яка дозволяє завантажити дані, обрати метод, отримати прогноз та оцінити ступінь його достовірності.

Методи дослідження. Під час роботи довелося використовувати різні методи, в залежності від того, що саме потрібно було зробити на кожному етапі.

При розробці вебзастосунку використовувались методи програмної інженерії: вибір архітектури, технологічного стеку, організація логіки застосунку. Фінальним етапом стала візуалізація результатів роботи цих методів. Графіки потрібні не для оформлення, а щоб результати різних методів можна було нормально порівняти між собою, не гублячись у колонках цифр.

Практичне значення роботи полягає у створенні та реалізації вебсистеми для аналізу і прогнозування демографічних показників. Вирішення цього завдання досі вимагає або спеціальних знань, або дорогого програмного забезпечення, або того й іншого одночасно. Внаслідок цього більшість потенційних користувачів, для яких така інформація є корисною, не мають до неї належного доступу. Створений вебзастосунок змінює цю ситуацію. Система є безкоштовною та доступною з будь-якого пристрою, що має браузер. Крім того, вона не потребує від користувача глибоких технічних знань. Діяльність користувача зводиться до завантаження даних, вибору методу та отримання результату. Це суттєво знижує поріг входу для осіб, які раніше не мали змоги здійснювати такий аналіз.

Ще однією можливістю системи є порівняння методів між собою безпосередньо у вебзастосунку. Наприклад, користувач може запустити лінійну екстраполяцію та ARIMA на однакових демографічних даних і одразу побачити розбіжності в прогнозах та їхню суттєвість. Таке порівняння є корисним не лише для практичної роботи, а й для навчання, оскільки студент або учень реально спостерігає різницю між підходами замість того, щоб читати про неї лише в підручнику. Додатковим аргументом на користь такої системи є її прозорість. У системі всі розрахунки є відкритими: користувач завантажує власні дані, самостійно обирає метод прогнозування та на цій основі отримує прогноз. Це важливо як для наукової роботи, де потрібна відтворюваність результатів, так і для державних структур, де рішення мають бути обґрунтованими та доступними для перевірки.

Коло потенційних користувачів досить широке. Студенти можуть використовувати систему для курсових і дипломних робіт, щоб не витратити час на ручні розрахунки, учні, за допомогою цієї системи, можуть в реальному часі бачити, що таке прогноз і як змінюється структура населення, тобто його динаміку, а це сильно спрощує засвоєння шкільного матеріалу, пов'язаного з населенням. Викладачі і науковці можуть користуватись такою системою для швидкого дослідження тенденцій або перевірки гіпотез. Звичайні люди, яким просто цікаво, матимуть змогу подивитися, як змінювалась чисельність населення їхнього регіону за останні двадцять років і що буде далі, теж знайдуть тут щось корисне.

Але, мабуть, найбільш практична цінність такої системи для державних структур. Міністерству економіки потрібні прогнози чисельності працездатного населення для планування ринку праці. Пенсійному фонду важливо розуміти, скільки людей вийде на пенсію через десять років і скільки буде тих, хто платитиме внески. Місцевим органам влади важливо бачити демографічні тенденції свого регіону, щоб планувати будівництво шкіл, лікарень, доріг. Усі ці задачі система здатна закрити або принаймні суттєво спростити.

Таким чином, робота має цінність не лише як навчальний або дослідницький проєкт, а як інструмент, який може реально використовуватись у щоденній аналітичній і управлінській роботі.

Апробація і впровадження результатів дослідження: Основні теоретичні та практичні результати здійсненого дослідження в межах цієї кваліфікаційної роботи обговорювалися та доповідалися на XVIII Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Наука, освіта, суспільство очима молодих» (м. Рівне, 14 травня 2026р.) [1]. Також результати дослідження доповідалися на звітній конференції викладачів, аспірантів та здобувачів освіти РДГУ за 2026 рік (м. Рівне, 15 травня 2026 р.).

Структура роботи: робота складається з таких частин як: вступ, три розділи, висновок, список використаних джерел та додатки. Загальний обсяг – 52 сторінки.

Вступ пояснює читачу актуальність роботи і окреслює загальний контекст – чому демографічне прогнозування взагалі важливе, яка ситуація склалась в Україні і навіщо потрібна автоматизована система для роботи з такими даними. Саме тут описуються мета, завдання, об'єкт і предмет дослідження.

Перший розділ присвячений демографічній ситуації як явищу. Детально розглядаються основні проблеми – депопуляція, низька народжуваність, висока смертність, міграція, старіння населення, неналежні умови і ризики для життя. Окремо аналізується, чому все це важливо досліджувати і які наслідки має ігнорування демографічних тенденцій для економіки і соціальної сфери. Також тут пояснюється, що таке часові ряди демографічних показників і чому саме вони є зручним інструментом для аналізу.

Другий розділ – суто методологічний. Тут детально розбираються методи екстраполяції часових рядів, які використовуються для прогнозування: лінійна і експоненціальна екстраполяція, лінійна регресія, поліноміальна екстраполяція, логістична модель і модель ARIMA. Для кожного методу пояснюється математична основа, умови застосування, сильні сторони і обмеження. Крім того, розглядаються критерії, за якими можна порівнювати точність різних методів між собою.

Третій розділ – практичний. Він описує весь процес розробки вебзастосунку: від вибору технологій і проєктування архітектури до реалізації окремих функцій і тестування. Тут показано, як реалізовані методи з другого розділу працюють на реальних демографічних даних, як організована візуалізація результатів і як влаштований інтерфейс для користувача.

У висновку підбиваються підсумки всієї роботи. Спочатку коротко описується те, що планувалось зробити на початку дослідження, та те, що реально вдалося виконати. Окремо фіксуються конкретні результати: які методи екстраполяції були розглянуті, як вони показали себе на реальних демографічних даних та що з цього вийшло у вигляді функціонального застосунку. Крім того, у висновку окреслюються напрямки подальшого розвитку системи.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ДЕМОГРАФІЧНИХ ПРОГНОЗІВ

1.1. Демографія як наука: поняття, предмет і структура

Населення, для кожної країни, є загальним, універсальним і чи не основним об'єктом дослідження, адже інформація про дослідження структури і характеристик населення є головною для багатьох сфер, кожна з яких виділяє ті сторони, аспекти, нюанси та відношення, які цікаві саме для цієї сфери. Населення країни є об'єктом дослідження та вивчення для великого числа наук. Основне місце серед них посідає демографія – сукупність даних і знань про населення.

Демографія – це наука, що вивчає різноманітними і притаманними їй методами чисельність, розташування та склад населення, його зміни, такі як зрушення, причини та наслідки даних змін. Також дана дисципліна аналізує зв'язок між населенням і соціально-економічними факторами, що охарактеризовують зміни в населенні, досліджує і прогнозує закономірності спаду чи приросту населення. Існує й більш загальне, зрозуміліше визначення, яке звучить так: демографія – це наука, що аналізує суспільно-економічні закономірності відтворення населення задля прогнозу в соціальній та історичній обумовленості [2].

Демографія аналізує не просто населення як таке (населення є об'єктом багатьох інших наук – від статистики до соціології), а саме процес його відтворення, приросту або скорочення. Процеси народження, старіння, смертності, зміни генерацій поколінь у демографії називаються природним рухом населення. Також є міграція, яка, на противагу, являє собою механічний рух населення. Демографія вивчає не тільки кількість, як це вважалося раніше, а й «якість» населення. До неї в першу чергу належить тенденція до самовідтворення – демографічний потенціал [7].

Також демографію розглядають як цілий комплекс наук про населення, що включає в себе певну кількість груп наукових дисциплін, які являються різними за рівнем теоретичної абстракції. Серед них можна виділити: емпіричну демографію

(демо-статистику або статистику населення), дескриптивну (описову) демографію, аналітичну демографію, демографічний аналіз (у вузькому розумінні), теоретичну демографію тощо.

Демографічний аналіз в широкому розумінні – це як конкретно-дисциплінарна, так і загальнонаукова методологія, що охоплює різноманітні рівні наукової теоретичної думки: від розгляду статистичних і аналітичних показників (нетто- та брутто-коефіцієнтів, народжуваності, очікуваної середньої тривалості життя), далі — через такі теоретичні побудови, як теорія «нульового-росту» і, врешті-решт, до виведення фундаментальних законів існування та розвитку суспільства.

Існують також різноманітні «предметно-споріднені» та «галузеві» демографічні дисципліни:

1. Соціальна демографія
2. Економічна демографія
3. Історична демографія
4. Медична демографія
5. Етнодемографія
6. Прикладна демографія
7. Демографія міського та сільського населення;

Об'єктом спостереження в процесах оцінки демографії є людина. Протягом життя в кожній людині зазнають змін її характеристики – вік, місце проживання, рівень освіти, зайнятість, сімейний стан тощо. Зміна цих характеристик у окремих людей тягне за собою і зміну характеристики населення в загальному. Даний процес називають рухом населення. Чисельність населення, як і його склад, постійно змінюється – народжуваність впливає на збільшення населення, а смертність – на зменшення. Результатом цих процесів виступає приріст або спад населення, що описуються як різниця між кількістю народжених і померлих людей. Це явище в демографії називається природним приростом населення. Процеси народжуваності, смертності, еміграції та імміграції, як складові руху населення, називають демографічними процесами. В свою чергу, всі ці процеси лежать в основі такого

явища, як демографічний прогноз, що задіяний для передбачення результатів змін в чисельності й структурі населення.

1.2. Демографічний прогноз: сутність, види та практичне значення

Демографічний прогноз – важливий етап розробки будь-якої середньострокової або довгострокової стратегії соціально-економічного розвитку. Він дозволяє оцінити кількість і баланс трудових ресурсів в перспективі. На основі даних, отриманих в результаті ретельного прогнозу, відбувається планування розвитку і розміщення об'єктів соціальної сфери, розбудова, модернізація і експлуатація як економічних об'єктів, так і цілих зон, визначення нагальної потреби людей у різноманітних товарах і послугах, медичному обслуговуванні, прогнозуванні витрат щодо соціального забезпечення. Прогноз чисельності населення, складу їх сімей, а також їх доходів, можливостей і потреб необхідний для оцінки викликів і перспектив житлового будівництва, потреби в квартирах і будинках різних типів, розбудови населених пунктів і розташування різноманітних об'єктів інфраструктури [7].

Метою даного дослідження є поглиблення знань з теми демографічного прогнозування. Дана тема є важливим інструментом аналізу змін у структурі та чисельності населення країни чи регіону. Демографічні прогнози, що становлять основу футурологічних досліджень у сфері змін складу населення в масштабах світу, окремих країн чи регіонів. Вони відіграють вагомую роль у прийнятті стратегічних рішень. Ці знання дозволяють проаналізувати можливі патерни в сферах народжуваності, смертності, міграції та вікового складу населення, що є дуже важливим для раціонального планування соціально-економічного, демографічного і культурного розвитку.

Актуальність прогнозування демографічних даних зумовлена ще й тим, що результати прогнозу широко використовуються різними людьми або групами людей. Наприклад, політики використовують демографічні прогнози для планування державної політики у сферах економіки, охорони здоров'я, пенсійного забезпечення, освіти й науки, зайнятості населення, тощо. Представники бізнесу орієнтуються на

дані, отримані з прогнозів, при плануванні інвестицій, аналізу ризиків, розвитку ринків праці та споживчого попиту. Вчені ж використовують ці дані як базу для досліджень у галузях економіки, соціології та регіонального розвитку. Це лише незначна кількість прикладів актуальності в сфері демографічного прогнозу, тому з цього можна зробити висновок, що переоцінити значимість цих прогнозів дуже важко.

Практична значимість демографічних прогнозів полягає в тому, що на основі дослідження цих прогнозів можна побудувати рекомендації певним людям, або органам управління щодо необхідності впровадження певних стабілізаційних заходів або покращення існуючої демографічної ситуації, враховувати тенденції відтворення чи спаду населення при вирішенні важливих демографічних проблем, вносити корективи і визначати правильний курс при проведенні соціальної політики.

Прогнози розвитку економіки, соціальної інфраструктури, територіального розподілу населення, зайнятості населення, динаміки його доходів і рівня життя відіграють вагомую роль при формуванні припущень найраціональнішого демографічного розвитку та вибору варіанту перспективного обліку населення, який являється основою стратегії соціально-економічного розвитку [2].

Донедавна, завдання демографічного прогнозування значилися переважно в предметній області досліджень лише наукового співтовариства. Можливість передбачення демографічних процесів сприймалася досить скептично. Зростання практичного інтересу до проблеми демографічного прогнозування пояснюється динамікою економічного та соціального життя, її варіативністю: ставляться нові завдання, формуються нові технології і методики передбачення майбутнього. До теперішнього часу сформувався концептуальний і емпіричний інструментарій розробки демографічних прогнозів, доступний для практичного користування.

Демографічний прогноз – це науково обґрунтоване передбачення основних параметрів руху населення та майбутньої демографічної ситуації: чисельності, статеві-вікової та сімейної структури, народжуваності, смертності, міграції. Розрізняються два основних напрямки соціального прогнозування – глобальне (на рівні світових соціальних процесів) і регіональне (на рівні окремої країни чи регіону).

Глобальне демографічне прогнозування передбачає прогнозування тенденцій розвитку населення світу, а регіональне – на рівні окремої країни або її регіонів [3].

Необхідність демографічного прогнозу пов'язана з завданнями планування соціально-економічних процесів. Без попереднього демографічного прогнозу неможливо уявити і прорахувати всі перспективи виробництва і споживання товарів чи послуг, житлового будівництва, розвитку соціальної інфраструктури, розбудову економічного сектору, охорони здоров'я та освіти, пенсійної системи, рішення геополітичних проблем тощо. Саме тому діяльність із прогнозування динаміки чисельності та структури населення, а також окремих демографічних процесів становить найважливішу частину загальної діяльності міжнародних, державних і неурядових організацій, установ і наукових інститутів.

1.3. Демографічна ситуація в Україні: основні проблеми та тенденції

Якщо говорити про те, що зараз відбувається з населенням України - ситуація, м'яко кажучи, невтішна. Щоб хоч якось розібратися в цьому і спробувати передбачити, що буде далі, треба вміти аналізувати демографічні дані і будувати прогнози. За всі роки незалежності такої складної демографічної ситуації ще не було. Народжуваність падає, смертність висока, люди виїжджають тисячами, а ті, хто лишається, з кожним роком стають старшими. Все це накопичувалося роками, але після 2014-го різко загострилося, а повномасштабне вторгнення 2022 року взагалі змінило масштаб проблеми до невпізнанності. Розбиратися в цих процесах — це не просто якийсь науковий інтерес, це реальна потреба для тих, хто приймає рішення про майбутнє країни.

Депопуляція – це процес, коли число в статистиці смертності більше, ніж народжуваності. В Україні це давня проблема. На початку 90-х тут населення України складало більше 51 мільйона людей і вже тоді почався спад, який так і не зупинився. Розвал Радянського Союзу, різке падіння рівня життя, повна невизначеність - усе це одночасно вдарило і по народжуваності, і по міграції. Виник замкнутий круг: економіка слабшає, люди їдуть, робочих рук стає менше, економіка слабшає ще

більше. Медицина при цьому теж поступово занепадала - фінансування скорочувалося, обладнання старіло, лікарі виїжджали. І це все позначилося на тривалості життя та смертності.

З народжуваністю ситуація також песимістична. Молоді люди або відкладають дітей на потім, або взагалі не планують народжувати. Причини зрозумілі - нестабільна робота, дороге житло, відсутність будь-якої впевненості в тому, що завтра буде краще, ніж сьогодні. Навіть ті, хто хотів би мати дітей, чекають якихось кращих умов, які не настають. Ситуацію загострює і те, що велика частина молоді дітородного віку живе за кордоном. Частина з них вже не повернеться. Причини різні: облаштувалися, знайшли роботу, діти пішли до тамтешніх шкіл. Виходить, що природний приріст заблокований одразу з кількох сторін, і легкого виходу з цього не видно.

Тим часом смертність вже багато років стабільно перевищує народжуваність. Тут теж кілька причин одразу: перевантажена і хронічно недофінансована медицина, шкідливі звички, промислова екологія в деяких регіонах. Ще додався серйозний психологічний чинник - постійний стрес, тривога, безсоння. Це стосується навіть тих, хто не воює і живе відносно далеко від фронту. Сама ж війна забрала тисячі людей: і серед військових, і серед цивільних, які гинули під обстрілами або через те, що не змогли вчасно отримати медичну допомогу.

Міграція - окрема велика тема. Українці виїжджали і до 2022 року, нічого нового тут немає. Польща, Німеччина, Чехія, Італія - ці країни давно стали місцями, де живуть сотні тисяч українців. Але після початку повномасштабної війни виїзд став масовим у зовсім іншому розумінні цього слова. Їдуть не лише ті, хто хоче кращого заробітку, а й ті, що втікають від війни. Їдуть цілими сім'ями, назавжди. Країна при цьому втрачає найактивніших і найосвіченіших. Нестача кадрів уже зараз відчувається в медицині, будівництві, освіті.

Внутрішнє переміщення стало, мабуть, одним із найбільш помітних соціальних явищ останніх років. Мільйони людей кинули свої домівки через обстріли, окупацію, зруйновану інфраструктуру або просто через страх залишатися. Через це населення розподілилося по країні дуже нерівномірно. На заході різко зросло навантаження на житло, транспорт, лікарні, школи. На сході й півдні, навпаки, цілі райони майже

обезлюдніли. Звільнені від окупації території нерідко стоять напівпорожні, бо люди не повертаються, бо немає куди: все зруйновано, а безпека нікому не гарантована.

Ще однією негативною тенденцією стало старіння населення, яке не кричить про себе голосно, але повільно і впевнено погіршує ситуацію. В порівнянні з молоддю, літніх людей стає відносно більше. І це не зміниться швидко, народжуваність може зрости, але демографічна інерція дуже велика. Пенсійна система, медицина, соціальний захист відчують дедалі більше навантаження. Тих, хто платить податки і забезпечує бюджет, стає менше, а тих, кому потрібна допомога держави стає все більше. В якийсь момент це може стати реальною загрозою для економічного розвитку.

Урбанізація поглиблює цю нерівність ще більше. Молодь їде до великих міст, тому що там є робота, університети, хоч якась перспектива. Малі міста й села при цьому занепадають. Школи закриваються, бо немає дітей. Лікарні скорочують персонал. Дороги не ремонтують, бо немає кому і нема для кого. Процес обезлюднення сільської місцевості торкається вже не окремих регіонів, а більшої частини країни.

Питання що з цим робити не просте і одним законом чи програмою тут не обійтися. Щоб народжуваність зросла, мало просто виплатити гроші при народженні дитини. Потрібно, щоб молода сім'я мала де жити, мала стабільний дохід і розуміла, що держава не кине її через рік. Для зниження смертності потрібні реальні реформи в медицині, а не косметичні зміни, розвиток профілактики, підтримка ветеранів і переселенців, у яких за плечима дуже важкий досвід. Щоб мігранти поверталися повинна бути нормальна зарплата, безпека і відчуття, що тут є майбутнє. Без цього будь-які заклики повертатися лише просто слова.

Демографічне прогнозування в цьому контексті - це не абстрактна наукова діяльність, а цілком практичний інструмент. Прогнози дають розуміння того, скільки людей буде у країні через десять чи двадцять років, яка буде вікова структура, скільки буде працездатних. Коли у нас будуть ці дані, тоді можна наперед планувати розвиток: скільки потрібно лікарів, скільки шкіл, яким буде навантаження на

пенсійний фонд. Без цього держава просто реагує на проблеми постфактум, коли вони вже стали критичними.

Зрештою, те, яким буде демографічне майбутнє України, залежить від дуже багатьох речей одночасно: завершення війни, відновлення економіки, повернення людей, ефективності соціальної політики. Людський потенціал це не абстракція, це основа, без якої жодне відновлення неможливе. Тому демографія має бути не десь у кінці списку державних пріоритетів, а на самому початку.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ЕКСТРАПОЛЯЦІЇ В ПРОГНОЗУВАННІ ДЕМОГРАФІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

2.1. Екстраполяція часових рядів як метод прогнозування

У теорії і практиці процесів прогнозування різноманітних показників досить часто використовують методології екстраполяції, за якої результати отриманого після аналізу значення прогнозних показників у майбутніх періодах і, як наслідок, висновок робляться на основі аналізу, вивчення і осмислення їх динаміки у попередніх періодах. Такий підхід є чи не найпоширенішим, оскільки дозволяє відносно просто й наочно оцінити можливі напрями розвитку різноманітних сфер діяльності без залучення складних соціальних і економічних моделей. Водночас варто враховувати, що точність отриманих результатів не є абсолютною і досить сильно залежить від стабільності зовнішнього середовища та відсутності різких структурних змін.

При цьому, необхідним елементом для прогнозу є побудова та аналіз так званого ряду динаміки, який опрацьовує значення показників у часі в контексті окремих періодів та охарактеризовує динаміку їх розвитку. Ряди динаміки не мають обмеження щодо тривалості дослідження (місяць, квартал, рік, десятиліття) і можуть розглядатися залежно від мети і цілей дослідження та доступності отриманої раніше інформації. Їх аналіз передбачає знаходження основних параметрів змін показників, серед яких абсолютний приріст населення, його темп зростання і темп спаду, процеси міграції і їх причин, а також виявлення узагальненої тенденції розвитку. В практичному плані це дозволяє не лише простежити історичну зміну показників, але й виявити певні закономірності цих змін, які можуть бути використані для подальшого прогнозування змін в параметрах населення [3].

Проте, аналіз ряду динаміки окремого показника, має суто описовий характер і не пояснює причин змін тенденції. Іншими словами, він фіксує факт зростання чи зниження показника, але не дає відповіді на запитання «чому це відбулося». Лише

комплексний підхід дозволяє отримати обґрунтовані висновки щодо причин змін та підвищити достовірність прогнозів.

Методи екстраполяції використовують за відносно стабільного розвитку населення (чи окремих показників його діяльності) або за наявності сезонних чи циклічних коливань з чітко вираженим трендом. Під трендом (від англ. trend — напрям, тенденція) розуміють тривалу тенденцію зміни показників в демографічному прогнозуванні. Якщо ж розвиток демографічних показників у попередніх періодах характеризується значною нестабільністю і суттєвим коливанням, то їх екстраполяція на майбутні періоди буде неможливою, а отже, недоцільним є використання відповідних методів [4].

Для завдання курсової роботи було вибрано 6 методів екстраполяції часових рядів, серед них:

- Лінійна екстраполяція;
- Експоненціальна екстраполяція;
- Лінійна регресія;
- Поліноміальна екстраполяція;
- Логістична модель;
- ARIMA;

Розглянемо кожен з методів детальніше.

2.2 Основні методи екстраполяції часових рядів

Лінійна екстраполяція – це метод прогнозування, який передбачає поширення висновків або тенденцій, виявлених на відомій частині даних (наприклад, наявних спостереженнях за минулим періодом), на невідомі майбутні періоди, припускаючи, що ця тенденція зберігатиметься. Вона часто застосовується в економіці та статистиці для отримання точкових прогнозів (наприклад, використання середнього значення або продовження тренду), хоча і є менш точною за більш складні методи [3].

Принцип роботи методу ґрунтується на припущенні, що закономірності, виявлені у минулому періоді, зберігатимуться і в майбутньому. Якщо впродовж

певного проміжку часу (наприклад, 10 днів) спостерігалось стабільне зростання показника, то метод екстраполяції передбачає продовження цього зростання на наступні періоди (11-й, 12-й день тощо) з тією самою або близькою швидкістю зміни.

Основною метою методу є визначення майбутніх значень показника за межами наявного ряду спостережень шляхом продовження встановленої тенденції.

Лінійна екстраполяція описується рівнянням [4]:

$$Y = a + b \cdot X, \quad (2.1)$$

де

- Y — прогнозоване значення показника;
- a — вільний член (значення при $X=0$);
- b — коефіцієнт нахилу, що характеризує швидкість зміни показника;
- X — значення незалежної змінної (зазвичай часу).

За наявності лінійного тренду виду $Y = a + b \cdot X$ прогноз майбутніх значень здійснюється шляхом підстановки прогнозних значень часу X у відповідне рівняння. Для стаціонарних часових рядів прогнозом може виступати середнє арифметичне попередніх спостережень, що забезпечує отримання точкової оцінки майбутнього значення показника.

Метод екстраполяції доцільно застосовувати у випадках, коли є необхідність швидкого отримання прогнозної оцінки, навіть за умови обмеженої точності, для базового прогнозування у макроекономічному аналізі, демографічних дослідженнях та стратегічному плануванні, або за умови відносної стабільності тенденцій у досліджуваному часовому ряді.

Експоненціальна екстраполяція — це метод прогнозування часових рядів, за якого майбутні значення визначаються на основі експоненційного, або відсоткового (прискореного або уповільненого) зростання чи спадання показника, що спостерігався в минулому [4].

Метод ґрунтується на припущенні, що динаміка показника характеризується постійним відносним темпом зміни, тобто значення показника з часом змінюється не на фіксовану абсолютну величину, а на сталий відсоток за одиницю часу. За умови

додатного значення темпу спостерігається експоненційне зростання, тоді як від'ємне значення відповідає експоненційному спаданню.

Найпоширеніша формула експоненціальної екстраполяції [4]:

$$y(t) = y_0 \cdot e^{kt}, \quad (2.2)$$

де

- $y(t)$ — прогнозоване значення у момент часу t
- y_0 — початкове значення;
- k — коефіцієнт зростання (якщо $k > 0$) або спадання (якщо $k < 0$);
- e — основа натурального логарифма.

На практиці часто використовується дискретна форма [5]:

$$y_{t+1} = y_t \cdot (1 + r), \quad (2.3)$$

де r — середній темп зростання (у частках або відсотках).

Експоненціальна екстраполяція доцільна, коли процес має стійку тенденцію, зміни відбуваються плавно і без різких стрибків, важливий відносний приріст, а не абсолютний.

Типові приклади:

- зростання або скорочення чисельності населення;
- поширення епідемій;
- економічні показники (інфляція, ВВП на коротких інтервалах);
- міграційні процеси.

Лінійна регресія — є статистичним методом аналізу та прогнозування, призначеним для дослідження характеру та сили лінійної залежності між залежною змінною та однією або кількома незалежними змінними. У контексті прогнозування часових рядів лінійна регресія використовується для моделювання тенденцій зміни показника в часі [4].

Сутність методу лінійної регресії полягає у побудові регресійної прямої, яка найкращим чином апроксимує емпіричні дані та мінімізує суму квадратів відхилень фактичних значень від розрахункових. Такий підхід дає змогу виявити загальну тенденцію зміни показника та використати її для прогнозування майбутніх значень.

Метод базується на припущенні, що середня зміна залежної змінної відбувається на приблизно сталу величину за кожен крок зміни незалежної змінної, що дозволяє адекватно описати процес лінійною функцією.

Проста лінійна регресія має вигляд [4]:

$$y = ax + b \quad (2.4)$$

де

- y — залежна змінна (наприклад, чисельність населення);
- x — незалежна змінна (наприклад, рік);
- a — коефіцієнт нахилу (показує швидкість зростання або спадання);
- b — вільний член (значення y , коли $x=0$).

Оцінювання параметрів a та b , як правило, здійснюється методом найменших квадратів, який забезпечує мінімізацію сумарної квадратичної похибки моделі.

Лінійна регресія є доцільною за умов, коли між змінними існує близька до лінійної залежність, темп зміни показника є відносно сталим у часі, відсутні різкі структурні зміни або нелінійні коливання тренду.

Метод лінійної регресії широко застосовується для прогнозування чисельності населення, аналізу динаміки народжуваності та смертності, дослідження соціально-економічних показників, розв'язання технічних та інженерних задач.

Поліноміальна екстраполяція є методом прогнозування часових рядів, за якого емпіричні дані апроксимуються поліноміальною функцією заданого степеня, а отримана математична модель використовується для обчислення прогнозних значень показника за межами наявного інтервалу спостережень.

Основна ідея методу полягає у припущенні, що досліджуваний процес має нелінійний характер розвитку, який може проявлятися у вигляді прискорення або уповільнення змін, а також наявності перегинів тренду. На відміну від лінійної моделі, поліноміальна функція дозволяє описати більш складну форму динаміки показника [4].

На основі історичних даних здійснюється підбір поліноміальної кривої, яка найкращим чином наближує фактичні спостереження, після чого ця крива екстраполюється на майбутні періоди часу.

Загальний вигляд поліноміальної моделі [4]:

$$y = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_2 x^2 + a_1 x + a_0, \quad (2.5)$$

де

- y — прогнозоване значення;
- x — незалежна змінна (наприклад, час);
- n — степінь полінома;
- $a_0, a_1, \dots, a_n$ — коефіцієнти, що визначаються за даними (зазвичай методом найменших квадратів).

Залежно від степеня полінома розрізняють поліном першого степеня, що фактично відповідає моделі лінійної регресії, поліном другого степеня, який дозволяє описати прискорення або уповільнення динаміки показника, поліноми третього та вищих степенів, що застосовуються для моделювання складних трендів з одним або кількома перегинами.

Поліноміальна екстраполяція є доцільною у випадках, коли часовий ряд характеризується нелінійною тенденцією розвитку, спостерігається зміна темпів зростання або спадання показника, або виникає потреба в описі криволінійного тренду.

Метод поліноміальної екстраполяції використовується для прогнозування:

- демографічних показників, що мають фази зростання та спаду;
- економічних циклічних процесів;
- технічних та експериментальних даних зі складною динамікою.

Логістична модель є математичною моделлю зростання, яка використовується для опису процесів, що характеризуються швидким початковим розвитком, подальшим уповільненням темпів та виходом на граничний рівень унаслідок дії обмежених ресурсів або зовнішніх стримувальних факторів [6].

На відміну від експоненціальної моделі, яка передбачає необмежене зростання показника, логістична модель враховує наявність верхньої межі, перевищення якої є неможливим з огляду на фізичні, соціальні або економічні обмеження

Типова динаміка, що описується логістичною моделлю, включає такі етапи:

- повільне зростання на початковому етапі;

- фазу інтенсивного, майже експоненціального зростання;
- поступове уповільнення темпів розвитку;
- стабілізацію показника поблизу максимального рівня.

Графічно така динаміка має S-подібну форму (сигмоїду).

Найпоширеніша форма логістичної функції [6]:

$$y(t) = \frac{K}{1 + Ae^{-rt}}, \quad (2.6)$$

де

- $y(t)$ — значення показника в момент часу
- K — граничний рівень (місткість, максимум);
- r — коефіцієнт зростання;
- A — параметр, що залежить від початкових умов;
- e — основа натурального логарифма.

З позицій інтерпретації логістична модель відображає такі закономірності: на початковому етапі система має достатній обсяг ресурсів, що зумовлює високі темпи зростання, потім, у процесі розвитку відбувається поступове вичерпання ресурсів або посилення обмежень, що призводить до зниження темпів зростання, після цього, у довгостроковій перспективі система досягає стану динамічної рівноваги.

Логістична модель є доцільною у випадках, коли існує об'єктивна фізична, соціальна або економічна межа зростання, у динаміці процесу спостерігається ефект насичення, або коли досліджуваний процес має довгостроковий характер розвитку.

Логістична модель широко використовується для аналізу та прогнозування чисельності населення з урахуванням ресурсних обмежень, процесів поширення інновацій та технологій, епідеміологічних процесів та зростання ринків, аудиторій та споживчої бази.

ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) є статистичною моделлю прогнозування часових рядів, яка поєднує у собі компоненти авторегресії, інтегрування (диференціювання) та ковзного середнього з метою аналізу внутрішньої структури часового ряду та побудови прогнозів його подальшої динаміки [6].

На відміну від регресійних моделей, що враховують вплив зовнішніх факторів, модель ARIMA ґрунтується виключно на властивостях самого часового ряду, аналізуючи залежності між його попередніми значеннями та випадковими збуреннями.

Прогноз у моделі ARIMA формується на основі попередніх значень досліджуваного часового ряду, попередніх похибок прогнозування та усунення трендової компоненти шляхом диференціювання ряду. Такий підхід дозволяє виявити автокореляційні залежності та використати їх для прогнозування майбутніх значень показника.

Модель ARIMA задається трьома основними параметрами (p,d,q) , де p — порядок авторегресії (AutoRegressive), що визначає кількість попередніх значень часового ряду, які впливають на його поточне значення, d — порядок інтегрування, який показує, скільки разів часовий ряд необхідно продиференціювати для досягнення стаціонарності. q — порядок ковзного середнього (Moving Average), що визначає кількість попередніх похибок прогнозування, які враховуються в моделі [6].

У загальному вигляді модель ARIMA описується рівнянням [6]:

$$y_t = c + \sum_{i=1}^p \varphi_i y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j} + \varepsilon_t, \quad (2.7)$$

де

- y_t — значення часового ряду;
- ε_t — випадкова похибка (шум);
- φ_i, θ_j — коефіцієнти моделі;
- c — константа.

Ключовою вимогою для застосування моделі ARIMA є стаціонарність часового ряду, яка характеризується такими властивостями:

- математичне сподівання не змінюється з часом;
- дисперсія залишається приблизно сталою;
- відсутній виражений тренд.

У разі нестаціонарності ряду застосовується процедура диференціювання, що визначається параметром d .

Модель ARIMA є доцільною у випадках, коли наявна достатня кількість історичних спостережень, часовий ряд не містить вираженої сезонної компоненти або вона була попередньо усунута, необхідне коротко- або середньострокове прогнозування.

Модель ARIMA широко використовується для прогнозування демографічних часових рядів, економічних показників, фінансових часових рядів, навантаження на технічні та інформаційні системи.

РОЗДІЛ 3

ПРОЄКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ДЕМОГРАФІЧНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ

3.1. Загальна характеристика вебзастосунку

Для вебзастосунку було використано мови програмування HTML і JavaScript. Мова HTML лояльна до новачків, а JavaScript забезпечує весь потрібний функціонал.

Розроблена система демографічного прогнозування реалізована у вигляді клієнтського вебзастосунку, орієнтованого на аналіз та прогнозування динаміки чисельності населення на основі статистичних часових рядів. Вибір веборієнтованої архітектури зумовлений необхідністю забезпечення доступності, кросплатформеності та простоти використання без встановлення спеціалізованого програмного забезпечення.

Архітектура системи побудована за принципом логічного розділення відповідальностей між складовими частинами:

- рівень представлення реалізований засобами HTML та CSS і відповідає за інтерфейс користувача;
- рівень прикладної логіки реалізований мовою JavaScript та охоплює обробку даних, математичні обчислення та формування прогнозів;
- рівень візуалізації базується на сторонній бібліотеці Chart.js, що забезпечує графічне подання результатів.

Інтерфейс вебзастосунку розроблено з урахуванням принципів ергономіки та інтуїтивної зрозумілості. Основна сторінка системи містить форму введення демографічних параметрів, блок керування прогнозуванням, область візуалізації результатів та секцію аналітичного висновку (рис. 3.1).

У додатку А наведено лістинг програмного коду реалізованої системи, який включає HTML-розмітку вебінтерфейсу.

Система прогнозування демографічних показників
Введіть демографічні дані, виберіть період та отримайте прогноз із деталізованим аналізом.

Базовий рік 2020	Чисельність населення, тис. осіб 10000
Народжені за рік, тис. осіб 100	Померлі за рік, тис. осіб 80
Імігранти, тис. осіб 20	Емігранти, тис. осіб 15
Період прогнозу (роки) 10	Метод прогнозування Проста екстраполяція

Вибір файлу Файл не вибрано

Імпорт CSV

Зробити прогноз Експорт CSV

Метод прогнозування (розкрито):

- Проста екстраполяція
- Експоненціальна екстраполяція
- Лінійна регресія
- Поліноміальна екстраполяція
- Логістична модель
- ARIMA

Рис. 3.1. Головна сторінка вебзастосунку до прогнозування

Користувачеві надається можливість працювати з демографічними даними у двох режимах:

1. Ручне введення — використовується для аналізу одиничних сценаріїв або навчальних прикладів і передбачає задання базового року, чисельності населення, показників народжуваності, смертності та міграції.
2. Імпорт історичних даних з CSV-файлу — забезпечує роботу з реальними статистичними часовими рядами та є необхідною умовою для застосування більш складних статистичних методів прогнозування.

Базовий рік	Чисельність населення, тис. осіб
2020	10000
Народжені за рік, тис. осіб	Померлі за рік, тис. осіб
100	80
Імігранти, тис. осіб	Емігранти, тис. осіб
20	15
Період прогнозу (роки)	Метод прогнозування
10	Проста екстраполяція ▼

Рис. 3.2. Поля вводу даних та вибору методу прогнозування

Варто зазначити, що для роботи без історичних даних користувачеві доступні лише лінійна і експоненціальна екстраполяції. Це зумовлене тим, що їм для роботи достатньо отримати значення за один рік, а далі, на основі даних народжуваності, смертності і міграції, ці методи добудують прогноз. Для решти методів потрібні дані за кілька років, так як їх прогнози базуються на обчисленнях залежностей між роками.

Тому ключовою особливістю розробленої системи є гнучка логіка обробки демографічних даних, яка дозволяє поєднувати прості детерміновані підходи з методами аналізу часових рядів.

У разі відсутності історичних даних система формує базовий часовий ряд на основі демографічного балансу, використовуючи різницю між показниками народжуваності, смертності та міграції. Це дозволяє отримати початкову оцінку динаміки населення навіть за мінімального обсягу вхідної інформації.

Після завантаження CSV-файлу система переходить до роботи з повноцінним часовим рядом, що відкриває можливість застосування методів трендового та регресійного аналізу. Логіка вибору методів прогнозування інтегрована безпосередньо в інтерфейс: алгоритми, що потребують історичних даних, стають доступними лише після їх імпорту, що виключає некоректні сценарії використання, поле введення року трансформується у випадаючий список, а демографічні показники синхронізуються з обраним роком. Такий механізм усуває ризик введення

некоректних даних та підвищує надійність подальших розрахунків. Варто зазначити, що система розрахована саме на імпорт CSV-файлів заданого зразка, інші види файлів можуть некоректно підв'язати дані, або взагалі не підв'язати їх. Цю проблему можна легко вирішити розписом потрібного функціоналу в коді проєкту, але роль зіграв брак часу.

рік	чисельність населення	народження	смерті	міграція	еміграція
1990	51838,5	5183,5	5174,6	2386,2	2486,2
1991	51747,4	4423,6	5329,1	2388,5	2508,2
1992	50722,2	4432,2	5508,1	2399,4	2529,9
1993	49515,8	4129,9	5690,4	2406,3	2547
1994	47814,6	4243,8	5863,3	2391,1	2540,7
1995	46045,5	4321,4	5961,1	2392,3	2511,8
1996	44286,3	4213,5	6059	2391,6	2467,9
1997	42364,5	4770,3	6052,8	2336,2	2387,5
1998	41030,7	4737	6026,6	2363,5	2448,2
1999	39656,4	4758,8	5901,6	2263,4	2302,1
2000	38474,9	4784,1	5818,9	2254,7	2338,6
2001	37356,2	4734,3	5844	2230,4	2251,7
2002	36225,2	4758,1	5978,6	2316,3	2254,4
2003	35066,6	4722,5	6193,4	2212,5	2228,4
2004	33579,8	4703,8	6369,3	2196,8	2216,4
2005	31894,7	4680	6507,2	2154	2209,3
2006	30012,2	4651,4	6567,1	2154,7	2187,7
2007	28063,5	4630,3	6603,1	2144,7	2177,4
2008	27058	4613,2	6506,7	2197,7	2166,8
2009	26195,4	4924,6	5317,4	2185	2157,2
2010	25830,4	4570,6	5168,8	2107,1	2124,8
2011	25214,5	4555,3	5965,2	2132,6	2441,6
2012	23495,6	4546,5	5928,5	2076,7	2130,9
2013	22059,4	4574,5	5905,3	2092,7	2138,6
2014	20682,7	4531	5928,8	2098,3	2136,6
2015	19246,6	4484,6	5675,8	1977,8	1963,1
2016	18070,1	4478,4	5768,9	1717,9	1955
2017	16542,5	4465,5	5867,5	1964,6	1482,3

Рис. 3.3. Вигляд еталонного файлу для роботи з сайтом

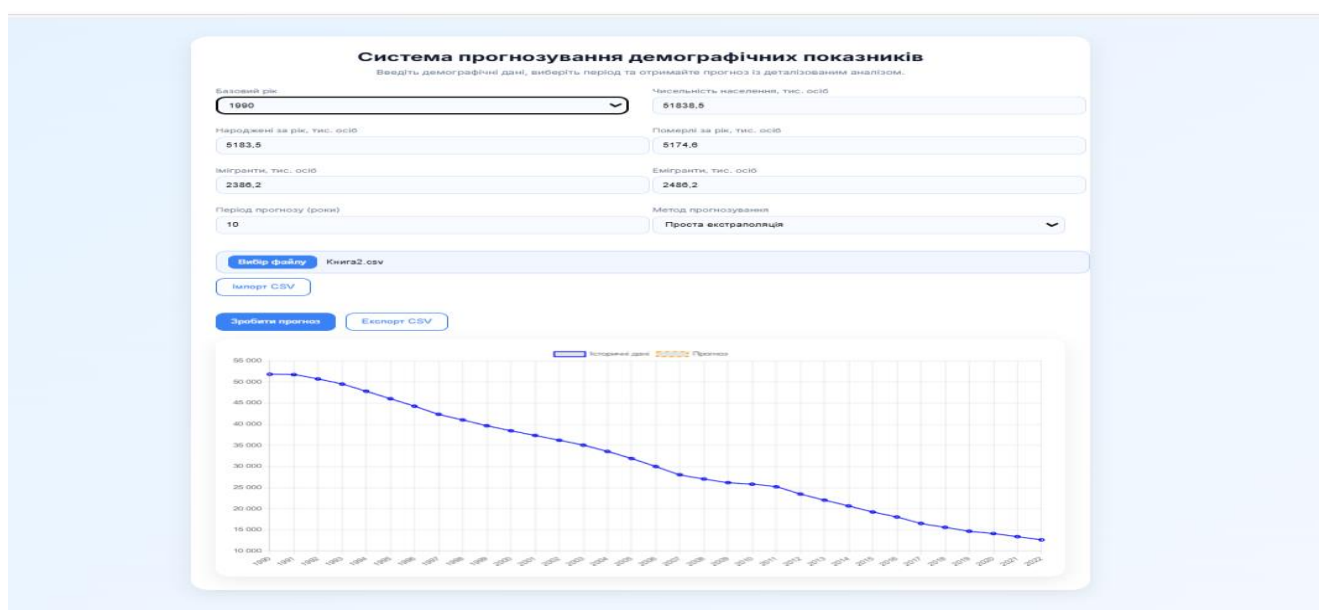


Рис. 3.4. Головна сторінка сайту (до прогнозу після імпорту CSV)

У системі реалізовано декілька методів прогнозування демографічних процесів, кожен з яких має власну сферу застосування:

- Проста екстраполяція – базується на припущенні, що останній темп зміни населення збережеться в майбутньому.
- Експоненціальна екстраполяція – використовує середній відсотковий темп зростання або скорочення населення.
- Лінійна регресія – будує трендову лінію на основі історичних даних і продовжує її на прогнозний період.
- Поліноміальна екстраполяція – дозволяє враховувати нелінійні тенденції розвитку демографічних процесів.
- Логістична модель – враховує можливе обмеження росту чисельності населення та ефект насичення.
- ARIMA (спрощена модель) – аналізує залежність між послідовними значеннями часового ряду та враховує внутрішню структуру змін.

Наявність декількох методів дозволяє проводити порівняльний аналіз та отримувати різні сценарії розвитку демографічної ситуації.

Результати прогнозування подаються у графічному вигляді за допомогою лінійних діаграм. На графіку чітко відокремлено історичні дані від прогнозних значень шляхом використання різних стилів ліній. Такий підхід забезпечує високу наочність і дозволяє швидко оцінити як характер попередньої динаміки, так і очікувані тенденції.

Графічне подання значно спрощує інтерпретацію результатів та робить систему корисною не лише для спеціалістів, а й для користувачів без глибокої математичної підготовки.

Важливою складовою системи є автоматичне формування розширеного аналітичного висновку. На основі отриманого прогнозу система визначає напрям демографічної тенденції, оцінює середньорічні темпи змін, розраховує абсолютні та відносні показники приросту або скорочення населення.

Текстовий висновок не лише узагальнює числові результати, а й пропонує їх інтерпретацію з позицій демографічного аналізу, що підвищує прикладну цінність

системи та дозволяє використовувати її для підтримки управлінських і аналітичних рішень.

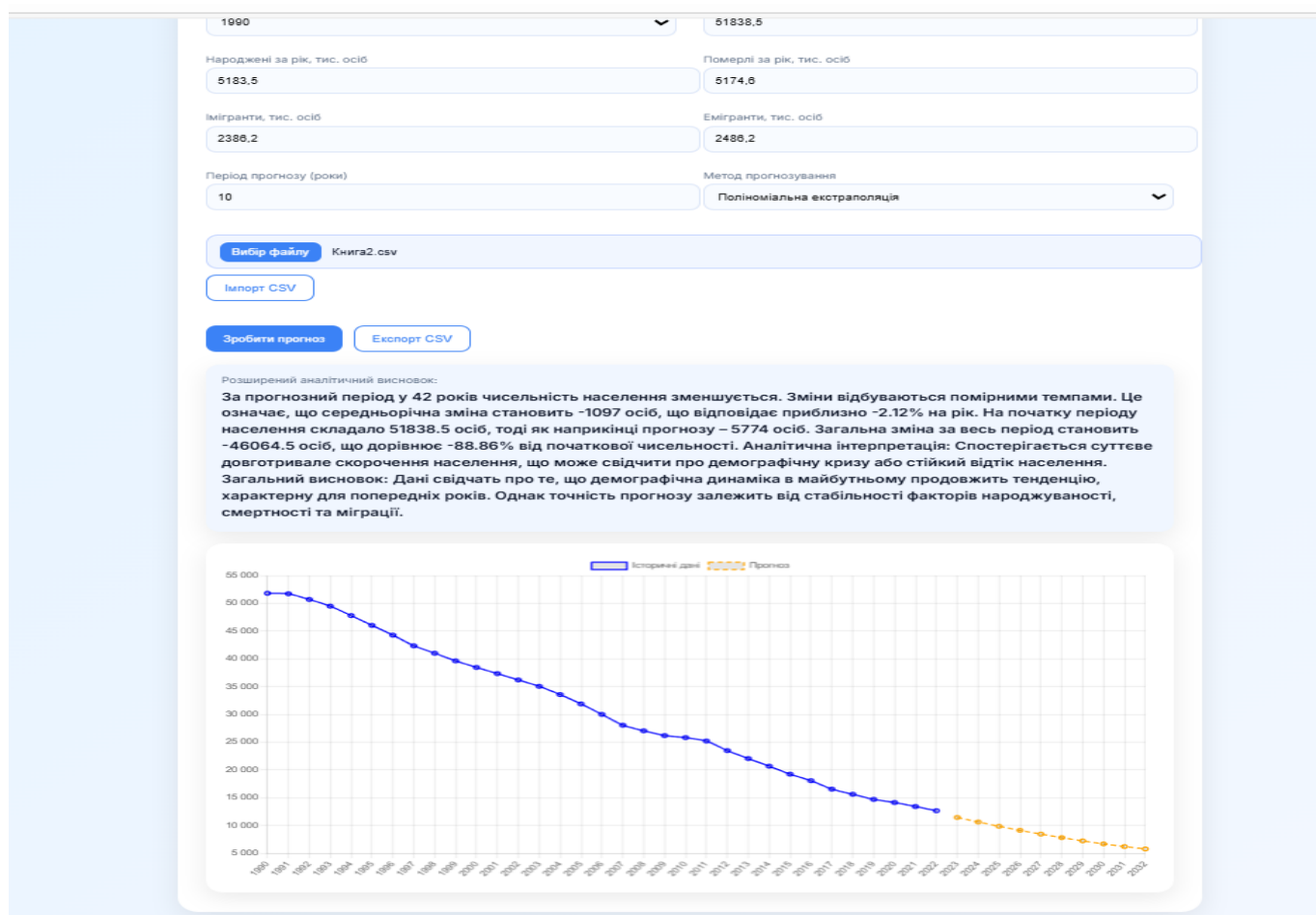


Рис. 3.5. Головна сторінка сайту (після прогнозу)

3.2. Програмні особливості вебзастосунку

Програмна реалізація методів екстраполяції часових рядів у вебзастосунку представлена шістьма окремими функціями, кожна з яких відповідає за обчислення прогнозних значень одним із обраних методів.

Функція `simpleForecast` реалізує лінійну екстраполяцію (лістинг 3.1). Вона обчислює різницю між двома останніми значеннями ряду і на її основі рівномірно продовжує тенденцію на задану кількість років вперед.

Лістинг 3.1. Програмна реалізація лінійної екстраполяції

```

javascriptfunction simpleForecast(data, period) {
  const rows = [...data];
  const diff = data[data.length - 1].population - data[data.length - 2].population;
  let lastYear = data[data.length - 1].year;
  let lastPop = data[data.length - 1].population;
  for (let i = 1; i <= period; i++) {
    rows.push({
      year: lastYear + i,
      population: Math.round(lastPop + diff * i)
    });
  }
  return rows;
}

```

Функція `exponentialForecast` будує експоненціальний прогноз через обчислення середнього коефіцієнта зростання між сусідніми значеннями ряду з подальшим його послідовним застосуванням до останнього відомого значення.

Лістинг 3.2 Програмна реалізація експоненціальної екстраполяції

```

javascriptfunction exponentialForecast(data, period) {
  const ys = data.map(d => d.population);
  let ratios = [];
  for (let i = 1; i < ys.length; i++) {
    if (ys[i - 1] > 0) ratios.push(ys[i] / ys[i - 1]);
  }
  const g = ratios.reduce((a, b) => a + b, 0) / ratios.length;
  const rows = [...data];
  let last = ys[ys.length - 1];
  let lastYear = data[data.length - 1].year;

```

```

for (let i = 1; i <= period; i++) {
  last *= g;
  rows.push({
    year: lastYear + i,
    population: Math.round(last)
  });
}
return rows;
}

```

Функція `linearRegressionForecast` реалізує метод найменших квадратів - вона обчислює коефіцієнти лінійної регресії на основі всього наявного ряду і використовує отриману пряму для екстраполяції на майбутні роки.

Лістинг 3.3. Програмна реалізація лінійної регресії

```

javascriptfunction linearRegressionForecast(data, period) {
  const xs = data.map(d => d.year);
  const ys = data.map(d => d.population);
  const n = xs.length;
  const sumX = xs.reduce((a,b)=>a+b,0);
  const sumY = ys.reduce((a,b)=>a+b,0);
  const sumXY = xs.reduce((a,b,i)=>a + b * ys[i], 0);
  const sumX2 = xs.reduce((a,b)=>a + b*b, 0);
  const b = (n * sumXY - sumX * sumY) / (n * sumX2 - sumX * sumX);
  const a = (sumY - b * sumX) / n;
  const rows = [...data];
  const lastYear = xs[n - 1];

  for (let i = 1; i <= period; i++) {
    rows.push({

```

```

        year: lastYear + i,
        population: Math.round(a + b * (lastYear + i))
    });
}
return rows;
}

```

Функція `polynomialForecast` будує поліноміальну модель заданого степеня: формує матрицю ознак, розв'язує систему лінійних рівнянь методом Гаусса і застосовує знайдені коефіцієнти для обчислення прогностичних значень.

Лістинг 3.4. Програмна реалізація поліноміальної екстраполяції

```

javascriptfunction polynomialForecast(data, degree, period) {
    const xs = data.map(d => d.year);
    const ys = data.map(d => d.population);
    const X = xs.map(x => {
        let row = [];
        for (let p = 0; p <= degree; p++) row.push(x ** p);
        return row;
    });
    const XT = X[0].map((_, c) => X.map(row => row[c]));
    const XTX = XT.map(r => XT[0].map((_, c) =>
        r.reduce((s,v,i)=>s+v*X[i][c],0)));
    const XTY = XT.map(r => r.reduce((s,v,i)=>s+v*ys[i],0));
    function solve(A, B) {
        const n = A.length;
        for (let i = 0; i < n; i++) {
            let maxRow = i;
            for (let j = i+1; j < n; j++)
                if (Math.abs(A[j][i]) > Math.abs(A[maxRow][i])) maxRow = j;

```

```

[A[i], A[maxRow]] = [A[maxRow], A[i]];
[B[i], B[maxRow]] = [B[maxRow], B[i]];
for (let j = i+1; j < n; j++) {
    const f = A[j][i] / A[i][i];
    for (let k = i; k < n; k++)
        A[j][k] -= f * A[i][k];
    B[j] -= f * B[i];
}
}
const x = Array(n).fill(0);
for (let i = n - 1; i >= 0; i--) {
    x[i] = B[i] / A[i][i];
    for (let j = 0; j < i; j++)
        B[j] -= A[j][i] * x[i];
}
return x;
}
const coef = solve(JSON.parse(JSON.stringify(XTX)), [...XTY]);
const lastYear = xs[xs.length - 1];
const rows = [...data];
for (let i = 1; i <= period; i++) {
    let y = 0;
    for (let p = 0; p <= degree; p++)
        y += coef[p] * ((lastYear + i) ** p);
    rows.push({ year: lastYear + i, population: Math.round(y) });
}
return rows;
}

```

Функція `logisticForecast` реалізує логістичну модель з автоматичним визначенням верхньої межі насичення і залежно від напрямку тренду система самостійно обирає граничне значення, після чого лінеаризує задачу через логарифмічне перетворення і визначає параметри моделі регресійним методом.

Лістинг 3.5. Програмна реалізація логістичної моделі

```
javascriptfunction logisticForecast(data, period) {
```

```
    const xs = data.map(d => d.year);
```

```
    const ys = data.map(d => d.population);
```

```
    let K;
```

```
    if (ys[ys.length - 1] < ys[0]) {
```

```
        K = Math.max(...ys) * 1.05;
```

```
    } else {
```

```
        K = Math.max(...ys) * 1.2;
```

```
    }
```

```
    const Z = ys.map(y => {
```

```
        const val = (K / y) - 1;
```

```
        return val > 0 ? Math.log(val) : null;
```

```
    });
```

```
    let X = [], Y = [];
```

```
    for (let i = 0; i < Z.length; i++) {
```

```
        if (Z[i] !== null && isFinite(Z[i])) {
```

```
            X.push(xs[i]);
```

```
            Y.push(Z[i]);
```

```
        }
```

```
    }
```

```
    const n = X.length;
```

```
    const sumX = X.reduce((a,b)=>a+b,0);
```

```
    const sumY = Y.reduce((a,b)=>a+b,0);
```

```

const sumXY = X.reduce((a,b,i)=>a + b * Y[i], 0);
const sumX2 = X.reduce((a,b)=>a + b*b, 0);
const b = (n * sumXY - sumX * sumY) / (n * sumX2 - sumX * sumX);
const a = (sumY - b * sumX) / n;
const r = -b;
const A = Math.exp(a);
const rows = [...data];
let lastYear = xs[xs.length - 1];
for (let i = 1; i <= period; i++) {
  const t = lastYear + i;
  const P = K / (1 + A * Math.exp(-r * t));
  rows.push({
    year: t,
    population: Math.round(P)
  });
}
return rows;
}

```

Функція `arimaForecast` реалізує спрощену версію моделі ARIMA з параметрами (1,1,0). Вона диференціює ряд для досягнення стаціонарності, оцінює коефіцієнт авторегресії на основі послідовних приростів і будує прогноз через ітеративне застосування отриманої моделі.

Лістинг 3.6. Програмна реалізація ARIMA-моделі

```

javascriptfunction arimaForecast(data, period) {
  const ys = data.map(d => d.population);
  const deltas = [];
  for (let i = 1; i < ys.length; i++) {
    deltas.push(ys[i] - ys[i - 1]);
  }
}

```

```

    }
    const n = deltas.length;
    let sum1 = 0, sum2 = 0;
    for (let i = 1; i < n; i++) {
        sum1 += deltas[i] * deltas[i - 1];
        sum2 += deltas[i - 1] ** 2;
    }
    const phi = sum1 / sum2;
    const meanDelta = deltas.reduce((a,b)=>a+b,0) / deltas.length;
    const c = meanDelta * (1 - phi);
    const rows = [...data];
    let lastY = ys[ys.length - 1];
    let lastDelta = deltas[deltas.length - 1];
    for (let i = 1; i <= period; i++) {
        const newDelta = c + phi * lastDelta;
        const newY = lastY + newDelta;
        rows.push({
            year: rows[rows.length - 1].year + 1,
            population: Math.round(newY)
        });
        lastY = newY;
        lastDelta = newDelta;
    }
    return rows;
}

```

Усі шість функцій повертають масив, який містить як вихідні історичні дані, так і розраховані прогностні значення, що забезпечує їх безпосередню інтеграцію з модулем візуалізації.

Для імпорту даних у вебзастосунок застосовується функція `loadBtn.addEventListener`, яка призначена для зчитування, очищення, аналізу та структурованого збереження демографічних даних, імпортованих із CSV-файлу, з подальшою інтеграцією цих даних у всі модулі системи (візуалізація, прогнозування, автозаповнення полів). В той же час функція `parseCSV` відповідає за низькорівневу обробку та нормалізацію даних.

Для коректної роботи з імпортованими даними інтерфейс повинен бути під це адаптований. Для цього використовуються такі функції як `ensureYearSelect()`, що відповідає за переведення поля “Рік” з режиму довільного введення в режим вибору з фіксованого набору значень, які реально існують у CSV-файлі. Це важливо з інженерної точки зору, оскільки після імпорту CSV користувач не повинен вводити довільний рік, а всі подальші обчислення мають спиратися лише на фактичні історичні дані. Функція `fillYearDropdown()`, що реалізує зв’язок між структурою імпортованого часового ряду та елементами керування інтерфейсу. Вона забезпечує автоматичне формування списку років, впорядкування значень у хронологічному порядку і синхронізацію вибору року з іншими демографічними показниками. І функція `fillFields(year)`, що відповідає за автоматичне заповнення демографічних показників відповідно до вибраного року.

Однією з важливих вимог до систем прогнозування є коректне керування станом результатів обчислень. У розробленій вебсистемі реалізовано механізми, що запобігають накопиченню застарілих або некоректних даних при багаторазовому виконанні прогнозування. Зокрема, система автоматично очищує результати попереднього прогнозу при імпорті нового CSV-файлу, повторному запуску прогнозування з іншими параметрами або при зміні методу прогнозування. Це дозволяє уникнути змішування результатів різних сценаріїв аналізу та гарантує, що користувач завжди працює лише з актуальними даними.

Центральним модулем прогнозування демографічних показників є `forecastBtn.addEventListener()` (додаток Б). Саме тут, після ініціації користувачем, система автоматично визначає доступність вихідних даних, обирає відповідний математичний метод екстраполяції часових рядів, формує прогноз на заданий період,

виконує його візуалізацію та генерує аналітичний висновок щодо очікуваної демографічної динаміки.

Блок `document.addEventListener()` використовується для реалізації механізмів адаптації інтерфейсу користувача до вибраного методу прогнозування. У разі вибору експоненціальної моделі система автоматично очищає поля введення та інформує користувача про необхідність задання параметрів у відсотках, що знижує ризик помилкового введення даних і підвищує достовірність результатів прогнозу.

Функція `makeSummary()` реалізує модуль аналітичної інтерпретації результатів прогнозування (додаток Б). На основі обчислених показників чисельності населення вона визначає напрям, інтенсивність та характер демографічної динаміки, розраховує абсолютні й відносні зміни, а також формує текстовий висновок, придатний для використання у звітній та аналітичній документації.

Після створення прогнозу користувачу виводить лінійний графік зміни чисельності населення. Реалізація модуля візуалізації результатів прогнозування демографічних показників відбувається в функції `drawChart`. Вона формує лінійний графік чисельності населення з чітким розмежуванням між фактичними та прогнозними даними, що забезпечує наочність аналізу та коректне сприйняття результатів користувачем.

За експорт CSV прогнозу відповідає функція `exportBtn.addEventListener()`. При експорті результатів у формат CSV було враховано особливості обробки текстових файлів у табличних процесорах, зокрема Microsoft Excel. Для коректного відображення українських символів та правильного розділення колонок використано кодування UTF-8 з BOM (`\u0000`), крапку з комою як роздільник, локалізовані заголовки колонок.

Система підтримує експорт як прогнозних, так і імпортованих історичних даних, залежно від поточного стану застосунку. Пріоритет надається саме результатам останнього прогнозу, що відповідає логіці роботи користувача.

ВИСНОВОК

У ході виконання кваліфікаційної роботи на тему «Система прогнозування демографічних показників методом екстраполяції часових рядів» було досягнуто поставленої мети та вирішено всі основні завдання дослідження.

У роботі проаналізовано теоретичні засади демографічного прогнозування, визначено його роль у системі соціально-економічного розвитку та обґрунтовано доцільність використання методів екстраполяції часових рядів для прогнозування демографічних показників. Встановлено, що методи екстраполяції є ефективним інструментом прогнозування за умови відносної стабільності процесів та наявності достатньої кількості історичних даних.

У процесі дослідження було детально розглянуто та проаналізовано такі методи прогнозування, як проста та експоненціальна екстраполяція, лінійна регресія, поліноміальна екстраполяція, логістична модель та модель ARIMA. Визначено їхні переваги, обмеження та сфери доцільного застосування при аналізі демографічних процесів. З'ясовано, що використання декількох методів дозволяє отримувати альтернативні сценарії розвитку демографічної ситуації та здійснювати порівняльний аналіз прогнозів.

Практичним результатом курсової роботи стала розробка веборієнтованої системи прогнозування демографічних показників, реалізованої у вигляді клієнтського вебзастосунку. Створена система забезпечує введення демографічних даних як у ручному режимі, так і шляхом імпорту CSV-файлів, автоматичну обробку даних, побудову прогнозів із використанням різних методів екстраполяції, графічну візуалізацію результатів та формування розширеного аналітичного висновку.

Розроблений сайт дозволяє наочно відображати динаміку чисельності населення, чітко розмежовувати історичні та прогнозні дані, а також автоматично інтерпретувати результати прогнозування у вигляді текстового аналітичного висновку. Наявність функції експорту результатів у CSV-формат підвищує практичну цінність системи та забезпечує можливість подальшого використання отриманих даних.

Подальший розвиток роботи може полягати у розширенні набору методів прогнозування, урахуванні сезонності демографічних процесів, підключенні баз даних для зберігання статистичної інформації, а також підвищенні точності прогнозів за рахунок використання більш складних статистичних і машинних моделей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Копервас В.М., Шевцова Н. В. Система прогнозування демографічних показників методом екстраполяції часових рядів. Наука, освіта, суспільство очима молодих : матеріали XIX Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених. м. Рівне, 14 травня 2026 р. Рівне, 2026.
2. Методичні аспекти прогнозування демографічних процесів.
URL: <https://repository.hneu.edu.ua/bitstream/123456789/21218/1/Тези-Іванісов%20О.В.%20С%20Лебединська%20О.С.%20%281%29.pdf> (дата звернення: 10.05.2026).
3. Екстраполяційні методи прогнозування як інструмент передбачення оптимальних обсягів споживання продукції вітчизняного продовольчого комплексу. URL: <https://ir.kneu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/3a5a7078-a926-4ddd-8008-f30cd6c5417c/content> (дата звернення: 08.05.2026).
4. Інтерполяція, екстраполяція та прогнозування часових рядів.
URL: <https://studfile.net/preview/7084701/page:27/> (дата звернення: 11.05.2026).
5. Теорія часових рядів.
URL: http://andriystav.cc.ua/Downloads/AppliedEco/02_Time_Series.pdf (дата звернення: 26.04.2026).
6. Аналіз часових рядів. https://uk.wikipedia.org/wiki/Аналіз_часових_рядів (дата звернення: 23.04.2026).
7. Методи прогнозування.
URL: <https://studies.in.ua/soc-ekzam/3313-metodi-prognozuvannya.html> (дата звернення: 05.05.2026).
8. Які мови програмування треба знати для створення сайтів?
URL: <https://foxminded.ua/movy-prohramuvannia-dlia-stvorennia-saitiv/> (дата звернення: 10.04.2026).
9. Довідник по CSS функціям. URL: <https://css.in.ua/css/functions> (дата звернення: 12.04.2026).

10.Робота з файлами CSV у Node.js.

URL: <https://www.it-notes.wiki/javascript/work-with-csv-files-in-nodejs/>
(дата звернення: 20.04.2026).

11. Аналіз файлу CSV за допомогою JavaScript.

URL: <https://code.tutsplus.com/ru/parsing-a-csv-file-with-javascript--cms-25626t>(дата звернення: 21.04.2026).

12.Chart.js URL: https://w3schoolsua.github.io/js/js_graphics_chartjs.html (дата звернення: 01.05.2026).

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Код вебзастосунку системи прогнозування демографічних показників(HTML)

```

<!doctype html>
<html lang="uk">
<head>
  <meta charset="utf-8" />
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1" />
  <title>Система прогнозування демографічних показників</title>

  <link
href="https://fonts.googleapis.com/css2?family=Inter:wght@300;400;600;700&display=s
wap" rel="stylesheet">
  <script
src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/chart.js@4.4.0/dist/chart.umd.min.js"></script>

  <style>
    :root{
      --bg1:#e3f2ff;
      --bg2:#f6f9ff;
      --card:#ffffff;
      --accent:#1e40af;
      --accent2:#3b82f6;
      --muted:#64748b;
      --shadow:0 10px 30px rgba(0,0,0,0.08);
      font-family: "Inter", sans-serif;
    }
    body{
      margin:0;
      background:linear-gradient(135deg,var(--bg1),var(--bg2));
      color:#0f172a;
    }
    .wrap{
      min-height:100vh;
      display:flex;
      align-items:center;
      justify-content:center;
      padding:40px;
    }
    .card{
      width:100%;
      max-width:1100px;

```

```

    background:var(--card);
    border-radius:24px;
    padding:32px;
    box-shadow:var(--shadow);
    backdrop-filter:blur(10px);
  }
  h1{
    margin:0 0 12px;
    font-size:28px;
    font-weight:700;
    text-align:center;
  }
  p.lead{
    margin:0 0 28px;
    text-align:center;
    font-size:15px;
    color:var(--muted);
  }
  .grid{
    display:grid;
    grid-template-columns:repeat(2,1fr);
    gap:30px;
  }
  #csvFile {
    padding:10px 14px;
    background:#f1f6ff;
    border-radius:14px;
    border:1px solid #c5d6ff;
    font-size:15px;
    width:100%;
    cursor:pointer;
  }

  #csvFile::-webkit-file-upload-button {
    background:#3b82f6;
    color:white;
    padding:8px 14px;
    border-radius:10px;
    border:none;
    cursor:pointer;
    margin-right:12px;
    transition:0.2s;
  }

```

```

#csvFile::-webkit-file-upload-button:hover {
  background:#1e40af;
}
label{
  font-size:14px;
  color:var(--muted);
  margin-bottom:6px;
  display:block;
}
input,select{
  width:100%;
  padding:12px;
  border-radius:12px;
  border:1px solid #dce6f8;
  background:#f8fbff;
  font-size:15px;
}
.controls{
  grid-column:1/-1;
  display:flex;
  gap:12px;
  margin-top:10px;
}
button{
  padding:12px 20px;
  font-size:15px;
  border-radius:12px;
  cursor:pointer;
  border:0;
  transition:0.2s;
}
.primary{
  background:var(--accent2);
  color:white;
}
.primary:hover{
  background:#1d4ed8;
}
.secondary{
  background:white;
  border:1px solid var(--accent2);
  color:var(--accent2);
}
.secondary:hover{

```

```

    background:var(--accent2);
    color:white;
  }
.result-card{
  background:#f0f6ff;
  padding:18px;
  border-radius:16px;
  margin-top:20px;
  box-shadow:var(--shadow);
}
.result-title{
  font-size:14px;
  color:var(--muted);
}
.result-text{
  font-size:18px;
  font-weight:600;
  margin-top:6px;
  line-height:1.5;
}
.chart-wrap{
  margin-top:20px;
  background:white;
  padding:20px;
  border-radius:20px;
  box-shadow:var(--shadow);
}
</style>
</head>

```

```
<body>
```

```
<div class="wrap">
```

```
<div class="card">
```

```
<h1>Система прогнозування демографічних показників</h1>
```

```
<p class="lead">Введіть демографічні дані, виберіть період та отримайте
прогноз із деталізованим аналізом.</p>
```

```
<div class="grid">
```

```
<div><label>Базовий рік</label><input id="year" type="number"
value="2020"></div>
```

```
<div><label>Чисельність населення, тис. осіб</label><input
id="population" type="number" value="10000"></div>
```

```

    <div><label>Народжені за рік, тис. осіб</label><input id="births"
type="number" value="100"></div>
    <div><label>Померлі за рік, тис. осіб</label><input id="deaths"
type="number" value="80"></div>
    <div><label>Імігранти, тис. осіб</label><input id="immigrants"
type="number" value="20"></div>
    <div><label>Емігранти, тис. осіб</label><input id="emigrants"
type="number" value="15"></div>
    <div><label>Період прогнозу (роки)</label><input id="period"
type="number" value="10"></div>
    <div><label>Метод прогнозування</label>
    <select id="method">

    <option value="simple"
        title="Метод припускає, що населення буде змінюватися такими ж
темпами, як і раніше. Тобто майбутні зміни такі самі, як у попередні роки.">
        Проста екстраполяція
    </option>

    <option value="exp"
        title="Метод прогнозує майбутнє на основі відсоткових змін. Якщо
населення щороку падало або зростало на певний відсоток — цей відсоток і буде
прогнозом.">
        Експоненціальна екстраполяція
    </option>

    <option value="linear" class="needs-csv" disabled
        title="Метод будує пряму лінію, яка найкраще описує тренд зміни
населення за роками. Прогноз створюється продовженням цієї лінії.">
        Лінійна регресія
    </option>

    <option value="poly" class="needs-csv" disabled
        title="Метод шукає вигнуту криву (поліном), яка найкраще підходить до
реальних даних. Підходить, коли зміни населення прискорюються або
сповільнюються.">
        Поліноміальна екстраполяція
    </option>

    <option value="logistic" class="needs-csv" disabled
        title="Метод припускає, що населення має межу росту. Спочатку ріст
швидкий, потім сповільнюється та виходить на стабільний рівень.">
        Логістична модель
    </option>

```

```

    <option value="arima" class="needs-csv" disabled
      title="Статистична модель, яка враховує тренди та закономірності
попередніх років. Дає точніший прогноз для складних часових рядів.">
      ARIMA
    </option>

  </select>

</div>

  <div style="grid-column:1/-1; margin-top:10px;"><input type="file"
id="csvFile" accept=".csv" style="margin-bottom:10px; "><button class="secondary"
id="loadCsvBtn">Імпорт CSV</button></div>
  <div class="controls">
    <button class="primary" id="forecastBtn">Зробити прогноз</button>
    <button class="secondary" id="exportBtn">Експорт CSV</button>
  </div>
</div>

  <div id="summaryBlock" class="result-card" style="display:none;">
    <div class="result-title">Розширений аналітичний висновок:</div>
    <div id="summaryText" class="result-text"></div>
  </div>

  <div class="chart-wrap">
    <canvas id="popChart"></canvas>
  </div>

</div>
</div>

<script src="script.js"></script>
</body>
</html>

```

ДОДАТОК Б

Код вебзастосунок системи прогнозування демографічних показників(JavaScript)

```

let csvData = {};
let currentChart = null;
let lastForecastRows = null;

function enableCSVMethods() {
    document.querySelectorAll(".needs-csv").forEach(opt => {
        opt.removeAttribute("disabled");
        opt.classList.remove("disabled");
    });
}

function parseCSV(text) {
    csvData = {};
    text = text.replace(/^\uFEFF/, "");
    const lines = text.split(/\r?\n/).map(l => l.trim()).filter(Boolean);
    if (lines.length < 2) return;
    const rows = lines.map(l => l.split(";"));
    function num(s) {
        return Number((s || "0").replace(",", "."));
    }

    for (let i = 1; i < rows.length; i++) {
        const r = rows[i];
        if (!r[0]) continue;
        const year = r[0].trim();
        csvData[year] = {
            population: num(r[1]),
            births: num(r[2]),
            deaths: num(r[3]),
            immigrants: num(r[4]),
            emigrants: num(r[5])
        };
    }

    console.log("CSV OK:", csvData);
    fillYearDropdown();
}

function ensureYearSelect() {
    let elem = document.getElementById("year");

```

```

    if (elem && elem.tagName.toLowerCase() === "select") {
        return elem;
    }

    if (!elem) return null;
    const select = document.createElement("select");
    select.id = elem.id;
    select.name = elem.name || "";
    select.className = elem.className;
    select.style.cssText = elem.style.cssText;
    elem.parentNode.replaceChild(select, elem);
    return select;
}

function fillYearDropdown() {
    let yearSelect = ensureYearSelect();
    if (!yearSelect) return;
    yearSelect.innerHTML = "";
    const years = Object.keys(csvData).sort((a, b) => Number(a) - Number(b));
    years.forEach(y => {
        const opt = document.createElement("option");
        opt.value = y;
        opt.textContent = y;
        yearSelect.appendChild(opt);
    });

    yearSelect.onChange = () => fillFields(yearSelect.value);
    if (years.length > 0) {
        yearSelect.value = years[0];
        fillFields(years[0]);
    }
}

function fillFields(year) {
    const d = csvData[year];
    if (!d) return;
    document.getElementById("population").value = d.population;
    document.getElementById("births").value = d.births;
    document.getElementById("deaths").value = d.deaths;
    document.getElementById("immigrants").value = d.immigrants;
}

```

```

    document.getElementById("emigrants").value = d.emigrants;
}

```

```

function drawChart(allRows, forecastStartIndex) {
    const ctx = document.getElementById("popChart").getContext("2d");
    if (currentChart) currentChart.destroy();
    const labels = allRows.map(r => r.year);
    const values = allRows.map(r => r.population);
    currentChart = new Chart(ctx, {
        type: "line",
        data: {
            labels,
            datasets: [
                {
                    label: "Історичні дані",
                    data: values.slice(0, forecastStartIndex),
                    borderColor: "blue",
                    borderWidth: 2,
                    tension: 0.2
                },
                {
                    label: "Прогноз",
                    data:
Array(forecastStartIndex).fill(null).concat(values.slice(forecastStartIndex)),
                    borderColor: "orange",
                    borderWidth: 2,
                    borderDash: [6, 4],
                    tension: 0.2
                }
            ]
        }
    });
}

```

```

function simpleForecast(data, period) {
    const rows = [...data];
    const diff = data[data.length - 1].population - data[data.length - 2].population;
    let lastYear = data[data.length - 1].year;
    let lastPop = data[data.length - 1].population;
    for (let i = 1; i <= period; i++) {
        rows.push({
            year: lastYear + i,
            population: Math.round(lastPop + diff * i)
        });
    }
}

```

```

    });
  }
  return rows;
}

```

```

function exponentialForecast(data, period) {
  const ys = data.map(d => d.population);
  let ratios = [];
  for (let i = 1; i < ys.length; i++) {
    if (ys[i - 1] > 0) ratios.push(ys[i] / ys[i - 1]);
  }
  const g = ratios.reduce((a, b) => a + b, 0) / ratios.length;
  const rows = [...data];
  let last = ys[ys.length - 1];
  let lastYear = data[data.length - 1].year;
  for (let i = 1; i <= period; i++) {
    last *= g;
    rows.push({
      year: lastYear + i,
      population: Math.round(last)
    });
  }
  return rows;
}

```

```

function linearRegressionForecast(data, period) {
  const xs = data.map(d => d.year);
  const ys = data.map(d => d.population);
  const n = xs.length;
  const sumX = xs.reduce((a,b)=>a+b,0);
  const sumY = ys.reduce((a,b)=>a+b,0);
  const sumXY = xs.reduce((a,b,i)=>a + b * ys[i], 0);
  const sumX2 = xs.reduce((a,b)=>a + b*b, 0);
  const b = (n * sumXY - sumX * sumY) / (n * sumX2 - sumX * sumX);
  const a = (sumY - b * sumX) / n;
  const rows = [...data];
  const lastYear = xs[n - 1];
  for (let i = 1; i <= period; i++) {
    rows.push({
      year: lastYear + i,
      population: Math.round(a + b * (lastYear + i))
    });
  }
}

```

```

    return rows;
  }

function polynomialForecast(data, degree, period) {
  const xs = data.map(d => d.year);
  const ys = data.map(d => d.population);
  const X = xs.map(x => {
    let row = [];
    for (let p = 0; p <= degree; p++) row.push(x ** p);
    return row;
  });
  const XT = X[0].map((_, c) => X.map(row => row[c]));
  const XTX = XT.map(r => XT[0].map((_, c) =>
r.reduce((s,v,i)=>s+v*X[i][c],0)));
  const XTY = XT.map(r => r.reduce((s,v,i)=>s+v*ys[i],0));
  function solve(A, B) {
    const n = A.length;
    for (let i = 0; i < n; i++) {
      let maxRow = i;
      for (let j = i+1; j < n; j++)
        if (Math.abs(A[j][i]) > Math.abs(A[maxRow][i])) maxRow = j;
      [A[i], A[maxRow]] = [A[maxRow], A[i]];
      [B[i], B[maxRow]] = [B[maxRow], B[i]];
      for (let j = i+1; j < n; j++) {
        const f = A[j][i] / A[i][i];
        for (let k = i; k < n; k++)
          A[j][k] -= f * A[i][k];
        B[j] -= f * B[i];
      }
    }
  }

  const x = Array(n).fill(0);
  for (let i = n - 1; i >= 0; i--) {
    x[i] = B[i] / A[i][i];
    for (let j = 0; j < i; j++)
      B[j] -= A[j][i] * x[i];
  }
  return x;
}

const coef = solve(JSON.parse(JSON.stringify(XTX)), [...XTY]);
const lastYear = xs[xs.length - 1];
const rows = [...data];

```

```

for (let i = 1; i <= period; i++) {
  let y = 0;
  for (let p = 0; p <= degree; p++)
    y += coef[p] * ((lastYear + i) ** p);
  rows.push({ year: lastYear + i, population: Math.round(y) });
}
return rows;
}

function logisticForecast(data, period) {
  const xs = data.map(d => d.year);
  const ys = data.map(d => d.population);
  let K;
  if (ys[ys.length - 1] < ys[0]) {
    K = Math.max(...ys) * 1.05;
  } else {

    K = Math.max(...ys) * 1.2;
  }

  const Z = ys.map(y => {
    const val = (K / y) - 1;
    return val > 0 ? Math.log(val) : null;
  });

  let X = [];
  let Y = [];
  for (let i = 0; i < Z.length; i++) {
    if (Z[i] !== null && isFinite(Z[i])) {
      X.push(xs[i]);
      Y.push(Z[i]);
    }
  }

  const n = X.length;
  const sumX = X.reduce((a,b)=>a+b,0);
  const sumY = Y.reduce((a,b)=>a+b,0);
  const sumXY = X.reduce((a,b,i)=>a + b * Y[i], 0);
  const sumX2 = X.reduce((a,b)=>a + b*b, 0);
  const b = (n * sumXY - sumX * sumY) / (n * sumX2 - sumX * sumX);
  const a = (sumY - b * sumX) / n;

  const r = -b;

```

```

const A = Math.exp(a);
const rows = [...data];
let lastYear = xs[xs.length - 1];
for (let i = 1; i <= period; i++) {
  const t = lastYear + i;
  const P = K / (1 + A * Math.exp(-r * t));
  rows.push({
    year: t,
    population: Math.round(P)
  });
}

return rows;
}

function arimaForecast(data, period) {
  const ys = data.map(d => d.population);
  const deltas = [];
  for (let i = 1; i < ys.length; i++) {
    deltas.push(ys[i] - ys[i - 1]);
  }

  const n = deltas.length;
  let sum1 = 0, sum2 = 0;

  for (let i = 1; i < n; i++) {
    sum1 += deltas[i] * deltas[i - 1];
    sum2 += deltas[i - 1] ** 2;
  }
  const phi = sum1 / sum2;
  const meanDelta = deltas.reduce((a,b)=>a+b,0) / deltas.length;
  const c = meanDelta * (1 - phi);
  const rows = [...data];
  let lastY = ys[ys.length - 1];
  let lastDelta = deltas[deltas.length - 1];
  for (let i = 1; i <= period; i++) {
    const newDelta = c + phi * lastDelta;
    const newY = lastY + newDelta;
    rows.push({
      year: rows[rows.length - 1].year + 1,
      population: Math.round(newY)
    });

    lastY = newY;
  }
}

```

```

    lastDelta = newDelta;
  }
  return rows;
}

```

```

function makeSummary(rows) {
  const first = rows[0].population;
  const last = rows[rows.length - 1].population;
  const diff = last - first;
  const years = rows.length - 1;
  const avg = Math.round(diff / years);
  const trend = diff > 0 ? "зростає" : (diff < 0 ? "зменшується" : "залишається
стабільним");
  const trendIntensity =
    Math.abs(avg) < 100 ? "повільними темпами" :
    Math.abs(avg) < 2000 ? "помірними темпами" :
    "дуже швидкими темпами";
  const percentChange = ((diff / first) * 100).toFixed(2);
  const avgPercent = ((avg / first) * 100).toFixed(2);
  let scenarioText = "";
  if (diff < 0 && last < first * 0.8) {
    scenarioText = "Спостерігається суттєве довготривале скорочення
населення, що може свідчити про демографічну кризу або стійкий відтік
населення.";
  } else if (diff < 0 && Math.abs(avg) < 200) {
    scenarioText = "Падіння населення є відносно плавним і не носить різко
вираженого характеру.";
  } else if (diff > 0 && last > first * 1.2) {
    scenarioText = "Модель прогнозує активне зростання населення, що може
бути пов'язано зі збільшенням народжуваності, позитивним міграційним балансом
або зменшенням смертності.";
  } else if (diff > 0) {
    scenarioText = "Ріст населення є помірним і характерний для стабільного
демографічного розвитку.";
  } else {
    scenarioText = "Модель не показує суттєвих коливань у демографічній
динаміці.";
  }

  return `
  За прогностичний період у ${years} років чисельність населення ${trend}.
  Зміни відбуваються ${trendIntensity}. Це означає, що середньорічна зміна
  становить ${avg} осіб,
  що відповідає приблизно ${avgPercent}% на рік.

```

На початку періоду населення складало $\${first}$ осіб, тоді як наприкінці прогнозу – $\${last}$ осіб.

Загальна зміна за весь період становить $\${diff}$ осіб, що дорівнює $\${percentChange}\%$ від початкової чисельності.

Аналітична інтерпретація:

$\${scenarioText}$

Загальний висновок:

Дані свідчать про те, що демографічна динаміка в майбутньому продовжить тенденцію, характерну для попередніх років.

Однак точність прогнозу залежить від стабільності факторів народжуваності, смертності та міграції.`;

}

```
document.addEventListener("DOMContentLoaded", () => {
  const loadBtn = document.getElementById("loadCsvBtn");
  const fileInput = document.getElementById("csvFile");
  const forecastBtn = document.getElementById("forecastBtn");
  const exportBtn = document.getElementById("exportBtn");
  const methodSelect = document.getElementById("method");
  methodSelect.addEventListener("change", () => {
    const method = methodSelect.value;
    const births = document.getElementById("births");
    const deaths = document.getElementById("deaths");
    const immigrants = document.getElementById("immigrants");
    const emigrants = document.getElementById("emigrants");
    if (method === "exp") {
      births.value = "";
      deaths.value = "";
      immigrants.value = "";
      emigrants.value = "";
      births.placeholder = "Вводити у %";
      deaths.placeholder = "Вводити у %";
      immigrants.placeholder = "Вводити у %";
      emigrants.placeholder = "Вводити у %";
    }
    else {
      births.placeholder = "";
      deaths.placeholder = "";
      immigrants.placeholder = "";
      emigrants.placeholder = "";
    }
  });
});
```

```

loadBtn.addEventListener("click", () => {
    const file = fileInput.files[0];
    if (!file) return alert("Виберіть CSV!");
    const reader = new FileReader();
    reader.onload = e => {
        parseCSV(e.target.result);
        enableCSVMethods();
        const years = Object.keys(csvData).sort((a, b) => Number(a) - Number(b));
        const data = years.map(y => ({
            year: Number(y),
            population: csvData[y].population
        }));
        drawChart(data, data.length);
        lastForecastRows = null;
        document.getElementById("summaryText").textContent = "";
        document.getElementById("summaryBlock").style.display = "none";
        alert("CSV успішно імпортовано!");
    };
    reader.readAsText(file, "UTF-8");
});

forecastBtn.addEventListener("click", () => {
    const method = methodSelect.value;
    const period = Number(document.getElementById("period").value) || 10;
    let data = [];
    let forecastStart = 0;
    const needsCsvMethods = ["linear", "poly", "logistic", "ma", "arima"];
    if (Object.keys(csvData).length === 0) {
        if (needsCsvMethods.includes(method)) {
            alert("Цей метод потребує завантаження CSV-файлу.");
            return;
        }
    }
    const year = Number(document.getElementById("year").value);
    const pop = Number(document.getElementById("population").value);
    const births = Number(document.getElementById("births").value);
    const deaths = Number(document.getElementById("deaths").value);
    const immigrants =
Number(document.getElementById("immigrants").value);
    const emigrants = Number(document.getElementById("emigrants").value);
    const nextPop = pop + (births - deaths) + (immigrants - emigrants);
    data = [
        { year: year, population: pop },
        { year: year + 1, population: nextPop }
    ];
});

```

```

        forecastStart = data.length;
    }
else
{
    const years = Object.keys(csvData).sort((a, b) => Number(a) - Number(b));
    data = years.map(y => ({
        year: Number(y),
        population: csvData[y].population
    }));
    forecastStart = data.length;
}
let rows = [];
if (method === "simple") rows = simpleForecast(data, period);
else if (method === "exp") rows = exponentialForecast(data, period);
else if (method === "linear") rows = linearRegressionForecast(data, period);
else if (method === "poly") rows = polynomialForecast(data, 3, period);
else if (method === "logistic") rows = logisticForecast(data, period);
else if (method === "ma") rows = movingAverageForecast(data, 3, period);
else if (method === "arima") rows = arimaForecast(data, period);
else {
    alert("Невідомий метод прогнозування.");
    return;
}
drawChart(rows, forecastStart);
lastForecastRows = rows;
document.getElementById("summaryText").textContent =
makeSummary(rows);
document.getElementById("summaryBlock").style.display = "block";
});
exportBtn.addEventListener("click", () => {
    let rowsToExport = null;
    if (lastForecastRows && lastForecastRows.length > 0) {
        rowsToExport = lastForecastRows;
    } else if (Object.keys(csvData).length > 0) {
        const years = Object.keys(csvData).sort((a,b)=>Number(a)-Number(b));
        rowsToExport = years.map(y => ({
            year: Number(y),
            population: csvData[y].population
        }));
    }
else
{
    alert("Немає даних для експорту. Спочатку імпортуйте CSV або зробіть
прогноз.");

```

```

    return;
}
let lines = ["Рік;Чисельність"];
rowsToExport.forEach(r => {
    const year = r.year;
    const pop = String(r.population).replace(".", ",");
    lines.push(`${year};${pop}`);
});
const csvContent = "\u0009" + lines.join("\r\n");
const blob = new Blob([csvContent], { type: "text/csv;charset=utf-8;" });
const url = URL.createObjectURL(blob);
const a = document.createElement("a");
a.href = url;
a.download = "table.csv";
document.body.appendChild(a);
a.click();
document.body.removeChild(a);
URL.revokeObjectURL(url);
});
});

```