

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра фундаментальної та прикладної математики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему: «МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА
АНАЛІЗ ЯВИЩ, ПОВ'ЯЗАНИХ З МІГРАЦІЙНИМИ
ПРОЦЕСАМИ»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1112-з
спеціальності 111 математика

(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми математика

(назва освітньої програми)

Ю. В. Немко

(ініціали та прізвище)

доцент кафедри фундаментальної та
прикладної математики,

Керівник к. ф.-м. н. Манько Н. І.-В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доцент кафедри загальної математики,
к. ф.-м. н. Гречнєва М. О.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет математичний

Кафедра фундаментальної та прикладної математики

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 111 математика

(шифр і назва)

Освітня програма математика

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри фундаментальної
та прикладної математики,
д. т. н., професор

_____ Гребенюк С. М.
(підпис)

« _____ » _____ 2023 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Немко Юлії Василівні

(прізвище, ім'я та по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) «Математичне моделювання та аналіз явищ, пов'язаних з міграційними процесами»

керівник роботи (проекту) Манько Наталія Іванівна-Володимирівна, к. ф.-м. н.

(прізвище, ім'я та по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 01 » травня 2023 року № 643-с

2. Строк подання студентом роботи 24.11.2023

3. Вихідні дані до роботи 1. Постановка задачі.

2. Перелік літератури.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Огляд теоретичних джерел.

2. Аналіз міграційних процесів в Україні за період 2020-2023 років.

3. Аналіз економічних та соціальних показників життя українців за кордоном.

4. Моделювання процесів міграції населення.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____

Презентація

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 01.05.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розробка плану роботи.	01.06.23–01.09.2023	Виконано
2.	Збір вихідних даних.	02.09.2023–19.09.2023	Виконано
3.	Обробка методичних та теоретичних джерел.	20.09.2023–10.10.2023	Виконано
4.	Розробка першого та другого розділу.	11.10.2023–20.10.2023	Виконано
5.	Розробка третього розділу.	21.10.2023–11.11.2023	Виконано
6.	Оформлення та нормоконтроль кваліфікаційної роботи магістра.	12.11.2023–24.11.2023	Виконано
7.	Захист кваліфікаційної роботи магістра.	12.12.2023	

Студент _____
(підпис)

Ю. В. Немко _____
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

Н. І.-В. Манько _____
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____
(підпис)

О. Г. Спиця _____
(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра «Математичне моделювання та аналіз явищ, пов'язаних з міграційними процесами»: 46 с., 18 рис., 4 табл., 17 джерел,.

ПОВНОМАСШТАБНА АГРЕСІЯ, МІГРАЦІЯ, МІГРАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ, МІГРАЦІЙНА ПОЛІТИКА, ДЕМОГРАФІЧНА СТРУКТУРА НАСЕЛЕННЯ, МОБІЛЬНІСТЬ, МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

Об'єкт дослідження – міграційні процеси в Україні.

Мета роботи: здійснення моделювання рівня міграційних процесів в Україні за час військової агресії Росії.

Відповідно до мети, сформульовано наступні завдання: розкрити сутність міграційних процесів та їхні види; охарактеризувати останні показники оцінювання міграційних процесів в Україні; визначити особливості регулювання міграційних процесів; окреслити підходи до моделювання міграційних процесів; проаналізувати дані та визначити факторів впливу на міграційні процеси в Україні; виконати моделювання міграційних процесів в Україні та оцінку ефективності обраної моделі в Україні; здійснити прогнозування міграційних процесів; визначити економічну ефективність впровадження запропонованої моделі; сформулювати напрями покращення міграційної політики в Україні.

Методи дослідження – теоретичні: вивчення і аналіз наукової літератури з теми, узагальнення; емпіричні: побудова математичної моделі та аналіз явищ пов'язаних з міграційними процесами.

Міграційні процеси є прямим відображенням соціально-економічної ситуації країн та суттєво впливають на формування демографічної структури населення тих чи інших територій. На основі аналізу сучасних вітчизняних та зарубіжних публікацій, матеріалів, досліджень представлено основні складові моделювання міграційних процесів. Описано наукові та статистичні дані стосовно міграційних процесів, що відбуваються на даний час у світі та в Україні. Висвітлено міграційні процеси в Україні як кризове явище і найголовніший

виклик сьогодення, проаналізовано деякі економічні та соціальні показники життя українців за кордоном.

Для аналізу та прогнозування міграційних процесів в Україні, спричинених російською агресією, використано математичний інструментарій, який надав можливість з необхідною точністю моделювати міграційні процеси на території нашої країни на основі існуючих статистичних даних.

SUMMARY

Master's Qualification Thesis «Mathematical modeling and analysis of phenomena related to migration processes»: 46 pages, 8 figures, 4 tables, 17 references.

FULL-SCALE AGGRESSION, MIGRATION, MIGRATION PROCESSES, MIGRATION POLICY, DEMOGRAPHIC STRUCTURE OF THE POPULATION, MOBILITY, MATHEMATICAL MODELLING.

Object of study: migration processes in Ukraine.

Purpose: to model the level of migration processes in Ukraine during Russia's military aggression.

In accordance with the goal, the following tasks are formulated: to reveal the essence of migration processes and their types; to characterize the latest indicators of migration processes in Ukraine; identify the features of regulating migration processes; outline approaches to modelling migration processes; to analyze data and identify factors influencing migration processes in Ukraine; to model migration processes in Ukraine and assess the effectiveness of the selected model in Ukraine; to forecast migration processes; determine the financial efficiency of implementing the proposed model; to formulate directions for improving migration policy in Ukraine.

Research methods: theoretical: study and analysis of scientific literature on the topic, generalization; empirical: construction of a mathematical model and analysis of phenomena related to migration processes.

Migration processes are a direct reflection of the socio-economic situation of countries and have a significant impact on the formation of the demographic structure of the population of certain territories. Based on the analysis of modern national and foreign publications, materials, and research, the article presents the main components of modelling migration processes. Scientific and statistical data on migration processes currently taking place in the world and in Ukraine are described. The migration processes in Ukraine as a crisis phenomenon and the main challenge of our time are highlighted, and some economic and social indicators of Ukrainians living abroad are analyzed.

To analyze and forecast migration processes in Ukraine caused by Russian aggression, mathematical tools were used, which made it possible to model migration processes in our country with the necessary accuracy on the basis of existing statistical data.

ЗМІСТ

Завдання на кваліфікаційну роботу	2
Реферат.....	4
Summary.....	7
Зміст.....	8
Вступ.....	9
1 Теоретичні аспекти дослідження моделювання міграційних процесів.....	11
1.1 Сутність міграційних процесів та їх види	11
1.2 Висновки за 1 розділом	17
2 Аналіз міграції населення з України за кордон.....	18
2.1 Аналіз міграційних процесів в Україні на міждержавному рівні за період з 2020 року по 2023 рік	18
2.2 Аналіз економічних та соціальних показників життя українців за кордоном	24
2.3 Висновки за 2 розділом	30
3 Моделювання процесів міграції населення.....	31
3.1 Побудова та аналіз моделей динаміки перетину кордонів України в сучасних умовах.....	32
3.2 Розробка концепції моделі моніторингу впливу міграційних процесів на розвиток регіонів країни	38
3.3 Висновки за 3 розділом.....	42
Висновки.....	44
Перелік посилань.....	46

ВСТУП

В сьогоднішньому глобалізованому світі процес міграції носить об'єктивний характер. Міграційні процеси як складне соціально-економічне явище привертає увагу багатьох дослідників не лише науковою актуальністю (виявлення сучасних тенденцій, аналіз динаміки та впливу різних соціально-економічних факторів на їх інтенсивність, моделювання і прогнозування кількісних характеристик міграційних процесів), але й значною практичною значимістю для багатьох регіонів світу.

Міграція населення являє собою соціально-демографічний процес, що безпосередньо відіграє велику роль у розвитку економічних систем регіонів, задіяних у міграційних процесах. Міграція є відображенням соціально-економічних процесів суспільства в цілому та суттєво впливає на формування демографічної структури населення територій, стану регіональних та локальних ринків праці. В умовах відсутності стримуючих міграцію бар'єрів, міграційні потоки можуть сприяти створенню або, навпаки, усуненню дисбалансу в розвитку економічної системи та інфраструктури регіонів пов'язаних з переміщенням людей від менш розвинених до більш успішних регіонів.

В останні роки спостерігається стійке збільшення мобільності населення. Навряд чи можна знайти панацею від прогресуючої міграції в усьому світі, принаймні демократичним та мирним шляхом.

В Україні міграційні процеси набрали істотних обсягів та високої інтенсивності насамперед через повномасштабну агресію Росії. Потрібно чітко розуміти, що виїзд українців за кордон обумовлений перш за все тим, щоб знайти прихисток, безпечне середовище задля збереження власного життя, життя дітей та інших членів сім'ї. Міграція вносить корективи не лише в життя людей, що змінили місце проживання, вона безумовно впливає на політичні, економічні та соціальні сторони життя країн, які їх приймають. Швидка зміна працездатного населення тієї чи іншої території, зумовлена міграційними процесами, призводить до дисбалансу попиту та пропозицій на ринку праці, змінам у

демографічній структурі населення. Тому актуальність питань пов'язаних з вивченням факторів міграції, спрямування, інтенсивності та структури міграційних потоків, прогнозування їх величини є обґрунтованою.

Також не можемо не зазначити, що соціально-економічне становлення України після завершення війни є пріоритетним та першочерговим питанням державної політики. Має бути розбудований цілий комплекс завдань задля подолання катастрофічних руйнувань усієї системи життєвозначущих інституцій, галузей, ринків; реконструювання інфраструктури, розвиток людського потенціалу та налаштування на важливість здійснення усіх вищезазначених комплексів для розбудови нашої великої держави.

Це потребує значних ресурсів, фізичного і людського потенціалу, надійної системи та її вдосконалення. Однак сьогодні в умовах війни такі завдання є вкрай складними.

Враховуючи опрацьовану інформацію можемо з упевненістю сказати, що сьогодні обсяг міграції досягнув максимального масштабу за часи існування незалежної України. Враховуючи політичні, економічні та соціальні проблеми населення прогнозованим є подальший ріст інтенсивності міграційних процесів. Тому необхідність дослідження сучасного стану міграційних процесів та пошуку нових шляхів впровадження міграційної політики є достатньо актуальною темою для нашого суспільства сьогодні.

1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЮВАННЯ МІГРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

1.1 Сутність міграційних процесів та їх види

Очевидно, що міграція за період існування людства відіграла визначну роль, формуючи світ таким, яким ми його знаємо зараз, а мігранти стали провідними «будівельниками» багатьох сучасних держав, які сформували структуровану динаміку праці по всьому світу і стали ключовими індикаторами у формуванні міжнародних відносин. З динамічними процесами глобалізації і трансформації міграція стає одним із викликів національній безпеці, економічній, соціальній та політичній системі країн їх стабільності.

Термін міграції у широкому та вузькому значеннях представляє собою різні явища, хоча у деяких джерелах вони змішуються, вживаються як синоніми, а іноді навіть ототожнюються.

Соціологічний словник визначає міграцію як «географічний рух індивідів або груп індивідів, тобто мобільність людей у вузькому або ширшому географічному просторі» [17]. Схоже тлумачення міститься і в економічній енциклопедії: «Міграція населення – переміщення людей, етносів, їхніх частин або окремих представників, пов'язане із зміною постійного місця проживання або з поверненням до нього» [6]. А. Хомра під міграцією населення розуміє «територіальні переміщення населення, пов'язані зі зміною місця проживання» [14].

Вперше поняття «міграція» вводить у наукову мову наприкінці XIX століття англійський учений Е. Равенштейн (1834–1913). На підставі даних перепису населення Англії та Уельсу 1881 року Ернест розробив «Закони міграції», які вперше були презентовані перед Королівським статистичним товариством 17 березня 1885 р.

Суть Законів полягала у тому, що у світі постійно відбувається активний перерозподіл населення; мігранти пересуваються переважно на короткі відстані,

а ті, хто подорожує на більші відстані, рухаються до великих центрів промисловості та торгівлі; характерною рисою міграції є те, що сільські мешканці мігрують частіше, ніж мешканці міст; трудова міграція розвивається поступово; більшість міграцій відбувається з сільськогосподарських у промислові райони; великі міста зростають більше за рахунок міграції, ніж за рахунок природного приросту; міграція зростає з розвитком промисловості, торгівлі та транспорту; кожен потік міграції створює зустрічний потік; основні причини трудової міграції – економічні.

Автор розглядає міграцію як безперервний процес, обумовлений взаємодією чотирьох основних груп чинників, що діють у місці проживання мігранта, на стадії його переміщення, в місці в'їзду, а також чинники особистого характеру та регулюється процесом «push-pull». Це означає, що несприятливі умови в одному місці «виштовхують» людей зі звичного місця проживання, а сприятливі умови у іншому місці навпаки «притягують» їх. Закони Равенштейна доводять наступне: основною причиною міграції є більш привабливі зовнішньо-економічні можливості; обсяг міграції зменшується зі збільшенням відстані; переміщення населення двостороннє; міграційні відмінності (наприклад, стать, соціальний клас, вік) впливають на мобільність людини.

Спираючись на широкий емпіричний матеріал, Е. Равенштейн був одним з перших дослідників, хто відокремив основні особливості міграційних процесів. Незважаючи на те, що вказані закони здебільшого мали описовий характер, але все ж таки суттєво вплинули на подальші наукові надбання в галузі моделювання і концептуалізації міграційних процесів. Багато у чому панівні теорії Равенштейна актуальні в сучасній науці та є певними варіаціями його висновків [20].

Історичний аналіз міграцій в Україні започаткував Михайло Сергійович Грушевський у своїй праці «Історія України-Русі», який розглядає міграційні процеси в Україні від найдавніших часів до початку ХХ століття. У своїй праці «Історія України-Русі» автор звертається до проблеми міграції в багатьох розділах. Одним із розділів і лише і одному розділі вірно і точно відображає дійсність «Розпад Польщі і відродження Української державності в 1772-1914

рр.», де аналізу підлягає масова еміграція українських селян на захід, а також інші міграційні процеси, пов'язані з цим періодом історії [3].

Дослідженням міграційних процесів у світі присвячена значна кількість наукових праць. У працях Шиманської К. представлено опис теоретичних аспектів дослідження процесів міжнародної міграції. Велика увага приділена впливу пандемії та війни на міграційні та економічні процеси загалом [16]. Лібанова Е. та співавтори виявляють чинники повернення вимушених мігрантів до України та оцінюють наслідки масштабних міграцій, одним із визначних спрямувань їхньої роботи стала оцінка впливу COVID-19 на перебіг зовнішньої трудової міграції з України [8, 9]. Багато вчених приділили неабияку увагу вивченню міграційних процесів під час COVID-19, а саме Маслій Н. та співавтори описали вплив пандемії на міграційні процеси на прикладі України [18].

Кількісні та якісні методи оцінювання, моделювання економічних процесів загалом та міграційних зокрема використано також у низці праць Панчишина Т., який розглянув статистичні методи аналізу трудової міграції; Шиманської К. яка характеризує інституційний підхід до оцінювання детермінант міжнародної міграції; Зомчак Л. та Старчевської І., які використовують логістичну регресію. Детальний опис різних методів статистичного та математичного моделювання, кількісні методи аналізу соціально-економічних чинників руху біженців з України пропонували Вдовин М., Литвинова О. Б., Свидорчук І. І. та ін.

Однак, незважаючи на велику кількість досліджень в контексті сучасних наукових досліджень питання міграційних процесів викликають неабияку увагу у вчених різних спрямувань, саме через збройну агресію Російської Федерації проти України, оголошення воєнного стану та наявні у зв'язку з цим глобальні процеси як внутрішньої, так і зовнішньої міграції.

До цього часу не визначено єдиного погляду до значення терміну «міграція». Є дуже багато теорій на сутність цього явища, що знайшло відображення у розмаїтті визначень цього феномену.

Серед основних чинників, як складової міграцій у світі визначають економічні. Люди мігрують з метою отримання більших заробітків. 82% населення світу живе в країнах, що розвиваються, і лише 18% в економічно розвинених країнах. Отже, відповідно, що відсоток мігрантів з країн, що розвиваються, в країнах Заходу буде підвищуватися. Найважливішим фактором, що зумовлює сучасну глобальну міграцію, є диспропорції у демографічному розвитку. Ще один важливий компонент для оцінки значущості міграції стосовно конкретної країни - чи є вона політичним, економічним і культурним «центром тяжіння» для вихідців із сусідніх країн. Окрім того, достатньо масштабними є міграції, породжені війнами, збройними конфліктами, екологічними та техногенними катастрофами. І саме досвід пострадянських країн є найбільш показовим.

Розглянемо основні види міграції з погляду дотримання процесуальних норм. За кінцевою метою міграція може бути зворотна чи безповоротна. Так тимчасова або поворотна міграція – це міграція, яка передбачає переміщення населення на короткий термін, повернення населення до колишнього місця постійного проживання. Постійна або безповоротна міграція – міграція, що призводить до зміни місця проживання. Щодо постійної міграції, аргументи вказують на її домінування.

За наданим аналізом Центру економічної стратегії ми бачимо, що ключовими чинниками для повернення біженців додому після завершення конфлікту є безпека; наявність житла, куди можна повернутися; можливість заробляти на життя.

Згідно з опитуванням Info Sapiens на замовлення ЦЕС, переважна кількість українців (63%), які зараз перебувають за кордоном, планують повернутися до України. Проте не факт, що всі вони насправді повернуться. Насамперед, що довше триватиме війна, то більше українців адаптуються до життя за кордоном. Крім цього, деякі українці (6,8%) вважають, що перспективи для їхніх дітей є кращими за кордоном.

Також люди, які виїхали із зони бойових дій, переважно не мають куди повертатися. Тож їхнє повернення напряму залежить від того, як швидко

відбудовуватимуть зруйновані регіони або ж надаватимуть суттєву підтримку для переїзду в інші регіони України.

Крім цього, ознайомившись із регресійним аналізом факторів, які корелюють із поверненням українських біженців, показовим є поточний статус зайнятості, як важливий чинник. Менш схильними до повернення є студенти іноземних навчальних закладів (на 68% менш схильні, ніж респонденти, які не є студентами) та люди, що не працюють, але активно шукають роботу (на 45%, ніж ті, що не працюють і не шукають).

Повернення молоді напряму пов'язано з рівнем адаптованості до нових умов та перспектив майбутнього у країні проживання. Невід'ємним є рівень доходу. Люди з високим доходом до війни більш схильні до повернення, тоді як ті, які мають високий рівень доходу зараз, – менш схильні.

За причинами переміщення - міграція може бути добровільною чи вимушеною. При добровільній міграції переміщення за кордон здійснюється з причин, що залежать від мігранта. Вимушена міграція – це саме той процес, що відбувається з українцями зараз, коли люди вимушені залишити своє місце проживання проти своєї волі. Але, за своєю суттю, всі види міграції мають у тій чи іншій мірі вимушений характер.

За характером та тривалістю переміщення населення міграцію поділяють на періодичну, сезонну та маятникову. Періодична міграція – це переміщення населення, яке викликається періодично виникаючими причинами, з поверненням до постійного місця проживання. Сезонна міграція – переміщення мігрантів, пов'язане із сезонним характером роботи. Маятникова міграція має місцевий характер і пов'язана з щоденним переміщенням частини населення до місця роботи, навчання і назад, виникає у прикордонних районах. Наразі ті процеси, що відбуваються з українцями, мало схожі на один з наданих варіантів, бо навіть «періодична міграція» передбачає повернення додому. А ми знаємо, що через об'єктивні причини, більшість мігрантів просто буде не в змозі повернутись.

Питання дотримання законної процедури є більш актуальним при міжнародній міграції. Незалежно від причин цієї міграції, питання про те, чи

підходить зміна місцезнаходження для процедури міжнародної поїздки, оцінюється в правовому полі.

З точки зору дотримання правових процедур типи міграції поділяються на два види: регулярна та незаконна міграція.

У формуванні усіх видів міграцій є фактори, що виштовхують, а саме:

- а) війни;
- б) стихійні лиха;
- в) нестача соціальних послуг;
- г) труднощі у задоволенні основних потреб;
- д) безробіття;
- е) релігійний, політичний та етнічний тиск;
- є) потреба у безпеці;
- ж) вплив державних планів (таких як будівництво гребель та доріг) [18].

Зважаючи на розглянуті види територіальних переміщень населення, можна було б визначити деякі основні форми зовнішньої міграції, значущі для формування міграційної політики: організована та неорганізована.

Міграція – це складне явище, на яке впливають різні соціальні, економічні, політичні та екологічні чинники. Дослідження міграційних процесів допомагають збагнути причини міграції та її вплив на окремих осіб, родини, громади та суспільство в цілому.

Проведений нами аналіз наукових робіт дає змогу стверджувати, що регулювання міграції є предметом дослідження багатьох наук і має міцні міждисциплінарні зв'язки, а результати досліджень процесів міграції можуть бути використані для пропаганди кращого захисту прав мігрантів, покращення доступу до охорони здоров'я, освіти та можливостей працевлаштування, а також посилення соціальної інтеграції та інтеграції.

Міграція багато в чому відповідає тим процесам, які протікають у суспільстві, а також міграція, у всіх її проявах, суттєво впливає на всю економіку країни та суспільне життя, відповідає тим процесам, що протікають у суспільстві, впливає на соціально-економічний, культурний, політичний розвиток країни.

Таким чином, міграційними процесами вважається переміщення груп людей між країнами для зміни місця проживання на тривалий термін.

Сучасні міжнародні міграційні процеси можна охарактеризувати як великомасштабні, глобальні та багатofакторні явища, що динамічно змінюють простір навколо себе і впливають на соціально-економічні процеси у світі.

1.2 Висновки за 1 розділом

У процесі ознайомлення з інформацією, науковими та статистичними даними стосовно міграційних процесів, що відбуваються на сьогодні у світі, а саме в Україні, з'ясовано, що міграція пов'язана з територіальним переміщенням населення, яке супроводжується зміною місця проживання та місця праці (назавжди або на досить тривалий строк) як у межах однієї країни, так і поза її межами. Міграційні процеси є не лише рухом, переміщенням народу, а розглядаються як складні соціально-економічні явища.

2 АНАЛІЗ МІГРАЦІЇ НАСЕЛЕННЯ З УКРАЇНИ ЗА КОРДОН

2.1 Аналіз міграційних процесів в Україні на міждержавному рівні за період з 2020 року по 2023 рік

Міграція істотно впливає на формування демографічної структури населення територій, стан регіональних та локальних ринків праці. Для успішного проведення соціально-економічної політики необхідно вміти прогнозувати величину і спрямованість міграційних потоків, а для цього необхідно враховувати особливості міжрегіональної та внутрішньої міграції та її визначальні фактори, а також оцінювати наслідки міграції це неможливо без побудови моделей міграції.

Міждержавна та міжрегіональна міграція, що передбачає вимушене чи добровільне переміщення осіб через державні та регіональні кордони стає широко розповсюдженим явищем. В той час коли одні виїжджають в пошуках кращої роботи, освіти, економічних благ або для єднання з рідними інші вимушені тікати від конфліктів, війни, тероризму або порушення прав людини. У сучасному світі ми спостерігаємо переселення людей у вражаючих масштабах. Величезна кількість людей проживають не там де вони народилися. За даними Відділу народонаселення Департаменту ООН по економічним та соціальним питанням кількість міжнародних мігрантів у світі становить 3,5% усього населення, тоді як у 2000 році їх було 2,8%, а 1980 році – 2,3%.

За останні 15 років ми могли спостерігати значне зростання еміграції до розвинених країн світу. Конфлікти в Європі, на Близькому Сході та в країнах Африки змушують мільйони людей рухатися далі – The Economist. Безсумнівно повномасштабна агресія проти України створила нові виклики та загрози й нашому суспільству і тому однією з найбільших проблем сьогодення постають питання вимушеної міграції. Хоча міграційні процеси відбуваються повсякчас в усьому світі, але ж на фоні війни, нашу країну захлиснула небувала хвиля міграції і свої домівки полишають усе більше і більше людей.

Повномасштабне вторгнення призвело до небаченого з часів Другої світової війни явища – масової міграції населення України та появи раніше невідомого явища в українському суспільстві феномену багатомільйонних вимушених мігрантів, внутрішньо переміщених осіб (ВПО), біженців, переміщених осіб, шукачів притулку та мігрантів. Історія Європи та світу за останні півстоліття пережила чимало потужних міграційних криз – Афганська криза (1979 – 1989 рр.), яка призвела до появи понад 6 мільйонів біженців та емігрантів, Венесуельська криза (2013 – 2019 рр.) – 3 мільйони та сирійська криза (2019 – 2020) – майже 3 мільйони осіб [6].

Однак теперішня криза вимушеної міграції в Україні не має собі рівних за масштабами, географічним розмахом, кількісними показниками та часовими рамками і значно перевершує всі попередні.

Міграція істотно впливає на формування демографічної структури населення територій, стану регіональних та локальних ринків праці. Через суттєву зміну загальної кількості працездатного населення прогресуватиме дисбаланс попиту та пропозицій на ринку праці, а також демографічної структури населення України взагалі. Для України це матиме негативні наслідки, оскільки для відновлення економіки важливим є саме працездатне населення, яке буде працювати та сплачувати податки.

Міграція українців через повномасштабне російське вторгнення є вже понад півтора року економічним та гуманітарним викликом для України, для країн Європи, що прийняли до себе мільйони осіб, що вимушені були покинути свої домівки.

Частина переселенців успішно інтегрувалася у нових умовах, частина повернулася додому. При цьому частина українців лише зараз виїжджає за межі України.

Громадянською мережею ОПОРА (ГМ ОПОРА) на основі відповідей на запити до державних структур України, органів влади, міжнародних організацій, зокрема Міністерства закордонних справ, Державної прикордонної служби, Міністерства соціальної політики, Управління Верховного комісара ООН у

справах біженців проведено дослідження динаміки міграційних потоків з України.

Наведемо окремі факти цих досліджень [7], які будуть виступати вихідними даними для математичних моделей в роботі.

Так, за оцінками уряду станом на 01.12.2019 року (брифінг міністра Кабінету міністрів України Дмитра Дубілета) в Україні без урахування окупованих територій та громадян, які живуть за кордоном, проживало 37,289 мільйонів осіб [12].

За даними Держстат України від 18.03.2022 р. станом на 1 лютого 2022 року демографічна ситуація в Україні оцінювалась наступним чином: «Чисельність наявного населення в Україні, за оцінкою, на 1 лютого 2022р. становила 41130,4 тис. осіб. Загальне скорочення чисельності населення у січні 2022р. склало 36,9 тис. осіб. [7].

Залишається суттєвим перевищення кількості померлих над кількістю живонароджених: на 100 померлих – 32 живонароджені.» [4].

Нажаль, повномасштабне російське вторгнення спричинило справжню демографічну катастрофу.

ГМ ОПОРА опублікувала такі данні відповідей на свої запити.

За даними Міністерства закордонних справ (МЗС України): кількість українців за кордоном станом на 01.02.2023 становила 7 989 027 осіб; на 29.03.2023 становила 8 054 849 осіб; на 21.06.2023 становила 8 177 638 осіб. При цьому розподіл по країнах такий: Польща – 22%, Німеччина – 14,6%, США – 11%, Чехія – 7,9%, Італія – 5%, Канада – 4,9%, Іспанія – 3,4% та Ізраїль – 2,75%.

«Майже 63% українців, які перебувають за кордоном, повнолітні, 22% – діти до 18 років. Вік ще 15% осіб не уточнюється» [7].

За даними Державної прикордонної служби України (ДПСУ) наведена наступна статистика (табл. 2.1) перетинів кордону України з 24.02.2022 р. по 01.05.2023р. [14]

Таблиця 2.1 – Кількість перетинів кордону з 24.02.2022 до 01.05.2023 за даними ДПСУ[11]

Ділянка кордону	Всього перетинів	На в'їзд в Україну	На виїзд з України	Міграційне сальдо
Угорщина	4 405 629	2 142 325	2 263 304	-120 979
Словаччина	2 283 454	1 044 561	1 238 893	-194 332
Румунія	4 469 787	2 105 445	2 364 342	-258 897
Польща	19 936 060	9 042 429	10 893 631	-1 851 202
Молдова	3 259 835	1 494 669	1 765 166	-270 497
Росія	5 868	5 569	299	5 270
Білорусь	4 038	3 972	66	3 906

За даними мобільних операторів України на запит ГМ ОПОРА до Державної комісії з питань зв'язку про кількість активних карток операторів мобільного зв'язку “Київстар”, “Vodafone” та “Lifecell” станом на 06.06.2023 р. отримані наступні дані: “Київстар” – 24,3 млн карток, “Vodafone” – 15,4 млн, “Lifecell” – 8,6 млн. [11]

Також спостерігається значне скорочення кількості карток за останні півтора року, наприклад, у порівнянні даних на 31.12.2021 р. та 31.12.2022 р. скорочення сягає 6,6 млн карток, за перші п'ять місяців 2023 року кількість карток також зменшилася на приблизно 1 млн.

За даними Управління Верховного комісара ООН у справах біженців (УВКБ ООН), станом на 26 червня 2023 року в Європі перебуває 5 млн 977 тис. українських переселенців.

Таблиця 2.2 – Кількість наявного населення за 2019 – 2023 рр. за даними НКЕК та Укрстат[11]

Дата	Кільк. карток моб. зв'язку, млн	Розрахункова кільк. жителів, млн	Кільк. жителів за даними Укрстат, млн
31.12.2019	54,843	42,78	42,15
31.12.2020	53,978	41,71	41,59
31.12.2021	55,926	41,15	41,17
31.12.2022	49,304	34,48	34,82
06.06.2023	48,327	33,80	33,20

Кількість українців у країнах Європи, млн осіб

за даними УВКБ ООН, без врахування даних РФ та Білорусі

ОПОРА
fb.com/cn.opora
opora.ua.org

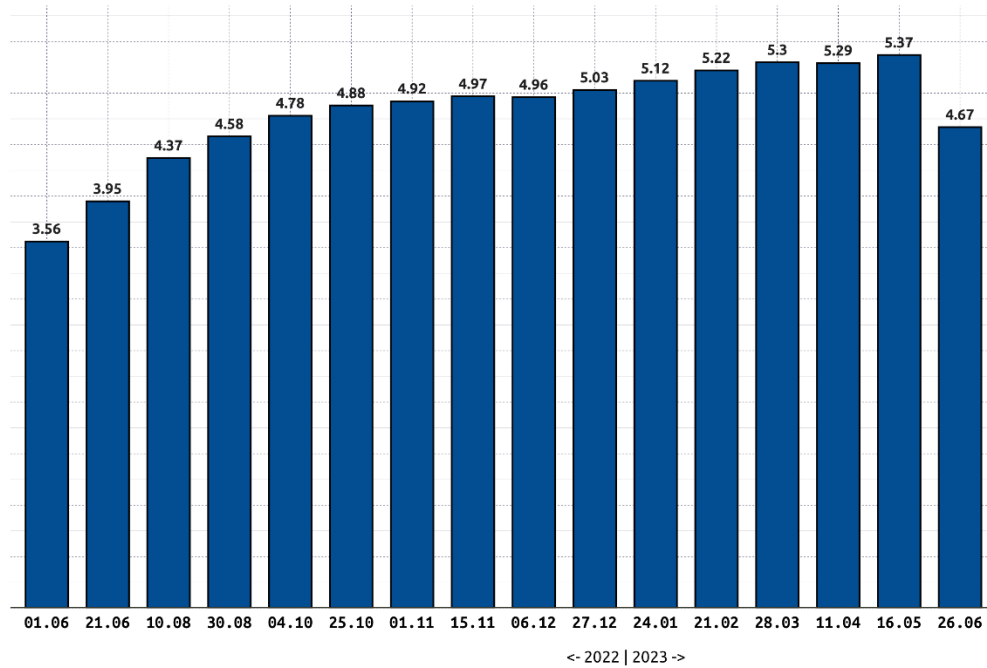


Рисунок 2.1 – Динаміка кількості українців у країнах Європи за даними УВКБ ООН[11].

На основі даних УВКБ ООН можна встановити, що за останній рік кількість українців у країнах Європи зросла на понад 725 тис. осіб. Піку вона сягнула в березні-травні 2023 року (майже 5,3 млн людей) і зараз поступово зменшується, зокрема, за рахунок Польщі, де за останні півроку кількість переселенців з України зменшилася на понад 550 тис. осіб. [11]

У відповіді на запит ГМ ОПОРА повідомило, що станом на 9.06.2023 р. на обліку внутрішньо переміщених осіб в Україні перебуває 4 871 807 людей, із яких 60% – жінки, а 40% – чоловіки.

Якщо ж порівнювати динаміку, то за останні півроку кількість ВПО практично не змінилася, зменшившись лише на 21 тис. осіб.

Динаміка перетинів українського кордону, млн осіб

за даними УВКБ ООН, без врахування даних РФ та Білорусі

ОПОРА
fb.com/cn.opora
opora.ua.org

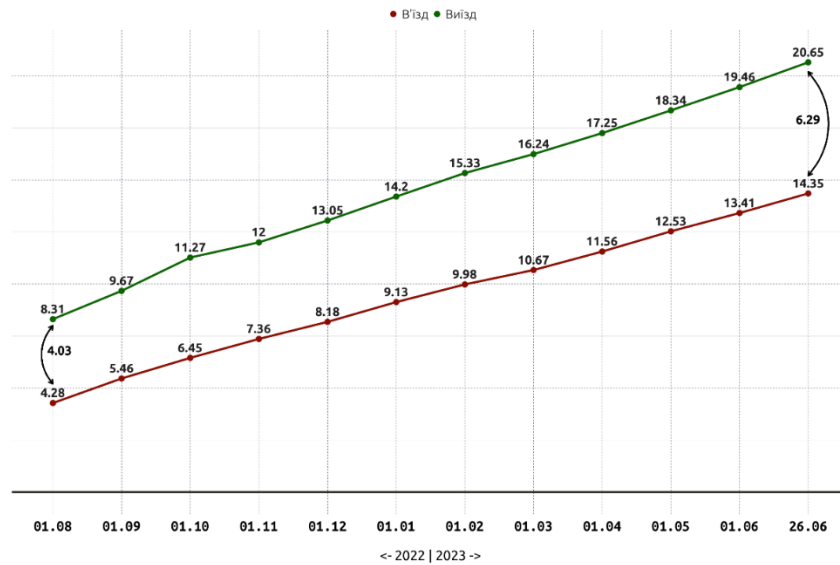


Рисунок 2.2 – Динаміка кількості перетинів українського кордону за даними УВКБ ООН[11]

Піраміда українських ВПО

Статеві-вікова структура на 09.06.2023 р., ДП "Іоц Мінсоцполітики"

ОПОРА
fb.com/cn.opora
opora.ua.org

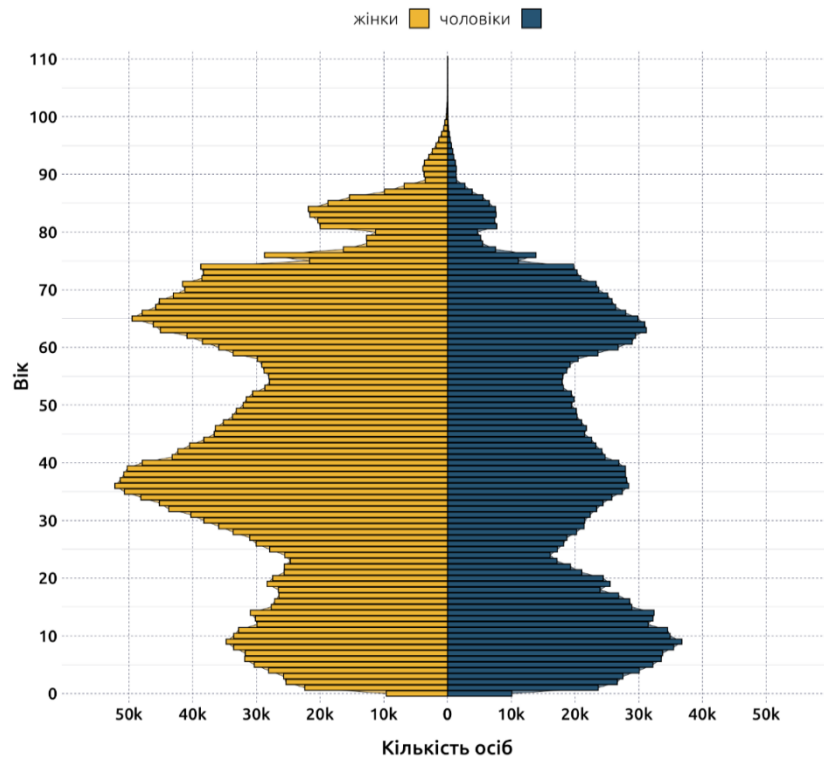


Рисунок 2.3 – Статеві-вікова структура українських ВПО за даними Мінсоцполітики[11]

2.2 Аналіз економічних та соціальних показників життя українців за кордоном

Інтегрований аналіз статистичних даних щодо міграційних процесів Україна – Європа наведено у фінальному звіті неурядового дослідницького центру з питань економічної політики (ЦЕС – центр економічної стратегії) в рамках проєкту «Біженці з України: наміри повернутися, вплив на українську економіку та рекомендації щодо державної політики».

Приведемо тезісно деякі висновки з цього звіту [15].

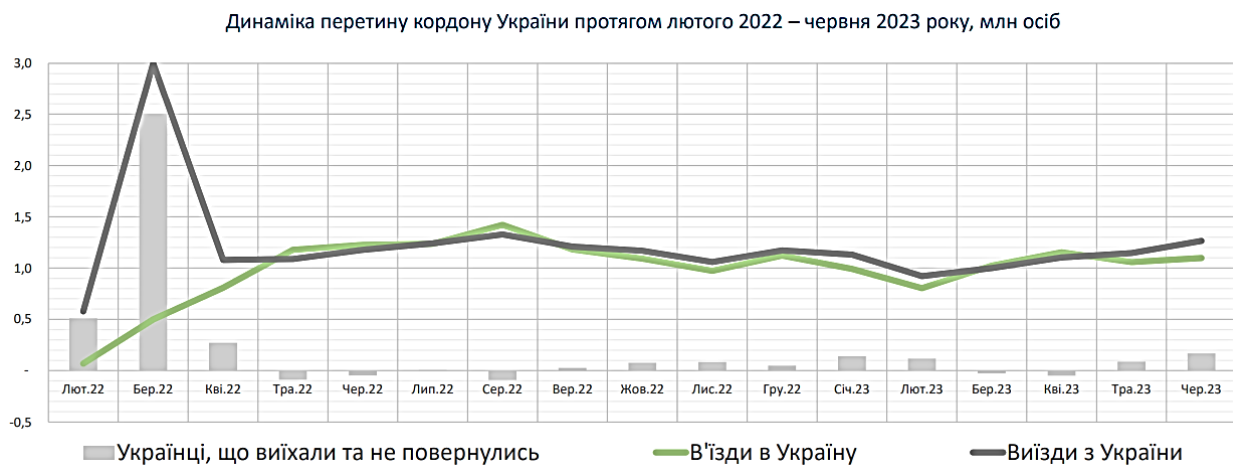
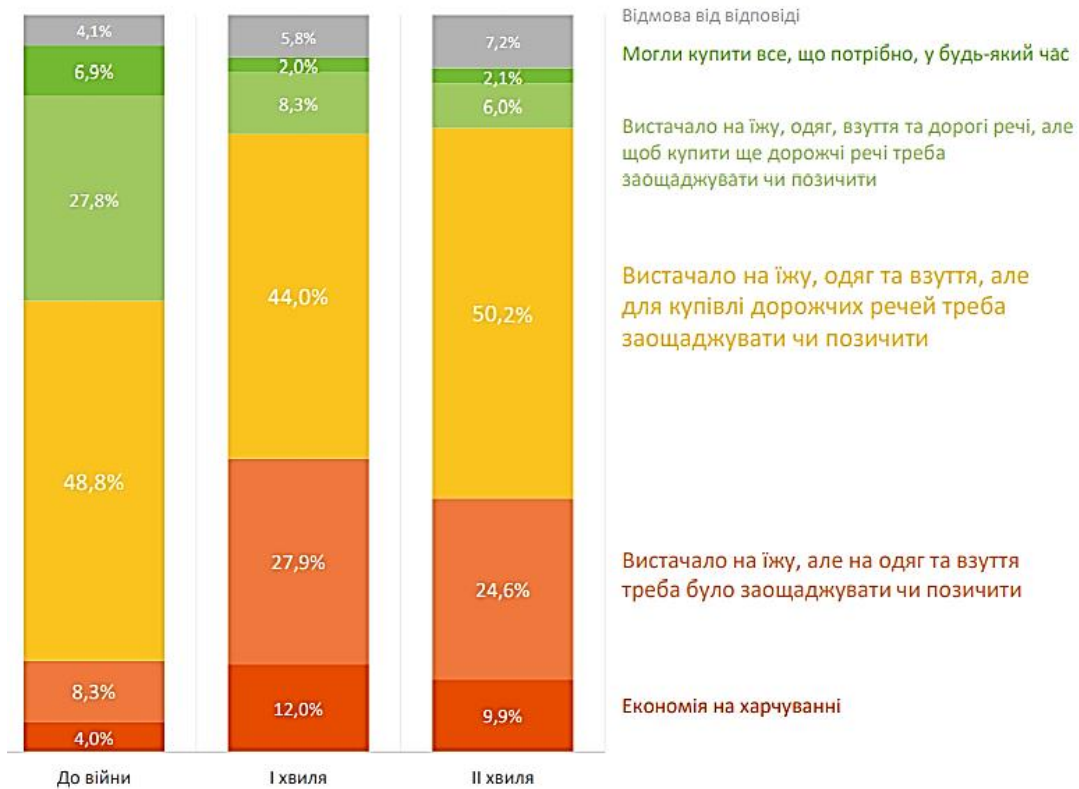


Рисунок 2.4 – Динаміка перетину кордону України протягом 24.02.2022 – 23.06.2023 рр., млн осіб (за даними ЦЕС) [1].

«Станом на кінець червня 2023 за кордоном перебували 5,6 – 6,7 млн українців (оцінки за червень, це на 300 – 500 тис. осіб більше ніж станом на кінець 2022 року): близько 1,3 млн із них в росії та Білорусі, 4,3 – 5,4 млн в інших країнах. Німеччина вийшла на перше місце по кількості українських біженців в ЄС (1,1 млн осіб), Польща – друга (976 тис.)»

«Українські біженці втратили багато доходів з початку повномасштабного вторгнення, однак потроху їх доходи відновлюються. Більшість українських біженців (63%) мають вищу освіту. Найбільша частка населення виїхала з Запорізької (23%), Київської (19%), Дніпропетровської (18%), Миколаївської (16%) та Херсонської (16%) областей.»



% від загальної кількості респондентів, листопад 2022 та травень 2023 року

Рисунок 2.5 – Результати опитування про економічне становище українців за кордоном (за даними ЦЕС) [1].

В результаті досліджень було виокремлено чотири групи біженців. «Перша група (25% від усіх біженців) – це класичні біженці: переважно жінки середнього віку з дітьми, які виїхали до Польщі. Вони не є дуже адаптованими до життя за кордоном, оскільки 41% українців з цієї групи ніколи раніше не були за кордоном. До того ж, вони переважно жили в населених пунктах, які перебували поза зоною бойових дій, але потерпали від ракетних обстрілів (Центральна та Західна Україна, а також Одеська область). Відповідно, основною причиною виїзду за кордон були побоювання за власну безпеку.

Друга група (29% від усіх біженців) – це квазітрудова мігранти, які виїхали за кордон не тільки через війну, а й для роботи. Вони є найбільш адаптованими до життя за кордоном, скільки 25% людей цієї групи вже мали досвід роботи за кордоном. Також, для цієї групи зовнішні фактори – як бойові дії, так і політика української держави – найменше впливатимуть на їх рішення щодо повернення до України.

Третя група (29% від усіх біженців) – це професіонали, особи, які переважно працюють за спеціальністю та менше готові працювати не за нею. Також, до війни вони часто мали власний бізнес. Ця група є більш лояльною до України та частіше, ніж інші, планує повернутися в Україну.

Четверта група (16% від усіх біженців) – це люди із зони бойових дій, українці, які найбільше постраждали від війни. Люди з цього сегменту найбільш готові робити кроки для адаптації за кордоном. Водночас вони також висловлюють найбільшу готовність до повернення в інший регіон України, якщо повернутися до їхнього рідного буде неможливо. Їх рішення щодо повернення залежатиме від створених умов для цього.» [4].

Яку допомогу отримують українці в різних країнах ЄС. «Багато країн скоротили виплати, але Німеччина – виняток. Наразі в Польщі соціальні виплати отримують 56% біженців, а в Німеччині – 74%. Ірландія та Швейцарія запровадили виплати за повернення в Україну. В Польщі частка людей, яким не вистачає для базових потреб зростає, а в Німеччині – зменшилась.»

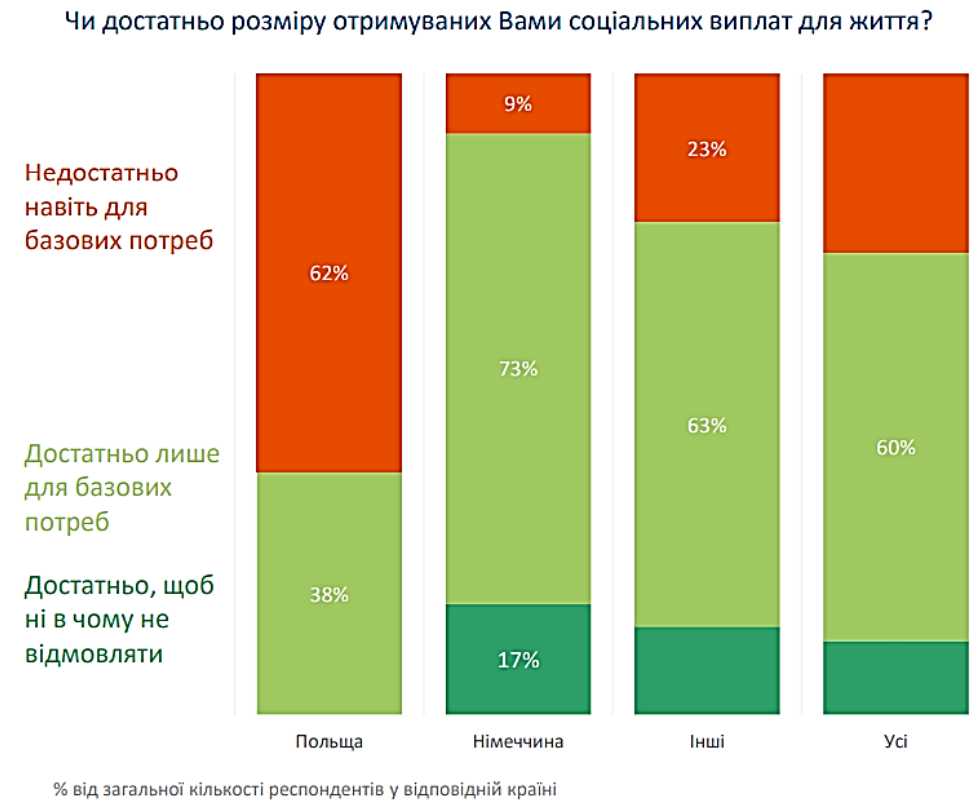


Рисунок 2.6 – Результати опитування про достатність розміру отримуваних соціальних виплат для життя (за даними ЦЕС) [1].

Адаптація українців до ринку праці ЄС. «Українські біженці мають значно вищий рівень освіти ніж інші біженці. В усіх країнах збільшилась частка українців, які працюють. Лише 29% не планували жодних кроків для підвищення кваліфікації. В Німеччині велика частка навчається, що сприяє інтеграції. Серед тих, хто працює, 34% працюють за спеціальністю» [4].

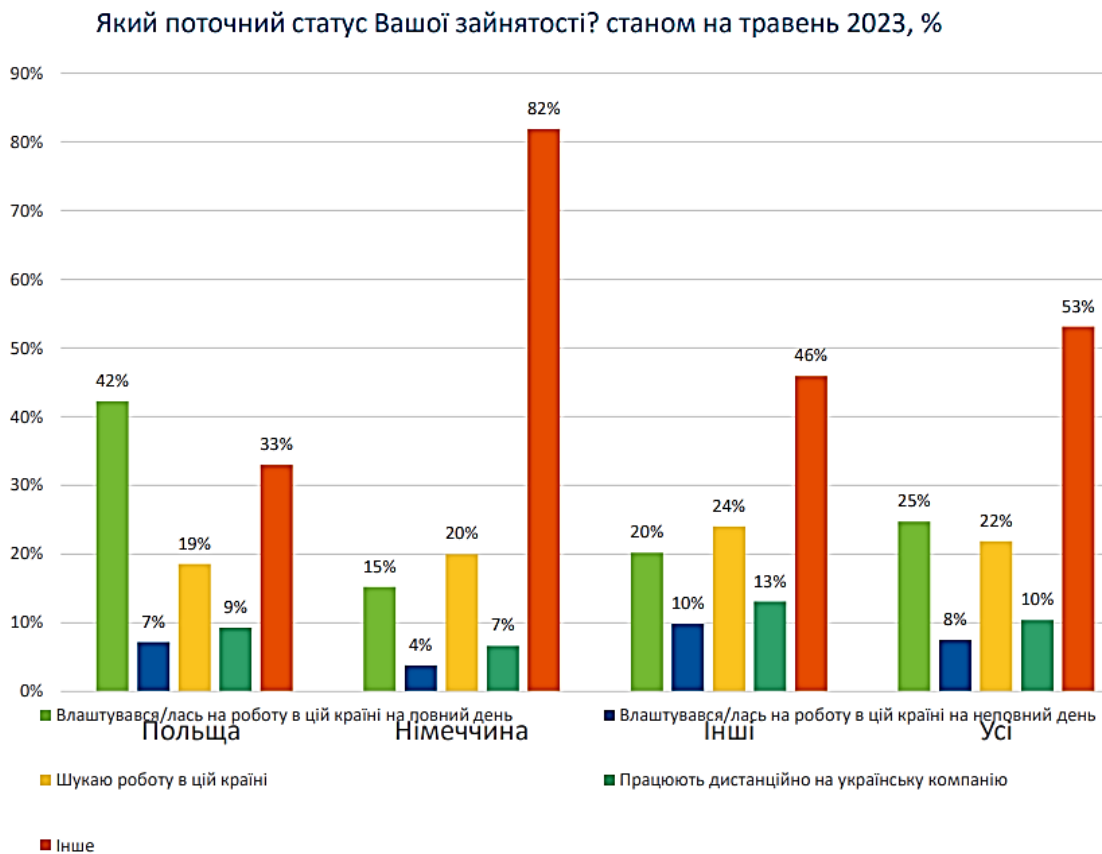


Рисунок 2.7 – Результати опитування про поточний статус зайнятості, станом на травень 2023, % (за даними ЦЕС) [1].

Адаптація українців до життя за кордоном. Більшість (67%) українських біженців задоволені перебуванням за кордоном, однак, життя в Україні їм подобається більше. 40% українських біженців хотіли б щоб їх діти продовжували навчатись за кордоном після війни. За результатами опитувань 19% українських біженців вважають, що ставлення місцевих до них погіршилось, особливо в Чехії (22%) та Польщі (24%).

Чи повернуться українські біженці? За результатами проведених соціологічних опитувань 41% українців точно планують повертатись; 22%

скоріше планують; 24% відклали своє повернення. Серед дітей лише 38% точно хотіли б повернутись, 17% скоріше планують, найменше повертатись хочуть діти 14-17 років. Крім того 58% із тих, хто планує повертатись до України, планують здійснити це лише після завершення війни.

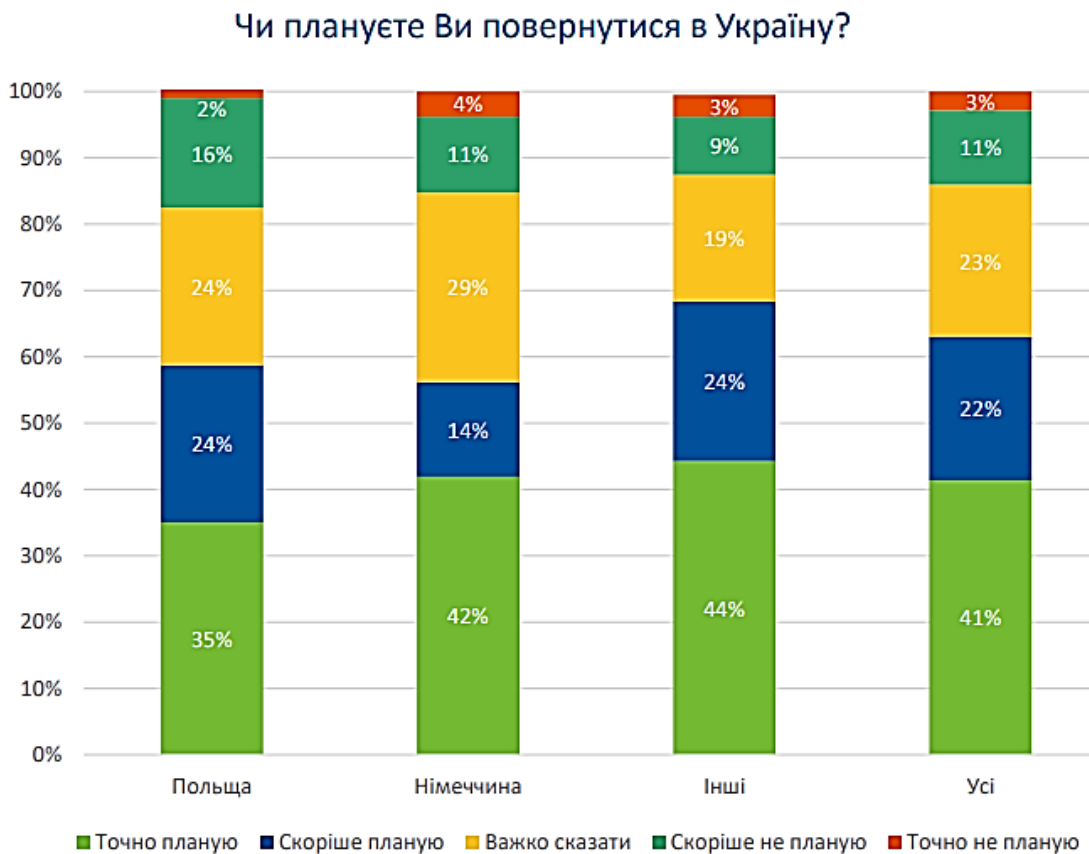


Рисунок 2.8 – Результати опитування щодо повернення до України
(за даними ЦЕС) [3]

В якості головних висновків автори досліджень наводять наступне [4]:

- а) « за кордоном перебувають 5,6 – 6,7 млн українців, переважно це жінки і діти, але частка чоловіків зростає;
- б) доходи українських біженців відновлюються, але є нижчими ніж до війни;
- в) українські біженці неоднорідні. Виділено 4 групи біженців: класичні біженці, квазітрудова мігранти, професіонали і люди з зони бойових дій;
- г) більшість країн скоротили соціальні виплати окрім Німеччини;

- д) 33% біженців працюють, ця частка зростає;
- е) більшість українських біженців задоволенням життям за кордоном, однак життя в Україні їм подобається більше;
- є) 63% біженців точно чи скоріше планують повернутись, однак ця частка падає;
- ж) студенти, люди що фінансово виграли від міграції, менш схильні повертатись;
- з) 1,3 – 3,3 млн українців не повернуться;
- і) українська економіка втрачатиме від цього від 2,7% до 6,9% від ВВП щорічно».

2.3 Висновки за 2 розділом

Для України міграція виступає кризовим явищем. Демографічна ситуація в Україні протягом 2022-2023 рр. стрімко змінювалася, як у кількісному, так і в якісному вимірах. Ці зміни матимуть вплив на соціально-економічну сферу, обороноздатність країни, її позиціонування у світі та призведуть до наслідків, що впливатимуть на українські реалії у довгостроковій перспективі. Передусім для української держави та міжнародної спільноти нагальним завданням має постати відбудова національної економіки. Для відновлення економіки важливим є саме працездатне населення, яке працюватиме, сплачуватиме податки та витратиме зароблені гроші в країні. Тому найголовніший виклик, з яким зіткнулась Україна і з яким треба працювати вже зараз - еміграція, величезний потік вимушених мігрантів до країн ЄС саме працездатного віку. У зв'язку з цим набуває актуальності питання повернення громадян України, які тікали від війни. Ця проблема безпосередньо вплине на національну, зокрема економічну безпеку, оскільки актуалізує питання про те, «хто відновлюватиме країну після війни».

Міграційна активність населення суттєво впливає на послаблення інтелектуального-кадрового та людського потенціалу держави. Міграційні процеси не тільки поглиблюють соціально-демографічні диспропорції, а й є загрозою подальшого ефективного розвитку держави.

3 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ МІГРАЦІЇ НАСЕЛЕННЯ

Моделювання як метод дослідження відоме дуже давно. З розвитком суспільного виробництва моделювання проходить процес збагачення та вдосконалення застосування. Сьогодні моделювання є одним із основних сучасних методів дослідження систем і стало складовою частиною не лише експериментальних досліджень, а й конкретного технічного проектування. Завдяки моделюванню створюються абстрактні теорії, моделювання використовується в усіх галузях науки .

Моделювання – метод дослідження (пізнання) навколишнього світу, в якому певному досліджуваному явищу поставлено у відповідність модель у вигляді об'єкта, явища, процесу, який зможе замінити натуру в процесі дослідження. Модель відображає деякі ознаки натури, але завжди відрізняється від неї.

Модель (від франц. *Modèle*, італ. *Modello*, лат. *Modulus* – «міра, мірило, аналог, зразок, взірець, норма»):

- а) зразок який виступає еталоном (стандартом) для серійного або масового відтворення;
- б) виріб, з якого береться форма для відтворення в іншому матеріалі;
- в) людина або предмет які є об'єктом зображення(натура);
- г) пристрій, що відтворює, імітує будову або дію будь якого іншого пристрою.

Таким чином модель – це матеріальний або уявний об'єкт, який у процесі вивчення замінює оригінал, зберігаючи деякі важливі ознаки.

Математичне моделювання є найвищою формою моделювання. Математичне моделювання дозволяє нам аналізувати і прогнозувати поведінку системи, яка не завжди доступна для прямого спостереження та експерименту. Воно дозволяє нам уявити складні процеси у вигляді математичних дій та моделей.

Завдяки математичному моделюванню ми можемо тестувати різноманітні гіпотези, сценарії, проводити віртуальні експерименти та оцінювати результати. Це дозволяє нам приймати обґрунтовані рішення та оптимізувати процеси у різних сферах діяльності.

Застосуємо метод математичного моделювання до дослідження окремих показників міграційних процесів в Україні.

3.1 Побудова та аналіз моделей динаміки перетину кордонів України в сучасних умовах

Згідно з даними порталу УВКБ ООН (Управління Верховного комісара ООН у справах біженців, глобальна міжурядова організація, Агентство ООН у справах біженців [9]) з 24 лютого 2022 року до 3 вересня 2023 року зафіксовано 24,2 млн виїздів з України та 17,3 млн в'їздів. Відповідно, можна підрахувати, що з 24 лютого минулого року з України виїхало та не повернулося близько 6,9 млн людей.[11]

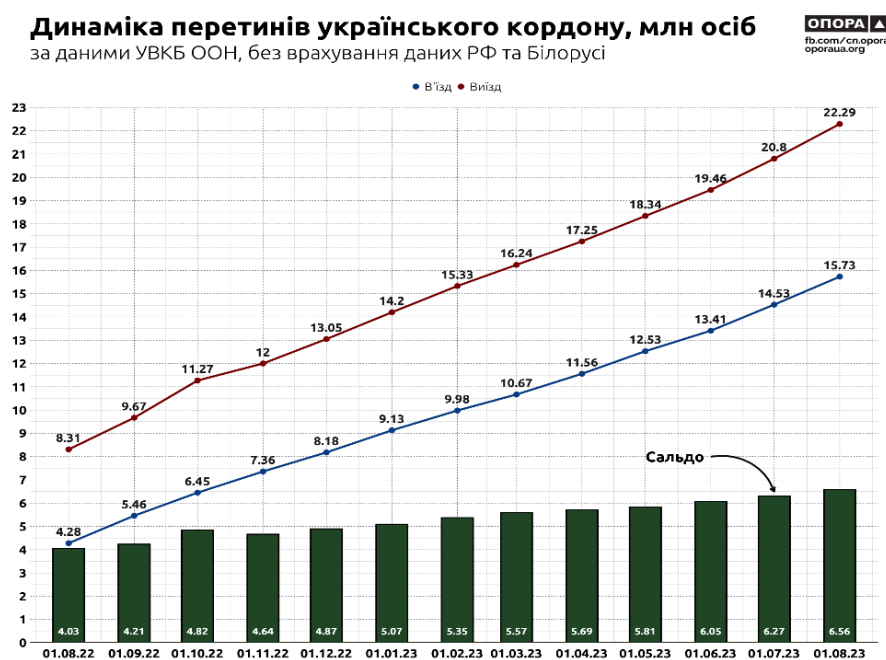


Рисунок 3.1 – Динаміка перетинів українського кордону за період з 01.08.2022 по 01.08.2023 рр. за даними УВКБ ООН [6]

Таблиця 3.1 – Сумарна динаміка перетинів українського кордону за період з 01.08.2022 по 01.09.2023 рр. за даними УВКБ ООН

Дата	Виїзд з України	В'їзд в Україну	Сальдо
01.08.2022	8 311 687	4 279 441	-4 032 246
01.09.2022	9 667 942	5 456 558	-4 211 384
01.10.2022	11 266 645	6 450 006	-4 816 639
01.11.2022	11 995 013	7 357 971	-4 637 042
01.12.2022	13 047 394	8 182 720	-4 864 674
01.01.2023	14 202 190	9 129 827	-5 072 363
01.02.2023	15 328 015	9 983 965	-5 344 050
01.03.2023	16 243 995	10 668 587	-5 575 408
01.04.2023	17 252 689	11 559 295	-5 693 394
01.05.2023	18 342 070	12 528 786	-5 813 284
01.06.2023	19 464 399	13 408 160	-6 056 239
01.07.2023	20,8 (млн.)	14,53 (млн.)	
01.08.2023	22,29 (млн.)	15,73 (млн.)	
01.09.2023	24,2 (млн.)	17,3 (млн.)	

На основі аналізу даних обраховуємо щомісячну статистику перетину кордонів України (табл. 3.2, рис. 3.2).

Таблиця 3.2 – Щомісячна статистика перетинів українського кордону за період з 01.08.2022 по 01.09.2023 рр. за даними УВКБ ООН

Дата	Виїзд з України	В'їзд до України	сальдо
1	2	3	4
серпень 2022	1 356 255	1 177 117	179 138
вересень 2022	1 598 703	993 448	605 255
жовтень 2022	728 368	907 965	-179 597
листопад 2022	1 052 381	824 749	227 632
грудень 2022	1 154 796	947 107	207 689

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4
січень 2023	1 125 825	854 138	271 687
лютий 2023	915 980	684 622	231 358
березень 2023	1 008 694	890 708	117 986
квітень 2023	1 089 381	969 491	119 890
травень 2023	1 122 329	879 374	242 955
червень 2023	1 335 601	1 121 840	213 761
липень 2023	1 490 000	1 200 000	290 000
серпень 2023	1 910 000	1 570 000	340 000

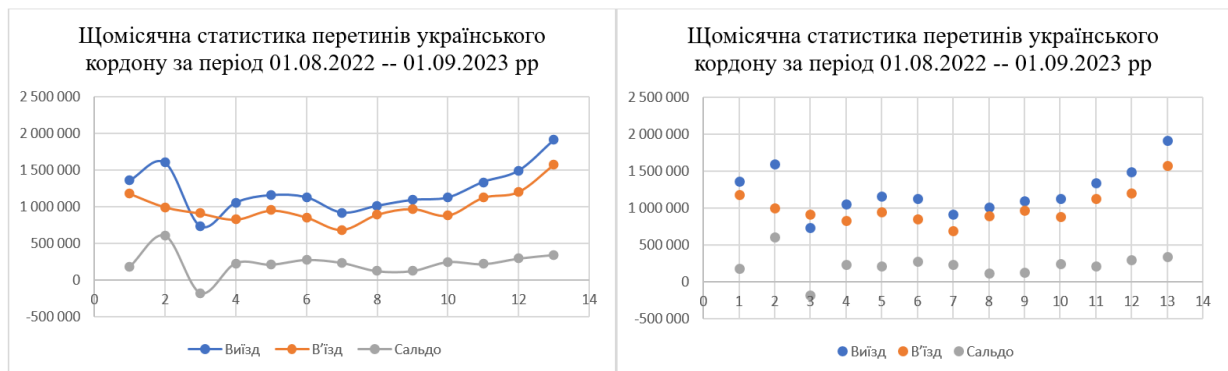


Рисунок 3.2 – Щомісячна статистика перетинів українського кордону за період 01.08.2022 – 01.09.2023 рр. [11]

Побудуємо регресійні моделі для подальшого використання. В якості параметрів моделі оберемо дані таблиць 3.1 та 3.2.

№	X	Y
1	1	1356,255
2	2	1598,703
3	3	728,368
4	4	1052,381
5	5	1154,796
6	6	1125,825
7	7	915,98
8	8	1008,694
9	9	1089,381
10	10	1122,329
11	11	1335,601
12	12	1490
13	13	1910

№	X	Y
1	1	1177,117
2	2	993,448
3	3	907,965
4	4	824,749
5	5	947,107
6	6	854,138
7	7	684,622
8	8	890,708
9	9	969,491
10	10	879,374
11	11	1121,84
12	12	1200
13	13	1570

№	X	Y
1	1	179,138
2	2	605,255
3	3	-179,597
4	4	227,632
5	5	207,689
6	6	271,687
7	7	231,358
8	8	117,986
9	9	119,89
10	10	242,955
11	11	213,761
12	12	290
13	13	340

Рисунок 3.3 – Вихідні дані для побудови лінійних регресійних моделей

Графіки, представлені на рис. 3.2 розглядаємо як діаграму розсіювання.

Візуальний аналіз графіків дозволяє зробити припущення, що між ознаками X та Y існує лінійна залежність.

Проведемо оцінювання параметрів моделі методом найменших квадратів (МНК).

№	X	Y	X ²	XY	^Y	X-X	Y-Y	(X-X) ²	(X-X)(Y-Y)	u ²	(Y-Y) ²	(^Y-Y) ²
1	1	1356,255	1	1356,255	1051,75	-6,0	134,08	36,0	-804,46	92725,7645	17976,66256	29047,05913
2	2	1598,703	4	3197,406	1080,15	-5,0	376,53	25,0	-1882,63	268895,892	141771,13355	20171,56884
3	3	728,368	9	2185,104	1108,56	-4,0	-493,81	16,0	1975,24	144543,375	243848,24013	12909,80406
4	4	1052,381	16	4209,524	1136,96	-3,0	-169,80	9,0	509,39	7153,93441	28830,99509	7261,764783
5	5	1154,796	25	5773,98	1165,37	-2,0	-67,38	4,0	134,76	111,751617	4540,32356	3227,451015
6	6	1125,825	36	6754,95	1193,77	-1,0	-96,35	1,0	96,35	4616,87545	9283,88579	806,8627537
7	7	915,98	49	6411,86	1222,18	0,0	-306,20	0,0	0,00	93757,1681	93757,16810	0
8	8	1008,694	64	8069,552	1250,58	1,0	-213,48	1,0	-213,48	58510,4106	45575,38541	806,8627537
9	9	1089,381	81	9804,429	1278,99	2,0	-132,80	4,0	-265,59	35951,0353	17635,02278	3227,451015
10	10	1122,329	100	11223,29	1307,39	3,0	-99,85	9,0	-299,55	34249,0217	9969,80744	7261,764783
11	11	1335,601	121	14691,61	1335,80	4,0	113,42	16,0	453,69	0,03929979	12864,79438	12909,80406
12	12	1490	144	17880	1364,20	5,0	267,82	25,0	1339,11	15824,4898	71728,66489	20171,56884
13	13	1910	169	24830	1392,61	6,0	687,82	36,0	4126,93	267692,514	473099,20950	29047,05913
сума	91	15888,313	819	116388				182,0	5169,8	1024032,3	1170881,3	146849,0
n		13										
середнє	7,0	1222,2				a_0	a_1	ліва частина пр частина				
sig ²	14	90067,7918				1023,341	28,40532967	15888,313	15888,313			
sig	3,741657	300,112965			Модель Y=a1*X+a0			116387,961	116387,961			

Рисунок 3.4 – Розрахункова таблиця МНК моделі «Виїзд з України»

Таким чином, отримана модель $Y = 28,40533 X + 1023,341$. Обчислення коефіцієнта детермінації дасть інформацію про адекватність лінійного наближення. Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,1245$, що свідчить про недоречність обрання лінійного наближення.

Аналіз застосування до наведених вище даних найбільш розповсюджених нелінійних моделей, а саме степеневі, логарифмічної, експоненціальної, поліноміальної, дозволяє зупинитись на поліноміальній апроксимації. Обрана модель

$$Y_1 = -0,0386x^6 + 1,636x^5 - 26,439x^4 + + 203,61x^3 - 746,07x^2 + 1054,5x + 934,77.$$

Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,7344$, що свідчить про адекватність обраного наближення (рис.3.5).

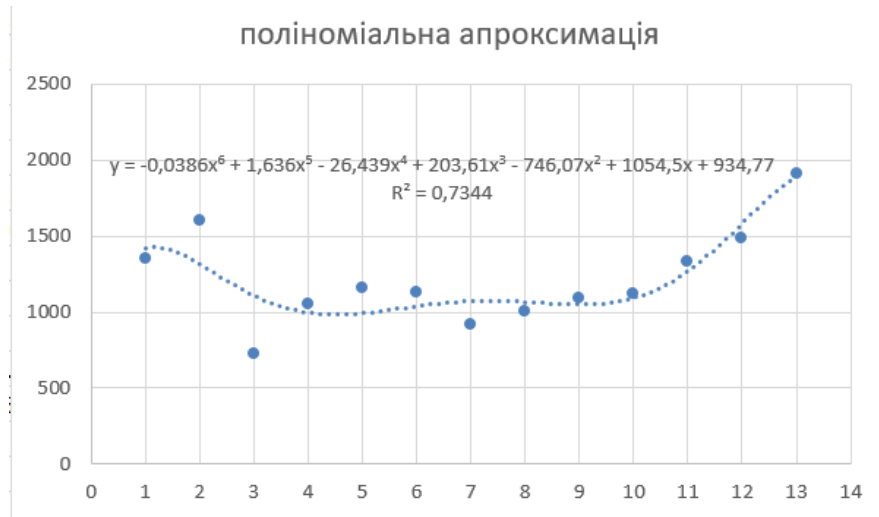


Рисунок 3.5 – Поліноміальне наближення для моделі «Виїзд з України»

Аналогічно проводимо розрахунки та будемо регресійні наближення для моделі «В'їзд до України» та моделі «Виїзд - В'їзд до України».

№	X	Y	X ²	XY	Y ²	X-X	Y-Y	(X-X) ²	(X-X)(Y-Y)	u ²	(Y-Y) ²	(Y-Y) ²
1	1	1177,117	1	1177,117	853,53	-6,0	175,54	36,0	-1053,21	104705,915	30812,72526	21918,03135
2	2	993,448	4	1986,896	878,21	-5,0	-8,13	25,0	40,67	13280,112	66,15320	15220,8551
3	3	907,965	9	2723,895	902,88	-4,0	-93,62	16,0	374,47	25,8247136	8764,04187	9741,347265
4	4	824,749	16	3298,996	927,56	-3,0	-176,83	9,0	530,50	10569,6419	31269,71945	5479,507836
5	5	947,107	25	4735,535	952,23	-2,0	-54,47	4,0	108,95	26,2690042	2967,46696	2435,336816
6	6	854,138	36	5124,828	976,91	-1,0	-147,44	1,0	147,44	15072,2017	21739,57435	608,834204
7	7	684,622	49	4792,354	1001,58	0,0	-316,96	0,0	0,00	100463,3	100463,30026	1,29247E-26
8	8	890,708	64	7125,664	1026,26	1,0	-110,87	1,0	-110,87	18373,2678	12292,92447	608,834204
9	9	969,491	81	8725,419	1050,93	2,0	-32,09	4,0	-64,18	6632,40737	1029,79772	2435,336816
10	10	879,374	100	8793,74	1075,61	3,0	-122,21	9,0	-366,62	38506,6679	14934,66366	5479,507836
11	11	1121,84	121	12340,24	1100,28	4,0	120,26	16,0	481,03	464,845446	14462,11607	9741,347265
12	12	1200	144	14400	1124,95	5,0	198,42	25,0	992,09	5631,85841	39369,91641	15220,8551
13	13	1570	169	20410	1149,63	6,0	568,42	36,0	3410,51	176711,898	323099,63487	21918,03135
сума	91	13020,559	819	95634,68				182,0	4490,8	490464,2	601272,0	110807,8
n		13										
середнє	7,0	1001,6				a_0	a_1	<i>ліва частина пр частина</i>				
sig ²	14	46251,695				828,8595	24,67456593	13020,559	13020,559			
sig	3,741657	215,062072						95634,684	95634,684			
						Модель Y=a1*X+a0						

Рисунок 3.6 – Розрахункова таблиця МНК моделі «В'їзд до України»

Обрана модель $Y_2 = 0,262x^4 - 6,6667x^3 + 68,044x^2 - 324,16x + 1431,4$.
Коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,9053$.

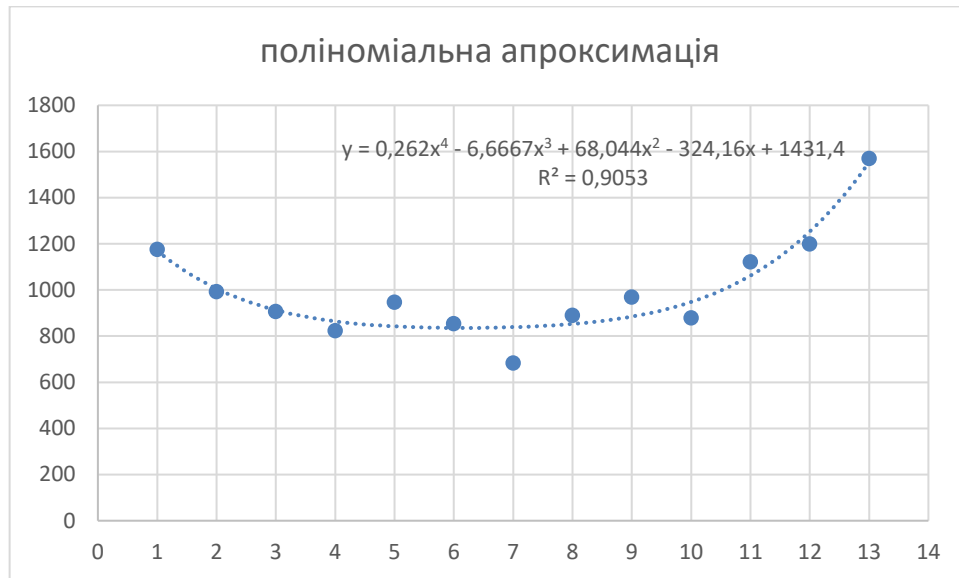


Рисунок 3.7 – Поліноміальне наближення для моделі «В'їзд до України»

№	X	Y	X^2	XY	^Y	X-X	Y-Y	(X-X)^2	(X-X)(Y-Y)	u^2	(Y-Y)^2	(^Y-Y)^2
1	1	179,138	1	179,138	198,21	-6,0	-41,46	36,0	248,75	363,812865	1718,80403	501,06953
2	2	605,255	4	1210,51	201,94	-5,0	384,66	25,0	-1923,29	162660,857	147962,19121	347,9649514
3	3	-179,597	9	-538,791	205,67	-4,0	-400,19	16,0	1600,77	148433,286	160154,80666	222,6975689
4	4	227,632	16	910,528	209,40	-3,0	7,04	9,0	-21,11	332,253774	49,49880	125,2673825
5	5	207,689	25	1038,445	213,13	-2,0	-12,91	4,0	25,81	29,6581979	166,60256	55,67439222
6	6	271,687	36	1630,122	216,87	-1,0	51,09	1,0	-51,09	3005,37517	2610,24312	13,91859806
7	7	231,358	49	1619,506	220,60	0,0	10,76	0,0	0,00	115,81071	115,81071	0
8	8	117,986	64	943,888	224,33	1,0	-102,61	1,0	-102,61	11308,4562	10528,90682	13,91859806
9	9	119,89	81	1079,01	228,06	2,0	-100,71	4,0	-201,41	11700,3138	10141,79140	55,67439222
10	10	242,955	100	2429,55	231,79	3,0	22,36	9,0	67,08	124,685078	499,90424	125,2673825
11	11	213,761	121	2351,371	235,52	4,0	-6,84	16,0	-27,34	473,43304	46,72353	222,6975689
12	12	290	144	3480	239,25	5,0	69,40	25,0	347,02	2575,53406	4816,85115	347,9649514
13	13	340	169	4420	242,98	6,0	119,40	36,0	716,42	9412,67783	14257,20500	501,06953
сума	91	2867,754	819	20753,28				182,0	679,0	350536,2	353069,3	2533,2
n		13										
середнє	7,0	220,6				a_0	a_1	ліва частина пр частина				
sig^2	14	27159,1799				194,4811	3,730763736	2867,754	2867,754			
sig	3,741657	164,800425				Модель Y=a1*X+a0		20753,277	20753,277			

Рисунок 3.8 – Розрахункова таблиця МНК моделі «Виїзд - В'їзд до України»

Аналіз застосування до даних для третьої моделі найбільш розповсюджених нелінійних моделей в жодному випадку не дає задовільні результати, при повному наборі даних. Якщо ж наблизити дані за останні дев'ять місяців, то отримаємо модель, яка задовольняє умові $R^2 \geq 0,75$.

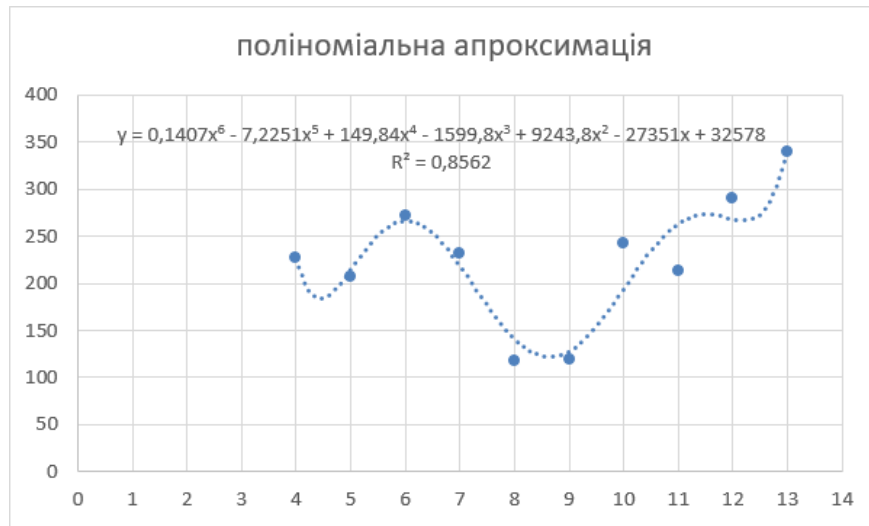


Рисунок 3.9 – Поліноміальне наближення для моделі
«Виїзд - В'їзд до України»

Обрана модель $Y_3 = 0,1407x^6 - 7,2251x^5 + 149,84x^4 - 1599,8x^3 + 9243,8x^2 - 27351x + 32578$. При цьому $R^2 = 0,8562$.

Побудовані моделі дозволяють зробити короткочасове прогнозування.

3.2 Розробка концепції моделі моніторингу впливу міграційних процесів на розвиток регіонів країни

На основі розробок науковців [10] можна сформулювати алгоритм моделювання міграційної активності населення, динаміки міграції.

Алгоритм дослідження міграційної активності населення:

а) виявлення рівнів «загроз» середовища, що змушують населення України виїхати за кордон, моделювання впливу чинників на рівень інтенсивності зовнішньої міграції населення. В якості таких чинників можуть виступати на сучасному етапі – активізація бойових дій, погіршення стану в енергетичній системі країни, регіону, неможливість забезпечити відповідний рівень життя, освіти та ін.

В мирний час можна користуватись схемою у формі розрахунку інтегрального індексу, яка запропонована у [10] « нормування показників

(об'єднаних у 5 груп: (1) демографічна стабільність та стан здоров'я населення; (2) охоплення населення освітніми послугами; (3) стан ринку праці та зайнятості; (4) рівень життя населення; (5) економічний розвиток регіону), визначення ваг показників у групі, розрахунок зважених індексів груп показників, визначення ваг групи показників, оцінювання надійності розрахунків, побудова інтегрального індексу». Зрозумілим є розширення цього списку показниками загроз – загроза власному життю, загроза родині, домівкам, загроза або наявність військових дій, загроза здоров'ю, втрата роботи, неможливість отримання державної підтримки.

Так у мирний час можна скористатись формулою інтенсивності зовнішньої міграції населення від «агресивності» середовища, що змушує покинути країну. Її можна описати за допомогою функції раціонального розподілу (Rational model) [10]

$$MIGR_t = \frac{a+bx_t}{1+cx_t+dx_t^2}, \quad (3.1)$$

де $MIGR_t$ – інтенсивність зовнішньої міграції населення у t -інтервал часу;

x_t – рівень «агресивності» середовища, що змушує мігрувати з країни за кордон у t інтервал часу.

В умовах військового стану ця модель повинна бути змінена на таку

$$MIGR_t = \frac{a+bx_t+F(t)}{1+cx_t+dx_t^2}, \quad (3.2)$$

де $F(t)$ – нелінійна функція загроз, пов'язаних з військовими діями.

Вплив рівня сприяння виштовхуванню населення за кордон і обсягів еміграції за попередні періоди на інтенсивність зовнішньої міграції населення в Україні та у прикордонній території можна моделювати за допомогою моделі лагового типу (Autoregressive Distributed Lag (ARDL) [19])

$$MIGR_t = a + bx_{t-p} + u_t, \quad (3.3)$$

де p – час.

б) визначення особливостей середовища освітньої (неповнолітньої) міграції та оцінювання міграційного потенціалу молоді, особливо учнівської до 16 років.

Статистична оцінка характеристик середовища освітньої міграції: кількісний потенціал, якість академічного середовища, мотивація освітньої міграції, можливість співпраці університетів, можливість фінансової підтримки з боку держави.

в) виявлення мотиваційних міграційних установок серед молоді методом соціологічного опитування.

г) побудова комплексної та обґрунтованої методики аналізування pull-середовища країн-реципієнтів. В мирний час це аналіз наявності робочих місць та місць в академічному середовищі. У військовий час на перше місце виступає забезпечення прожиткового мінімуму, робочих місць, місць проживання.

Це дозволить сформувати інформаційно-аналітичний базис «привабливості».

Рівень інтенсивності зовнішньої загальної міграції населення запропоновано розраховувати як співвідношення кількості виїздів громадян за кордон і чисельності населення у країні походження мігрантів:

$$Instens_{jt}^z = \frac{D_t^j}{P_t^j}, \quad (3.4)$$

де $Instens_{jt}^z$ – рівень інтенсивності зовнішньої загальної міграції населення у t -інтервалі часу;

D_t^j – загальна кількість виїздів громадян з j -ої країни за кордон у t -інтервалі часу;

P_t^j – чисельність населення j -ої країни в j -інтервалі часу.

Таку ж модель можна використати й для оцінки рівня інтенсивності зовнішньої трудової міграції, тобто як відношення кількості офіційно

працевлаштованих мігрантів з j -ої країни у n -ій країні до кількості виїздів громадян з j -ої країни за кордон

$$\text{Instens}_{jnt}^l = \frac{L_{jt}^n}{D_{jt}^n}, \quad (3.5)$$

де Instens_{jnt}^l – рівень інтенсивності зовнішньої трудової міграції з j -ої країни до n -ої країни у t -інтервалі часу;

L_{jt}^n – загальна кількість офіційно працевлаштованих мігрантів з j -ої країни у n -ій країні у t -інтервалі часу;

D_{jt}^n – загальна кількість виїздів з j -ої країни у n -у країну у t -інтервалі часу.

д) оцінювання соціально-економічних наслідків зовнішньої міграції населення на інтегральні показники регіонів та країни в цілому.

Моделювання впливу інтенсивності зовнішньої міграції населення у розрізі областей України передбачає пошук однофакторних регресійних моделей із високими значеннями коефіцієнтів кореляції і детермінації, результати якого можна представити як в [10]

Загалом, регресійні залежності дають можливість здійснювати міжрегіональні порівняння за однотипними моделями, визначати найбільш значущі залежності.

Задля виявлення соціально-економічних ефектів міграції населення, а також підтвердження гіпотези щодо впливу на соціальну сферу та економічну систему у [10] автори пропонують проводити моделювання впливу рівня інтенсивності зовнішньої міграції населення на інтегральний показник соціально-економічного розвитку кожної області України.

Параметри	Соціальний розвиток (y_t^s)					
	UNEMPL	EAR	WAGE	INCOME	CPI	EXPENS
a	a_1^s (s.e.1 ^a)	a_2^s (s.e.2 ^a)	a_3^s (s.e.3 ^a)	a_4^s (s.e.4 ^a)	a_5^s (s.e.5 ^a)	a_6^s (s.e.6 ^a)
b	b_1^s (s.e.1 ^b)	b_2^s (s.e.2 ^b)	b_3^s (s.e.3 ^b)	b_4^s (s.e.4 ^b)	b_5^s (s.e.5 ^b)	b_6^s (s.e.6 ^b)
c	c_1^s (s.e.1 ^c)	c_2^s (s.e.2 ^c)	c_3^s (s.e.3 ^c)	c_4^s (s.e.4 ^c)	c_5^s (s.e.5 ^c)	c_6^s (s.e.6 ^c)
d	d_1^s (s.e.1 ^d)	d_2^s (s.e.2 ^d)	d_3^s (s.e.3 ^d)	d_4^s (s.e.4 ^d)	d_5^s (s.e.5 ^d)	d_6^s (s.e.6 ^d)
e	e_1^s (s.e.1 ^e)	e_2^s (s.e.2 ^e)	e_3^s (s.e.3 ^e)	e_4^s (s.e.4 ^e)	e_5^s (s.e.5 ^e)	e_6^s (s.e.6 ^e)
Коефіцієнт кореляції	r_1^s	r_2^s	r_3^s	r_4^s	r_5^s	r_6^s
Коефіцієнт детермінації	R_1^s	R_2^s	R_3^s	R_4^s	R_5^s	R_6^s
Стандартна похибка регресії	$S_{y_s}^1$	$S_{y_s}^2$	$S_{y_s}^3$	$S_{y_s}^4$	$S_{y_s}^5$	$S_{y_s}^6$
Інформаційний критерій Акайке	AICC ₁ ^s	AICC ₂ ^s	AICC ₃ ^s	AICC ₄ ^s	AICC ₅ ^s	AICC ₆ ^s
Стандартна похибка регресії	$S_{y_e}^1$	$S_{y_e}^2$	$S_{y_e}^3$	$S_{y_e}^4$	$S_{y_e}^5$	$S_{y_e}^6$
Інформаційний критерій Акайке	AICC ₁ ^e	AICC ₂ ^e	AICC ₃ ^e	AICC ₄ ^e	AICC ₅ ^e	AICC ₆ ^e

Рисунок 3.10 – Приклад таблиці візуалізації результатів оцінки впливу міграції на індикатори соціального та економічного розвитку регіону

При цьому для кожної області вибір моделей буде здійснений за критеріями найвищої оцінки достовірності та найменшої похибки. Наприклад, для Львівської області описується за допомогою функції-моделі

$y_t^{coef} = 1 - e^{-\beta_1 x_t - \beta_2 x_t^2 - \beta_3 x_t^3}$, для Івано Франківської області

$y_t^{coef} = \frac{ax_t}{b+ax_t}$, для Чернівецької області є синусоїдальна функція

$y_t^{coef} = a + b \cdot \cos(cx_t + d)$, для Закарпатської області залежність інтегрального індексу розвитку регіону від рівня інтенсивності зовнішньої міграції населення описують за допомогою сигмоїдальної функції-моделі

$$y_t^{coef} = \frac{ab+cx_t^d}{b+cx_t^d}.$$

е) оцінка та прогнозування повернення вимушених переселенців та трудових мігрантів до України.

Запропонована модель оцінювання соціально-економічних наслідків зовнішньої міграції населення може стати науковим підґрунтям для формування системи моніторингу і прогнозування стану міграційної активності населення, відстеження її тенденцій, обґрунтування причинно-наслідкових зв'язків міграції і соціально-економічного розвитку України та її регіонів, а її практична реалізація – подальшим науковим дослідженням.

3.3 Висновки за 3 розділом

На сьогодні математичне моделювання це один із самих результативних та найчастіше використовуваних методів наукового дослідження, а також є найпотужнішим інструментом для досліджень та аналізу різноманітних явищ та процесів. Воно дозволяє передбачити результати, оптимізувати та приймати більш обґрунтовані рішення. У ході проведених нами досліджень було побудовано та проаналізовано моделі динаміки перетину кордонів України в сучасних умовах, розроблено концепції моделі моніторингу впливу міграційних процесів на розвиток регіонів країни. Розглянуті нами моделі дадуть змогу вирішити певні завдання аналізу та прогнозування міграції. Використання лише однієї моделі знизить інформаційну значущість результатів та значно обмежить їх інтерпретацію.

ВИСНОВКИ

Сьогодні ми стали безпосередніми учасниками небаченого з часів Другої світової війни явища – масової міграції населення України та появи раніше невідомого явища в українському суспільстві феномену багатомільйонних вимушених мігрантів, внутрішньо переміщених осіб (ВПО), біженців, переміщених осіб, шукачів притулку та мігрантів. Історія Європи та світу за останні півстоліття пережила чимало потужних міграційних криз. Однак теперішня криза вимушеної міграції в Україні не має собі рівних за масштабами, географічним розмахом, кількісними показниками та часовими рамками і значно перевершує всі попередні.

Міграція істотно впливає на формування демографічної структури населення територій, зміну загальної кількості працездатного населення, дисбаланс попиту та пропозицій на ринку праці, на соціально-економічні процеси і не лише у нашій країні. Це матиме негативні наслідки й нові виклики у довгостроковій перспективі.

Для відновлення економіки важливим є саме працездатне населення, яке працюватиме, сплачуватиме податки та витрачатиме зароблені гроші в країні та відбудовуватиме країну після війни. У зв'язку з цим набуває актуальності питання повернення громадян України, які тікали від війни.

Для детального аналізу та прогнозування міграційних процесів необхідні не тільки статистичні дані по процесам міграції, які ми отримали при роботі над обраною темою, а й відповідні конкретній задачі інструменти, застосування різних методів та підходів математичного моделювання.

Провівши дослідження окремих показників міграційних процесів в Україні нами побудовано та проаналізовано моделі динаміки перетину кордонів України в сучасних умовах, розроблено концепції моделі моніторингу впливу міграційних процесів на розвиток регіонів країни.

Завдяки математичному моделюванню ми змогли оцінити адекватність застосування результати. Це дозволяє нам приймати обґрунтовані рішення та

оптимізувати процеси у різних сферах діяльності. І на основі вивчення теоретичної бази, аналізу опрацьованих статистичних даних та практичного застосування моделювання можна сформулювати алгоритм моделювання міграційної активності населення, динаміки міграції які у можна взяти за основу, та спрогнозувати майбутні показники міграційних процесів

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Біженці з України: хто вони, скільки їх і як їх повернути? URL <https://ces.org.ua/wp-content/uploads/2023/09/bizhenczi-z-ukra%D1%97ni.-finalnij-zvit.pdf>
2. Вплив міграційних процесів на перебіг повоєнного відновлення України, міграційну політику ЄС та країн східного партнерства. Київ-2023 Керівник проєкту — Ольга Пищуліна Автори доповіді — Ольга Пищуліна, Василь Юрчишин, Петро Стецюк, Михайло Міщенко За редакцією Юрія Якименка
3. Грушевський М.С. Історія України-Руси: у 8 т. / М. С. Грушевський. - 2-е вид., розш.. Львів: Наукове Товариство ім. Шевченка, 1904-1922. URL: <http://izbornyk.org.ua/hrushrus/iur.htm>
4. Демографічна ситуація у січні 2022 року URL <https://ukrstat.gov.ua/express/expr2022/03/27.doc>
5. Державна служба статистики України URL <https://ukrstat.gov.ua/express/expr2022/03/27.doc>
6. Економічна енциклопедія : у 3 т. Т. 2 / редкол.: С. В. Мочерний (відп. ред.) та ін. Київ : Академія, 2001. 848 с.
7. Кількість українців та їх міграція за кордон через війну — дослідження Громадянської мережі ОПОРА. URL <https://www.opora.ua/org/viyna/kilkist-ukrayintsiv-ta-yikh-migratsiia-za-kordon-cherez-viinu-doslidzhennia-gromadianskoyi-merezhi-opora-24791>
8. Лібанова, Е., Позняк, О. Зовнішня трудова міграція з України: вплив COVID-19. Демографія та соціальна економіка, 2021. № 42(4). С. 25–40.
9. Лібанова Е., Позняк О., Цимбал О. Масштаби та наслідки вимушеної міграції населення України внаслідок збройної агресії російської федерації. Демографія та соціальна економіка, 2022. № 48(2). С. 37–57. DOI: <https://doi.org/10.15407/dse2022.02.037>.

10. Міграційна активність населення Карпатського регіону України: нова емпірика та пріоритети політики регулювання / ДУ «Інститут регіональних досліджень імені М. І. Долишнього НАН України»; наук. ред. Т. Г. Васильців. Львів, 2021. 293 с.
11. Офіційний сайт УВКБ ООН URL <https://www.unhcr.org/ua/>
12. Українська правда URL <https://www.pravda.com.ua/news/2020/01/23/7238191>
13. Укрінформ URL <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3732355-kilkist-ukrainciv-ta-ih-migracia-za-kordon-cerez-vijnu.html>
14. Хомра А. У. Миграция населения: вопросы теории, методики исследования. Киев : Наук. думка, 1979. 148 с.
15. Центр економічної стратегії URL <https://ces.org.ua/refugees-from-ukraine-ukr-final-report/>
16. Шиманська К. Теоретичні засади дослідження процесів міжнародної міграції: аналіз розвитку та ключових положень міграційних теорій. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Економічні науки, 2017. № 1 (79). С. 127–137.
17. Geist B. Sociologicky slovník. Praha : Victoria Publishing, 1992. 647 s.
18. Maslii N., Demianchuk M., Britchenko I., Bezpartochnyi M. Modeling Migration Changes According To Alternative Scenarios in the Context of the Global COVID19 Pandemic: The Example of Ukraine. Economic Studies (Ikonomicheski Izsledvania). 2022. № 31(1). P. 58–71
19. Min B. Shrestha, Guna R. Bhatta, Selecting appropriate methodological framework for time series data analysis, The Journal of Finance and Data Science, Volume 4, Issue 2, 2018, Pages 71-89
20. Ravenstein E.G. The Laws of Migration // Journal of the Statistical Society of London, Vol. 48, No. 2. (June, 1885), pp. 167–235.

**Декларація
академічної доброчесності
здобувача ступеня вищої освіти ЗНУ**

Я, Немко Юлія Василівна, студентка 2 курсу, заочної форми навчання, математичного факультету, спеціальності 111 математика, адреса електронної пошти doctor/nemko@gmail.com,

– підтверджую, що написана мною кваліфікаційна робота магістра на тему «Математичне моделювання та аналіз явищ, пов'язаних з міграційними процесами» відповідає вимогам академічної доброчесності та не містить порушень, що визначені у ст. 42 Закону України «Про освіту», зі змістом яких ознайомлена;

– заявляю, що надана мною для перевірки електронна версія роботи є ідентичною її друкованій версії;

– згодна на перевірку моєї роботи на відповідність критеріям академічної доброчесності у будь-який спосіб, у тому числі за допомогою інтернет-системи, а також на архівування моєї роботи в базі даних цієї системи.

Студент

28.11.2023

(дата)

(підпис)

Немко Ю. В.

(прізвище, ініціали)

Науковий керівник

28.11.2023

(дата)

(підпис)

Манько Н. І.-В.

(прізвище, ініціали)