

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА

Економічний факультет

Кафедра економічної кібернетики та прикладної економіки

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

**«ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ЕКОНОМІКУ
ТА РЕСУРСИ УКРАЇНИ»**

Виконав: студент 6-го курсу, групи ЕК – 61
спеціальності 051 «Економіка»
освітня програма «Економічна кібернетика»
Коровін Олексій Олегович

Керівник: Гур'янова Лідія Семенівна, д.е.н.,
професор

Рецензент: Беседовський Олексій
Миколайович, к.е.н., доцент, доцент кафедри
інформаційних систем Харківського
національного економічного університету ім.
С. Кузнеця

Харків – 2024

Summary

Коровін О. О. **Impact of climate change on economic and resources of Ukraine**
(Scientific supervisor: Sc. D., prof. Guryanova L. S.).

In the thesis, an analysis of the development trends of Ukraine's economy, the foreign economic and the agro-industrial sector was conducted; the issues of sustainable development and resilience to climate change were examined; an overview of existing approaches was provided, the choice of modeling methods for assessing the impact of climate change on the efficiency of the agricultural sector was made; a conceptual research framework was developed; the informational basis of the research was developed; models of the dependency of crop yields on climatic factors were build.

Keywords: sustainable development, climate change, economy, agricultural sector, productivity, modeling.

Анотація

Коровін О. О. **Вплив кліматичних змін на економіку та ресурси України**
(керівник: д. е. н., проф. Гур'янова Л. С.).

В роботі проведений аналіз тенденцій розвитку економіки України, зовнішньоекономічного сектору, агропромислового сектору; проблеми сталого розвитку та забезпечення стійкості до кліматичних змін; зроблений огляд існуючих підходів та обґрунтований вибір методів моделювання впливу кліматичних змін на ефективність агросектору; розроблена концептуальна схема дослідження; обґрунтований інформаційний простір дослідження; побудовані моделі залежності урожайності від кліматичних факторів.

Ключові слова: сталий розвиток, кліматичні зміни, економіка, агросектор, продуктивність, моделювання

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ЕКОНОМІКУ ТА РЕСУРСИ КРАЇНИ	7
1.1. АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ УКРАЇНСЬКОЇ ЕКОНОМІКИ ТА ЗОВНІШНЬОЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	7
1.2. ПРОБЛЕМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА СТІЙКОСТІ ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН	22
1.3. ОГЛЯД СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ЕФЕКТИВНІСТЬ АГРОСЕКТОРУ	29
2.1. КОНЦЕПТУАЛЬНА СХЕМА ДОСЛІДЖЕННЯ	41
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ АГРОСЕКТОРУ	46
3.1. ОБГРУНТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БАЗИ ДОСЛІДЖЕННЯ	46
3.2. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ АГРОСЕКТОРУ (МАКРОРІВЕНЬ)	51
3.3. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ АГРОСЕКТОРУ (МЕЗОРІВЕНЬ)	58
ВИСНОВКИ	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	77
ДОДАТКИ Додаток А.....	86

ВСТУП

В звіті Давоського економічного форуму цього року "The Global Risks Report 2024" (*The Global Risks Report 2024*, 2024) серед 10 глобальних ризиків, упорядкованих за значущістю в довгостроковій перспективі, 50% зайняли ризики пов'язані з екологією. Багато публікацій вже присвячено темі кліматичних змін, в той же час в останні роки масштаби змін вийшли на принципово новий рівень завдяки тому, що деякі кліматичні показники досягли критичних значень, які були означені дослідниками ще в минулому сторіччі.

В 2023-му році експорт продовольчих товарів України склав \$21,8 млрд, або 60,5% від всього експорту. Високі врожаї залежать від сприятливих кліматичних умов та визначають обсяги експорту України. Частина критично важливих природних ресурсів України має залежність від клімату. Водні, земельні, рекреаційні ресурси напряму залежать від кліматичних умов. В свою чергу природний потенціал впливає на масштаби виробництва і розвитку країни. Згідно прогнозам кількість цих ресурсів буде знижуватися при поточних кліматичних змінах, і таким чином негативно впливати на сільське господарство.

Швидкість поточних кліматичних змін згідно дослідженням західних експертів не має аналогів в історії. Сценарій різкого зниження викидів парникових газів є маловірогідним, якщо враховувати надзвичайну складність політико-економічних процесів, які треба створити та впровадити для цих змін. Більш вірогідним є збереження поточних трендів завдяки інертності природних систем.

Отже означені складові економіки України та їх залежність від кліматичних змін є актуальною та важливою темою для дослідження.

На тему кліматичного впливу на сільське господарство, продовольчу безпеку та ресурси України написана значна кількість наукових робіт та звітів від вітчизняних та закордонних фахівців та науковців (Мудрак, 2013; Давиденко,

Жовніренко & Максименко, 2021; Pohorielova, 2022; Tarariko, Pienko, Kuchma, & Bilokin, 2021; Phuong, 2021). В опублікованих наукових роботах проведені розрахунки впливу кліматичних змін на сільське господарство, але не визначено найбільш критичні області та не представлені моделі, що описують врожайність по виробництву головних культур в областях для яких агропромисловість є системоутворюючою галуззю. Результати об'єднані в один висновок, що впливає з прогнозованої динаміки змін у певних сферах економіки України.

Для дослідження обрані кліматичні характеристики, які максимально впливають на виробництво сільського господарства: температура та вологість. Треба відзначити, що зростання кількості інших факторів, які впливають на економічні показники країни, такі як природні катастрофи, не розглядається в цій роботі і може бути предметом окремих досліджень. Прикладом таких явищ є: зростання кількості повенів, після яких зазвичай спостерігаються засухи, що також впливає на сільське господарство; зростання кількості та площі лісових пожеж.

Мета роботи полягає в розробці комплексу моделей оцінки впливу кліматичних змін на економіку та ресурси України, який дозволяє на підставі методів регресійного, кластерного, факторного аналізу, визначити ступінь вразливості секторів економіки країни та її регіонів від кліматичних факторів та розробити рекомендації щодо пом'якшення наслідків кліматичних змін та забезпечення сталого розвитку.

Для досягнення поставленої мети вирішуються наступні завдання:

1. Аналіз тенденцій розвитку економіки України, зовнішньоекономічного сектору, агропромислового сектору;
2. Аналіз проблеми сталого розвитку та забезпечення стійкості до кліматичних змін;
3. Огляд існуючих підходів та обґрунтування вибору методів моделювання впливу кліматичних змін на ефективність агросектору;

4. Розробка концептуальної схеми дослідження;
5. Обґрунтування інформаційного простору дослідження;
6. Побудова моделей залежності урожайності від кліматичних факторів.

Об'єктом дослідження цієї роботи є процеси оцінки впливу кліматичних змін на економіку та ресурси країни.

Предметом роботи є методи моделювання впливу кліматичних змін на економіку та ресурси країни.

Для вирішення поставлених задач та досягнення поставленої мети були використані наступні методи дослідження: системний аналіз та синтез, моделювання, методи класифікації без навчання, регресійний аналіз, факторний аналіз.

Теоретичним науковим результатом дослідження є розроблена концептуальна схема побудови моделей оцінки впливу кліматичних змін на економіку та ресурси країни. Інструментальним науковим результатом дослідження є комплекс моделей прогнозування урожайності в залежності від кліматичних факторів та кумулятивного фактору зростання. Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що розроблені в кваліфікаційній роботі моделі дозволяють спрогнозувати стан визначених сфер економіки України для впровадження адаптаційних дій та своєчасних заходів щодо зменшення негативних наслідків, пов'язаних з впливом кліматичних змін.

Результати дослідження опубліковані в фаховому журналі Бізнес-Інформ (спеціальність 051 Економіка) та пройшла апробацію на науково-практичній конференції, форумі молодих економістів-кібернетиків, м. Львів, 22-23 листопада 2024 р.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ЕКОНОМІКУ ТА РЕСУРСИ КРАЇНИ

1.1. АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ УКРАЇНСЬКОЇ ЕКОНОМІКИ ТА ЗОВНІШНЬОЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

З початку отримання незалежності України почалася трансформація її економіки. Поряд з організаційними реструктуризаціями, змінами в законодавстві, перерозподілом власників, приватизацією, почалися процеси переходу частин економіки в тіньову сферу. Ці процеси негативно вплинули на головні економічні показники країни, такі як ВВП та показники участі України в міжнародному обміні. У дослідженні, що було присвячено аналізу динаміки та розвитку ВВП України, приводиться приклад зменшення у 3 рази частки України у світовій економіці в період з 1992-й по 2016-й рр, це складало відповідно 3,11% та 1,3% від світового ВВП. У 2016-му році, згідно з дослідженням Ф. Шнайдера, тіньова економіка в Україні перебувала в діапазоні 46-53% ВВП (Томашевська & Смиковчук, 2018). Сучасна доля тіньової економіки України потребує досліджень, але можна сказати, що це явище досі є одною з головних невирішених проблем держави.

Згідно висновкам дослідників, які аналізували динаміку ВВП в період з 1992й по 2016-й рр., з нею пов'язані і завжди актуальні питання економічної безпеки, які суттєво загострилися після революції гідності та анексії Криму. Автори дослідження кажуть, що до складових економічної безпеки входять: «...виробнича, демографічна, енергетична, зовнішньоекономічна, інвестиційно-інноваційна, макроекономічна, продовольча, соціальна, фінансова безпеки» (Томашевська & Смиковчук, 2018). Розглядаючи рекомендації до подальших дій для забезпечення економічної безпеки, вчені зосередили свою увагу на наступних пунктах: пошук джерел фінансування найважливіших інфраструктурних проектів, заохочення підприємницької діяльності, введення адекватних банківських інструментів для

фінансування нових проектів та максимальна підтримка експортної діяльності. Таким чином можна відзначити, що зовнішньоекономічна діяльність займає в розвитку економіки України вагоме місце, як складова забезпечення економічної безпеки.

Якщо розглядати динаміку окремих макропоказників економічного розвитку України в період 2000-2013 рр., можна помітити що експортоорієнтованість виробництва підприємства не падала нижче 20,5%, а у 2000-му році складала 28,4%. У структурі зовнішній торгівлі у 2013-му році визначальною частиною була торгівля товарами. Наприклад згідно з даними СОТ за 2013 р. Україна займала 0,34% всього світового експорту товарів та 0,41 % – імпорту (Мазаракі, Мельник, Іксарова, & Костюченко, 2016).

Щодо обсягів зовнішньої торгівлі, наприклад в період 2010-2014 рр., можна зафіксувати динамічність цього сектору економіки та тенденцію посилення взаємодії на міжнародному ринку торгівлі, що віддзеркалює залежність зовнішньоекономічного сектора країни від факторів зовнішнього та внутрішнього середовища.

Згідно з ОЕС, у 2022-му році економіка України посідала 58-е місце за ВВП, 61-е місце за загальним експортом, 60-те місце за загальним імпортом та 44-е місце за індексом економічного розвитку ЕСІ (між Норвегією та Новою Зеландією) серед 131 країн ('Ukraine (UKR) Exports, Imports, and Trade Partners', 2024).

Якщо розглядати презентацію за липень 2024-го року, створену Департаментом стратегічного планування та макроекономічного прогнозування (*Моніторинг основних подій в економіці України, 2024*), згідно даних Нацбанку в 1-му півріччі 2024 року експорт товарів збільшився на 4,7%, якщо порівнювати з 1-м півріччям минулого року і становив 19,4 млрд дол. США. При аналізі структури експорту товарів у 2022-2024 роках (рис. 1), помітна величезна доля товарів сільського господарства або агропромислового комплексу (АПК) відносно інших

товарів. Згідно з рис. 1. продукція АПК (агропромислового комплексу) займала від 56% до 59% відсотків в період з січень 2022-го року по червень 2024-го року.

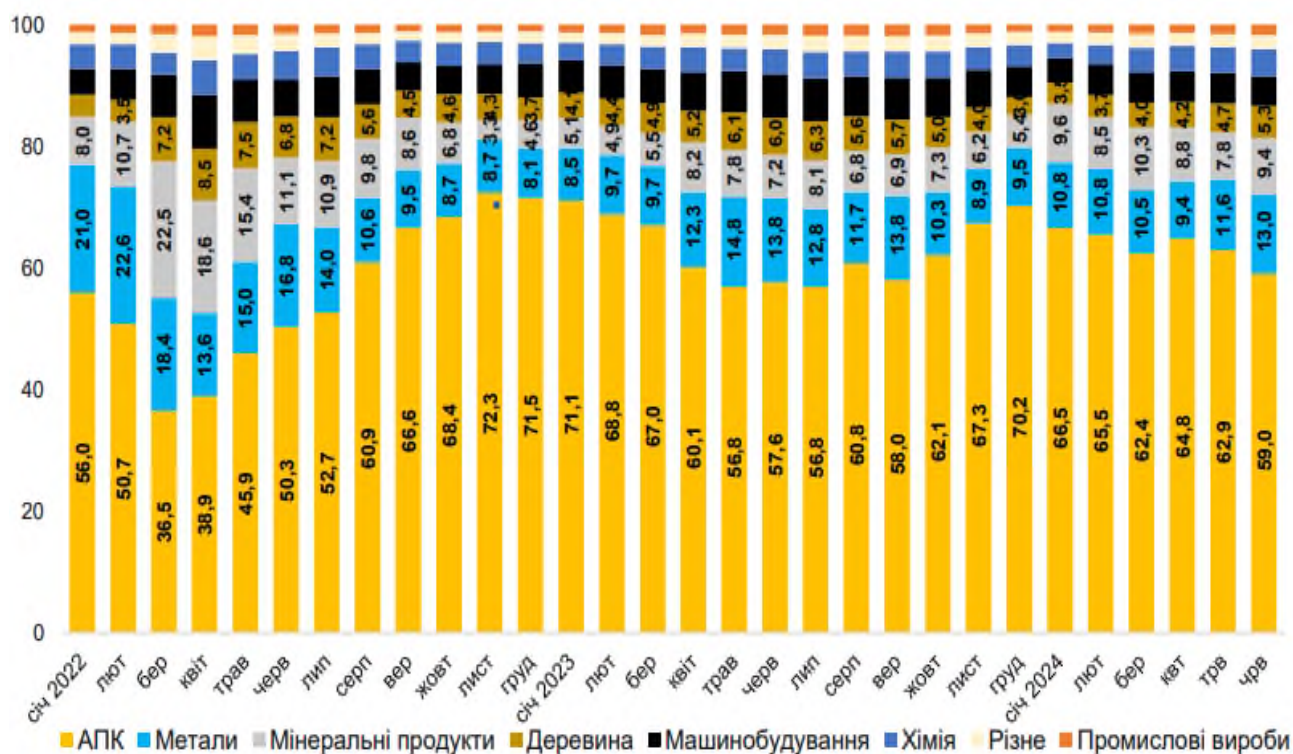


Рис. 1. Структура експорту товарів у 2022-2024 роках, щомісяця, у % до загального обсягу експорту товарів

Джерело: (Моніторинг основних подій в економіці України, липень 2024)

Сільське господарства або аграрне виробництво, також використовується термін АПК – це провідна галузь в Україні. Згідно з даними Держстату за 2019-й рік, сільське господарство це одна з основних галузей економіки та складає майже 10% ВВП України (Сільське господарство України (статистичний збірник 2019), 2020). В 2019-му році на продукцію рослинництва припадало 79,1%, а на продукцію тваринництва – 20,9%. В період з 2010-го по 2018 роки спостерігалось зростання долі підприємств сільського господарства з 48% до 59%, що свідчить про залучення більших обсягів інвестицій на рівні підприємств. Треба також відзначити що у 2019-му році у сфері сільського господарства було зайнято 2 938 тисяч осіб, що

складало 6,97% від загальної кількості 42 153 тисяч осіб (*Сільське господарство (2019), 2019*).

При детальному розгляді динаміки ВВП ('World Bank Open Data | Ukraine', 2024), загального експорту товарів та долі продуктів сільського господарства за період з 2001-й по 2023 роки ('Товарна структура зовнішньої торгівлі України (2001-2024)', 2024), можна помітити зростання питомої ваги продуктів агропромислової галузі в загальному обсязі експортованих товарів з 11,2% у 2001-му році до 60,8% у 2023-му році. Продаж експортованих товарів агросектора виріс з 1,82 млрд. \$ у 2001-му році до 22-х млрд. \$ у 2023-му році, що складає зростання за 23 роки на 1208% відносно рівня 2001-го року, або на +52,5% щорічно, при цьому в деякі роки показники були навіть вищими ніж середні значення приросту.

При розгляді розвитку української економіки треба відзначити декілька періодів, які пов'язані зі структурними змінами. Можна виділити наступні періоди з 2001-го року: до кризи 2008-го року (2001-2008 рр.), до анексії Криму та початку військових дій в Донецькій та Луганській областях (2009-2013 рр.), до пандемії COVID-19 (2014-2019 рр.), після пандемії (2020-2021 рр.) та сучасний — з початку повномасштабного вторгнення до поточного року (2022-2024 рр.) (див. табл. 1).

Таблиця 1

Сільське господарство в експорті та ВВП

Рік	Експорт т млн. \$	Доля сільського господар- ства в експорті, %	Експорт сільсько- господар- ських товарів млн. \$	ВВП млн. \$	Питома вага експор- ту до ВВП, %	Питома вага експорту агро-пром. товарів до ВВП, %
2001	16264,7	11,2	1823,3	39309,6	41,4	4,6
2002	17957	13,3	2388,3	43956,2	40,9	5,4
2003	23080	11,8	2732,7	52010,4	44,4	5,3
2004	32672	10,6	3469,8	67220,2	48,6	5,2
2005	34286,7	12,6	4309,8	89238,9	38,4	4,8
2006	38367,7	12,2	4680,9	111884,8	34,3	4,2
2007	49248	12,7	6254,5	148733,9	33,1	4,2
2008	66954	16,2	10846,5	188110,4	35,6	5,8
2009	39702	24,0	9528,5	121552,2	32,7	7,8
2010	51430,5	19,3	9926,1	141209,2	36,4	7,0
2011	68394,1	18,8	12858,1	169333,8	40,4	7,6
2012	68809,8	26,0	17890,5	182591,8	37,7	9,8
2013	63312	26,8	16967,6	190498,8	33,2	8,9
2014	53901,6	30,9	16655,6	133503,9	40,4	12,5
2015	38127,1	38,3	14602,7	91031,0	41,9	16,0
2016	36361,7	42,0	15271,9	93355,9	38,9	16,4
2017	43264,7	41,0	17738,5	112090,5	38,6	15,8
2018	47334,9	39,4	18650,0	130891,1	36,2	14,2
2019	50054,6	44,3	22174,2	153883,0	32,5	14,4

Продовження табл. 1

2020	49191,8	45,1	22179,3	156617,7	31,4	14,2
2021	68072,3	40,7	27708,9	199765,9	34,1	13,9
2022	44135,6	53,0	23390,0	161989,5	27,2	14,4
2023	36182,9	60,8	22000,7	178757,0	20,2	12,3

Джерело: авторська розробка по даним ('World Bank Open Data | Ukraine', 2024), ('Товарна структура зовнішньої торгівлі України (2001-2024)', 2024)

Не зважаючи на зміни в долі експорту у ВВП країни, можна відзначити, що починаючи з 2014-го року, питома вага експорту агросектору до ВВП залишається на рівні більше ніж 12,3%, що є достатньо великим показником. Фактично, тільки експортні товари агросектору (без урахування внутрішнього ринку) визначають значну частину економіки країни. У 2015 та 2016 роках показник долі експортних сільськогосподарських товарів був найвищим та складав 16% та 16,4%. Якщо казати про максимальні значення, у 2021-му році обсяг продажу продукції агросектору становив рекордні 27,7 млрд. \$. Таким чином, можна означити стійку тенденцію до збільшення долі сільського господарства в експорті протягом років дослідження (2001-2023 рр.).

Як бачимо, зовнішній ринок є одним з найважливіших джерел доходів країни. Експорт за винятком останніх 2-х років війни не знижувався нижче 31,4% від ВВП, що говорить о пріоритетності цього напрямку розвитку економіки на державному рівні.

Згідно з результатами дослідження, опублікованого у 2024 році (Гаврилюк, 2024) щодо тенденцій розвитку зовнішньоекономічної діяльності країни, обсяги товарного експорту відновлюються відносно різкого падіння на початку періоду активної фази війни. При умовах підвищення рівня інновацій, екологічності та підвищення технологічної складності товарів, що експортуються, створюється

можливість для виходу на нові ринки головних європейських країн після закінчення війни.

Якщо подивитись структуру основних експортних товарів агросектору у 2022-му році, можна відзначити наступні продукти, які визначають головну долю товарів, що експортуються (43,97%): рослинні товари та м'ясо птиці. Рослинні товари можна розділити на три категорії: зернові (кукурудза, пшениця та ячмінь), олійні (насіння ріпаку, насіння соняшнику, олії з насіння) та соя з іншими рослинними залишками (див. Таблиця 2).

Для нашого дослідження були обрані продукти, які вирощуються і сумарно складають не менше 63% від основних експортних продуктів агросектору: кукурудза, пшениця, насіння ріпаку, насіння соняшнику, соя.

Таблиця 2

Головні експортні продукти агросектору у 2022-му році

Назва продукту	Доля в експорті товарів, %	Доля в сукупності обраних агро-продуктів, %
Кукурудза	12,8	29,1
Олії з насіння	11,8	26,8
Пшениця	6,95	15,8
Насіння ріпаку	3,3	7,5
Насіння соняшнику	2,78	6,3
М'ясо птиці	1,86	4,2
Соя	1,85	4,2
Інші рослинні залишки	1,67	3,8
Ячмінь	0,96	2,2
	43,97	100%

Джерело: авторська розробка по даним ('Ukraine (UKR) Exports, Imports, and Trade Partners', 2024)

За даними таблиці 2 можна зробити наступні висновки: експортна продукція усіх товарів на 43,97% складається з продукції АПК, яка відноситься до вирощування рослин (42,11%) та м'яса птиці (1,86%). Більшу частину вирощування рослин (63%) складають 5 продуктів, які можна назвати головними продуктами в структурі продукції АПК.

Розглянемо головні регіони та області, в яких вирощуються визначені культури.

Щодо зернових культур, на першому місці в сучасному АПК стоїть кукурудза, що складає 12,8% від експорту усіх товарів, яку вирощує 10 провідних областей, виробивши 77% усього врожаю у 2022-му році (див. Таблиця 3).

Таблиця 3

Головні області з виробництва кукурудзи у 2022-му році (77%)

Область	Валовий збір, тис.т
Полтавська	3588,8
Чернігівська	2915,2
Черкаська	2400,5
Сумська	2230,9
Вінницька	1948,3
Київська	1910,5
Хмельницька	1856,1
Кіровоградська	1773,4
Житомирська	1088,7
Тернопільська	1073,8

Джерело: авторська розробка по даним ('Areas, gross harvests and productivity of agricultural crops | State statistics service of Ukraine', 2023)

Далі розглянемо області, які є лідерами в виробництві пшениці, що складає 6,95% експорту усіх товарів (див. Таблиця 4):

Таблиця 4

Головні області з виробництва пшениці у 2022-му році (60,7%).

Область	Валовий збір, тис.т
Одеська	1741,5
Дніпропетровська	1687,7
Кіровоградська	1625,2
Харківська	1366,5
Хмельницька	1294,5
Вінницька	1286,7
Миколаївська	1237,1
Одеська	1741,5
Дніпропетровська	1687,7
Кіровоградська	1625,2
Харківська	1366,5
Хмельницька	1294,5
Вінницька	1286,7
Миколаївська	1237,1
Тернопільська	1176,4
Полтавська	1110,2
Черкаська	1016,6

Джерело: авторська розробка по даним ('Areas, gross harvests and productivity of agricultural crops | State statistics service of Ukraine', 2023)

Області, що спеціалізуються на виробництві насіння ріпака, що складає 3,3% від експорту усіх товарів, представлені в табл. 5.

Таблиця 5

Головні області з виробництва насіння ріпака у 2022-му році (75,3%)

Область	Валовий збір, тис.т
Дніпропетровська	334,48
Тернопільська	305,25
Вінницька	299,83
Хмельницька	292,85
Одеська	270,34
Миколаївська	199,44
Кіровоградська	180,56
Львівська	176,68
Черкаська	175,6
Волинська	175,52

Джерело: авторська розробка по даним ('Areas, gross harvests and productivity of agricultural crops | State statistics service of Ukraine', 2023)

Регіони, які займаються вирощуванням насіння соняшнику, що складає 2,78% від експорту усіх товарів, можна побачити в табл. 6.

Таблиця 6.

Головні області з виробництва насіння соняшнику у 2022-му році (75,15%)

Область	Валовий збір, тис.т
Кіровоградська	1311,6
Полтавська	1243
Дніпропетровська	1091,5
Сумська	873,22
Вінницька	750,88
Харківська	696,65
Чернігівська	668,28

Продовження табл.6

Черкаська	657,56
Миколаївська	623,26
Хмельницька	576,61

Джерело: авторська розробка по даним ('Areas, gross harvests and productivity of agricultural crops | State statistics service of Ukraine', 2023)

Регіони, де вирощується соя, що складає 1,85% від експорту усіх товарів (табл. 7):

Таблиця 7

Головні області з виробництва сої у 2022-му році (80,1%)

Область	Валовий збір, тис.т
Хмельницька	444,62
Житомирська	366,43
Полтавська	325,03
Львівська	289,86
Тернопільська	261,42
Сумська	242,54
Черкаська	226,92
Київська	204,22
Вінницька	200,43
Рівненська	165,24

Джерело: авторська розробка по даним ('Areas, gross harvests and productivity of agricultural crops | State statistics service of Ukraine', 2023)

Треба відзначити області України, які є головними виробниками відразу декількох основних рослинних продуктів АПК. В першу чергу, області, які спеціалізуються на продукції п'яťох продуктів, це: Черкаська, Вінницька, Хмельницька та Кіровоградська; області з 4 продуктами: Полтавська та

Тернопільська; та області, де є виробництво трьох продуктів: Сумська, Дніпропетровська та Миколаївська.

При розгляді частки випуску у загальному обсязі у 2021-му році в основних цінах за видами економічної діяльності, три головні галузі займали більше 50%: сільське, лісове та рибне господарство посідали третє місце (12,2%) після оптової та роздрібної торгівлі з ремонтом автотранспортних засобів і мотоциклів (13,3%) і переробної промисловості (24,8%) (див. табл. 8) (*Валовий регіональний продукт у 2021 році, 2023*). Треба відзначити, що переробна промисловість та роздрібна торгівля також пов'язані з галуззю агросектора.

Таблиця 8

Частка випуску в основних цінах видів економічної діяльності у загальному обсязі випуску України в 2021 році

Вид економічної діяльності	Частка випуску в основних цінах видів економічної діяльності
Переробна промисловість	24,8%
Оптова та роздрібна торгівля; ремонт автотранспортних засобів і мотоциклів	13,3%
Сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство	12,2%
Інші види економічної діяльності	49,7%
Усього	100%

Джерело: авторська розробка по даним (Валовий регіональний продукт у 2021 році, 2023).

При розгляді частки випуску по областях України, можна виділити 11 областей, в яких доля випуску такого виду економічної діяльності, як сільське, лісове та рибне господарство складає не менше 24,6% (табл. 9).

Таблиця 9

Частка випуску агрокомплексу (сільське, лісове та рибне господарство) у загальному обсязі випуску областей в 2021 році

Область	Частка ВДВ, %
Кіровоградська	37,3
Херсонська	33,1
Тернопільська	31,2
Чернігівська	30,8
Хмельницька	29,9
Вінницька	29,2
Черкаська	27,9
Луганська	27,2
Сумська	26,7
Житомирська	25,7
Миколаївська	23,2
Чернівецька	21,8
Інші області	менше або 18,8

Джерело: авторська розробка по даним (Валовий регіональний продукт у 2021 році, 2023)

Данні часток валової доданої вартості видів економічної діяльності у загальному обсязі валової доданої вартості, далі ВДВ, України у 2021 році показують, що трьома головними галузями по цьому показнику (40,5%) були: сільське, лісове та рибне господарство, яке посідало друге місце (12,7%) після оптової та роздрібною торгівлі з ремонтом автотранспортних засобів і мотоциклів (15,8%) і обходить галузь переробної промисловості (12%) (табл. 10).

Таблиця 10

**Частка валової доданої вартості економічної діяльності у загальному обсязі
ВДВ України в 2021 році**

Вид економічної діяльності	Частка ВДВ у загальному обсязі ВДВ України
Оптова та роздрібна торгівля; ремонт автотранспортних засобів і мотоциклів	15,8%
Сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство	12,7%
Переробна промисловість	12%
Інші види економічної діяльності	59,5%
Усього	100%

Джерело: авторська розробка по даним (Валовий регіональний продукт у 2021 році, 2023)

При розгляді частки ВДВ у областях України, можна виділити 11 областей, в яких доля ВДВ по виду економічної діяльності сільське, лісове та рибне господарство складає не менше 24,6% (табл. 11).

Таблиця 11

**Частка ВДВ агрокомплексу (сільське, лісове та рибне господарство) у
загальному обсязі ВДВ областей в 2021 році**

Область	Частка ВДВ, %
Кіровоградська	37,6
Херсонська	32,8
Хмельницька	29,9
Чернігівська	29,9
Вінницька	28,2
Тернопільська	27,1
Миколаївська	25,5
Сумська	25,3

Продовження табл. 11

Луганська	25,2
Житомирська	24,6
Інші області	менше або 20%

Джерело: авторська розробка по даним (Валовий регіональний продукт у 2021 році, 2023)

Після аналізу даних з головними областями постачальниками основних агрокультур та часток ВДВ та випуску можна виділити регіони, для яких АПК є системоутворюючою галуззю економіки (табл. 12) (додаток А).

Таблиця 12

Області для яких АПК є системоутворюючою галуззю економіки

Область	Кількість провідних культур що вирощуються
Вінницька	5
Черкаська	5
Кіровоградська	4
Тернопільська	4
Хмельницька	4
Сумська	3
Миколаївська	3
Чернігівська	2
Житомирська	2

Джерело: авторська розробка по даним (Валовий регіональний продукт у 2021 році, 2023)

Зі списку була прибрана Луганська область у зв'язку з поточним геополітичним станом в цьому регіоні.

1.2. ПРОБЛЕМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА СТІЙКОСТІ ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Для розуміння важливості збереження економічних показників і діяльності агропромислового комплексу України та зв'язку з кліматичними змінами треба повернутись до концепції сталого розвитку та пов'язаних з цим проблемами та поняттями.

Ще у 1972 році Моріс Стронг у Стокгольмі на конференції ООН з навколишнього середовища використав термін «екорозвиток», що є соціально-економічним розвитком, який приводить до зростання добробуту суспільства та не викликає погіршення навколишнього середовища та занепаду природно-кліматичних систем (Боголюбов, Клименко, Мельник, & Прилипко, 2012). Вже через 8 років була випущена «Всесвітня стратегія охорони природи» з окремим виділенням шляху створення «нової екологічної етики і екологічної свідомості». Вже остаточно, ще через 7 років, у 1987 році комісія ООН яка керувалася Гру Харлем Брутландом випустила звіт «Наше спільне майбутнє», в якому було остаточно сформульовано поняття «сталий розвиток». При появі цього поняття використовувалося наступне тлумачення: сталий розвиток – це «розвиток суспільства, що задовольняє потреби сьогодення, не приносячи при цьому в жертву здатності майбутніх поколінь задовольняти свої потреби».

Вже через 3 роки після звіту комісії ООН у 1990-му році була зроблена доповідь «Турбота про Землю», підготовлена сумісно програмою UNEP та WWF (Всесвітній фонд дикої природи). В цій доповіді сталий розвиток був означений як зростання якості життя людини в межах обмежених ємністю екологічних систем, які забезпечують умови життєдіяльності людей.

Автором економічної теорії сталого розвитку став колишній економіст Світового банку та дослідник впливу економіки на довкілля Герман Дейлі. Г. Дейлі формулює термін сталого розвитку «як гармонійний, збалансований,

безконфліктний прогрес всієї земної цивілізації, груп країн (регіонів, субрегіонів), а також окремо взятих країн нашої планети за науково обґрунтованими планами, коли в процесі неухильного інноваційно інтенсивного економічного розвитку країн одночасно і позитивно вирішується весь комплекс питань щодо збереження довкілля, ліквідації бідності, експлуатації та дискримінації як кожної окремо взятої людини, так і цілих народів чи груп населення, у тому числі за етнічними, расовими чи статевими ознаками».

Завдяки розвитку досліджень у даному напрямку, у 1992-му році в Ріо-де-Жанейро відбулася глобально-світова Всесвітня конференція з навколишнього середовища і розвитку, на якій була присутня більшість глав країн світу. В опублікованих матеріалах цієї конференції відбулося декларування всесвітньо-відомого терміну "Sustainable development", який закликав до припинення використання ресурсів без контролю та обмежень, а також зупинення забруднення біосфери. Після конференції країни почали розробляти власні національні концепції та стратегії сталого розвитку.

В той же час треба відзначити, що з початку минулого сторіччя і до нашого часу (2024 рік) в світових кліматичних системах відбувалися незворотні руйнівні процеси, в тому числі накопичення парникових газів в атмосфері, забруднення водних ресурсів хімічними речовинами та збіднення ґрунтів. І хоча вектор наукових досліджень стосовно сталого розвитку був в цілому вірним, на час публікацій перших звітів та стратегій, актуальність наявних проблем ще не була такою критичною, а інформаційна бази доказів і фактів не була настільки повної та деталізованої, як в 10-х та 20-х роках 2000-х. В часи коли формувалися ранні концепції сталого розвитку ще не було сформульовано конкретних метрик, які могли показати наявні та доступні «резерви» кліматичних систем що могли би забезпечувати подальшу стабільність кліматичних характеристик, важливих для кожної із країн. В тому числі були відсутні рішення та механізми, які могли би

забезпечувати контроль та обмеження використання ресурсів або давали оцінку квоти на викиди речовин, які шкодять глобально всьому світу. В той же час, в період між появою терміну «екорозвиток» у 1972 році та затвердженою стратегією сталого розвитку для ЄС у 2001-му році, рівень газу CO₂ в атмосфері зріс з 327,46 до 371,32 ppm (*GLOBAL LAND-OCEAN TEMPERATURE INDEX, 2024*), що складає зростання на 13,39% за 29 років. Газ CO₂ це один з так званих парникових газів, завдяки яким середня глобальна температура поверхні Землі за останні 50 років підвищилась від +0,03C у 1970 до +1,17C у 2023, що складає 390% відносно рівня 1970 року. Це означає що температура підвищувалася в середньому на 7,8% кожен рік. Можна відзначити нелінійність зростання цього параметру.

У вересні 2000-го року на «Самміті тисячоліття» для переходу до сталого розвитку були поставлені перші 8 першочергових цілей, які потім трансформувалися в більш розширений список. Першими цілями були наступні: викоринити крайній голод і бідність, досягти загальної початкової освіти, сприяти рівності та розширенню жіночих можливостей, зменшити смертність дітей, поліпшити здоров'я матерів, боротись з хворобами, забезпечити екологічну стійкість, розвивати партнерство для виконання цілей розвитку у глобальному сенсі. «Декларація тисячоліття» відокремлювала питання охорони довкілля окрему секцію, де визначалася проблематика кліматичних змін, спустелювання, водних та лісових ресурсів і втрати різноманіття біо-форм.

Серед цілей стратегії сталого розвитку ЄС 2001-го року можна відзначити чотири ключові компоненти, а саме: реформування економіки з орієнтацією на захист природи, зменшення ризиків токсичних викидів (до 2020-го року) та транспортних викидів, і до 2010-го року зупинка втрат біорізноманіття. Для того щоб відзначити ефективність цих заходів, можна повернутись до атмосферних характеристик в період з 2001-го по 2023-й роки, які свідчать про зростання в атмосфері CO₂ вже на рівні у 13,4%, це зростання відбулося всього за 22 роки, тобто

швидше на 31,81% ніж період з 1972-й по 2001-й роки. Ці показники свідчать про те, що швидкість викидів прискорюється, а деякі кліматичні характеристики (як рівень CO₂ в атмосфері) за останні 51 роки змінилися на +28,58%.

Починаючи з вересня 2015-го ООН ухвалила план досягнення спільного кращого майбутнього «Порядок денний сталого розвитку до 2030 року», та визначає 17 цілей сталого розвитку: подолання бідності, подолання голоду, міцне здоров'я, якісна освіта, гендерна рівність, чиста вода та належні санітарні умови, доступна та чиста енергія, гідна праця та економічне зростання, інновації та інфраструктура, зменшення нерівності, сталий розвиток міст і громад, відповідальне споживання, боротьба з кліматичними змінами, збереження морських ресурсів, збереження екосистеми суші, мир та справедливість, партнерство заради сталого розвитку ('Цілі сталого розвитку', 2024).

Окремо можна сказати, що деякі з означених цілей, тісно пов'язані з іншими. Наприклад, подолання голоду, чиста вода та належні санітарні умови пов'язані з боротьбою з кліматичними змінами, як і збереженні морських ресурсів та екосистеми суші.

У 2015 році після підписання всесвітньої Паризької кліматичної угоди (*THE PARIS AGREEMENT*, 2016) був зафіксований показник +2 °C як верхня допустима межа підвищення глобальної температури, після чого всі країни було закликано докласти значних зусиль, щоб перевищення значення глобальної температури понад +1,5°C не відбулося. Згідно плану, пік викидів парникових газів повинен був бути до 2025-го року, та знизитись на 43% к 2030-му року.

У 2024-го році, незважаючи на існуючий показник в +1,5C, стратегії та програми сталого розвитку серед багатьох країн, можна відзначити продовження суттєвих змін ключових характеристик кліматичних систем. Ліміт в +1,5C буде пройдено і нема ніякого обґрунтування досяжності зниження на 43% рівня викидів парникових газів. Зафіксовані значення наступних кліматичних параметрів

демонструють безперервне та безупинне зростання з початку досліджень (немає ніяких змін ні після 2001-го, ні після 2015-го років):

- Вуглекислий газ: 315.71 ppm – березень 1958 року, 422.03 ppm – вересень 2024 року (+33,67% від початку дослідження);
- Метан: 1625.96 ppb – липень 1983 року, 1921.79 ppb – червень 2024 року (+18,19% від початку дослідження);
- Потепління океану: 12 (+/-20) зетаджоулей – 1957 р., 360 (+/-2) зетаджоулей – 2020 р. (+300% від початку дослідження);
- Зростання глобальної температури: -0,09С – 1880 рік, +1,17С – 2023 рік (+1301% від початку дослідження);

Треба відзначити що глобальна температура показує середні значення, але навіть півкулі Землі мають різні характеристики середньої температури, наприклад Північна півкуля тепліша за Південну на 10,14% (Врублевська, Катеруша, & Гончарова, 2023). Також треба розуміти, що річна середня температура зменшується від екватора до полюсів і відповідає широтному розподілу балансу радіації підстильної поверхні. Якщо брати базову середню температуру повітря на рівні моря у Північній півкулі, що наприклад становить +15,2С та Південної – +13,8С, та порахувати нову середню температуру при збільшенні глобальної на +0,25С, це буде означати, що нові середні температури Північної кулі будуть складати +15,46С, а Південної – +14,03С.

Основним трендом щодо кліматичних характеристик є постійне збільшення глобальної середньої температури, та зміни в кількості опадів. Згідно з прогнозами для України до 2050-го року (Шевченко et al., 2014), середня приземна регіональна температура буде зростати до +1,5–2,0С, при цьому на +2,0°С – в січні на півдні України, на +2,8°С – на півночі країни та в середньому по країні – на +0,5–1,0°С у липні. Для більшості областей України, завдяки потеплінню буде відбуватися зменшення поверхневого водного стоку та зменшенням кількості атмосферних

опадів. Особливо треба відзначити південь країни, де у 2021 – 2040 рр. є очікування щодо припинення стоку як у маловодні річки (Дніпропетровська, Запорізька, Миколаївська, Херсонська та Одеська області), так і у середні та багатоводні річки (Херсонська і Одеська області). Водопостачання є критичним для агросектору, що викликає увагу до південних регіонів які залучені в сільсько-господарське виробництво.

Відзначається що, більшість посівних площ агрокультур в Україні знаходиться в зоні ризикованого землеробства (це території з природним дефіцитом опадів), де існують ризики втрати обсягів урожаю у посушливий рік та втрати якості урожаю у рік з надмірною кількістю опадів (Адаменко, 2019). Таким чином, кліматичні зміни підвищують ймовірність виникнення таких ризиків. Водночас, для сільського господарства існують і позитивні перспективи, одними з яких може бути підвищення врожайності деяких теплолюбних культур (наприклад пшениці). Кліматичні зміни також впливають на скорочення вегетаційного періоду та передчасному досягання різних культур, що може призвести до зменшення врожайності. Водночас в південних областях за умови зрошення, є можливість збирати подвійні врожаї. Позитивним наслідком може бути зменшення ризиків вимерзання озимих культур.

Щодо стійкості агровиробництва, треба відзначити, що дефіцит вологи ґрунту у вегетаційний період є головним фактором який зменшує врожайність. В свою чергу волога в ґрунті з'являється після опадів, таким чином кількість опадів за рік є показником зволоження тієї чи іншої території. Якщо брати значення кількості річних опадів як показник стійкого землеробства у 700 мм, то можна помітити, що навіть в період з 1961 по 1990 роки в Україні норма річних опадів складала приблизно 578мм, що вказує на загальний дефіцит опадів в 122 мм (-17,42% від норми в 700 мм), який був зафіксований ще до початку проявів наслідків кліматичних змін. Водночас в період з 1999 р по 2019 р середня кількість

опадів не зменшилась, однак розподіл опадів в період з 2014 по 2018 роки став вкрай нерівномірним, наприклад у Запорізькій, Донецькій, Київській, Вінницькій, Тернопільській, Рівненській, Хмельницькій, Черкаській, Чернігівській та Закарпатській областях в означені роки опади зменшились на 7-12%. При цьому взимку кількість опадів виросло, а влітку зменшилось.

Підвищення температури при посилення посухи може призвести до ризиків виникнення лісових пожеж. Прогнозується, що вигоди від потепління зміняться падінням врожайності через 15-20 років, завдяки підвищенню частоти та інтенсивності посухи.

Окремо можна виділити зростання кількості стихійних лих. Зростаючу кількість природних екстремальних явищ пов'язують зі зростанням значення середньої глобальної температури. Згідно з даним публікації комісії ООН за 2018 рік, в період з 1978 р. по 2017 рік, економічні збитки від природних катастроф зросли на 151%, одночасно підвищилася частоти і серйозність екстремальних погодних явищ ('Economic Losses, Poverty & Disasters', 2018). В Україні кількість стихійних метеорологічних явищ також має тенденцію до збільшення.

Наслідком провалу стратегії сталого розвитку для України, окремих країн та загальної стратегії всього світу, може бути підтримання наростаючого темпу подальшого забруднення, що в якості зворотного зв'язку викликає та буде викликати кліматичні зміни, структурні зміни в економіці, інфраструктурі та господарствах. Щоб визначити як можна змінити поточне становище, слід розглянути головні антропогенні фактори, що мають вплив на клімат Землі: це спалювання палива, викиди від промисловості, сільського господарства, стан лісного господарства, гідробудівництво та меліорація. Без реформ в відповідних секторах економіки не слід очікувати суттєвих змін в поточних трендах кліматичних характеристик.

Якщо брати до уваги поточні кліматичні показники, послідовна реалізація цілей сталого розвитку буде призводити до зниження темпів забруднення, що

допоможе зменшити швидкість змін, хоча навіть в довгостроковій перспективі 5-50 років не дасть можливості повернутися до кліматичних характеристик які були зафіксовані 50 років тому. Тому більш раціональною стратегією для урахування впливу кліматичних змін, буде розрахунок двох сценаріїв. Першим сценарієм буде продовження поточних трендів «без змін», а другим, більш оптимістичним, буде сценарій, де враховуються результати впливу виконання стратегій сталого розвитку. Водночас треба відзначити, що прецедентів такого впливу, згідно з кліматичними даними, ще не було, як досі нема і наявних термінів їх появи.

1.3. ОГЛЯД СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ЕФЕКТИВНІСТЬ АГРОСЕКТОРУ

Зростаюча актуальність проблематики сталого розвитку та кліматичних змін спонукає до подальшого розвитку наукової діяльності, що спрямована на формування нових підходів до розгляду та моделювання впливу кліматичних змін в цілому, а також стосовно найбільш фундаментальної галузі – агросектору, що забезпечує продовольчу безпеку.

Треба відзначити, що незважаючи на нерівномірності розподілу сприятливих умов та ресурсів, які необхідні для розвитку агросектора в різних країнах, дослідження, що стосуються цієї тематики при розрахунку врожайності для кожного виду культури вказують на необхідність врахування таких факторів як: рівень температур та опадів, в деяких випадках – викиди вуглекислого газу (CO₂), використання добрив, посівна площа.

В цілому, аналітичні методи, які використовуються для прогнозування врожайності, можна розділити на три основні категорії:

- статистичні моделі, такі як моделі авторегресії-ковзного середнього (ARIMA), експоненціальне згладжування, регресійні моделі та моделі ARIMA з пояснювальними змінними (ARIMAX);
- машинне навчання, такі методи, як штучні нейронні мережі (ANN), опорні векторні машини (SVM), випадкові ліси та генетичні алгоритми;
- методи, які комбінують використання нейронних мереж.

Розглянемо деякі проведені дослідження та аналітичні методи і дані, які були використані для моделювання впливу кліматичних змін на врожайність (Guryanova, Korovin, 2024).

У роботі Mohammed Jlibene (Jlibene, 2020), присвяченій врожайності зернових Марокко, досліджується кореляція кількості опадів з вересня по травень. Для розрахунків були використані статистичні дані про врожайність зернових та кількість опадів за 39 років (1981-2019). Були розроблені регресійні моделі, згідно яким був зафіксований прямий позитивний вплив кількості опадів на врожайність, та розрахований коефіцієнт регресії, що вказує на продуктивність використання води. А ефект на врожайність від розподілу опадів було оцінено як негативний і незалежний від кількості опадів. Враховувались дані відносно опадів в мм (мінімальні, максимальні, середні та співвідношення), врожайність злакових кг/га та продуктивність використання води для зернових культур кг/мм.

Найбільшу продуктивність використання води показала м'яка пшениця (5,03 кг/мм), потім тверда пшениця (4,86 кг/мм) і ячмінь (3,54 кг/мм). Середня втрата врожаю, що була викликана нерівним розподілом опадів коливалася від 13% до 50% залежно від типу культури та рівня опадів.

В статті групи науковців з західного узбережжя Африки (Jabbi et al., 2021), були представлені результати дослідження впливу температурних тенденцій та SPEI (Standardized Precipitation and Evapotranspiration Index) «Стандартизованого індексу евапотранспірації і опадів» на врожайність головних зернових культур Гамбії

(сорго, просо, кукурудза та рис). Об'єктом дослідження була продуктивність трьох агроекологічних регіонів країни на протязі 30 років (1990 – 2019 рр.). Треба відзначити, що сільське господарство забезпечує 24% ВВП і 75% доходів домогосподарств у Гамбії (2019 рік), тому виявлені моделі забезпечують можливість прогнозування розвитку економіки країни, яка в величезному ступені ґрунтується на галузі агро-промисловості.

Згідно даним, взятим до дослідження, в середній температурі та SPEI був зафіксований зростаючий тренд, одночасно врожайність демонструвала зниження в усіх регіонах. SPEI мав значний позитивний зв'язок з врожайністю, а температури мала негативний вплив на врожайність. Була зазначена різна реакція на зміни клімату в різних регіонах. Від 20% до 62% коливань врожайності обраних агропромислових культур були зумовлені кліматичними тенденціями. Щоб визначити зв'язок врожайності культур з кліматичними змінними, був усунений або мінімізований вплив тенденцій некліматичних факторів, таких як сорта, управлінські рішення та технології. В результаті дослідження для моделювання було проведено багатофакторний регресійний аналіз врожайності та кліматичних даних без тренду, де враховувалась опади та температура: були відокремлені три факторам SPEI та максимальна і мінімальна температури. Результати дослідження продемонстрували щомісячні посухи, які мають помірні або екстремальні значення, у період з 1990 по 1996 рік в усіх трьох регіонах. Починаючи з 1997 року, дослідники зафіксували чергування умов посухи і повеней, причому тенденція до частішого виникнення посушливих сценаріїв значно посилюється після 2012 року. Аналіз даних показав, що врожайність кукурудзи та рису була найбільш вразлива до клімату, причому в регіоні Сахелі було зафіксоване найбільше зниження врожайності – (29,4 кг га⁻¹ рік⁻¹) і кукурудзи (21 кг га⁻¹ рік⁻¹).

Дослідники відзначили, що більше інформації, пов'язаної зі значним зниженням тенденцій врожайності в досліджуваних регіонах, можна отримати

шляхом включення впливу інших кліматичних параметрів та/або інших факторів, таких як агрономічні методи, сільськогосподарська політика, сорти та використання добрива, які не були включені в розроблену модель.

Продовжуючи дослідження (Demirhan, 2024), пов'язані з регіонами, які мають засушливий клімат, можна відзначити публікацію, яку зробив Naydar Demirhan, що присвячена розробки нової структури глибоких нейронних мереж для прогнозування врожайності агро-культур в Австралії, де враховується вплив зміни клімату, показники використання добрив та враховуються площі посівів.

Для цього дослідження обрані врожайності вівса, кукурудзи, рису і пшениці у період з 1979 року по 2020 рік. Данні кліматичних параметрів, таких як аномалії середньорічних температур та опадів, були взяті за період 1961–1990 років. Данні щодо викидів CO₂ були отримані з проекту Global Carbon Project, 2020 року, також були враховані дані Світового Банку відносно добрива. Ефективність прогнозування пропонуємої структури глибоких нейронних мереж порівнюється з п'ятьма методами: статистичними та методами машинного навчання (ARDL (Autoregressive distributed lag), ARIMAX, Random forests, SVM, ANN (Artificial neural networks)), результати показують кращу якість пропонуємої структури завдяки меншому значенню абсолютної середньої помилки від 23% до 40% в залежності від агро-культури. Створена структура далі використовується для прогнозування врожайності зазначених культур в Австралії до 2025 року за шести різними сценаріями зміни клімату. Можна зробити висновки, що розробка нових структур та моделей з більш якісними характеристиками, ніж традиційні методи, може підвищити якість прогнозування.

Температурні аномалії в Австралії мають зростаючу тенденцію, що відповідає більш посушливим кліматом у майбутньому. Аномалії опадів в свою чергу демонструють зростання варіабельності, що призводить до періодів посухи після надмірних опадів.

Головні висновки дослідника стосовно врожаю більш близьких до України культур що виробляються у Австралії: пшениці та кукурудзи, приведені нижче.

Стабільна врожайність кукурудзи, очікується тільки у випадку, коли тільки аномалії температури зростатимуть, а інші дослідницькі змінні залишатимуться незмінними (що виглядає не дуже ймовірним сценарієм). В той же час зростання тільки аномалій опадів не допомагає підвищити врожайність кукурудзи. Тим не менш для середньострокової перспективи висновком стало те, що якщо поточні тенденції продовжуватимуться до 2025 року, прогнозується зростання врожайності кукурудзи в Австралії на 9,7%. Треба відзначити, що після 2020-го року, коли були зроблені дослідження, згідно статистичних даних відбулося падіння врожайності з 8,1 тон/гектар у 2021/2022 роках, до 7,9 т/га у 2022/2023 роках і 7,5 т/га у 2023/2024 роках, зростання до рівня у 8,0 тон/гектар у 2024/2025 роках, що більш всього наближається до сценарію, коли викиди продовжуються, що і є поточним трендом.

Щодо врожаю пшениці, при поточних трендах (з 2020-го і далі) було змодельовано зниження врожайності на 8,6% у період з 2020 по 2025 роки, якщо тенденції будуть незмінними. Якщо проаналізувати фактичні значення щодо врожайності пшениці в Австралії в сезон 2021/2022 років, відбулося підвищення до 2,8 т/га (минулого сезону було 2,5) і подальше падіння до 2,5 т/га у 2024/2025 роки, також був провал до 2,1 т/га у сезоні 2023/2024 років. Таким чином, для пшениці фактичні значення виявилися кращими, ніж очікувалося, хоча можна відзначити різке падіння на 33,3%, що свідчить про дуже великі коливання між сезонами.

В роботі (Hafiza, Ishaque, Osman, Aziz, & Ata-Ul-Karim, 2022), присвяченій моделюванню врожайності пшениці Пакистана за допомогою CERES-Wheat, при умовах дощового та додаткового зрошення у напівпосушливому середовищі, розглядається стратегія зменшення кліматичних ризиків шляхом використання додаткового зрошення (supplemental irrigation – SI). В дослідженні розглядався

період з 2010 по 2014 роки та використовується програмний комплекс DSSAT версії 4.6 та відкалібрована модель CERES-Wheat.

Продуктивність моделі оцінювали шляхом порівняння її результатів з вимірними наборами даних які включали в себе вологість ґрунту в окремих шарах, вологість ґрунту в кореневій зоні, фенології рослин, розвитку листового покриву, наростання біомаси в сезон, загальної біомаси та врожайності зерна на момент збору врожаю. При оцінці моделі CERES-Wheat, змодельований і вимірний показники продуктивності опадів для біомаси та врожайності пшениці були розраховані як співвідношення біомаси та врожайності зерна до кількості опадів у вегетаційний період. В свою чергу, змодельовані і вимірні показники водної продуктивності культур для біомаси та врожайності були розраховані як співвідношення біомаси та врожайності до загальної кількості води, спожитої пшеницею під час вегетаційного періоду у вигляді випаровування. Модельовані значення сезонної транспірації та евапотранспірації культур були використані для розрахунку водної продуктивності культур на основі транспірації (випаровування з рослин) та евапоранспірації (випаровування з ґрунту).

В висновках авторів визначається, що відкалібрована модель CERES-Wheat продемонструвала свій потенціал, як інструмент, що допомагає прийняти рішення щодо екстраполяції врожайності пшениці, та водної продуктивності в інших районах Пакистану з дощовим зрошенням, де присутні подібні показники клімату та ґрунту. Слід відзначити, що для регіонів Пакистану з іншими практиками управління посівами, сортами культур, ґрунтом і кліматом, необхідні подальші дослідження для перевірки адекватності використаної моделі.

Загальним висновком щодо цього дослідження може бути підтверджена висока залежність рівня врожаю від наявності водних ресурсів в необхідний для культур проміжок часу. Також, в дослідженні було зазначено, що температурні умови протягом періоду дослідження залишалися приблизно аналогічними до

багаторічних середніх значень. При поточних кліматичних змінах характерним є одночасна зміна як температури, так і рівня опадів, тому такі припущення щодо постійності одного з параметрів не відповідають поточним трендам.

В статті шведських дослідників «Вплив зміни клімату на сільське господарство Швеції: дощ у вегетаційному періоді дефіцит і необхідність зрошення» (Grusson, Wesström, & Joel, 2021), зазначається, що понад 90% сільського господарства Швеції, залежить від дощового зрошення, тому кліматичні зміни можуть становити ризик для сільськогосподарського виробництва в найближчі десятиліття. Для теоретичних оцінок необхідності зрошення для збереження або підвищення врожайності агро-господарства були зроблені розрахунки як для різних пар ґрунт-культура, так і для різних місць Швеції. Для оцінки змін у потребі в зрошенні в період 1981–2050 років використовувалися метеорологічні дані з прогнозованого кліматичного набору даних, створеного Шведським метеорологічним і гідрологічним інститутом.

Для дослідження були обрані наступні культури: озимі зернові, ярі зернові, трав'яний лей, картопля. На першому етапі аналізу був розрахований щоденний потенційний дефіцит опадів для кожного місця як різниця між опадами в цей день та потенційна евапотранспірація в цей день. Обсяг щоденної евапотранспірації був розрахований на основі рівняння Гаргрівза помноженого на щоденний коефіцієнт культури. Вміст води в ґрунті на день був розрахований як різниця між попереднім значенням води в ґрунті та сумою обсягу щоденної евапотранспірації та опадів. Якщо вміст води в ґрунті за день досягав доступної водної ємності, то залишкові опади в цей день вважалися втраченими через стік і не враховувалися. Точка, в якій культура піддавалася гідро стресу і потребувала зрошення, визначалася порогом, вираженим як дробова частка доступної водної ємності, при якій культура вважалася неспроможною поглинати воду з ґрунту з швидкістю, достатньою для підтримки оптимальної евапотранспірації. Якщо вміст води в ґрунті падав нижче

цього порогу, вважалося, що зрошення відбувалося протягом дня. Обсяг зрошення, що застосовувався для корекції вмісту води в ґрунті, вважався значенням, необхідним для підвищення вмісту води в ґрунті до рівня порогу вмісту води в ґрунті, та рахувався як різниця між множенням дробової частки доступної водної ємності з доступною водною ємністю та значенням води в ґрунті.

Вхідними параметрами розрахунків вважалися наступні: мінімальні дати початку пророщування культур, мінімальна температура, доступна водна ємність, точка гідро стресу культури. Для розрахунків за минулий період (1989–2018 рр.) були використані дані з метеорологічних станцій для кожної локації. Інший набір даних від SMHI був використаний у розрахунках для прогнозованого періоду (2021–2050 рр.) для двох сценаріїв: кліматичної моделі RCP 4.5 та RCP 8.5 (найбільш вірогідний у 2024-му році сценарій, так званий «без змін», або «business as usual», що прогнозує високі викиди у разі, якщо суспільство не прикладе згаданих зусиль для скорочення викидів парникових газів).

Дослідники вказують на зміну літніх опадів на 8–28%, при цьому найвищий приріст становить близько 50%, та зміну літньої температури в межах від 0 до 3 °C, з середнім значенням в 1–2 °C в залежності від обраного сценарію та обраного періоду. Результати дослідження показали, що потреба в зрошенні в Швеції в майбутньому зросте в період травень–червень (початок сезону), що особливо стосується зернових культур, і в меншому ступені картоплі, у якої головна потреба в опадах критична в період липня. Прогнозується зміщення дат розвитку культур протягом року в бік більш раннього терміну збору врожаю і зменшення потреби в зрошенні в майбутньому в серпні.

В дослідженні звертається увага до комплексних кліматичних змін: і температури і опадів та робляться однозначні висновки щодо зростаючої потреби до збільшення обсягів зрошення та зміни дат початку сезону і термінів збору врожаю.

В аналізі кліматичної потенційної продуктивності та виробництва пшениці в різних виробничих районах Північної півкулі (Li et al., 2020), розглядається зміна клімату та продуктивність культур. В дослідженні, дані щодо виробництва пшениці в Китаї, Канаді та США були взяті за період з 1965 по 2014 рік, та потім були проаналізовані за допомогою класифікаційної статистики, порівняльного аналізу та методів вагового аналізу.

Водний баланс ґрунту для вегетаційного періоду і окремих періодів росту, був розрахований як сума наступних параметрів: випаровування, виснаження вологи в ґрунті на вимірній глибині під час вегетаційного періоду, кількість опадів, кількість зрошення, дренаж ґрунтових вод, вода яка була використана культурою через капілярний підйом від ґрунтових вод мінус поверхневий стік (якщо він присутній).

Дослідники проаналізували дані щодо виробництва пшениці у трьох країнах та зазначили, що протягом періоду дослідження не спостерігалось очевидних змін в обсягах опадів, але потенційна евоцотаранспірація мала тенденцію до зниження. Проаналізувавши дані, вони доводять, що коли врожайність пшениці, що зростає завдяки технологічному прогресу, не задовольняє потреби людей у їжі, їм доводиться вдаватися до структурних корективів у вирощуванні, а також, що зрошення може ефективно зменшити негативний вплив зміни клімату на агро-виробництво пшениці. Вони приходять до висновків, що виробничі практики відрізняються між регіонами, також технічні проблеми, що пов'язані зі збереженням води, потребують різного вирішення. Рішення про впровадження технології зрошення, що заощаджує воду, повинно прийматися, якщо існують відповідні ризики. Розвиток технологій для покращення ефективності використання води як в зрошуваному, так і в виробництві без зрошення - це майбутні проблеми, які необхідно буде вирішувати.

Слід також відзначити роботу «Фреймворк для покращених прогнозів впливу клімату на потенційні врожаї зимової пшениці у Великобританії та його застосовність щодо інших культур Великобританії» (Nauman et al., 2024). В дослідженні використовуються дані кліматичної моделі UKCP18. Результати дослідження вказали на те, що виробництво пшениці спочатку стає більш сприятливим під впливом зміни клімату в значній частині Великої Британії внаслідок прогнозованого підвищення температури. З 2050 року, врожайність зростає на півночі, тоді як в південно-східній частині знижується, оскільки зменшення опадів компенсує переваги підвищення температури.

Ключовими для моделі озимої пшениці був цілий ряд різноманітних параметрів: щоденні опади, максимальна, мінімальна і середня щоденна температура, чиста короткохвильова сонячна радіація, необхідний термічний час для кожної фази росту, індекс зеленої площі для кожної фази росту, максимальний доступний вміст води в ґрунті, концентрація CO₂ в атмосфері, порогова довжина дня для початку фази розвитку, базова температура для накопичення градус-днів, базова температура для пошкодження від заморозків, дата посіву, дата збору врожаю, ефективність використання радіації, штраф за перезволоження, базова температура для теплового стресу, штраф за втрату тепла.

На першому етапі після посіву модель накопичує індекс зеленої площі, як функцію градус-днів вище 0°C через три ключові фази росту пшениці, які далі поділяються на фази розвитку: формування, будівництво та виробництво. Для врахування вимог до вернізації також були розраховані накопичені дні вернізації як функція середньої щоденної температури, відповідно до рівнянь Spink та Lynch.

Далі були розраховані опади з моменту посіву до формування, щоб оцінити доступну воду перед початком швидкого зростання.

На третьому етапі відповідно до Lynch, припускається, що вся біомаса, накопичена після кінця цвітіння, переноситься на зростаючі насіння, а не на

вегетативні частини рослини, і, таким чином, вносить вклад у врожайність, що підлягає збору. Потенційну врожайність розраховується як сума біомаси, накопиченої між формуванням та будівництвом, помноженої на 0,3, плюс суму біомаси, накопиченої після фази виробництва. Далі корегується врожайність в залежності від факторів перезволоження, також була додана можливість врахування ефекту удобрення вищими атмосферними концентраціями вуглекислого газу (CO₂), ефективності використання радіації.

Для дослідження були використані данні баз CHES-met – 1961–2019 роки та HadUK-Grid з 1929-го та 1960-го. Дослідники отримали потенційні значення врожайності, що обмежується водопостачанням, для поточних і майбутніх років, використовуючи останні кліматичні прогнози для Великої Британії. Розроблені моделі врожайності вказують на те, що значна частина Великої Британії стане поступово менш придатною для вирощування зимової пшениці після 2040 року через зменшення літніх опадів.

Після огляду сучасних підходів до моделювання впливу кліматичних змін на ефективність агросектору, треба відзначити наявність досліджень щодо кліматичних змін та їх впливу на продуктивність агро-сектору, зроблених в більшості для окремих країн та регіонів. В той же час, наявність цих досліджень свідчить про високу актуальність цієї проблема. Можна помітити відсутність великої кількості досліджень щодо країн Східної Європи, та України, а також робіт які вказують на економічний ефект впливу кліматичних змін. Головним висновком приведених досліджень можна вважати зміну врожайності в майбутні десятиріччя, при поточних умовах та відсутності структурних змін виробництва, при цьому головними чинниками, які впливають на показники агро-виробництва є наявність водних ресурсів, що в більшості випадків залежить від опадів та підвищення температури у вегетаційний період головних культур.

Висновки дослідників робіт, що були оглянуті, також підкреслюють важливість реформ для переходу до сталого розвитку, а також забезпечення продовольчої безпеки та стійкості в поточний період кліматичних змін. Також більш зрозумілими стають тенденції розвитку української економіки та зовнішньоекономічної діяльності в розрізі розвитку агропромисловості.

Безумовно огляд сучасних підходів до моделювання допомагає більш якісно відокремити необхідні методи для моделювання впливу кліматичних змін на економіку та ресурси.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ЕКОНОМІКУ ТА РЕСУРСИ КРАЇНИ

2.1. КОНЦЕПТУАЛЬНА СХЕМА ДОСЛІДЖЕННЯ

У дослідженні пропонується наступна концептуальна схему оцінки впливу кліматичних змін на економіку та ресурси України. Далі на рис. 2. означені головні етапи концептуальної схеми.

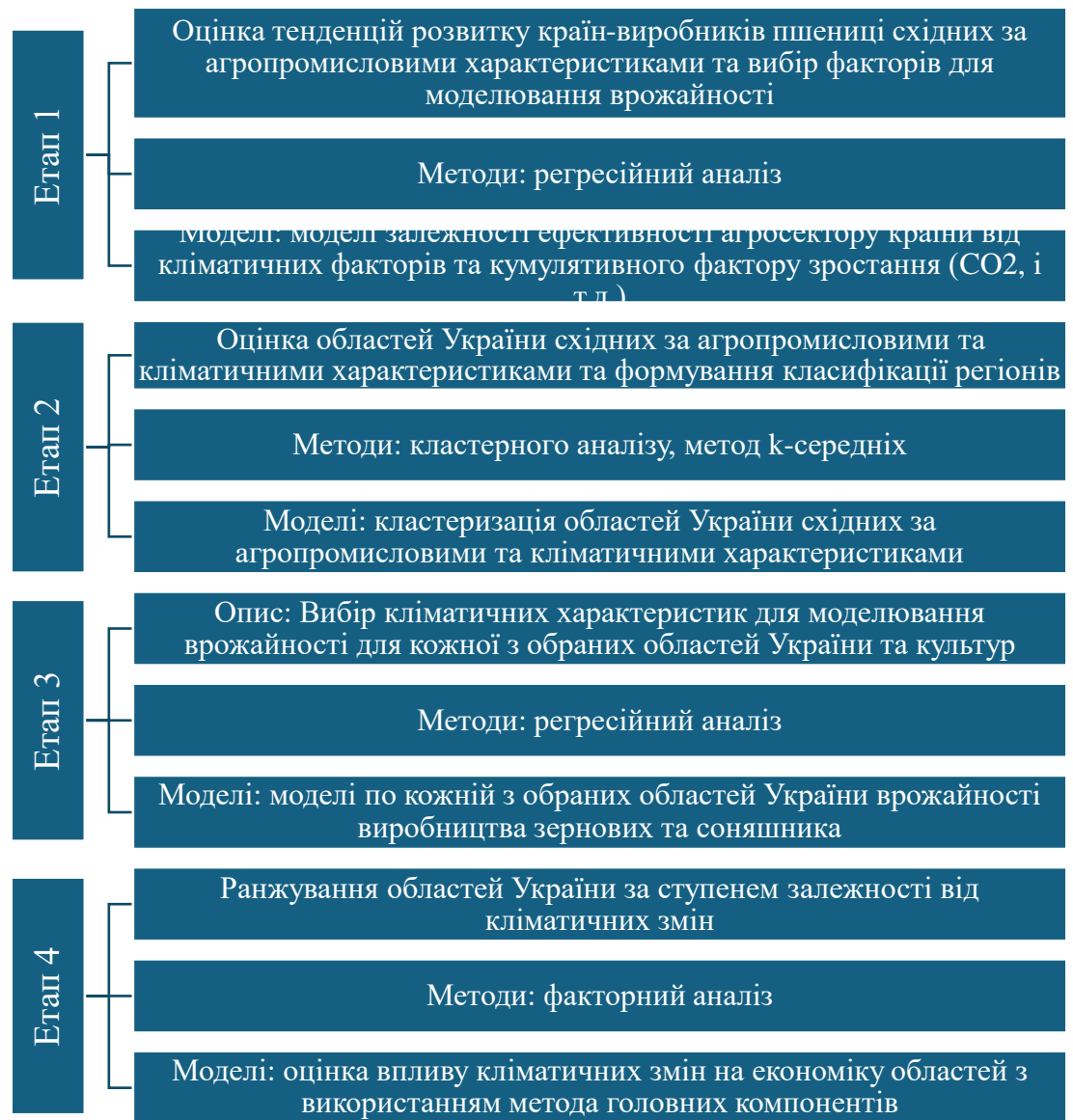


Рис 2. Концептуальна схема дослідження

Джерело: авторська розробка

В роботі пропонується створення комплексу моделей, які дозволяють розробити рекомендації по пом'якшенню наслідків кліматичних змін для агросектору та систем водопостачання.

На першому етапі дослідження проводиться моделювання врожайності для обраних країн з використанням трьох факторів: двох кліматичних і одного кумулятивного, який характеризує зростаюче значення таких параметрів, як накопичення CO₂ в атмосфері, покращення технологій та інші.

На другому етапі проводиться оцінка регіонів України за їх агро-виробничими та кліматичними характеристиками. Дослідження кластерної структури дозволить зробити висновки щодо розшарування регіонів в економіці України. Створення кластерів допоможе оцінити рівень загрози з боку кліматичних змін як на самі регіони, так і на окремі частини економіки.

На третьому етапі розробляється список кліматичних та інших характеристик для оцінки впливу клімату на врожайність. Для кожної з обраних областей, формуються дані щодо сумарної кількості щорічних характеристик та створюється окрема модель.

На четвертому етапі дослідження здійснюється ранжування областей на основі методів факторного аналізу. Застосування методу головних компонент дозволяє ідентифікувати найбільш вразливі до кліматичних змін області та кластери України, а також визначити найбільш захищені на даному етапі райони агрокомплексу.

Після виконання усіх трьох етапів роботи з'являється можливість зробити висновки та рекомендації щодо економічних показників, які розглядаються в даній роботі.

Далі приведені методи машинного навчання, які використовуються для виконання кожного з етапів дослідження.

2.2. ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ В ОЦІНЦІ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ЕФЕКТИВНІСТЬ АГРОСЕКТОРУ

Для кластеризації регіонів обрано алгоритм k-means, який побудовано на принципі оптимального розбиття на k-кластерів обраної множини даних.

Якщо означити об'єкти для кластеризації вектором параметрів X^p та ядра множини кластерів, як типові об'єкти кластера, означити як C^k , то для оцінки наскільки близькі об'єкти до ядра можна використати евклідову міру близькості, яка визначається як $D(x^p, c^k)$. Чим міра близькості менше, тим більш схожий об'єкт для кластеризації до ядра класу, тобто до типового об'єкту кластера. Таким чином при розподілу об'єктів на кластери треба мінімізувати сумарну міру близькості усієї множини об'єктів для кластеризації. Цей вираз можна відобразити наступною формулою:

$$D(x^p, c^k) = \sum_p \sum_i (x_i^p - c_i^k)^2 \rightarrow \min$$

Для використання загального алгоритму з фіксованим числом ядер k треба заздалегідь обрати це число. В випадку розгляду областей країни, для яких агропромисловість є системоутворюючою, або тих для яких частка випуску агрокомплексу (сільське, лісове та рибне господарство) у загальному обсязі випуску областей є найбільшою, це число не буде перевищувати 4 або 5.

На кожній ітерації алгоритму виконується два етапи:

1. На першому етапі, при незмінних типових об'єктах кластера, виконується пошук такого розбиття об'єктів на класи, яке дасть мінімізовану сумарну міру близькості об'єктів та ядер класів: $\min \{ \sum D(x^p, c^k) \}$. В якості результату етапу буде виступати створення такої функції, що розбиває об'єкти на окремі класи.

2. На другому етапі, при незмінному розбитті, вже ядра класів налаштовуються таким чином, щоб в рамках кожного класу сумарна міра

близькості ядра цього класу та об'єктів які відносяться до цього класу, була мінімальною. В результаті цього етапу формується новий набір ядер.

Згідно алгоритму, ітерації з описаних двох етапів повторюються до стану стабілізації розбиття на кластери.

Для вибору кількості кластерів, на кожному етапі розбиття, кількість кластерів послідовно збільшується та одночасно оцінюється сумарна відстань від типового об'єкта кластера до інших об'єктів кластера. Після цього знаходиться сумарна міра щільності кластерів. Сумарна міра щільності кластерів в свою чергу зменшується з ростом кількості кластерів. В місці, де швидкість падіння зменшується максимально, фіксується точка, яка вважається оптимальним числом кластерів.

Треба відзначити, що використання алгоритму *k*-means, передбачає висування гіпотези про компактність, що передбачає той факт, що дані навчальної вибірки утворюють компактні області.

Побудова моделей залежності ефективності агросектору від кліматичних факторів використовується регресійний аналіз. При наявності необхідних статистичних даних, які стосуються об'єкту спостереження, з'являється можливість побудови економетричної моделі, яка по суті є математичною формою, що описує поведінку економічного об'єкту, який досліджується на основі системи спостережень. Головною метою цього процесу є створення математичної функції, яка описує головну характеристику в залежності від визначеного фактору або декілька факторів. Це так зване рівняння регресії, в ідеальному вигляді, спроможна відтворити фактичні статистичні значення як залежність від інших значень. В залежності від кількості факторів розрізняють парну або множинну регресію, які в свою чергу можуть бути лінійною або нелінійною. Треба відзначити, що для поточного дослідження обрано використання множинної регресії, завдяки наявності

декількох факторів, які безпосередньо стосуються врожайності, як головної характеристики ефективності виробництва сільського господарства.

При підготовці даних з метою формування сукупності спостережень що необхідні для створення регресійних функцій треба дотримуватися декількох важливих правил. Необхідно слідкувати за тим, щоб спостереження були отримані з одного місця походження, розуміти, що фактори впливають на результат що отримується, кількість спостережень повинна перевищувати кількість факторів моделі в 8 і більше разів, вплив будь-якого фактору не залежить від впливу інших факторів.

Для побудови багатофакторних моделей в більшості випадків використовують метод найменших квадратів (МНК). Суть даного методу в тому, що оцінки беруться по правилу мінімізації суми квадратів відхилень значень моделі, або змінної, від фактичних значень спостережень. Для метода регресійного аналізу існують наступні передумови: величини помилок є випадковими, математичне сподівання залишків нульове, залишки не корелюються, дисперсія залишків є сталою, залишки та значення змінних незалежні, нормальний спільний розподіл випадкових значень залишків. Відповідність залишкової компоненти цим припущенням перевіряється під оцінювання адекватності моделі. Для перевірки статистичної значущості моделі та окремих параметрів застосовуються статистики Фішера, Стюдента, коефіцієнт множинної кореляції та детермінації.

Після вибору методів машинного навчання, необхідно сформулювати набір даних, який забезпечить необхідні результати для обраних країн світу та регіонів України.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ АГРОСЕКТОРУ

3.1. ОБГРУНТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БАЗИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Перший етап дослідження, який полягає в розробці моделей оцінки впливу кліматичних факторів на ефективність агросектору, включає:

- Селекцію країн, вибір факторів, які відносяться до кліматичних змін, та характеристик продуктивності агросектору;
- Збір та підготовка відповідних даних;
- Побудова моделей та графіків з результатами;
- Аналіз результатів побудови моделей.

На етапі відбору країн був проведений аналіз списку країн-головних світових постачальників пшениці та України, яка у 2021-му році посідала сьоме місце з виробленим обсягом у 32,2 млн. тон. Обрані країни: Китай, Індія, Росія, США, Австралія, Франція, Канада і Україна, займали 63,47% і 64,36% світового ринку пшениці у 2021-му та 2022-му роках ('FAOSTAT: Crops and Livestock Products', 2024).

Для вибору найбільш впливових кліматичних характеристик, було здійснено проміжне дослідження на можливість використання середньої температури як головного кліматичного фактору, що впливає на продуктивність агросектору. Результати проміжного дослідження вказали на необхідність використання додаткових параметрів.

Була висунена гіпотеза, за якою додатковими факторами були зареєстрований річний рівень опадів і кумулятивний фактор зростання (покращення технологій і т. д.).

Для здобуття даних, потрібних для дослідження, спочатку були використані вже готові доступні дані з ресурсів відкритого доступу. Головним викликом було знаходження інформації щодо щорічних опадів. Для отримання даних опадів по роках для обраних країн була використана система Google Earth Engine, в якій були виконані наступні процедури: вибірка геолокаційних даних країн, отримання місячних даних опадів по роках, експортування даних у форматі окремих CSV-файлів для кожної країни. Подальша обробка даних опадів була здійснена в Excel, де місячні значення були перетворені в річні показники.

Для побудови першої моделі був зроблений регресійний аналіз наступних даних: урожайність злакових у обраній країні, кумулятивний фактор зростання, середня річна температура, сумарна річна кількість опадів. Після отримання достатньо високих показників якості моделі, процедуру регресійного аналізу було проведено для всіх обраних для дослідження країн.

Отримані результати по кожній з країн продемонстрували адекватність моделей прогнозування врожайності злакових, в яких кліматичними складовими були обрані кліматичні показники, важливі для врожайності: річний обсяг опадів та середня температура.

Після підтвердження висунутої гіпотези щодо впливу обраних кліматичних факторів, додатковим результатом було створення діаграми, яка відображає залежність середньої продуктивності кожної з обраних країн від середнього значення температури та опадів за рік. Якщо висунути гіпотезу щодо належності країн до груп з високою або низькою урожайністю, то візуальним підтвердженням цьому, на діаграмі буде розташування країн з високою продуктивністю в межах оптимальних кліматичних умов: як температурних, так і з достатньою кількістю опадів.

Дані для країн були взяті з відкритих джерел за 1996 – 2022 роки, фактичні обсяги виробництва пшениці були взяті з бази даних FAOSTAT (Продовольчої та

сільськогосподарської організації). Дані рівня урожайності зернових і середньої температури були взяті з відкритих джерел, що використовують бази даних Світового банку.

Для отримання фактичних значень опадів, була використана бази даних станцій Climate Hazards Group InfraRed Precipitation (CHIRPS) ('CHIRPS Daily', 2024), яка зберігає квазіглобальний набір щодо кількості опадів за період в більше ніж 30 років. Цей набір включає в себе супутникові зображення з роздільною здатністю 0,05°, та зберігає дані місцевих станцій для створення сітчастих часових рядів опадів для аналізу трендів і моніторингу сезонної посухи. Для отримання геолокаційних даних по кожній країні була задіяна база даних великомасштабних міжнародних кордонів (LSIB) ('LSIB 2017', 2024), що створена з двох наборів даних: векторного файлу ліній LSIB і векторних берегових ліній світу (WVS) Національного агентства геопросторової розвідки (NGA).

Для другого етапу дослідження, для проведення кластерного аналізу для оцінки областей України східних за агропромисловими та кліматичними характеристиками були означені наступні дії:

- Вибір областей, для яких агрокомплекс є системоутворюючим;
- Здобуття та підготовка відповідних даних по кожній з областей;
- Проведення кластерного аналізу та отримання таблиць показників та дендрограми з результатами;
- Аналіз результатів кластерного аналізу.

В ході аналізу тенденцій розвитку української економіки та зовнішньоекономічної діяльності, в даній роботі вже були створені таблиці, в яких було відібрані області, що відповідають критерію де агросектор це системоутворююча галузь кожного з регіонів, тому цей список буде використовуватися для кластерного аналізу.

Для формування факторів, що характеризують кожен із об'єктів, в нашому випадку кожену область, використовувалися як вже зібрані дані, такі і нові. Вже зібрані в даній роботі дані включають в себе валовий збір кукурудзи, пшениці, ріпаку, соняшнику, сої за 2022-й рік, і частка випуску та частка ВДВ агропромисловості за 2021-й рік. Дані щодо врожайності соняшника та зернових за 2022-й рік були зібрані додатково з ресурсів обласних головних управлінь статистики (ГУС у Вінницькій, Черкаській, Кіровоградській, Тернопільській, Хмельницькій, Сумській, Миколаївській, Чернігівській та Житомирській). Кліматичні дані щодо середньої річної температури та сумарної кількості опадів були отримані з бази даних ERA5-Land ('ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog', 2024), як наступні змінні – `temperature_2m` (К) та `total_precipitation_sum` (м), деталі щодо отримання цих даних та подальшої обробки приведені нижче.

Для проведення кластерного аналізу були використані два модуля програмного пакету STATISTICA: Mult/Exploratory – Joining (tree clustering) / Ієрархічна кластеризація та K-means clustering / Кластеризація на основі k-means. Для визначення кількості кластерів, що необхідно використати як вхідний параметр для кластеризації на основі k-means, спочатку була проведена ієрархічна кластеризація, а на другому етапі, шляхом графічного аналізу дендрограми була визначена кількість кластерів та супутні характеристики по кожному з об'єктів.

В якості результату кластерного аналізу областей критичних для АПК, були сформовані три групи, що дало можливість об'єднання рекомендацій щодо сприянню пом'якшення наслідків кліматичних змін, а також може бути основою для подальших досліджень в цьому напрямку.

Для третього етапу дослідження, для проведення моделювання врожайності для кожної з обраних областей України та культур шляхом регресійного аналізу були проведені додаткові процедури:

- Здобуття та підготовка відповідних даних по кожній з областей;
- Проведення регресійного аналізу;
- Аналіз результатів регресійного аналізу.

В якості даних для врожайності були використані таблиці з даними обласних головних управлінь статистики щодо врожайності зернових та зернобобових і соняшника за період з 1995 по 2023 рік. Для збору кліматичної інформації по кожній з областей за означений період з 1995 по 2023-й рік були використані геолокаційні дані по кожній з областей з відкритого джерела OCHA Field Information Services Section (FISS) ('Ukraine - Subnational Administrative Boundaries - Humanitarian Data Exchange', 2024), яке посилається на Державне науково-виробниче підприємство "Картографія". Дані по кожній з областей за допомогою програмного комплексу QGIS ('Spatial without Compromise · QGIS Web Site', 2024) були підготовлені у форматі таблиці зі значеннями Long / Lat (довгота / широта) та потім преобразовані у вигляд масива, який може використовуватися в системі Google Earth Engine як частина об'єкта що може використовуватися для отримання кліматичних даних. Кліматичні дані були отримані у вигляді значень temperature_2m (K) та total_precipitation_sum (m) з бази «ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis» шляхом формування колекції з помісячними даними в період з 1995 по 2023-й рік для відповідного геолокаційного об'єкту, який відповідає географічним координатам, що описують кожну область. Отримані дані у вигляді значення temperature_2m (K) з місячного вигляду були перетворені на річну форму, також було проведена конвертація температурних значень з K (Кельвін) у C (Цельсій) наступною формулою: $C = K - 273,15$ (273,15 це константа). Відповідно значення total_precipitation_sum (m) було перетворено у річну форму, а за допомогою множення на 1000 було отримано значення у мм. Для забезпечення оптимального процесу розрахунків була створена додаткова Excel-таблиця з даними щодо врожайності та інших показників агрокомплексу обраних областей в єдиному

форматі. Для регресійного аналізу для кожної з доступних для аналізу культур – зерна та зернобобових і соняшника, для кожної області була створена таблиця Excel.

Після формування інформаційної бази, необхідної для створення моделей, по кожній області та культурі, що доступна для виробництва в цій області, було проведено регресійний аналіз, створені графіки з фактичними та модельними значеннями.

Для четвертого етапу дослідження, для ранжування областей України за ступенем залежності від кліматичних змін треба зробити наступні кроки:

- Здобуття та підготовка відповідних даних по кожній з областей;
- Проведення аналізу даних методом головних компонент (Principal component analysis - PCA), для отримання результатів спостереження впливу головних компонент на обрані області;
- Аналіз та інтерпретація результатів отриманих після обробки даних методом PCA.

Для підготовки даних для кожної з областей, були використані табличні дані, які були застосовані для кластерного аналізу.

Для проведення аналізу даних методом головних компонент був використаний модуль Statistics / PLC, PCA and Multivariate/Batch SPC / Principal components analysis (PCA) програмного пакету STATISTICA.

Отримані результати були інтерпретовані згідно з фактичними значеннями та графічним аналізом отриманих діаграм.

3.2. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ АГРОСЕКТОРУ (МАКРОРІВЕНЬ)

Як вже було зазначено, для аналізу впливу кліматичних факторів на ефективність агросектору на макрорівні були обрані країни та сформовані дані для

регресійного аналізу, які включали в себе дані урожайності, середньої температури та рівню опадів за означений період років (1996 – 2022рр.), після чого були отримані моделі виду: $Y = f(x_1; x_2; x_3)$, де y – урожайність (кг/га); x_1 – фактор що позначає зростання інших факторів (CO₂, накопиченого досвіду, покращення технологій, тощо). В якості гіпотези цей фактор був введений як кумулятивний фактор, що представляє собою множину $\{1, n - \text{кількість спостережень}\}$, та є трендом на зростання врожайності або її падіння (в залежності від отриманого коефіцієнту); x_2 – середня температура (C); x_3 – річні опади (мм).

На рис. 3-10 приведені фактичні та модельні значення продуктивності виробництва злакових за період 1996-2022 роки для обраних для дослідження країн.

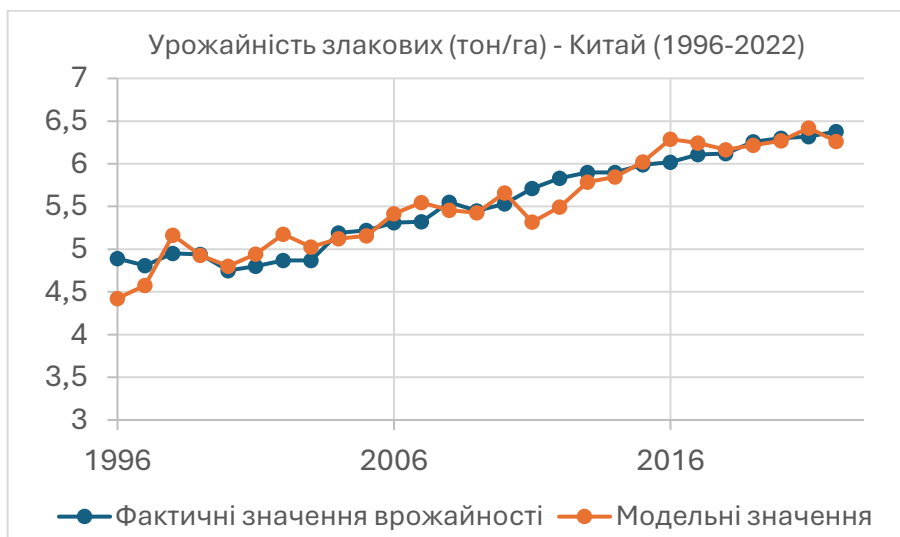


Рис. 3. Урожайність злакових в Китаї

Джерело: авторська розробка по даним ('FAOSTAT: Crops and Livestock Products', 2024). та ('CHIRPS Daily', 2024)

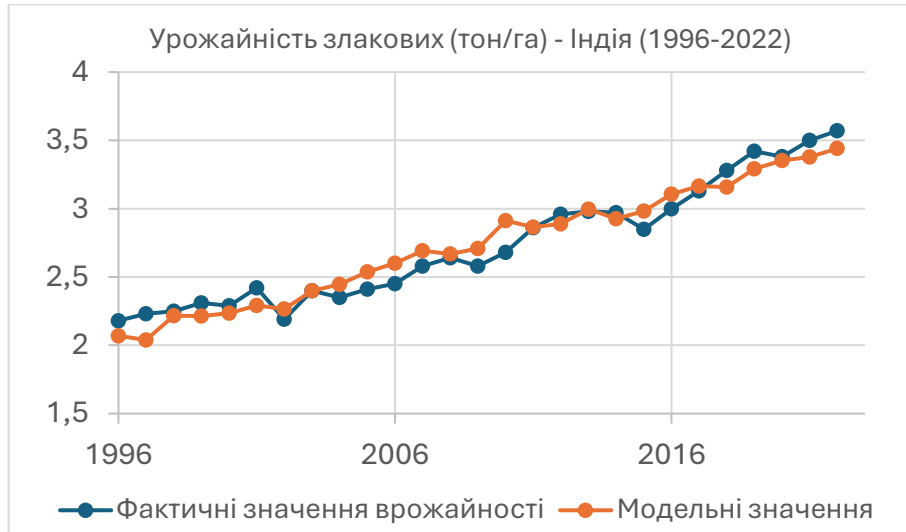


Рис. 4. Урожайність злакових в Індії

Джерело: авторська розробка по даним ('FAOSTAT: Crops and Livestock Products', 2024). та ('CHIRPS Daily', 2024)

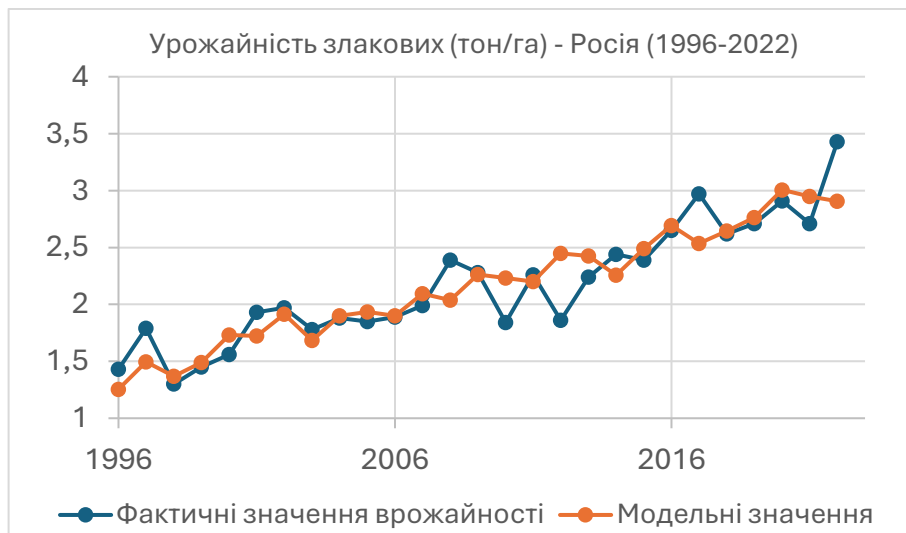


Рис. 5. Урожайність злакових в Росії

Джерело: авторська розробка по даним ('FAOSTAT: Crops and Livestock Products', 2024). та ('CHIRPS Daily', 2024)

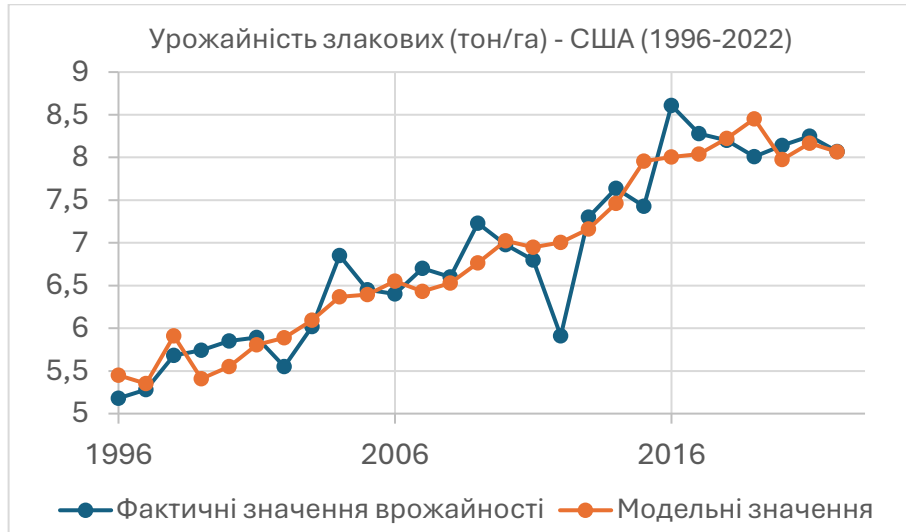


Рис. 6. Урожайність злакових в США

Джерело: авторська розробка по даним ('FAOSTAT: Crops and Livestock Products', 2024). та ('CHIRPS Daily', 2024)

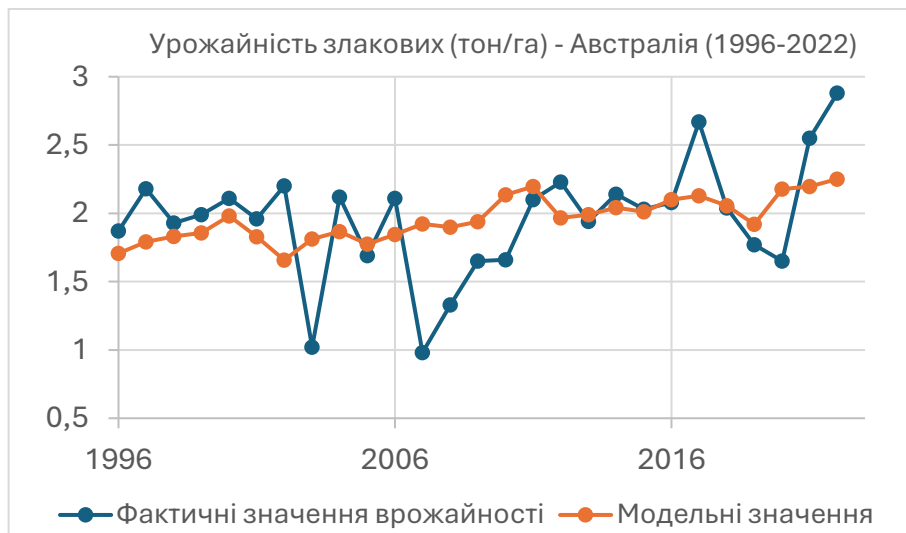


Рис. 7. Урожайність злакових в Австралії

Джерело: авторська розробка по даним ('FAOSTAT: Crops and Livestock Products', 2024). та ('CHIRPS Daily', 2024)

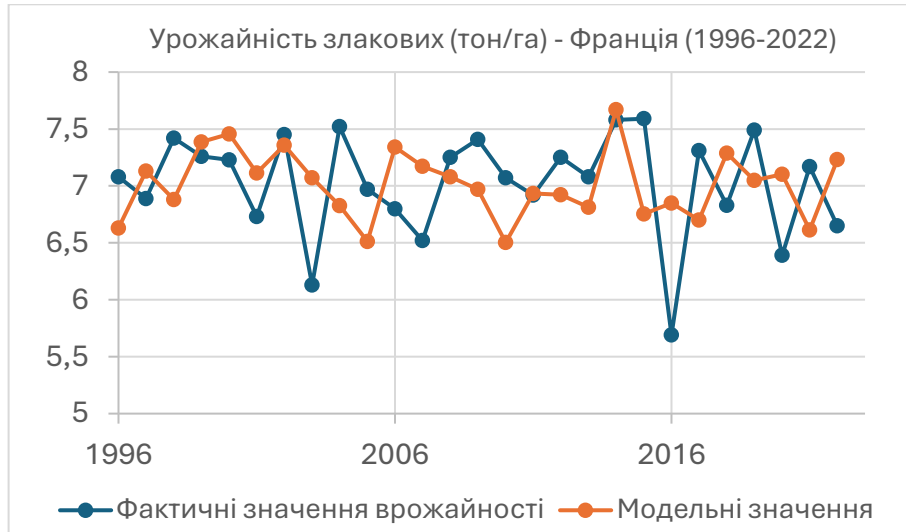


Рис. 8. Урожайність злакових во Франції

Джерело: авторська розробка по даним ('FAOSTAT: Crops and Livestock Products', 2024). та ('CHIRPS Daily', 2024)

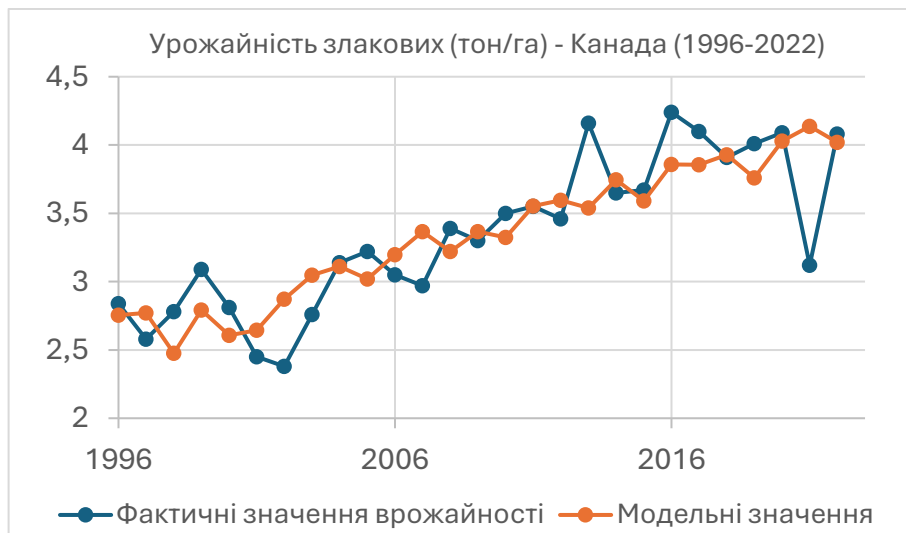


Рис. 9. Урожайність злакових в Канаді

Джерело: авторська розробка по даним ('FAOSTAT: Crops and Livestock Products', 2024). та ('CHIRPS Daily', 2024)

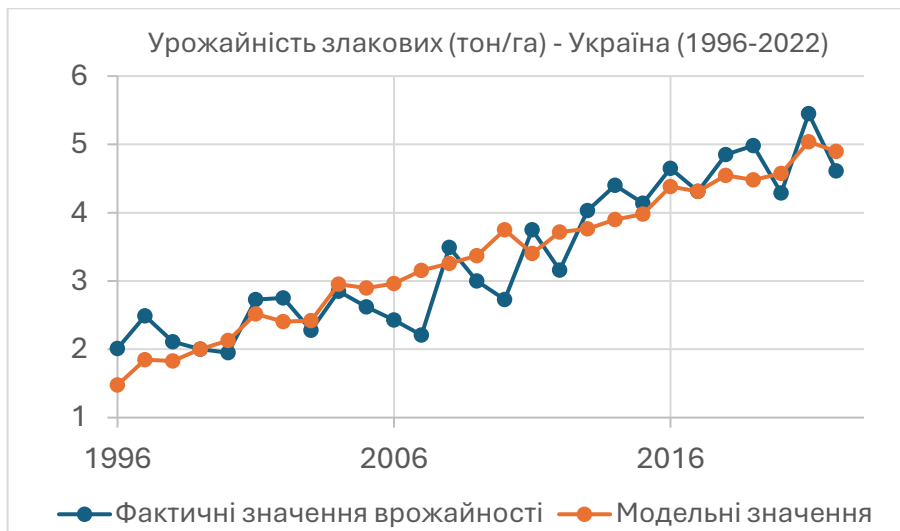


Рис. 10. Урожайність злакових в Україні

Джерело: авторська розробка по даним ('FAOSTAT: Crops and Livestock Products', 2024). та ('CHIRPS Daily', 2024)

В таблиці 14 приведені коефіцієнти моделей для кожної із країн з розрахованим значенням середньої абсолютної похибки у відсотках (m.a.p.e.).

Таблиця 14

Розраховані коефіцієнти та m.a.p.e.

	b_1	b_2	b_3	m.a.p.e., %
Китай	0,054329	0,395251	0,000622	2,74392
Індія	0,048538	0,055352	0,000576	3,487211
Росія	0,044782	0,166926	0,001225	8,220131
США	0,113059	0,221334	0,00116	3,983246
Австралія	0,016481	0,046632	0,00148	15,78053
Франція	-0,01705	0,448697	0,002319	6,199427
Канада	0,069191	-0,1264	0,00054	7,054282
Україна	0,126259	0,029057	0,002258	12,13795

Джерело: авторська розробка.

Після аналізу результатів і підтвердження гіпотези про вплив температури та кількості опадів була побудована діаграма (рис. 11), що показує середні значення

урожайності протягом періоду дослідження в залежності від середніх значень кліматичних факторів. При проведенні графічного аналізу, можна відзначити, що розподіл країн з більш високою продуктивністю знаходиться в оптимальному діапазоні температур, а оптимальний рівень кількості опадів також позитивно впливає на урожайність злакових.

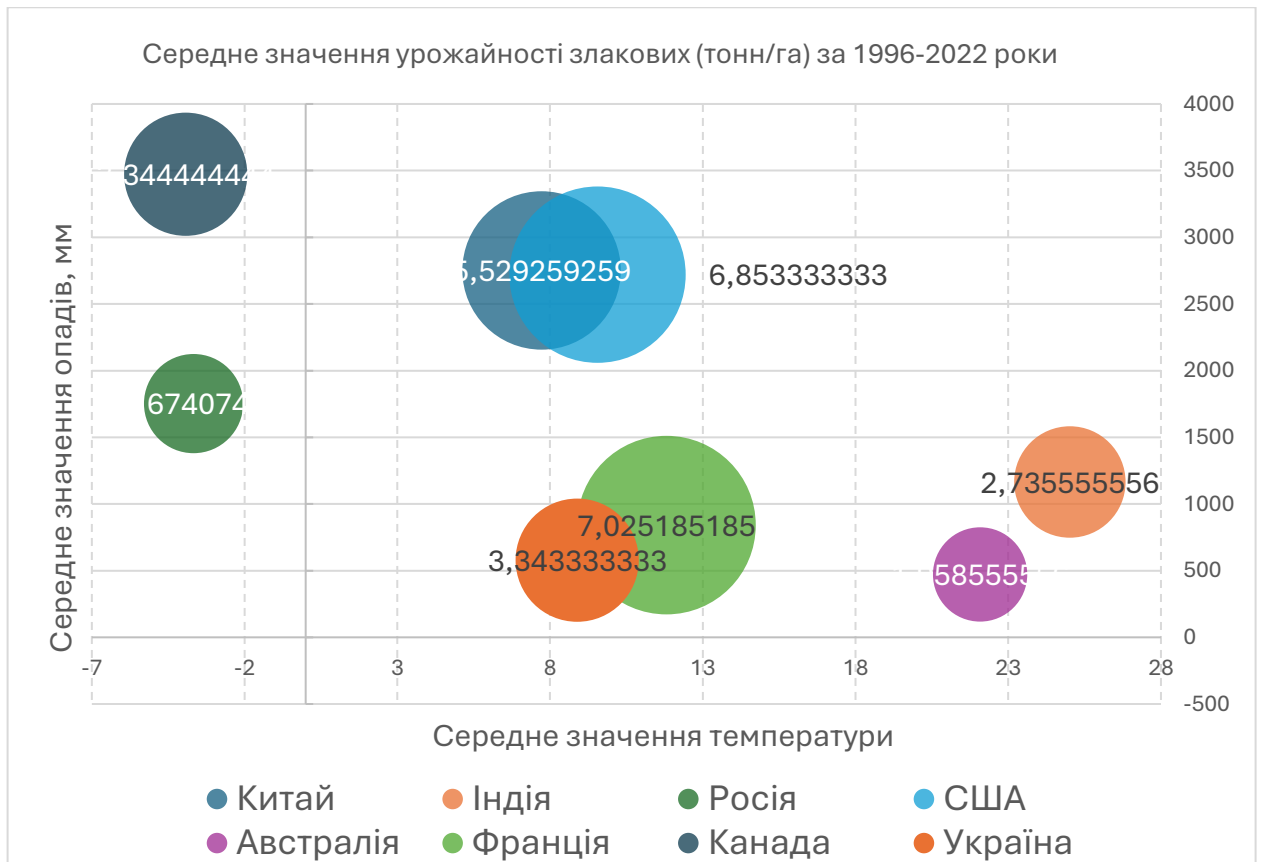


Рис. 11. Діаграма урожайності злакових

Джерело: авторська розробка по даним ('FAOSTAT: Crops and Livestock Products', 2024) та ('CHIRPS Daily', 2024)

Якщо подивитись на діаграму, можна відзначити відносно низьку продуктивність в головних країнах-виробниках з занадто низькою або занадто високою середньою температурою, та дуже високі показники продуктивності в країнах з оптимальною середньою температурою.

3.3. РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ АГРОСЕКТОРУ (МЕЗОРІВЕНЬ)

Щодо аналізу впливу кліматичних факторів на ефективність агросектору на мезо- рівні або рівні регіонів України, треба відзначити необхідність проведення кластерного аналізу.

Для цього були використані вхідні данні, які показані в таблиці 15, та програмний пакет STATISTICA версії 12.

Таблиця 15

Вхідні дані для кластерного аналізу

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
C1	1948,3	1286,7	299,83	750,88	200,43	29,2	28,2	44,4	22,9	9,5220195	592,534239
C2	2400,5	1016,6	175,6	657,56	226,92	27,9	25,3	56,5	26,7	9,71657109	632,895662
C3	1773,4	1625,2	180,56	1311,6	130,8	37,3	37,6	45,2	21,7	10,0629751	589,161936
C4	1073,8	1176,4	305,25	335,3	261,42	31,2	27,1	59,7	32	9,20959489	728,192457
C5	1856,1	1294,5	292,85	576,61	444,62	29,9	29,9	63,4	28,9	9,09999786	694,608489
C6	2230,9	1020,3	103	873,22	242,54	26,7	25,3	64,4	26,2	8,20977203	863,756207
C7	282,2	1237,1	199,44	623,26	5,8	23,2	25,5	30,3	15,4	11,301769	470,045927
C8	2915,2	828,9	128	668,28	143,7	30,8	29,9	62,8	23,2	8,40165816	837,413292
C9	1088,7	631,3	133	376,8	366,43	25,7	24,6	43,3	20,7	8,82168527	746,551056

Джерело: авторська розробка по даним що були зібрані в джерелах.

Де C1..C9 це області, а X1...X2 характеристики області, що приведені в таблиці 16.

Таблиця 16

Області та їх характеристики

Умовне позначення	Характеристика	Умовне позначення	Області
X1	кукурудза*	C1	Вінницька
X2	пшениця*	C2	Черкаська
X3	ріпак*	C3	Кіровоградська
X4	соняшник*	C4	Тернопільська
X5	соя*	C5	Хмельницька
X6	частка випуску агрокомплексу**	C6	Сумська
X7	частка ВДВ агрокомплексу**	C7	Миколаївська
X8	зернові та зернобобові***	C8	Чернігівська
X9	соняшник***	C9	Житомирська
X10	середня температура, С (2022 рік)		
X11	опади, мм (2022 рік)		
Примітки:	* валовий збір, тис. т за 2022 рік		
	** у 2021		
	*** врожайність ц. на г у 2022 році		

Джерело: авторська розробка

Для визначення кількості кластерів був застосований метод деревовидної кластеризації Уорда, та побудована класифікаційна дендрограма для областей рис. 12. При цьому використана звичайна евклідова метрика як міра обчислення відстані.

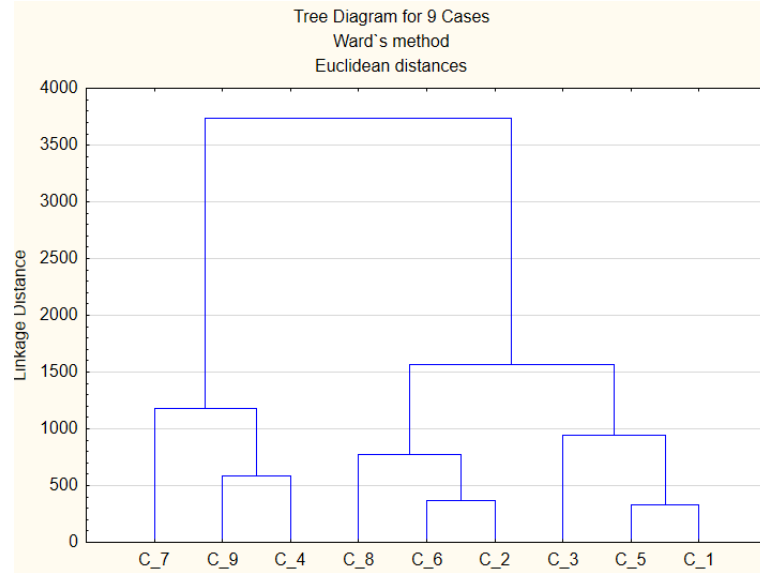


Рис. 12. Дендрограма класифікації (метод Уорда)

Джерело: авторська розробка по даним що були зібрані в джерелах.

Аналіз дендрограми вказує на наявність трьох груп областей, які східні по характеристикам агросектору. Наявність визначеного числа груп дає можливість використати знайдений результат для кластеризації методом k-середніх, та отримання результатів, які представлені на рис. 13-14.

Variable	Cluster Means (Spreadsheet2)			Cluster Number	Euclidean Distances between Clusters (Spreadsheet2)		
	Cluster No. 1	Cluster No. 2	Cluster No. 3		Distances below diagonal Squared distances above diagonal		
X1	1859,267	2515,533	814,900	No. 1	0,0000	63017,71	130400,5
X2	1402,133	955,267	1014,933	No. 2	251,0333	0,00	272882,9
X3	257,747	135,533	212,563	No. 3	361,1101	522,38	0,0
X4	879,697	733,020	445,120				
X5	258,617	204,387	211,217				
X6	32,133	28,467	26,700				
X7	31,900	26,833	25,733				
X8	51,000	61,233	44,433				
X9	24,500	25,367	22,700				
X10	9,562	8,776	9,778				
X11	625,435	778,022	648,263				

Рис. 13. Середні значення та Евклідові відстані між кластерами

Джерело: авторська розробка

Members of Cluster Number 1 (Spreadsheet2) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 3 cases		Members of Cluster Number 2 (Spreadsheet2) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 3 cases		Members of Cluster Number 3 (Spreadsheet2) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 3 cases	
Case No.	Distance	Case No.	Distance	Case No.	Distance
C_1	63,3555	C_2	64,5904	C_4	105,7454
C_3	155,9090	C_6	102,1507	C_7	199,8314
C_5	114,5161	C_8	130,4476	C_9	155,7676

Рис. 14. Члени кластерів

Джерело: авторська розробка

Таким чином розподіл областей по кластерам було зроблено згідно класифікації що відображена у таблиці 17.

Таблиця 17

Кластери їх області та характеристики

Кластер	Область	Характеристика
1	Вінницька	відповідає середнім величинам по валовому збору кукурудзи, найбільшим значення по збору пшениці, максимальним значенням по збору соняшнику та мінімальній кількості опадів;
	Кіровоградська	
	Хмельницька	
2	Черкаська	максимальні значення збору кукурудзи та середні значення збору соняшнику, та максимальне значення по опадам, найнижча температура;
	Сумська	
	Чернігівська	
3	Тернопільська	мінімальне значення збору кукурудзи та середні значення збору пшениці, мінімальне значення по виробництву соняшника, середні значення вологості та максимальна температура.
	Миколаївська	
	Житомирська	

Джерело: авторська розробка

На рис. 15. приведена мапа з означеними кластерами та областями.



Рис. 15. Області, що входять до кластерів на мапі

Джерело: авторська розробка по даним дослідження та ('Ukraine - Subnational Administrative Boundaries - Humanitarian Data Exchange', 2024)

Після проведення кластерного аналізу, був зроблений аналогічний регресійний аналіз для визначення моделей урожайності зернових та зернобобових та кукурудзи за період 1995 – 2023 років, після чого були отримані моделі виду: $Y = f(x_1; x_2; x_3)$.

На рис. 16-32. приведені фактичні та модельні значення продуктивності виробництва зернових та зернобобових і соняшника за період 1996-2022 роки для обраних областей України.



Рис. 16. Врожайність зернових та зернобобових культур у Черкаській області
Джерело: авторська розробка по даним Головного управління статистики у Черкаській області та ('ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog', 2024).



Рис. 17. Врожайність соняшнику у Черкаській області

Джерело: авторська розробка по даним Головного управління статистики у Черкаській області та ('ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog', 2024).

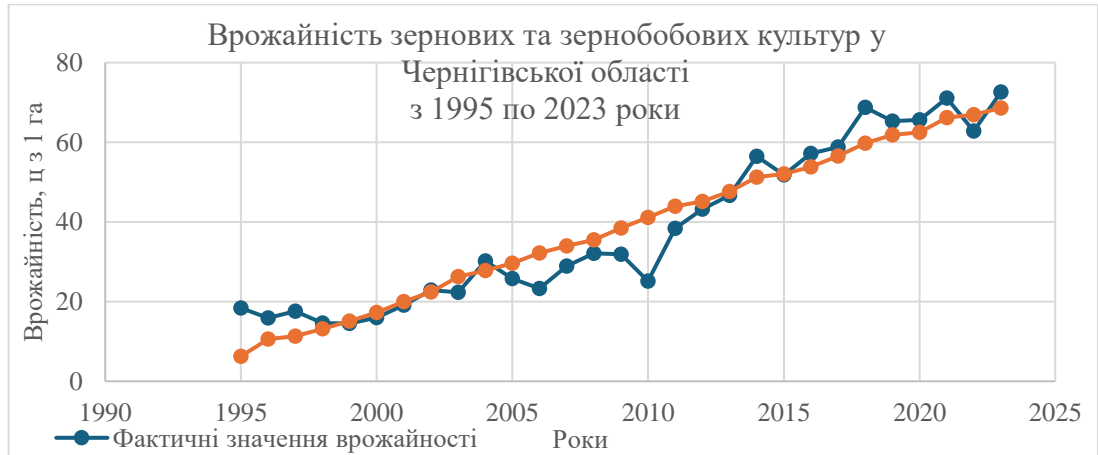


Рис. 18. Врожайність зернових та зернобобових культур у Чернігівській області
 Джерело: авторська розробка по даним Головного управління статистики у Чернігівській області та ('ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog', 2024).

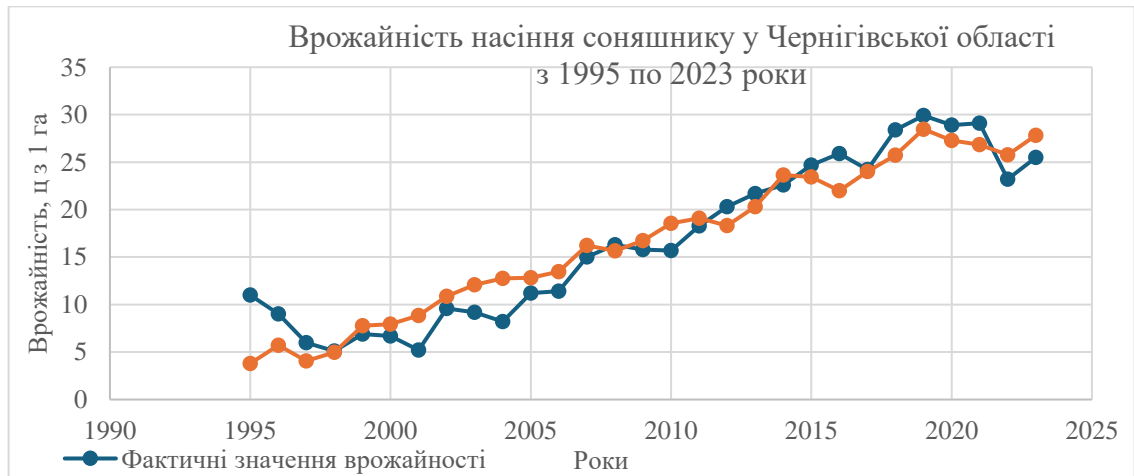


Рис. 19. Врожайність соняшника у Чернігівській області
 Джерело: авторська розробка по даним Головного управління статистики у Чернігівській області та ('ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog', 2024).

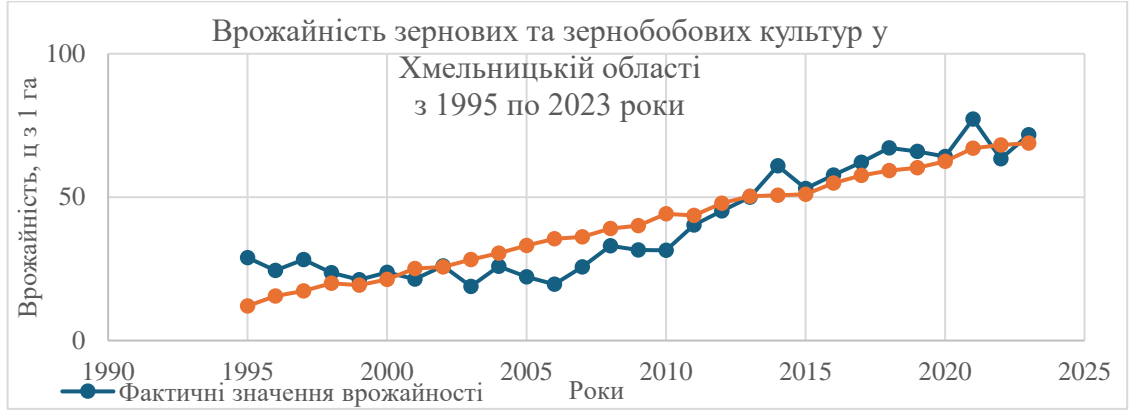


Рис. 20. Врожайність зернових та зернобобових культур у Хмельницькій області
 Джерело: авторська розробка по даним Головного управління статистики у Хмельницькій області та ('ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog', 2024).

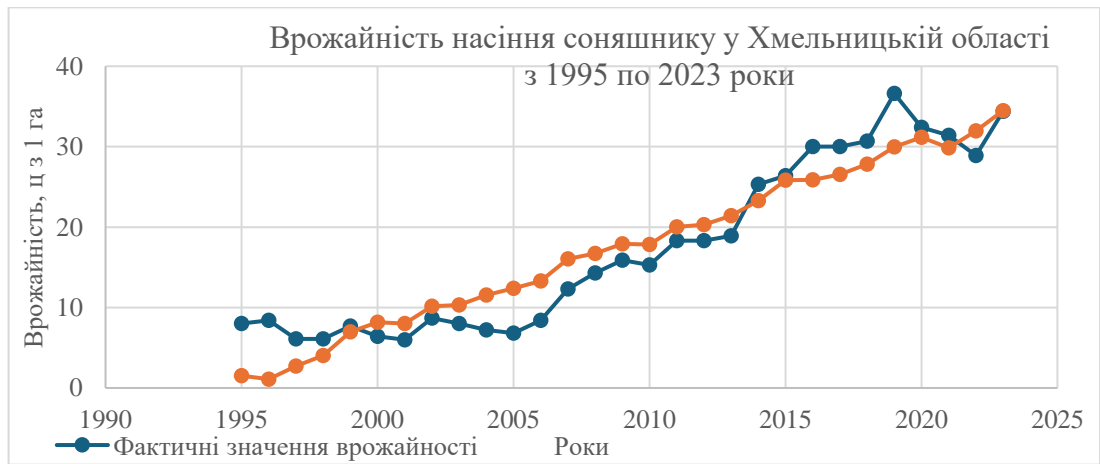


Рис. 21. Врожайність соняшнику у Хмельницькій області
 Джерело: авторська розробка по даним Головного управління статистики у Хмельницькій області та ('ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog', 2024).

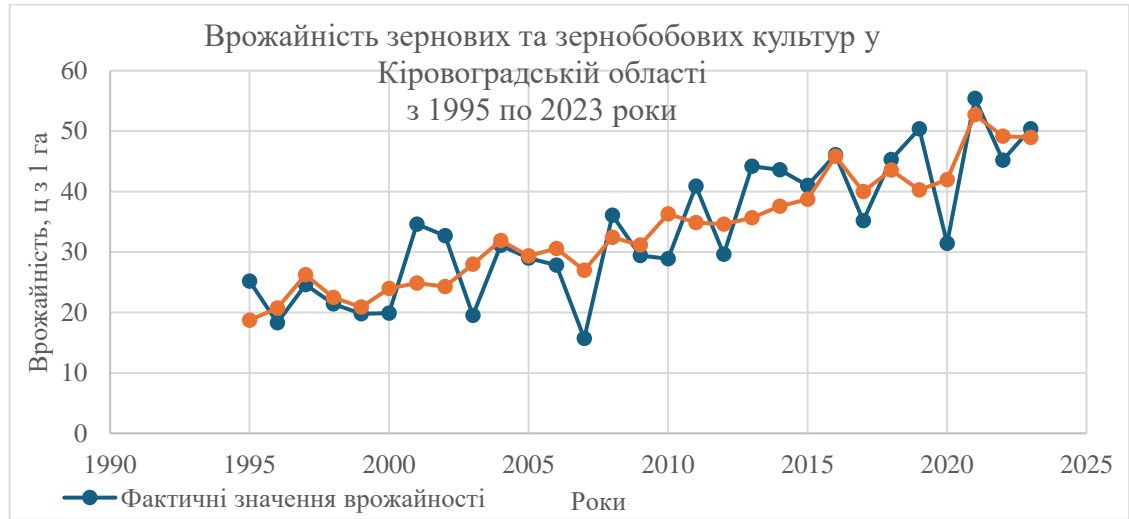


Рис. 22. Врожайність зернових та зернобобових культур у Кіровоградській області
 Джерело: авторська розробка по даним Головного управління статистики у Кіровоградській області та ('ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog', 2024)



Рис. 23. Врожайність соняшнику у Кіровоградській області
 Джерело: авторська розробка по даним Головного управління статистики у Кіровоградській області та ('ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog', 2024)

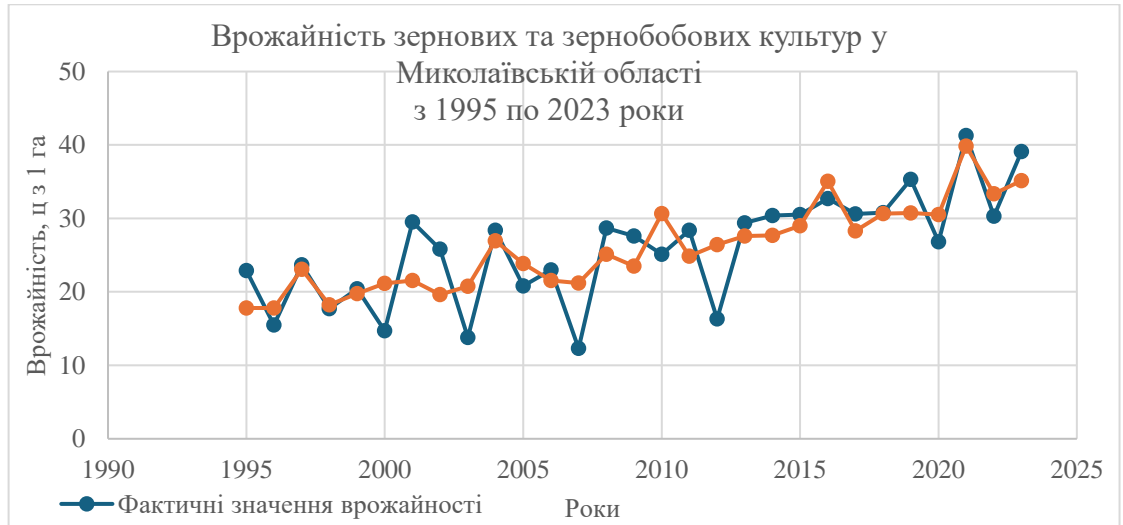


Рис. 24. Врожайність зернових та зернобобових культур у Миколаївській області
 Джерело: авторська розробка по даним Головного управління статистики у Миколаївській області та ('ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog', 2024)

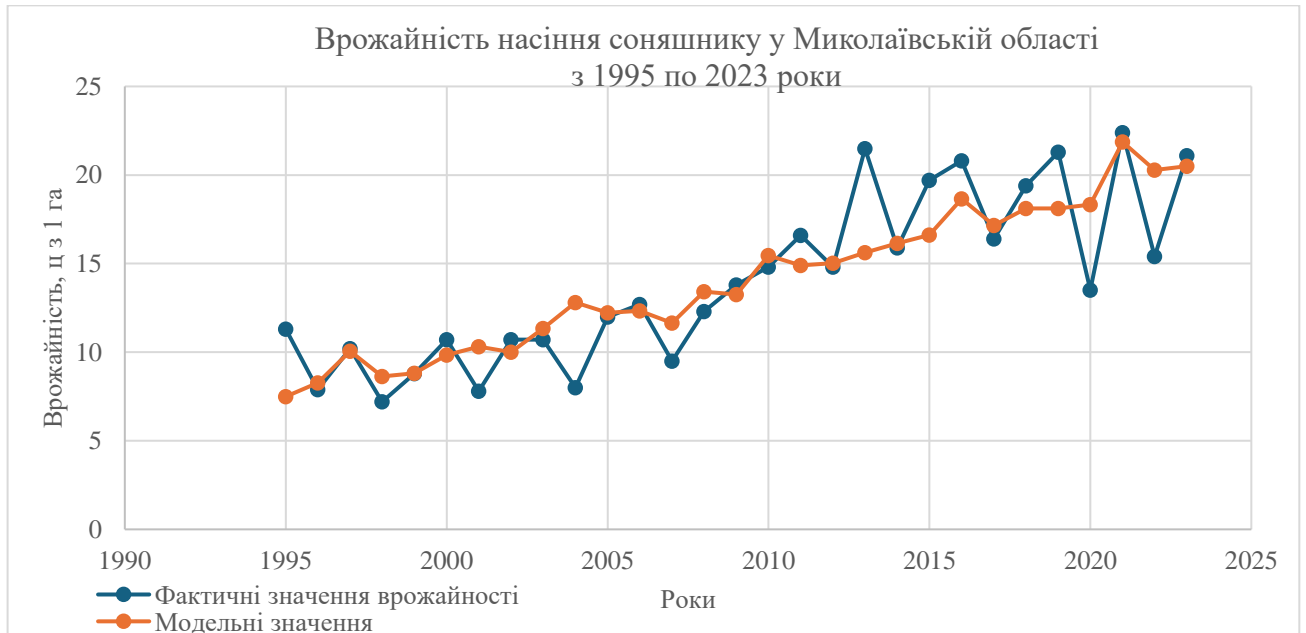


Рис. 25. Врожайність соняшнику у Миколаївській області
 Джерело: авторська розробка по даним Головного управління статистики у Миколаївській області та ('ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog', 2024)

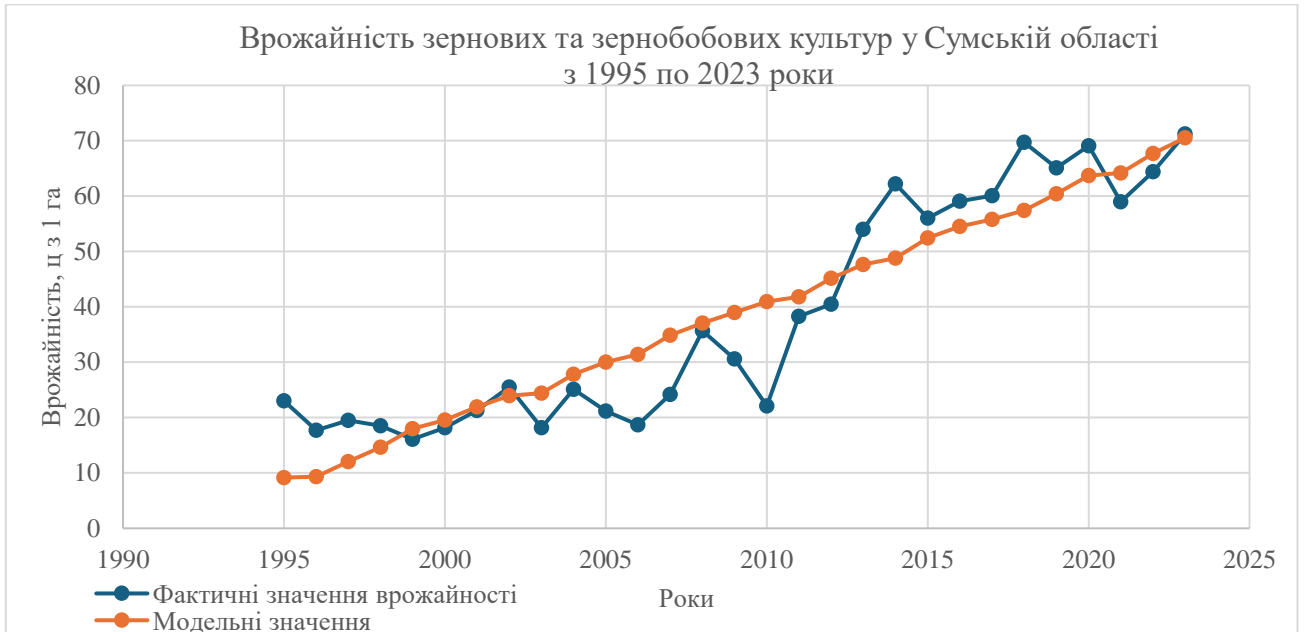


Рис. 26. Врожайність зернових та зернобобових культур у Сумській області
 Джерело: авторська розробка по даним Головного управління статистики у Сумській області та ('ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog', 2024)

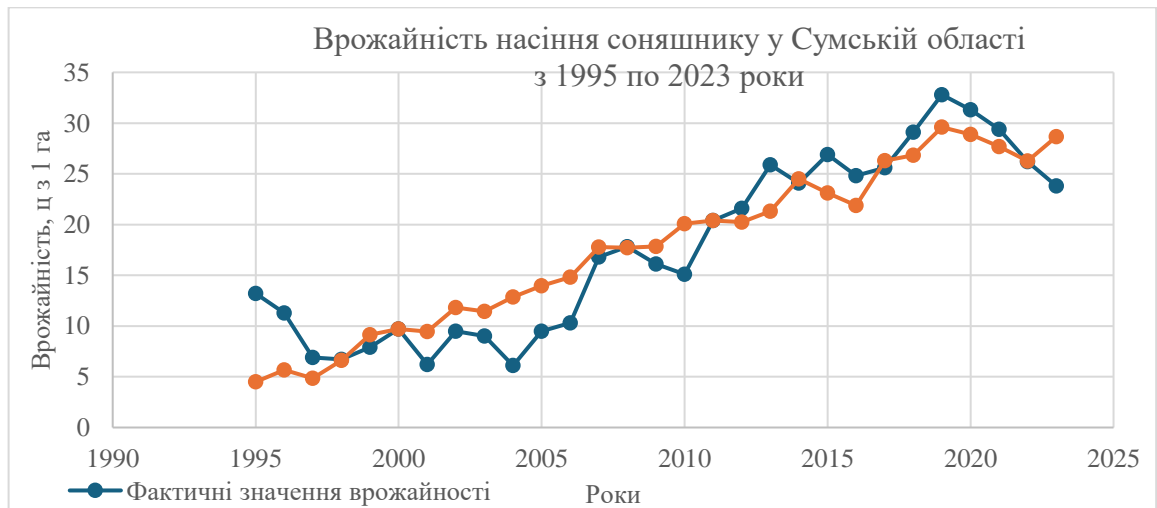


Рис. 27. Врожайність соняшнику у Сумській області
 Джерело: авторська розробка по даним Головного управління статистики у Сумській області та ('ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog', 2024)

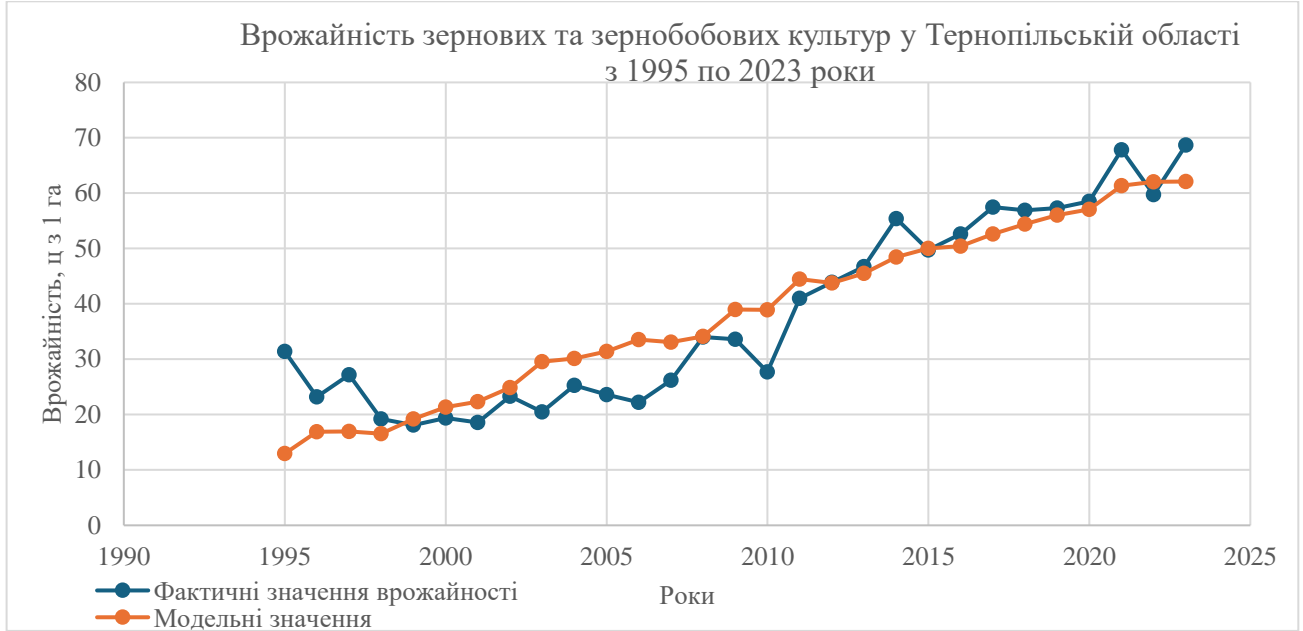


Рис. 28. Врожайність зернових та зернобобових культур у Тернопільській області
 Джерело: авторська розробка по даним Головного управління статистики у Тернопільській області та ('ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog', 2024)

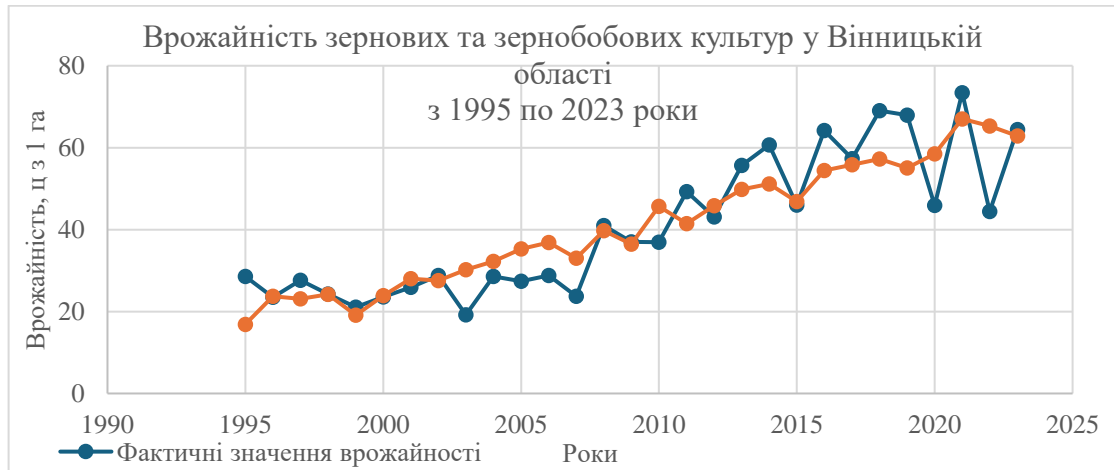


Рис. 29. Врожайність зернових та зернобобових культур у Вінницькій області
 Джерело: авторська розробка по даним Головного управління статистики у Вінницькій області та ('ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog', 2024)

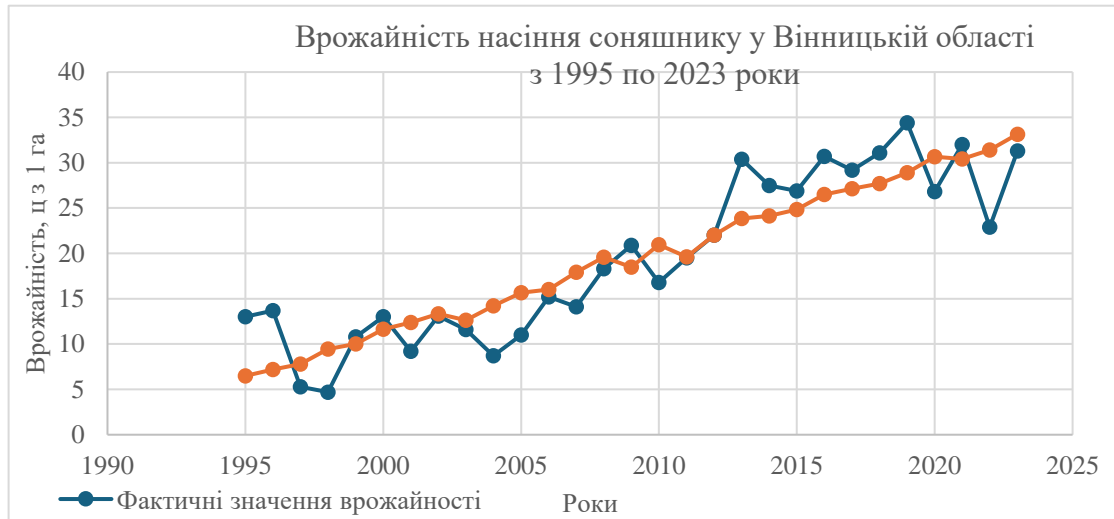


Рис. 30. Врожайність соняшника у Вінницькій області

Джерело: авторська розробка по даним Головного управління статистики у Вінницькій області та ('ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog', 2024)

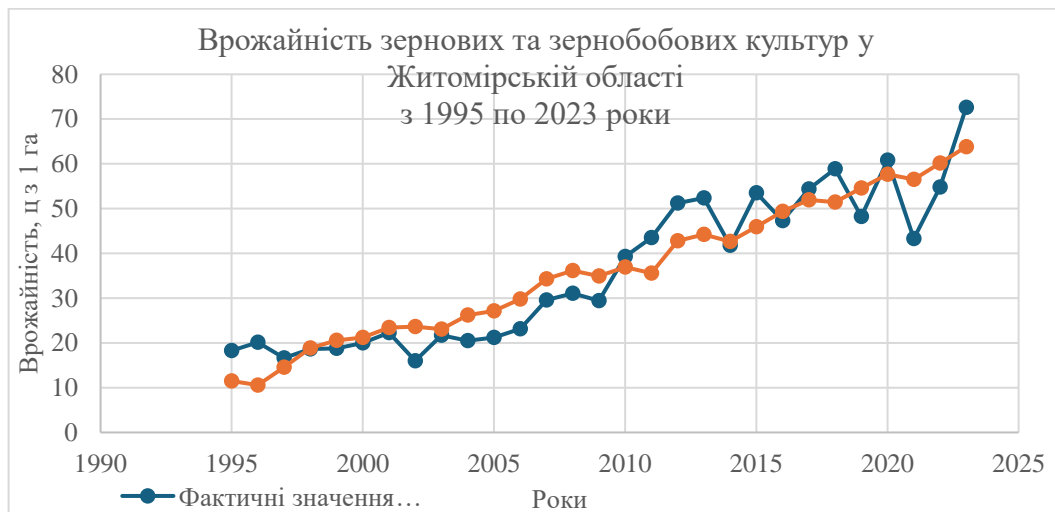


Рис. 31. Врожайність зернових та зернобобових культур у Житомирській області

Джерело: авторська розробка по даним Головного управління статистики у Житомирській області та ('ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog', 2024)

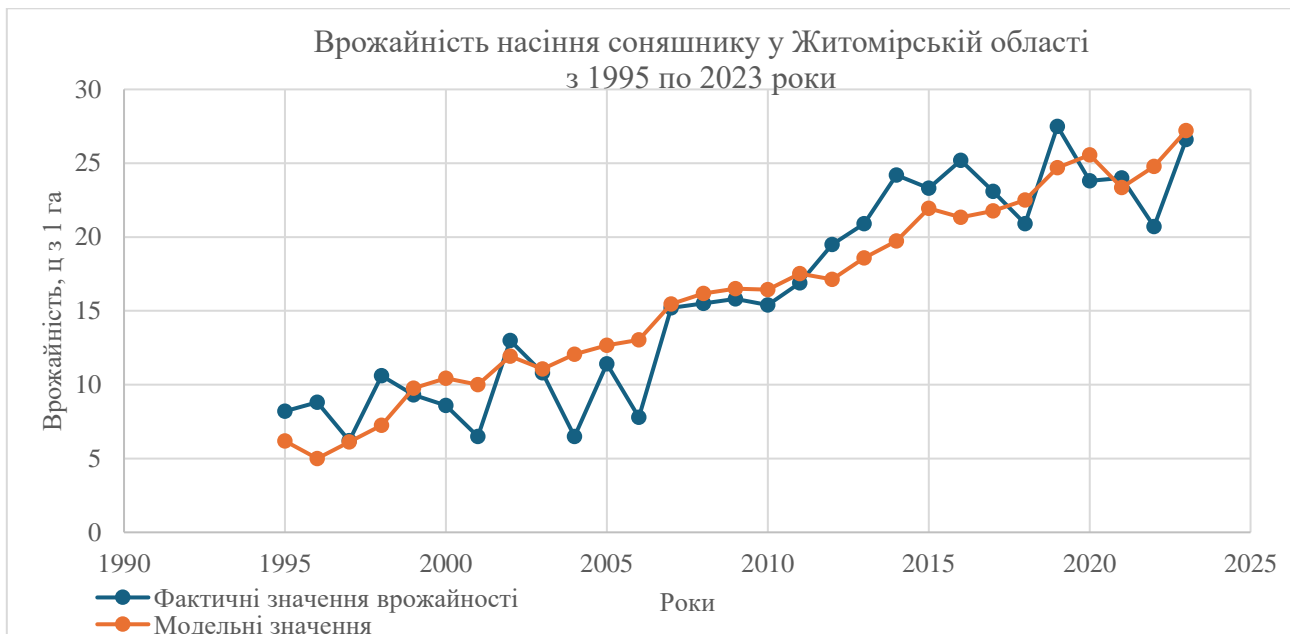


Рис. 32. Врожайність соняшнику у Житомирській області

Джерело: авторська розробка по даним Головного управління статистики у Житомирській області та ('ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog', 2024)

В Таблиці 18 приведені коефіцієнти моделей для кожної із областей з розрахованим значенням середньої абсолютної похибки у відсотках (m.a.p.e.).

Таблиця 18

Розраховані коефіцієнти та m.a.p.e.

Область	Культура	b0	b1	b2	b3	m.a.p.e
Черкаська	зерно та зерно-бобові	42,8419	1,94593	-3,5623	0,00916	15,05
	соняшник	21,6996	0,62007	-0,8876	-0,00912	12,92
Чернігівська	зерно та зернобобові	17,6400	2,30604	-0,9322	-0,00894	15,07
	соняшник	11,7021	0,87569	0,21780	-0,01465	17,28

Продовження табл. 18.

Область	Культура	b0	b1	b2	b3	m.a.p.e
Хмельницька	зерно та зернобобові	12,7672	2,15194	-1,0524	0,00676	20,87
	соняшник	-6,9287	1,06471	1,15595	-0,0020	26,45
Кіровоградська	зерно та зернобобові	20,6776	1,25659	-1,9492	0,02189	15,85
	соняшник	20,6776	1,25659	-1,9492	0,02189	15,85
Миколаївська	зерно та зернобобові	2,11365	0,70171	-0,1600	0,02852	17,21
	соняшник	8,64247	0,52941	-0,5558	0,00658	13,20
Сумська	зерно та зернобобові	-5,4892	2,11614	1,05594	0,00608	21,82
	соняшник	9,22590	0,86513	0,66042	-0,0145	21,54
Тернопільська	зерно та зернобобові	31,1021	1,87474	-1,4474	-0,0113	16,56
Вінницька	зерно та зернобобові	18,3252	2,05236	2,50024	0,02248	16,0818
	соняшник	-8,32145	0,92577	0,93883	0,00818	22,1617
Житомирська	зерно та зернобобові	-25,0099	1,6960	2,46329	0,02135	16,2966
	соняшник	-2,94352	0,6401	1,28531	-0,00205	17,0570

Джерело: авторська розробка по даним Головних управлінь статистики та ('ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog', 2024).

Треба відзначити, що зважаючи на значення m.a.p.e. моделі врожайності мають певні обмеження, і деякі моделі, менш адекватні, потребують подальшого удосконалення. Також треба відзначити, що звуження обсягу місяців до тих, які є критичними для вирощування обраної культури, дає покращення якості моделей. Наприклад, для Черкаської області, m.a.p.e. для моделі, що була побудована з урахування кліматичних даних за 6 місяців покращилася з 15% до 14,6%.

Після аналізу результатів моделювання, була побудована діаграма для областей України (рис. 33), що показує середні значення урожайності злакових і зернобобових протягом періоду дослідження, в залежності від середніх значень кліматичних факторів (середня температура та річні опади). При проведенні графічного аналізу, можна відзначити, що з підвищенням температури продуктивність знижується, якщо середнє значення опадів також знижується. Водночас більша кількість опадів при невеликих температурах не несе негативного впливу.

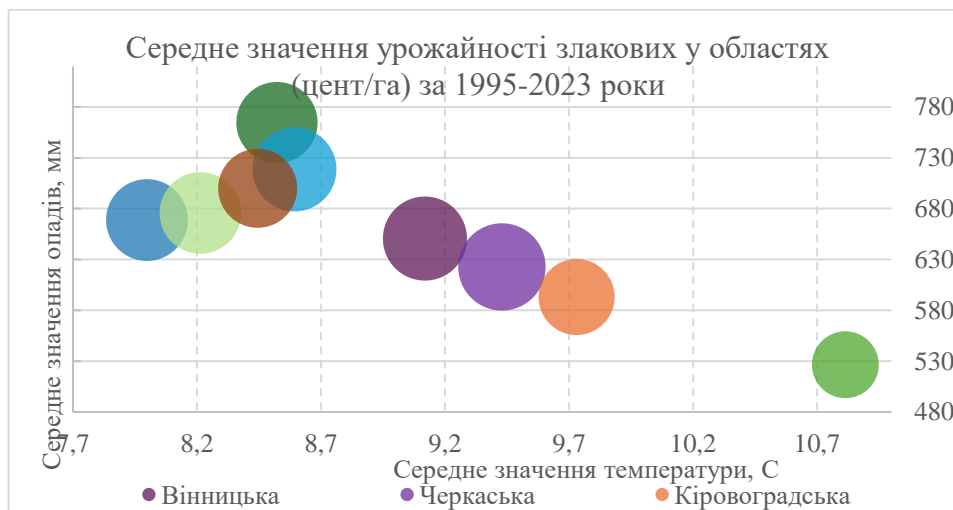


Рис. 33. Діаграма урожайності зернових та зернобобових

Джерело: авторська розробка по даним Головних управлінь статистики та ('ERA5-Land Monthly Aggregated - ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog', 2024)

Якщо брати дані, які приведені на діаграмі для Миколаївської та Черкаської областей, які географічно знаходяться досить близько, то різниця в рівні урожайності та кліматичних параметрів може бути визначена так: зменшення урожайності на 41,3% викликається підвищенням середньої температури на 1,39С та зменшенням кількості опадів на 15,5%.

Для проведення ранжування областей України за ступенем залежності від кліматичних змін, було застосовано метод головних компонент. Для цього, в програмному комплексі STATISTICA, було використано модуль Statistics / PLS, PSA and Multivariate/Batch SPC / Principal components analysis (PCA) з даними, що були задіяні для кластерного аналізу.

В результаті були отримані дві компоненти з характеристиками, приведеними на рис. 34-35.

Principal Components Analysis Eigenvalues (Spreadsheet3)				
Number of components is 2				
Principal Components Analysis sum of variance 11,0000				
Component	Eigenvalues	% Total variance	Cumulative eigenvalue	Cumulative %
1	4,404882	40,04438	4,404882	40,04438
2	3,206174	29,14703	7,611056	69,19142

Рис. 34. Оцінка інформативності головних компонент

Джерело: авторська розробка по даним що були зібрані в джерелах.

Eigenvector spreadsheet (Spreadsheet3-diplom.sta)			
Number of components is 2			
Variable	Variable number	Component 1	Component 2
Var1	1	0,299300	0,258732
Var2	2	-0,265343	0,398005
Var3	3	-0,090401	0,114289
Var4	4	-0,152417	0,410688
Var5	5	0,320319	-0,021121
Var6	6	0,029909	0,522765
Var7	7	-0,109533	0,507190
Var8	8	0,425553	0,175962
Var9	9	0,336012	0,172483
Var10	10	-0,451669	-0,035133
Var11	11	0,441712	-0,002095

Рис. 35. Система головних компонент

Джерело: авторська розробка по даним що були зібрані в джерелах.

Можна відзначити, що перша компонента має зв'язок з кліматичними характеристиками (Var10, Var11) більше ніж друга компонента.

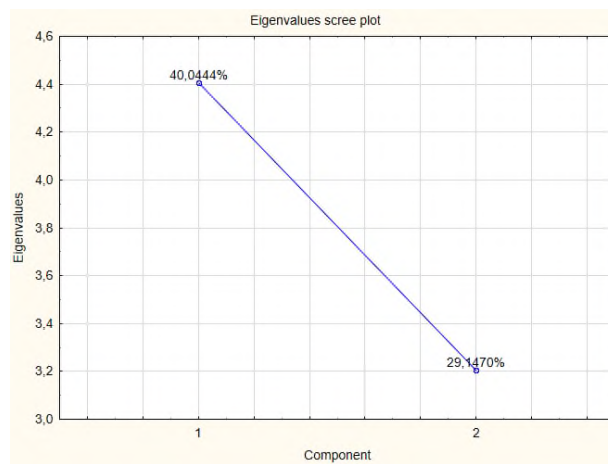


Рис. 36. Графік кам'янистого осипу

Джерело: авторська розробка по даним що були зібрані в джерелах.

Variable importance (Spreadsheet3-diplom.sta)			
Number of components is 2			
Variable	Variable number	Power	Importance
Var10	10	0,901869	1
Var8	8	0,893188	2
Var7	7	0,880797	3
Var6	6	0,878444	4
Var11	11	0,859419	5
Var2	2	0,820815	6
Var4	4	0,650415	7
Var1	1	0,607656	8
Var9	9	0,588182	9
Var5	5	0,454024	10
Var3	3	0,076247	11

Рис. 37. Важливість факторів компонент

Джерело: авторська розробка по даним що були зібрані в джерелах.

Можна відзначити, що кліматичні фактори на 1-му та 5-му місцях в таблиці важливості факторів компонент.

Таким чином головним висновком факторного аналізу є ранжування областей за ступенем залежності від кліматичних змін у наступному порядку: Миколаївська, Кіровоградська, Житомирська, Сумська, Чернігівська, Хмельницька, Вінницька, Тернопільська та Черкаська.

ВИСНОВКИ

В даній роботі було проведено аналіз тенденцій розвитку економіки України, детально розглянута структура експорту країни, зроблені висновки щодо найбільш значної складової в експорті продуктів агропромислового сектору. Розглянуто структуру експорту АПК, визначено домінантні групи продукції АПК. Було визначено головні області, для яких агропромисловість є системоутворюючою галуззю та які є головними експортерами рослинних культур.

Було зроблено аналіз поточного стану вирішення проблем сталого розвитку та стійкості до кліматичних змін, розглянута історія появи сучасних термінів, що відносяться до сталого розвитку. Після огляду поточних характеристик клімату, було означено, чому ця проблема є невідкладною та загроза зростаючою.

В ході роботи були оглянуті сучасні наукові роботи, в яких розглядаються питання залежності врожайності в окремих країнах. Після огляду робіт, визначені сучасні підходи до моделювання впливу кліматичних змін на урожайність або ефективність агросектору.

На базі отриманої інформації була створена схема досліджень, обрані математичні методи та розроблені моделі впливу кліматичних факторів на ефективність агросектору як для макро так і мезо-рівнів.

В ході роботи була з'ясована складова економіки України, яка має залежність від кліматичних змін. Була зібрана необхідна інформаційна база для дослідження та перевірено ряд гіпотез щодо вибору головних факторів, які впливають на агросектор України. Наявні дані підтверджують необхідність розробки стратегій для пом'якшення наслідків кліматичних змін, підкреслюють терміновість прийняття рішень, від яких залежить значна складова економіки України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Національний університет кораблебудування імені Адмірала Макарова, Погорєлова О. В. (2022). ЗАХОДИ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ДО КЛІМАТИЧНИХ ВПЛИВІВ З МЕТОЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЯКІСНОГО ХАРЧУВАННЯ. *Науковий вісник УНУ. Міжнародні економічні відносини та світове господарство*. DOI: 10.32782/2413-9971/2022-42-20
Admiral Makarov National University of Shipbuilding, & Pohorielova, O. (2022). MEASURES TO INCREASE RESISTANCE TO CLIMATE INFLUENCES IN ORDER TO ENSURE FOOD SAFETY AND QUALITY NUTRITION. *Herald UNU. International Economic Relations And World Economy*. DOI: 10.32782/2413-9971/2022-42-20
2. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур | Державна служба статистики України. (2023). Отримано 15 листопада 2024, з веб-сайту Держстат: <https://stat.gov.ua/en/datasets/areas-gross-harvests-and-productivity-agricultural-crops>
Areas, gross harvests and productivity of agricultural crops | State statistics service of Ukraine. (2023). Retrieved 15 November 2024, from Derzhstat website: <https://stat.gov.ua/en/datasets/areas-gross-harvests-and-productivity-agricultural-crops>
3. CHIRPS Daily: Climate Hazards Center InfraRed Precipitation With Station Data (Version 2.0 Final) | Earth Engine Data Catalog. (2024). Retrieved 15 November 2024, from Google for Developers website: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/UCSB-CHG_CHIRPS_DAILY

4. Demirhan, H. (2024). A deep learning framework for prediction of crop yield in Australia under the impact of climate change. *Information Processing in Agriculture*, S2214317324000246. DOI: 10.1016/j.inpa.2024.04.004
5. Economic losses, poverty & disasters: 1998-2017 | UNDRR. (2018, October 10). Retrieved 15 November 2024, from <https://www.undrr.org/publication/economic-losses-poverty-disasters-1998-2017>
6. ERA5-Land Monthly Aggregated—ECMWF Climate Reanalysis | Earth Engine Data Catalog. (2024). Retrieved 15 November 2024, from Google for Developers website: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/ECMWF_ERA5_LAND_MONTHLY_AGGR
7. FAOSTAT: Crops and livestock products. (2024). Retrieved 15 November 2024, from <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
8. *GLOBAL LAND-OCEAN TEMPERATURE INDEX* [Data set]. (2024). [Data set]. Retrieved from <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/?intent=121>
9. Grusson, Y., Wesström, I., & Joel, A. (2021). Impact of climate change on Swedish agriculture: Growing season rain deficit and irrigation need. *Agricultural Water Management*, 251, 106858. DOI: 10.1016/j.agwat.2021.106858
10. Hafiza, B. S., Ishaque, W., Osman, R., Aziz, M., & Ata-Ul-Karim, S. T. (2022). Simulation of wheat yield using CERES-Wheat under rainfed and supplemental irrigation conditions in a semi-arid environment. *Agricultural Water Management*, 264, 107510. DOI: 10.1016/j.agwat.2022.107510
11. Hayman, G., Redhead, J. W., Brown, M., Pinnington, E., Gerard, F., Brown, M., ... Pywell, R. F. (2024). A framework for improved predictions of the climate impacts on potential yields of UK winter wheat and its applicability to other UK crops. *Climate Services*, 34, 100479. DOI: 10.1016/j.cliser.2024.100479

12. Jlibene, M. (2020). Partition of rainfall variation effect on crop productivity into amount and distribution effects. *E3S Web of Conferences*, 183, 03005. DOI: 10.1051/e3sconf/202018303005
13. Jabbi, F. F., Li, Y., Zhang, T., Bin, W., Hassan, W., & Songcai, Y. (2021). Impacts of Temperature Trends and SPEI on Yields of Major Cereal Crops in the Gambia. *Sustainability*, 13(22), 12480. DOI: 10.3390/su132212480
14. Li, X. S., Zheng, C. L., Cao, C. Y., Dang, H. K., Sun, J. S., Li, K. J., & Ma, J. Y. (2020). Analysis of Climatic Potential Productivity and Wheat Production in Different Producing Areas of the Northern Hemisphere. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 427(1), 012010. DOI: 10.1088/1755-1315/427/1/012010
15. LSIB 2017: Large Scale International Boundary Polygons, Simplified | Earth Engine Data Catalog. (2024). Retrieved 15 November 2024, from Google for Developers website: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/USDOS_LSIB_SIMPLE_2017
16. Phuong, P., Madhavi M., Golub, Elena Strukova, Lokshin, Michael M. Rakovych, Oksana, Ha, Thanh. (2021, December 1). Ukraine—Building Climate Resilience in Agriculture and Forestry [Text/HTML]. Retrieved 16 November 2024, from World Bank website: <https://documents.worldbank.org/pt/publication/documents-reports/documentdetail/893671643276478711/Ukraine-Building-Climate-Resilience-in-Agriculture-and-Forestry>
17. Spatial without Compromise · QGIS Web Site. (2024). Retrieved 15 November 2024, from <https://www.qgis.org/>
18. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л., Білокінь О. А. (2021). *Оцінювання впливу змін клімату на продуктивність агроєкосистем за супутниковими даними (рекомендації)*. Аграрна наука. DOI: 10.31073/978-966-540-536-8

- Tarariko, O., Iliencko, T., Kuchma, T., & Bilokin, O. (2021). *Assessment of the effects of climate change on agricultural productivity using satellite data (methodical recommendations)*. Agrarna nauka. DOI: 10.31073/978-966-540-536-8
19. *The Global Risks Report 2024*. (2024). World Economic Forum. Retrieved from https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2024.pdf
 20. *THE PARIS AGREEMENT*. (2016). United Nations. Retrieved from https://unfccc.int/sites/default/files/resource/parisagreement_publication.pdf
 21. Ukraine (UKR) Exports, Imports, and Trade Partners. (2024). Retrieved 14 November 2024, from The Observatory of Economic Complexity website: <https://oec.world/en/profile/country/ukr>
 22. Ukraine—Subnational Administrative Boundaries—Humanitarian Data Exchange. (2024). Retrieved 15 November 2024, from <https://data.humdata.org/dataset/cod-ab-ukr>
 23. Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Гур'янова Л. С., Коровін О. О., & V. N. Karazin Kharkiv National University. (2024). Моделювання впливу кліматичних змін на продуктивність агросектора. *Бізнес Інформ*, 5(556), 146–151. DOI: 10.32983/2222-4459-2024-5-146-151
 - V. N. Karazin Kharkiv National University, Guryanova, L. S., Korovin, O. O., & V. N. Karazin Kharkiv National University. (2024). Modeling the Impact of Climate Change on the Productivity of the Agrarian Sector. *Business Inform*, 5(556), 146–151. DOI: 10.32983/2222-4459-2024-5-146-151
 24. World Bank Open Data | Ukraine. (2024). Retrieved 14 November 2024, from World Bank Open Data website: <https://data.worldbank.org/country/ukraine>
 25. Адаменко Т. І. (2019). *Зміна клімату та сільське господарство в Україні: Що варто знати фермерам?* Німецько-український агрополітичний діалог. Retrieved from https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/5_Zmina-klimatu-ta-silske-gospodarstvo-v-Ukrayini.pdf

- Adamenko, T. (2019). *Climate Change and Agriculture in Ukraine: What Should Farmers Know?* Німецько-український агрополітичний діалог. Retrieved from https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/5_Zmina-klimatu-ta-silske-gospodarstvo-v-Ukrayini.pdf
26. Боголюбов В. М., Клименко М. О., Мельник Л. Г., Прилипко В. А. (2012). *Стратегія сталого розвитку: Підручник (Олді-плюс)*. Херсон. Retrieved from <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0052276.pdf>
- Bogolubov, V., Klimenk, M., Melnik, L., Prilipko, V. (2012). *Sustainable Development Strategy: Textbook (Oldi-plus)*. Kherson. Retrieved from <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0052276.pdf>
27. *Валовий регіональний продукт у 2021 році*. (2023). Київ: Державна служба статистики України. Retrieved from https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2023/05/zb_vrp_2021.pdf
- Gross Regional Product in 2021*. (2023). Kyiv: State Statistics Service of Ukraine. Retrieved from https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2023/05/zb_vrp_2021.pdf
28. Врублевська О. О., Катеруша Г. П., Гончарова Л. Д. (2023). *Кліматологія: Підручник*. Одеса: Одеський державний екологічний університет. Retrieved from http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/398/1/VrublevskayaAA_Klimatologiya_2013.pdf
- Vrublevska, O., Katerusha, H., & Honcharova, L. (2023). *Climatology: Textbook*. Odesa: Odesa State Environmental University. Retrieved from http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/398/1/VrublevskayaAA_Klimatologiya_2013.pdf

29. Гаврилук І. І. (2024). ЗОВНІШНЬОЕКОНОМІЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ УКРАЇНИ З КРАЇНАМИ ЄРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ. *Економіка Та Суспільство*, (59). DOI: 10.32782/2524-0072/2024-59-3
- Navylyuk, I. (2024). EXTERNAL ECONOMIC ACTIVITY OF UKRAINE WITH EU COUNTRIES. *Economy and Society*, (59). DOI: 10.32782/2524-0072/2024-59-3
30. Гур'янова Л. С., Клебанова Т. С., Сергієнко О. А., Прокопович С. В. (2015). *Економетрика: Навчальний посібник*. Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця.
- Guryanova, L., Klebanova, T., Sergienko, O., Prokopovych, S. (2015). *Econometrics: Study Guide*. Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics.
31. Давиденко Н. М., Жовніренко О. В., Максименко Б. Ю. (2021). ВПЛИВ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ІНВЕСТИЦІЙНУ ПРИВАБЛИВІСТЬ ПІДПРИЄМСТВ АГРАРНОГО СЕКТОРУ. *Економіка Та Суспільство*, (33). DOI: 10.32782/2524-0072/2021-33-64
- Davydenko, N., Zhovnirenko, O., & Maksymenko, B. (2021). IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF AGRICULTURAL SECTOR ENTERPRISES. *Economy and Society*, (33). DOI: 10.32782/2524-0072/2021-33-64
32. Кононова К. Ю. (2019). *Інтелектуальні системи аналізу даних: Навчальний посібник для підготовки докторів філософії спеціальностей «Економіка» та «Фінанси»*. Харків: Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна.
- Kononova, K. (2019). *Intelligent Data Analysis Systems: Study Guide for PhD Students in "Economics" and "Finance" Specialties*. Kharkiv: V. N. Karazin Kharkiv National University.

33. Мазаракі А. А., Мельник Т. М., Іксарова Н. О., Костюченко В. М. (2016). *Зовнішня торгівля України: XXI століття. (Монографія)*. Київ: Київський національний торговельно-економічний університет. Retrieved from <https://knute.edu.ua/file/MjExMzA=/71b98caa3e46dab7dd15e731093dbd4d.pdf>
- Mazaraki, A., Melnyk, T., Iksarova, N., & Kostiuchenko, V. (2016). *Foreign Trade of Ukraine: The 21st Century. (Monograph)*. Kyiv: Kyiv National University of Trade and Economics. Retrieved from <https://knute.edu.ua/file/MjExMzA=/71b98caa3e46dab7dd15e731093dbd4d.pdf>
34. *Моніторинг основних подій в економіці України*. (2024). Міністерство економіки України. Retrieved from <https://me.gov.ua/file/471ebeb9-e80d-4ac6-972d-db7d2dae86eb>
- Monitoring of Key Events in Ukraine's Economy*. (2024). Ministry of Economy of Ukraine. Retrieved from <https://me.gov.ua/file/471ebeb9-e80d-4ac6-972d-db7d2dae86eb>
35. *Продовольча безпека України в умовах глобалізації / Mudrak P. П. (2013)*. (2013). Retrieved from <http://jnas.nbu.gov.ua/uk/article/UJRN-0000035878>
- Food Security of Ukraine in the Context of Globalization / Mudrak R. (2013)*. (2013). Retrieved from <http://jnas.nbu.gov.ua/uk/article/UJRN-0000035878>
36. *Сільське господарство (2019)*. (2019). Держстат. Retrieved from https://ukrstat.gov.ua/operativ/pro_stat/Prosto/s_gosp/SG.pdf
- Agriculture (2019)*. (2019). State Statistics Service of Ukraine. Retrieved from https://ukrstat.gov.ua/operativ/pro_stat/Prosto/s_gosp/SG.pdf
37. *Сільське господарство України (статистичний збірник 2019)*. (2020). Державна служба статистики України. Retrieved from https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/09/zb_sg_Ukr_2019.pdf

- Agriculture of Ukraine (Statistical Yearbook 2019)*. (2020). State Statistics Service of Ukraine. Retrieved from https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/09/zb_sg_Ukr_2019.pdf
38. Товарна структура зовнішньої торгівлі України (2001-2024). (2024). Retrieved 14 November 2024, from Державна служба статистики України website: https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2024/zd/tsztt/arh_tsztt2024_u.html
- Commodity Structure of Ukraine's Foreign Trade (2001-2024). (2024). Retrieved 14 November 2024, from State Statistics Service of Ukraine website: https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2024/zd/tsztt/arh_tsztt2024_u.html
39. Томашевська А. В., Смиковчук Т. В. (2018). РІВЕНЬ ВВП УКРАЇНИ: АНАЛІЗ ТА ДИНАМІКА РОЗВИТКУ. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*, 3(20), 90–94.
- Tomashevs'ka, A., & Smykovchuk, T. (2018). THE LEVEL OF GDP OF UKRAINE: ANALYSIS AND DYNAMICS OF DEVELOPMENT. *Herald UNU*, 3(20), 90–94.
40. Sustainable Development Goals. (2024). Retrieved 15 November 2024, from UNDP website: <https://www.undp.org/uk/ukraine/tsili-staloho-rozvytku>
- Цілі сталого розвитку. (2024). Retrieved 15 November 2024, from UNDP website: <https://www.undp.org/uk/ukraine/tsili-staloho-rozvytku>
41. Шевченко О., Власюк О., Ставчук І., Ваколюк М., Ілляш О., Рожкова А. (2014). *Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна*. Київ: Myflaer. Retrieved from https://necu.org.ua/wp-content/uploads/ukraine_cc_vulnerability.pdf
- Shevchenko, O., Vlasuk, O., Stavchuk, I., Vakolyuk, M., Ilyash, O., & Rozhkova (2014). *Vulnerability Assessment to Climate Change: Ukraine*. Kyiv: Myflaer. Retrieved from https://necu.org.ua/wp-content/uploads/ukraine_cc_vulnerability.pdf
42. Головні управління статистики у Вінницькій, Черкаській, Кіровоградській, Тернопільській, Хмельницькій, Сумській, Миколаївській, Чернігівській та

Житомирській областях (2023). Офіційні дані про урожайність сільськогосподарських культур. Отримано з [відповідних офіційних сайтів ГУС].

Main Statistical Offices of Vinnytsia, Cherkasy, Kirovohrad, Ternopil, Khmelnytskyi, Sumy, Mykolaiv, Chernihiv, and Zhytomyr Regions (2023). Official Data on Agricultural Crop Yields. Retrieved from [the respective official websites of the SSO].

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1

Частка ВДВ агрокомплексу у 2021 році, %

Область	Частка, %
Кіровоградська	37,6
Херсонська	32,8
Хмельницька	29,9
Чернігівська	29,9
Вінницька	28,2
Тернопільська	27,1
Миколаївська	25,5
Сумська	25,3
Черкаська	25,3
Луганська	25,2
Житомирська	24,6

Таблиця А.2

Частка випуску агрокомплексу у 2021 році, %

Область	Частка, %
Кіровоградська	37,3
Херсонська	33,1
Тернопільська	31,2
Чернігівська	30,8
Хмельницька	29,9
Вінницька	29,2
Черкаська	27,9
Луганська	27,2
Сумська	26,7
Житомирська	25,7
Миколаївська	23,2
Чернівецька	21,8

Джерело: авторська розробка по даним (Валовий регіональний продукт у 2021 році, 2023).

Додаток А (продовження)

Таблиця А.4

Головні області з виробництва соняшника у
2022-му році (77%)

Область	Валовий збір, тис.т
Кіровоградська	1311,6
Полтавська	1243
Дніпропетровська	1091,5
Сумська	873,22
Вінницька	750,88
Харківська	696,65
Чернігівська	668,28
Черкаська	657,56
Миколаївська	623,26
Хмельницька	576,61

Таблиця А.3

Головні області з виробництва сої у 2022-му
році (80,1%)

Область	Валовий збір, тис.т
Хмельницька	444,62
Житомирська	366,43
Полтавська	325,03
Львівська	289,86
Тернопільська	261,42
Сумська	242,54
Черкаська	226,92
Київська	204,22
Вінницька	200,43
Рівненська	165,24

Джерело: авторська розробка по даним ('Areas, gross harvests and productivity of agricultural crops | State statistics service of Ukraine', 2023)

Додаток А (продовження)

Таблиця А.5

Головні області з виробництва пшениці у
2022-му році (60,7%)

Область	Валовий збір, тис.т
Одеська	1741,5
Дніпропетровська	1687,7
Кіровоградська	1625,2
Харківська	1366,5
Хмельницька	1294,5
Вінницька	1286,7
Миколаївська	1237,1
Тернопільська	1176,4
Полтавська	1110,2
Черкаська	1016,6

Таблиця А.6

Головні області з виробництва кукурудзи у
2022-му році (75,15%)

Область	Валовий збір, тис.т
Полтавська	3588,8
Чернігівська	2915,2
Черкаська	2400,5
Сумська	2230,9
Вінницька	1948,3
Київська	1910,5
Хмельницька	1856,1
Кіровоградська	1773,4
Житомирська	1088,7
Тернопільська	1073,8

Джерело: авторська розробка по даним ('Areas, gross harvests and productivity of agricultural crops | State statistics service of Ukraine', 2023)

Таблиця А.7

Головні області з виробництва агро-продукції

Область	Кількість головних культур що вирощуються
Вінницька	5
Черкаська	5
Хмельницька	5
Кіровоградська	4
Тернопільська	4
Сумська	3
Миколаївська	3
Чернігівська	2
Житомирська	2

Таблиця А.8

Області які присутні в інших таблицях

Області
Кіровоградська
Херсонська
Тернопільська
Чернігівська
Хмельницька
Вінницька
Черкаська
Луганська
Сумська
Житомирська
Миколаївська

Джерело: авторська розробка по даним (Валовий регіональний продукт у 2021 році, 2023).