

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

~~Інститут інформатики та радіоелектроніки~~
~~Факультет технічних наук і технологій~~
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра системного аналізу та обчислюваної математики
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему **ОЦІНКА ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ВРОЖАЙНОСТЬ
ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ**

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи КІП-810м

Спеціальності 124 Системний аналіз

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Інтелектуальні технології та прийняття рішень в
складних системах

Ведмедєв С.Р.

(підпис та ініціали)

Керівник Терещенко Е.В.

(підпис та ініціали)

Рецензент Алієв Е.Б.

(підпис та ініціали)

Запоріжжя

2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет ІРЕ, ФКНТ

Кафедра системного аналізу та обчислювальної математики

Ступінь вищої освіти магістр

Спеціальність 124 Системний аналіз

Освітня програма (спеціалізація) Інтелектуальні технології та прийняття рішень в складних системах
(код і найменування)
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри САОМ, д.ф.-м.н, проф.

Г.В. Корніч

2021 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Ведмедєва Станіслава Руслановича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) ОЦІНКА ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ВРОЖАЙНІСТЬ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ
ASSESSMENT OF THE INFLUX OF CLIMATIC FACTORS ON THE YIELD OF HYBRIDS TO A SLEEPYHEAD

2. Керівник проєкту (роботи) Терещенко Еліна Валентинівна, к.ф.-м.н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “___” _____ 2021 року №___

3. Строк подання студентом проєкту (роботи) 15 грудня 2021 року

4. Вихідні дані до проєкту (роботи): дані польових досліджень за 2011-2020 роки в використанні добрив, витрати на обробку землі та догляд за посівам, кількості опадів, середня температура за вегетацію, витрати на збір врожаю, які отримані робітниками Інституту олійних культур НААН.

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) огляд літератури за тематикою дослідження; постановка прикладної задачі «Знаходження оптимальної середньої температури та кількості опадів за період вегетації»; побудова математичної моделі поставленої задачі. Розв'язання практичної задачі за даними польових досліджень.

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) немає

7. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
I-III	Терещенко Е.В.	30.09 2021р.	01.10.2021

8. Дата видачі завдання «30» вересня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Збір та вивчення вихідних матеріалів	30 вересня 2021 року	
2	Розробка цілі та мети задачі	3 жовтня 2021 року	
3	Вивчити джерела споріднені з темою, яку вивчаємо	10 жовтня 2021 року	
4	Складаємо характеристику сортів	12 жовтня 2021 року	
5	Описуємо характеристику добрив та гербіцидів	14 жовтня 2021 року	
6	Складаємо математичну модель задачі	20 жовтня 2021 року	
7	Реалізація етапів вирішення задач .	25 жовтня 2021 року	
8	Оформлення дипломного проєкту у текстовому виді	30 жовтня 2021 року	
9	Видача на перевірку керівникові проєкту	30 жовтня 2021 року	
10	Виправлення помилок та зауважень	21 листопада 2021 року	
11	Повторна перевірка проєкту керівником	7 грудня 2021 року	
12	Видача на рецензію та отримання її	10 грудня 2021 року	
13	Прошивка та оформлення диплому	15 грудня 2021	

С.Р. _____

Студент(ка)

Ведмедєв

Ведмедєв

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

Терещенко Е.В.

Терещенко Е.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 53 с., 16 рис., 11 табл., 32 літературних джерел.

Предмет дослідження – методи дослідження значимості незалежних чинників на результат реалізації генотипу рослини.

Об'єкт дослідження – алгоритми, що визначають ступінь впливу незалежних природніх чинників опадів та температури на залежну зміну урожайності гібридів соняшнику.

Мета роботи – розробка алгоритму розрахунку оптимальних та граничних умов опадів та температури вирощування гібридів соняшнику.

Актуальність задачі полягає у необхідності врахування змін клімату на можливість отримання прибутку при вирощуванні соняшнику, досліджені граничних рівнів опадів які потрібні при вирощуванні гібридів. У державному реєстрі на гібриди відсутні дані, які свідчать про граничні рівні опадів. Тому для вирішення проблеми застосовуємо математичні методи, які ґрунтуються на статистичних даних та математичних методах обробки даних. Для виконання роботи були використані знання про вирощування гібридів з джерел, які вказані у переліку.

Необхідність роботи обумовлена змінами клімату у напрямку глобального потепління і зміщенням кліматичних зон, що впливає на продуктивність генотипів соняшнику.

Результатом дослідження є отримані конкретні значення рівня опадів та температури у вегетаційний період, при яких приймається рішення максимального рішення задачі про вирощування гібридів.

Ключові слова: ГІБРИД, КОРЕЛЯЦІЯ, ВЕГЕТАЦІЙНИЙ ПЕРІОД

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА	2
РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	6
1. КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ ТА РИЗИКИ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА	7
1.1 Оцінка врожайності за моделлю «Погода-урожай»	7
1.2 Характеристика гібридів	12
1.3 Метод оцінки ризиків аграрного виробництва, що спричинені кліматичними змінами.....	14
2. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ РИЗИКІВ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА, ЩО СПРИЧИНЕНІ КЛІМАТИЧНИМИ ЗМІНАМИ.....	16
2.1 Збір вихідних даних врожайності та кількості опадів для регресійної моделі.	16
2.2 Побудова прогнозів опадів	19
2.3 Побудова трендових моделей «врожайність - середньорічна кількість опадів» та «врожайність - середня кількість опадів за період вегетації»	25
2.4 Оцінка ризиків по врожайності	30
2.5. Встановлення граничної врожайності, яка погасить затрати на обробку землі та вирощування урожаю	30
3. ПОБУДОВА НЕЧІТКОЇ МОДЕЛІ ВИРОЩУВАННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР НА ПРИКЛАДІ ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДУ «РЕГІОН»	34
ВИСНОВКИ.....	48
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	49

ВСТУП

Важливим резервом підвищення продуктивності аграрного виробництва є науково обґрунтована структура посівів та використання продуктивних гібридів які в змозі забезпечити високі врожаї культур при недостатньої кількості опадів. Культури, які культивуються у нашому регіоні мають високу стійкість до посушливого клімату розробкою, яких займається Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук.

Мета роботи – знаходження алгоритму розрахунку оптимальних та граничних умов опадів та температури вирощування гібридів соняшнику, оцінки ризиків вирощування гібридів соняшника в умовах зміни клімату на більш посушливий (зменшення середньорічної кількості опадів та збільшення температур у період вегетації).

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі задачі:

- зібрати дані врожайності гібридів соняшнику «Регіон», «Колорит», «Кирило» на ділянках Інституту олійних культур за останні 10 років;
- зібрати дані кількості опадів та температуру за рік та за період вегетації травень» - «липень» у Запорізькій області за останні 10 років;
- побудувати регресійні моделі «врожайність - середньорічна кількість опадів» та «врожайність - середня кількість опадів за період вегетації» для гібридів соняшнику «Регіон», «Колорит», «Кирило»;
- на підставі побудованої регресійні моделі вирахувати мінімальну кількість опадів, яка потрібна для вирощування гібридів;
- побудувати прогнози щодо врожайності вирощування гібридів соняшнику «Регіон», «Колорит», «Кирило» на основі 10 річних даних врожайності, кількості опадів за рік та за період вегетації;
- оцінити ризики по врожайності як відхилення модельного значення врожайності від фактичного, оцінити якість моделей та прогнозів;
- використати нечіткі моделі для аналізу умов при вирощуванні гібридів.

КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ ТА РИЗИКИ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

1.1 Оцінка врожайності за моделлю «Погода-урожай»

Україна є одним з головних експортерів та виробників соняшнику. Зазвичай вона посідає друге-третє місце це за валовим збором насіння соняшнику у світі, який забезпечується зайняттям під цією культурою більш ніж чверті усієї ріллі країни. За даними Держкомстату щороку кількість виробленого насіння в Україні збільшується [1]. У 2021 році на початок грудня зібрано вже 16 млн.т насіння з площі 6,4 млн.га [2]. Одночасно спостерігається суттєвий розвиток переробної промисловості. Кількість оліє-екстракційних заводів збільшується. На даний вже більшість експорту здійснюється у вигляді олії. Але ще 15 років тому спостерігалось більше 90% експорту у вигляді не переробленого насіння. З 2009 року потужність оліє-переробної галузі вийшла на показник 7.25 млн. тон, який практично наздогнав на той час валовий збір соняшнику [1]. Соняшник виявляється що року рентабельною культурою, це примушує сільгоспвиробників знов і знов нарощувати посівні площі, сіяти соняшник по соняшнику, вирощувати його в посушливих і не дуже придатних для нього умовах. При цьому, посівні площі інших олійних, таких як соя і ріпак залишаються стабільним, або навіть зменшуються. Найбільшу частку від ріллі під соняшник зазвичай виділяють у Дніпропетровській, Запорізькій, Миколаївській і Донецькій областях [3]. Однак зміна клімату яка відбувається не прямолінійно, хоча і має тенденцію до встановлення більш посушливого та жаркого клімату наближається, а іноді вже виходить за рамки необхідного мінімуму для розвитку соняшнику. Наприклад у 2012 році спостерігали дуже сильну посуху практично на всій площі України, яка зумовила повне знищення врожаю у південних областях. [3].

Прогноз коливань погодних умов здійснити досить складно. Для цього створюють метеоспостережні пости на усій земній кулі, визначають безліч

параметрів в усіх куточках землі, проводять вимірювання в різних шарах атмосфери спеціальними зондами. Окремо існує ціла мережа супутників, які спостерігають за атмосферою. Однак всі ці параметри дають змогу зробити лише досить приблизні прогнози на найближчий час [4]. У більш довготривалому періоді застосування математичних та статистичних методів, комп'ютерних програм для їх обрахунків дає більше можливостей для прогнозування клімату в цілому та конкретних умов польового сезону. Відповідно прогнози дають змогу встановити приблизні межі майбутніх опадів та температур у конкретній місцевості. Тоді постає питання придатності цих умов для вирощування відповідних сільсько-господарських культур, зокрема соняшнику.

Встановлення граничних меж для вирощування конкретних рослин здійснюється за допомогою математичного моделювання. Прикладом математичного моделювання зв'язку погодних умов з рівнем урожайності польових культур розроблено проф. В.П. Дмитренком у моделі «Погода і урожай» [5]. Розроблена ним базова модель розраховує врожайність культури відповідно до наявних кліматичних умов і погодних умов за результатами спостереження метеорологічної станції, або їх мережі. Модель можна представлена у формулі:

$$y_p = Y_n(1 - u)S(T, R) \prod_1^k (1 - \gamma_k), \quad (1.1)$$

де y_p – розрахована врожайність, ц/га; Y_n – потенціал урожайності, ц/га; u – зрідженість посівів у відносних одиницях; $S(T, R)$ – сумарний коефіцієнт продуктивності польової культури за значеннями температури повітря T і кількістю опадів R протягом вегетаційного періоду; γ_k – фактори, що порушують біологічні особливості формування врожайності за їх числовою відносною ідентифікацією [5].

Дуже часто математичне моделювання застосовують для з'ясування впливу не лише погодних умов, а й головних чинників, які можливо

корегувати. Це такі чинники як обробіток ґрунту та агротехнологічні операції у процесі вирощування. Відомі наукові розробки таких методів Ходановича Д.В. [6]. Він розраховував рівняння лінійної залежності врожайності від кількості фотосинтетично-активної радіації та щільності ґрунту на час посіву та збирання за рахунок проведення агротехнологічних заходів при вирощуванні.

Іванько Я.М. з співавторами досліджували врожайності пшениці та ячменю. Були використані багаторічні данні біопродуктивності, суми опадів та температур за вегетаційний період у двох районах вирощування. Спочатку було отримано лінійні та нелінійні залежності. Встановлено, що лінійні моделі описували наявні вимірювання кращі ніж нелінійні. В моделях встановлене незначний вплив автокореляцій зав'язків з іншими факторами і зроблено висновок про придатність застосування лінійної моделі для прогнозування врожайності в окремому районі [7].

В наукових дослідженнях з математичного прогнозування врожайності культур використовують не лише погодні фактори, а також соціально економічні чинники. Так Шмідт Ю.Д. обмежив дослідження даними врожайності господарств одного типу власності та структури. Це суттєве обмеження має вплив на рівень відповідності показника врожайності. В іншому ця модель до розрахунків застосовувала середні показники: кількість опадів на рік, кількість опадів за рік при температурі більше 10°C, середньорічну температуру повітря, суму активних температур, сумарну сонячну радіацію, середньорічну вологість повітря, довжину без морозного періоду, середню висоту снігового покриву, щільність снігового покриву та середню врожайність пшениці [8]. Використання більшості параметрів обумовлено дослідженням врожайності зернової озимої культури, однак використання середніх показників за рік спрощує розрахунок, але значно зменшує точність прогнозів на нашу думку. Для вирощування кожної культури існує багато умов і вузьких місць, де наявність лише однієї відлиги, або одного дощу може змінити різко показник врожаю практично не

змінивши середній показник температури, або опадів за рік.

Для математичного моделювання оцінки території та її придатності для вирощування сільгоспкультур запропоновано кілька математичних методик. Хворова Л.А та Брискін Л.Н. запропонували застосувати метод функції відгуку [9]. Вони використовували знання про параметричну функцію відгуку об'єкту на умови середи, де він знаходиться, об'єднання кількох обраних функцій відгуку формується узагальнена функція відгуку. При застосуванні достатньої кількості функцій та важливих складових оцінка виявляється більш точною.

За допомогою регресійних моделей та апроксимації, але з застосуванням нового програмного забезпечення, яке дозволяє моделювати багатофакторні дослідження «FORRUS-S» [10]. По цій схемі було зроблено прогнозування та моделювання умов отримання високих врожаїв ягідників у лісових умовах.

В багатьох дослідженнях використовують у моделях коефіцієнти, які несуть різний зміст. Так наприклад сумарний коефіцієнт продуктивності який описує вплив температури повітря та опадів на врожай по періодах вегетаційного циклу [11, 12]. Але введення коефіцієнтів не додає чіткості прогнозам, а застосування моделей розроблених в інших умовах, або для інших моделей має дуже малу відповідність. Тому створення моделей на сучасному рівні вимагає розробки для конкретних умов та критичних факторів, які діють в цих умовах. В інших умовах стають критичними інші фактори які в запропонованій моделі були сталими і тому не мали значення. Розрахунок всіх можливих факторів поки що не доступний, тому що не всі ці фактори виділені і відповідно вивчені.

Статистичний аналіз відіграє ключову роль у сучасних дослідженнях, де аналіз часових рядів урожайності використовується для оцінки минулих тенденцій урожайності та прогнозування майбутніх тенденцій урожайності. Для аналізу часових рядів урожайності використовувались різні типи статистичних моделей. Лінійна регресія, квадратична регресія, білінійні,

трилінійні та лінійні плюс експоненціальні моделі. Квадратичні та лінійно-плюс експоненціальні моделі, як правило, мають кращі показники у випадках стагнації врожаю. Для прогнозування майбутніх тенденцій врожайності крім моделей регресії можна використовувати статистичні методи. Кумар В. [12] порівнював характеристики лінійної та квадратичної регресійних моделей з показниками експоненціального згладжування (також відомого як метод Холта-Вінтерса) та ковзних середніх. Показано, що експоненціальне згладжування добре працює у великому діапазоні застосувань, але Кумар В. [12] показав, що найменша середньоквадратична похибка (MSE) для прогнозування врожайності була отримана за допомогою моделі квадратичної регресії. Однак цей результат був отриманий з невеликим набором даних: прогнози врожайності оцінювали протягом трьох років у конкретному місці в Канаді.

Математичні моделі класичного підходу за рахунок будування багатофакторних регресійних моделей, систем рівнянь та різного виду адаптивних моделей та сучасних методів нелінійної динаміки не завжди призводять до необхідних результатів, особливо в умовах складних кліматичних змін [13, 14].

Більш сучасні наукові дослідження пропонують використовувати моделювання на основі нейронних мереж. За думкою багатьох вчених саме нейронні мережі дозволяють успішно вирішувати завдання багатовимірної класифікації та прогнозування часових рядів [15]. Так проведені дослідження з застосуванням програмного забезпечення R по визначенню важливих характеристик для найкращого врожаю бананів [16]. За коефіцієнтом детермінації найкращі коригування були знайдені для «Прата-Ана» ($R^2 = 0,99$ для всіх композицій мережі), тоді як для «BRS Platina» коригування даних дозволило R^2 зі значеннями між 0,97 і приблизно 1.00.

Лукашевич А.П. запропоновано як пріоритетний варіант використовувати математичне моделювання на основі фізичного принципу балансу причинно-наслідкових взаємодій у закритій фізичній системі. На

основі розрахунків перевірено данні вирощування пшениці у Білорусії [17]. Встановлено, що в Білорусі врожайні фактори в результаті їх впливу на врожайність зерна розташовуються в такій спадній послідовності: загальна доза внесеного NPK -> кількість опадів під час активних фаз вирощування. сезон -> температура повітря за той самий період. Розрахунки показали, що зменшення кількості урожайних факторів, що враховуються в математичній моделі, з трьох (їжа, волога і тепло) до двох (харчування і волога) незначно знижує точність розрахунку врожайності зернових.

1.2 Характеристика гібридів

Гібриди соняшнику володіють комплексною стійкістю до хвороб і шкідників, посухостійкі, не вилягають при сильних опадах та надмірному зволоженні ґрунтів, технологічні щодо вирощування, збору та обробки врожаю. Гібрид це, комбінація, помісь двох, або більше різних об'єктів або характеристик, властивостей у одному об'єкті. Гібриди отримують шляхом схрещування спеціально підібраних рослин різних сортів. Перше покоління позначають знаком F1 (від лат. Filii — діти). Гібриди дають більш стійкий урожай, вони менш схильні до різних захворювань, стійкіші до несприятливих умов, відрізняються високою якістю плодів у порівнянні з сортами. Але всі ці властивості гібриди зберігають тільки в першому поколінні F1. Тому збирати їхнє насіння для майбутніх посівів марно, оскільки в наступному поколінні (F2) рослини не тільки не повторюють вихідних якостей гібрида (F1), але будуть навіть значно гірше батьківських сортових пар, а через кілька поколінь повністю вироджуються [18-21].

Характеристика гібридів, які будемо розглядати у нашому проєкті.

Регіон це простий гібрид соняшнику, якій створюється схрещувань материнської стерильної лінії та батьківської, яка є відновником

фертильності пилку. «Внесений до Реєстру сортів рослин України з 2011 р. Тривалість вегетаційного періоду 101–105 діб. Гібрид вирівняний за висотою, всі фази розвитку проходять одночасно, не обсіпається при перестой, не вилягає, посухостійкий. За результатами Державної комісії має стійкість до іржі – 8 балів, до білої гнилі – 9 балів, до сірої – 9 балів, до фімозу – 8 балів. Гібрид стійкий до вовчка, несправжньої борошнистої роси. Екологічно пластичний, стабільний, технологічний. Урожайність гібрида – 3,2–3,9 т/га, за роки конкурсного випробування гібрид сформував максимальну врожайність – 4,25 т/га. Олійність насіння – 49–51 %. Лушпинність – 21–22 %. Позитивно реагує на внесення мінеральних добрив. Рекомендована густота стояння на товарних посівах 50–55 тисяч рослин на гектарі. Рекомендовано для вирощування в умовах Степу і Лісостепу» [22, 18].

Кирило це простий гібрид соняшнику, який відрізняється від усіх інших гібридів тим що створений з застосуванням цитоплазми дикого виду *H. giganteus* (CMG – 2). «Тривалість вегетаційного періоду становить 95–100 днів. Гібрид вирівняний за висотою середня висота рослин 160–180 см, усі фази розвитку у рослин проходять одночасно. Гібрид стійкий проти гнилі, несправжньої борошнистої роси, толерантний до склеротинії та вовчка, адаптований до умов вирощування, технологічний. За роки випробування ураженість рослин фомопсисом не виявлена. Врожайність гібриду за час попереднього та конкурсного випробування (2005–2010 рр.) коливалась від 2,95 до 3,90 т/га, середня врожайність – 3,52 т/га, олійність – 49,85 %. Насінина гібриду чорне, має чітко виражене антоціанове забарвлення, при вилученні олії методом холодного пресування олія має забарвлення ідентичне контрольному зразку» [22].

Гібрид соняшнику Колорит звичайний створений на класичний цитоплазмі, відтворюється шляхом схрещування стерильної лінії з відновником фертильності пилку. «Внесений до Реєстру сортів рослин України з 2011 р. Тривалість вегетаційного періоду – 95–100 діб. Гібрид

вирівняний по висоті, всі фази розвитку проходять одночасно, не обсіпається при перестой, не вилягає, посухостійкий. За даними Державної комісії має стійкість до іржі 8 балів, до білої гнилі 9 балів, до сірої 9 балів, до фімозу 7 балів. Гібрид стійкий до вовчка, несправжньої борошнистої роси. Екологічно пластичний, технологічний. Урожайність гібрида – 2,9–3,3 т/га, максимальна врожайність за роки конкурсного випробування гібрид сформував – 4,12 т/га. Олійність насіння – 49–52 %. Лушпинність 22–23 %. Позитивно реагує на внесення мінеральних добрив. Густота стояння на товарних посівах 50–55 тисяч рослин на гектарі. Рекомендований для вирощування в умовах зон Степу та Лісостепу» [22].

1.3 Метод оцінки ризиків аграрного виробництва, що спричинені кліматичними змінами

Основою у вирішенні задачі будемо вважати використання статистичних даних, які маємо в наявності завдяки наполегливій праці робітників інституту протягом 10 років. Зібрані данні містять данні про врожайність досліджуваних зразків гібридів за період з 2011 до 2020 років. Період взятий виходячи з строків прийняття гібридів до використання після сертифікації. Дані знаходяться у річних звітах лабораторії селекції соняшника. Моніторинг погодних умов, а саме кількості опадів, використані з власних джерел та спостережень, які проводить колектив інституту на власних ділянках, де проходить вирощування. У дослідженні використовуємо дані з середньомісячними показниками опадів. Ці данні є основою для кварталних, річних та сезонних показників, які будемо використовувати для розрахунків [23]. Спочатку визначаємо наявність залежності врожаю від кількості опадів. Для цього проводимо аналіз даних кількості опадів та врожайності гібридів за період 10 років, використовуючи середньо річні

дані. Проводимо аналогічні дослідження, але до уваги беремо опади, які були у період вегетації рослин, а це період – травень, червень, липень. Саме за ці місяці формується врожай гібридів соняшнику. Будуємо модель залежності врожаю та опадів. Находимо тренд залежності. Далі будуємо прогнози та робимо оцінку побудованих моделей та прогнозів. Метод оцінки ризиків аграрного виробництва, що спричинені кліматичними змінами складається з таких етапів.

Етап 1. Збір вихідних даних щодо врожайності на певній території за певний визначений період часу.

Етап 2. Збір вихідних даних щодо опадів за рік та за період вегетації на певній території за роки дослідження.

Етап 3. Побудова регресійних моделей «врожайність - середньорічна кількість опадів» та «врожайність - середньорічна кількість опадів за період вегетації».

Етап 4. Побудова прогнозів щодо врожайності по даним врожайності, кількості опадів за рік та за період вегетації, які зібрано на певній території за певний визначений період часу.

Етап 5. Оцінка ризиків втрати врожайності як відхилення модельного значення врожайності від фактичного;

Етап 6. Оцінка якості моделей та прогнозів [24].

2. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ РИЗИКІВ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА, ЩО СПРИЧИНЕНІ КЛІМАТИЧНИМИ ЗМІНАМИ

2.1 Збір вихідних даних врожайності та кількості опадів для регресійної моделі.

Для практичного виконання задачі використовуємо дані Інституту олійних культур [1, 22]. Усі данні є у річних звітах окремих підрозділів та лабораторій. Вихідні данні висвітлюють урожайність гібридів зображені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Врожайність гібридів за роки 2011-2020

Рік	Врожайність т/га		
	Регіон	Кирило	Колорит
2011	2,664	2,792	2,757
2012	1,176	1,279	1,120
2013	1,463	1,650	1,511
2014	1,747	2,021	1,902
2015	3,800	3,470	3,510
2016	3,030	3,060	2,43
2017	2,000	1,440	2,000
2018	3,140	3,510	3,240
2019	2,270	2,100	3,180
2020	2,160	3,200	2,530

Наступний масив даних отримано з спостережень, які проводять співробітники інституту на території, де проводиться вирощування, а не с джерел, які є у вільному доступі у звітах українського Гідрометцентру. Тому

що є суттєва різниця у її кількостях внаслідок нерівномірності кількості опадів за окремими ділянками у межах одного регіону. Зібрані дані зображено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Опади річні та за період вегетації рослин

Рік	Опади річні, сумарні мм	Опади за період вегетації, сумарні мм
2011	248,5	134,0
2012	481,0	230,0
2013	386,0	165,0
2014	456,3	224,9
2015	565,5	341,5
2016	455,0	187,0
2017	443,5	186,5
2018	628,5	176,0
2019	684,2	319
2020	512,7	242,7

Для аналізу вихідних даних будемо діаграму з накопиченням врожайності та графік середньорічних опадів за розглянуті роки [24].

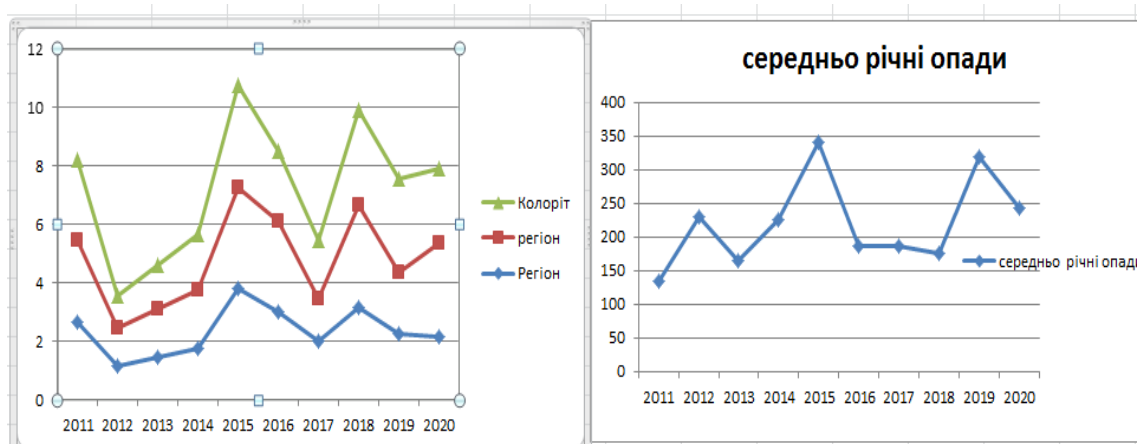
Проводимо нормалізацію даних за формулою:

$$B_j^i = \frac{A_j^i}{\max A_j^i},$$

де B_j^i – нормовані значення табличних даних;

A_j^i – вихідні значення табличних даних;

$\max A_j^i$ – максимальне значення у групі даних.



а) за роки

б) середньо річні опади

Рисунок 2.1 - Залежність врожаю від кількості опадів

Результати нормалізації даних представлені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 Нормалізовані дані урожайності та кількості опадів.

Роки	Опади річні	Опади за вегетацію	Регіон	Кирило	Колорит
2011	0,36	0,39	0,70	0,80	0,79
2012	0,70	0,67	0,31	0,36	0,32
2013	0,56	0,48	0,39	0,47	0,43
2014	0,67	0,66	0,46	0,58	0,54
2015	0,83	1,00	1,00	0,99	1,00
2016	0,67	0,55	0,80	0,87	0,69
2017	0,65	0,55	0,53	0,41	0,57
2018	0,92	0,52	0,83	1,00	0,92
2019	1,00	0,93	0,60	0,60	0,91
2020	0,75	0,71	0,57	0,91	0,72

Нормалізація даних дає змогу виконати порівняльні спостереження двовимірних величин, які взаємопов'язані у нашій задачі. Графік спостережень зображено на рис 2.2.

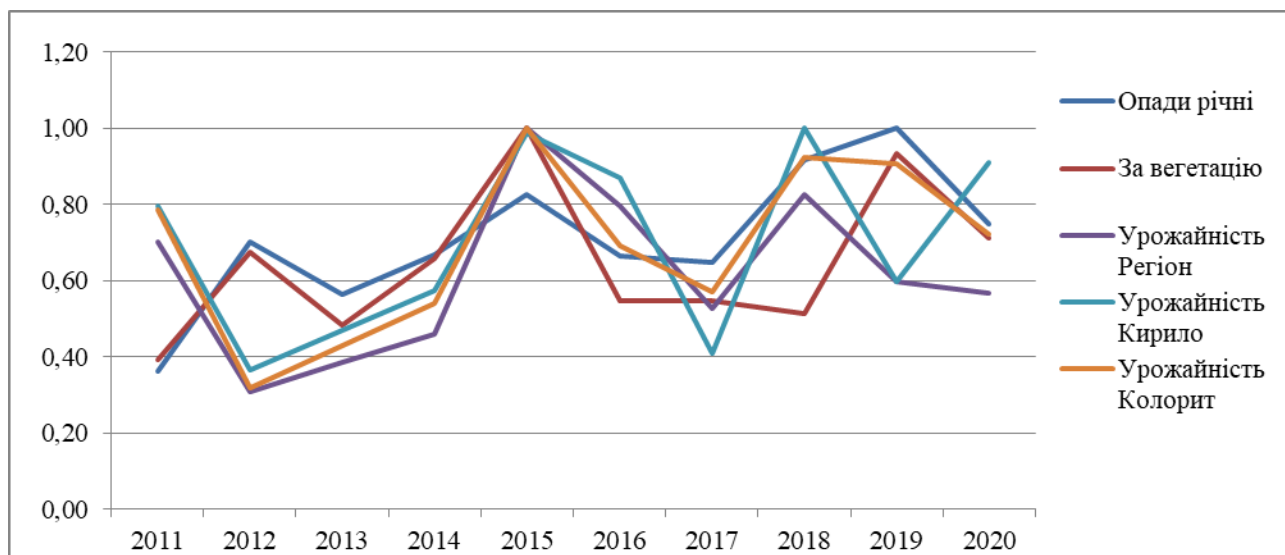


Рисунок 2.2 - Діаграми з накопиченням спостережень за нормалізованими даними урожайності та кількості річних опадів.

Аналізуючи побудовані графіки, можна висунути гіпотезу про наявність залежності між урожайністю усіх видів гібридів та кількістю опадів. Але спостерігаємо відмінності залежності за окремими роками (2012,2018,2019). З цього можна зробити висновок що кількість опадів не є лінійно залежною величиною від кількості опадів та про наявність інших чинників які впливають на урожайність. Такими чинниками можуть бути як атмосферні явища Температура, сонячна активність буревії так і інші явища викликані діяльністю людини та іншими форс-мажорними обставинами [25,26].

2.2 Побудова прогнозів опадів

Будова прогнозів ризику аграрного виробництва проведена згідно методичних рекомендацій методом аналітичного вирівнювання даних [27, 28]. За цим методом основна тенденція (тренд) розвитку процесу

розраховується як функція часу.

$$\hat{y}_t = f(t).$$

Теоретичні рівні y_t визначаються з використанням адекватної математичної функції. Вона найкращим чином відображає основну тенденцію часового ряду [29]. Підбір адекватної функції здійснюється методом найменших квадратів, який мінімізує сумму квадратів відхилень між емпіричними y_t і теоретичними $\hat{y}_t$ рівнями ряду:

$$S = \sum_{i=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2 \rightarrow \min.$$

Для оцінки точності трендової моделі використовують коефіцієнт детермінації

$$R^2 = \frac{\sigma_{\hat{y}}^2}{\sigma_y^2}$$

де $\sigma_{\hat{y}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n}$ – дисперсія теоретичних даних, що отримують за трендовою моделлю;

$$\sigma_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n} \text{ – дисперсія емпіричних даних [30].}$$

Найбільш надійною лінія тренду є, якщо її величина вірогідності апроксимації (коефіцієнт детермінації R^2) дорівнює або близька до 1. Під час вибору лінії тренду для даних її величина вірогідності апроксимації (R^2) обчислюється автоматично в пакеті MS Excel [27]. Трендова модель адекватна досліджуваному процесу і відображає тенденцію його розвитку в часі при значеннях $R^2 > 0,8$.

Головна проблема, яка постає в цьому розрахунку – підбір

математичної функції. На основі цієї функції здійснюють розрахунок теоретичних рівней ряду. Вірно вибраний тип математичної функції забезпечить високий рівень надійності прогнозу за створеною трендовою моделлю.

Побудуємо прогноз річних опадів та опадів у вегетаційний період.

Якість оцінки перевіримо за характеристикою

$$RMPSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^t \left(\frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right)^2}$$

– корінь із середньоквадратичної похибки у відсотках від фактичних значень за n кроків.

За середньою абсолютною похибкою за n кроків:

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|$$

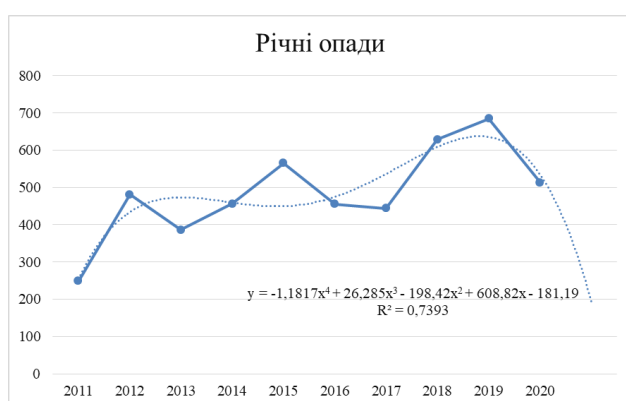
За середньою відносною похибкою за n кроків.

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right|$$

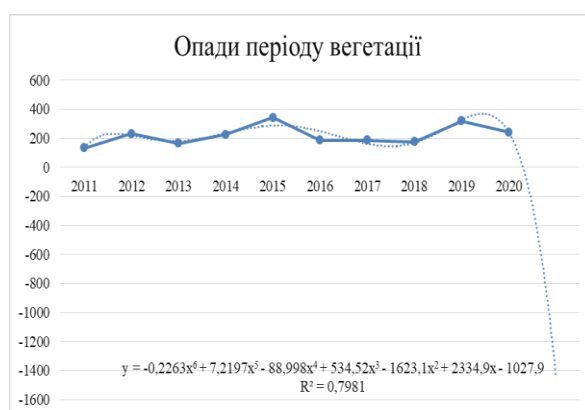
Побудуємо трендову модель, максимізуючи коефіцієнт детермінації R^2 . Характеристика RMSPE для першої моделі забезпечує 60% , а для другої 84% (табл. 2.4). Отже, ці моделі не варто застосовувати для прогнозування.

Таблиця 2.4. - Характеристика трендових моделей часових рядів рівнів опадів.

Прогноз	Тренд	RMSPE
річний прогноз	$y = -1,1817x^4 + 26,285x^3 - 198,42x^2 + 608,82x - 181,19$ $R^2 = 0,7393$	60%
прогноз вегетаційного періоду	$y = -0,2263x^6 + 7,2197x^5 - 88,998x^4 + 534,52x^3 - 1623,1x^2 + 2334,9x - 1027,9$ $R^2 = 0,7981$	84%

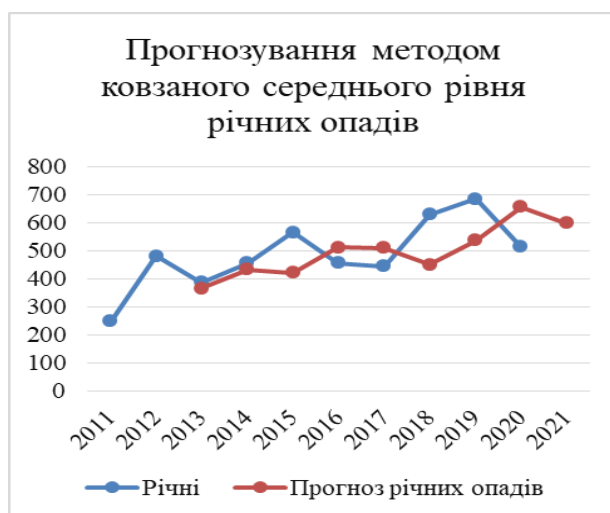


а) за рік

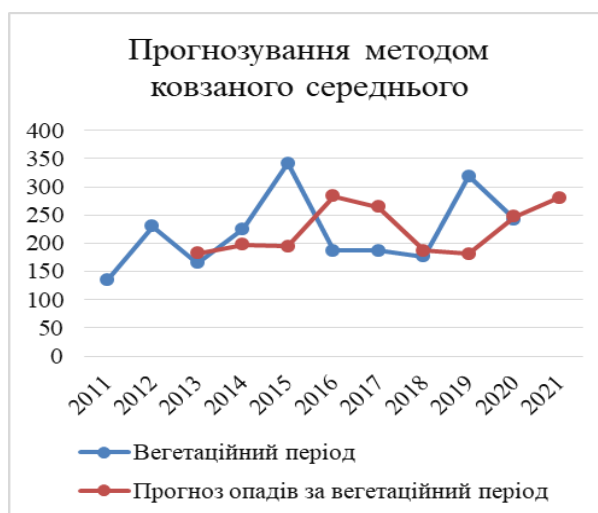


б) за період вегетації

Рисунок 2.3 - Часові ряди кількості опадів



а) за рік



б) за період вегетації

Рисунок 2.4 - Прогнозування методом ковзаного середнього

Застосуємо ще один спосіб прогнозування - ковзне середнє з періодом

2. Результати розрахунків методом ковзного середнього зведені у таблиці 2.5
Методика розрахунків відтворена.

Оцінюємо якість прогнозу методом ковзного середнього. Таблиця 2.5.

Зроблені розрахунки свідчать про низький рівень прогнозованої кількості опадів на перспективу. Тому прогнозування погодних умов за таким алгоритмом також не має високої достовірності. Так прогноз опадів на 2021 становить у вегетаційному періоді 290 мм у той час як по факту рівень опадів становив 336,6мм. Абсолютна похибка становить 46,6 А відносна становить 13,84% що підтверджує наші розрахунки не дивлячись на те що рік був аномальним з кількості опадів у порівнянні з іншими роками

Таблиця 2.5 – Побудова прогнозу методом ковзного середнього.

Рік	Річні	Вегетаційний період	Прогноз річних опадів	Прогноз опадів за вегетаційний період	RMSPE рік	RMSPE вегетаційний період	абсолютна похибка річного прогнозу	абсолютна похибка вегетаційного періоду	відносна похибка річного прогнозу	відносна похибка вегетаційного періоду
2011	248,5	134								
2012	481	230								
2013	386	165	364,75	182	0,003	0,011	21,250	17,000	0,055	0,103
2014	456,3	224,9	433,5	197,5	0,002	0,015	22,800	27,400	0,050	0,122
2015	565,5	341,5	421,15	194,95	0,065	0,184	144,350	146,550	0,255	0,429
2016	455	187	510,9	283,2	0,015	0,265	55,900	96,200	0,123	0,514
2017	443,5	186,5	510,25	264,25	0,023	0,174	66,750	77,750	0,151	0,417
2018	628,5	176	449,25	186,75	0,081	0,004	179,250	10,750	0,285	0,061
2019	684,2	319	536	181,25	0,047	0,186	148,200	137,750	0,217	0,432
2020	512,7	242,7	656,35	247,5	0,079	0,000	143,650	4,800	0,280	0,020
2021			598,45	280,85						
					19,849	32,378	78,215	51,820	0,142	0,210

Таблиця 2.6. - Характеристика моделі часових рядів рівнів опадів методом ковзного середнього..

Характеристика/ прогноз	RMSPE (середньо – квадратичне помилка)	абсолютна похибка	відносна похибка
річного прогнозу	19,849%	78,215	0,142
прогнозу вегетаційний періоду	32,378%	51,820	0,210

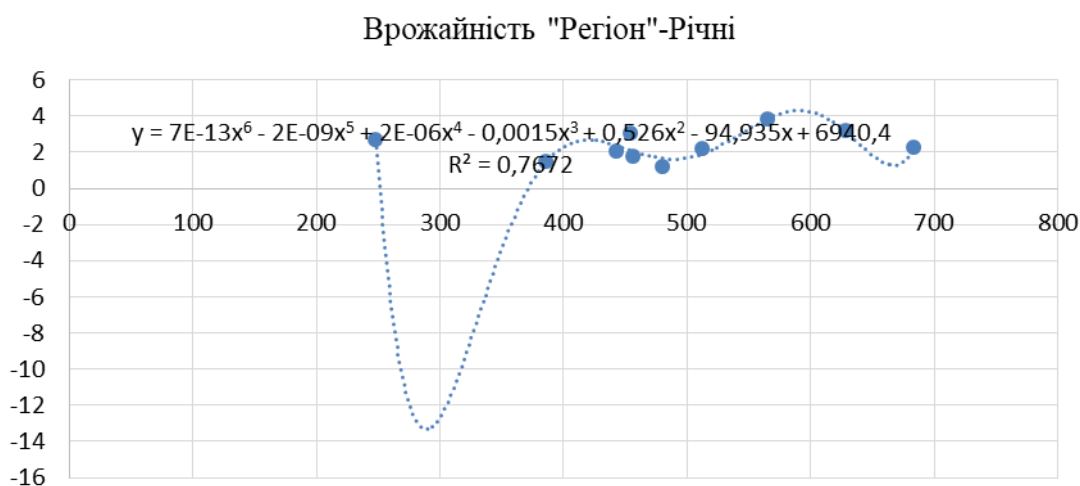
2.3 Побудова трендових моделей «врожайність - середньорічна кількість опадів» та «врожайність - середня кількість опадів за період вегетації»

«За даними врожайності гібридів Регіон, Кирило, Колорит, середньорічної кількості опадів та у опадів у період вегетації строїмо графіки та лінії трендів за допомогою MS Excel, максимізуючи коефіцієнт детермінації R^2 . Максимальне значення коефіцієнт детермінації R^2 вдалося отримати за допомогою поліноміальної лінії тренду високих ступенів» [19].

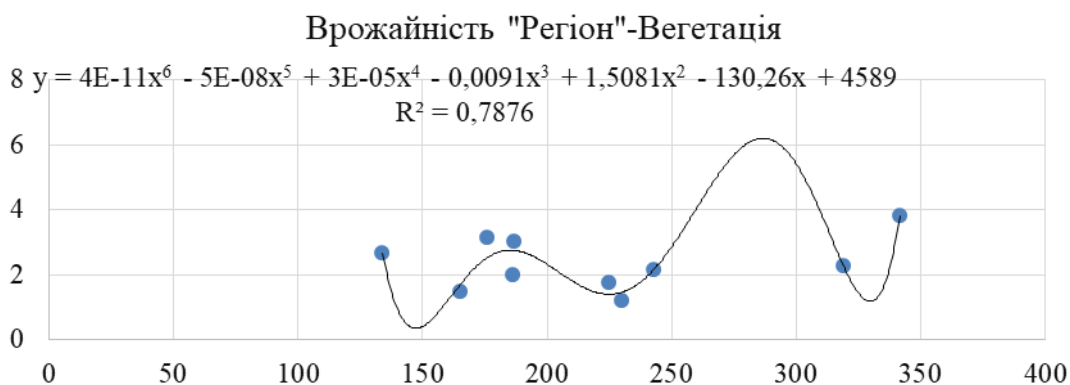
Можна вважати вдалою поліноміальну модель шостого порядку для залежності врожайності гібриду Колорит від середньорічного рівня опадів, яка забезпечила коефіцієнт детермінації $R^2=0,84$. Для моделей врожайності інших гібридів від середньорічного рівня опадів отримати коефіцієнт детермінації R^2 вдалося отримати тільки на рівні не вищим за 0,77. Особливо складно побудувати прогноз для сорту Кирило, для якого коефіцієнт детермінації $R^2=0,6$.

Для моделей врожайності гібридів від рівня опадів за період вегетації отримати R^2 вдалося на рівні не вищим за 0,77. Для сорту Кирило $R^2=0,5$.

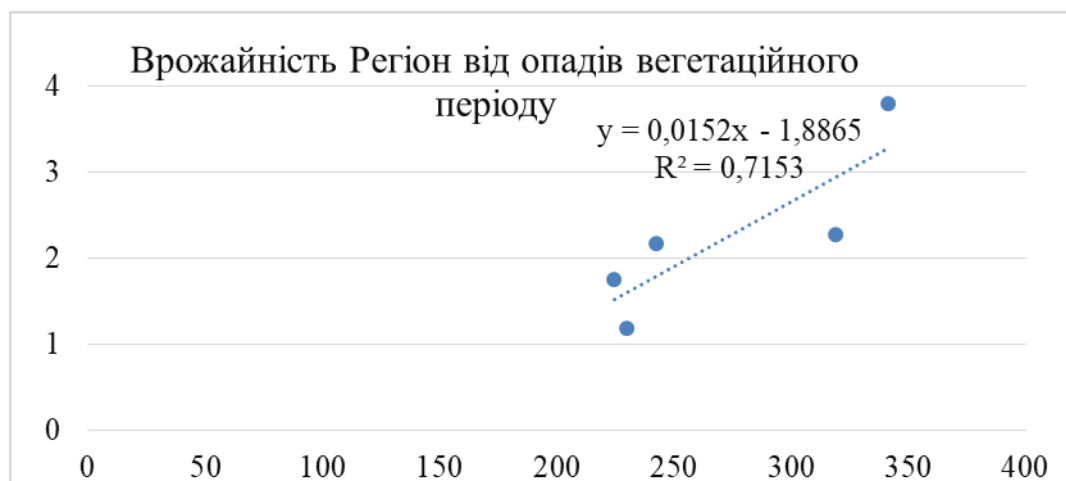
«Такі рівні коефіцієнта детермінації R^2 говорять про неможливість забезпечення високої точності прогнозу. Аналізуючи отримані моделі, можна виділити пік, що є притаманним всім регресійним моделям «врожайність - опади за вегетаційний період» на інтервалі [225-350]. Тому було зроблено прогноз за лінійними трендовими моделями по 4 найближчим точкам до прогнозованого значення 280,85» [19].



а) Трендова модель за період спостережень в рік



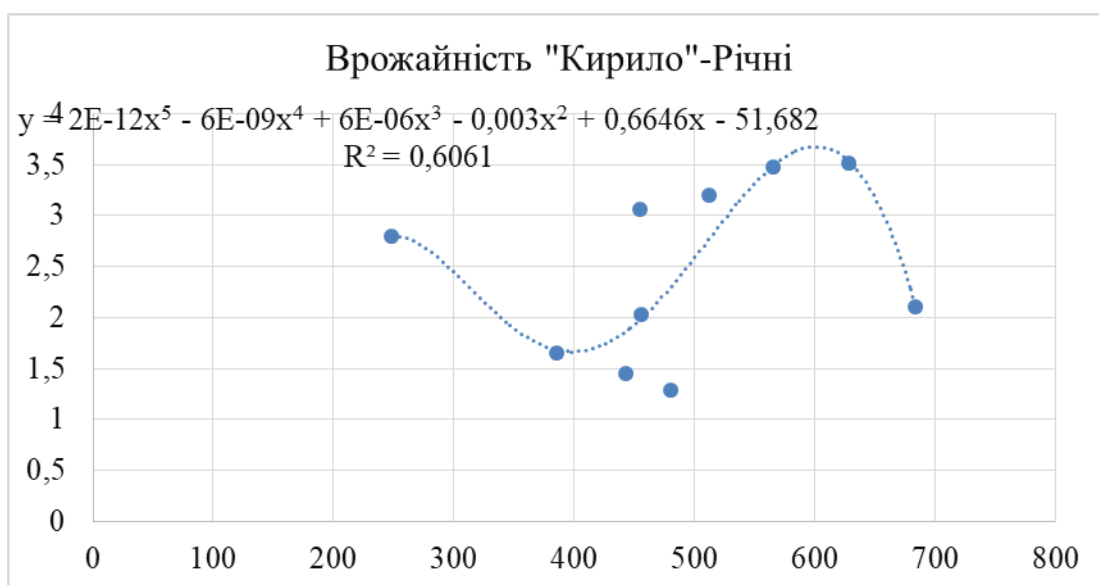
б) Трендова модель за вегетаційний період спостережень



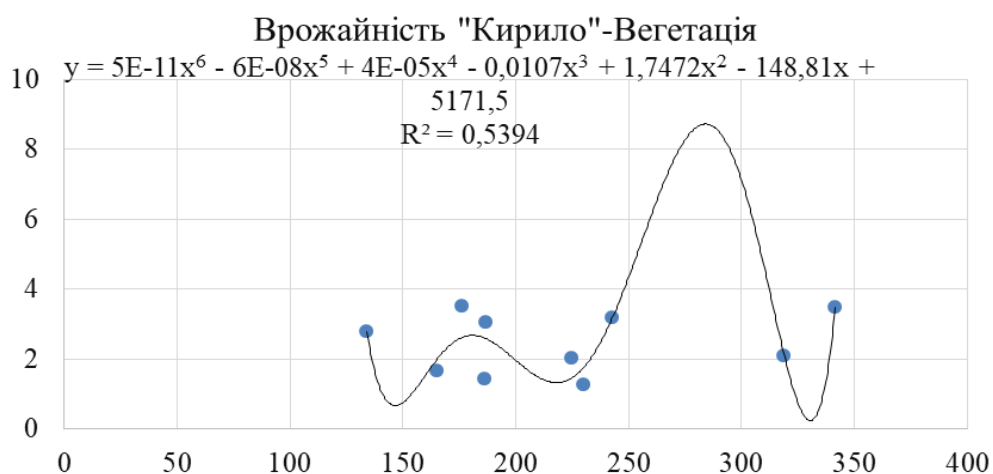
в) Лінійна трендова модель по 4 найближчим точкам

Рисунок 2.5 - Залежність урожаю від кількості опадів гібриду «Регіон».

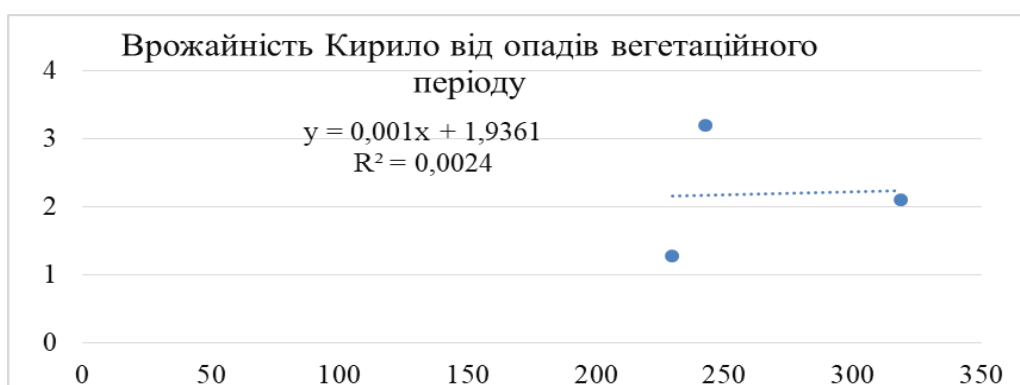
Аналогічно для інших гібридів.



а) Трендова модель за період спостережень в рік

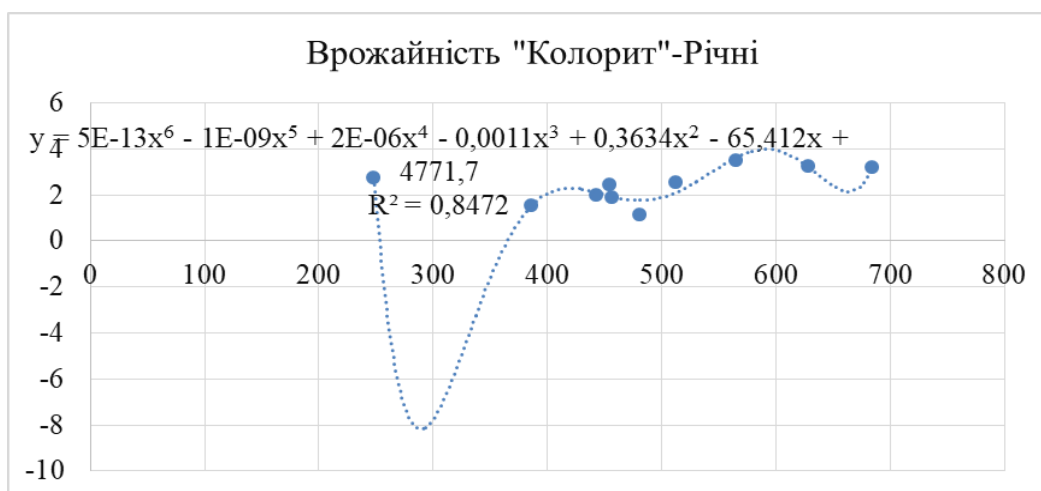


б) Трендова модель за вегетаційний період спостережень

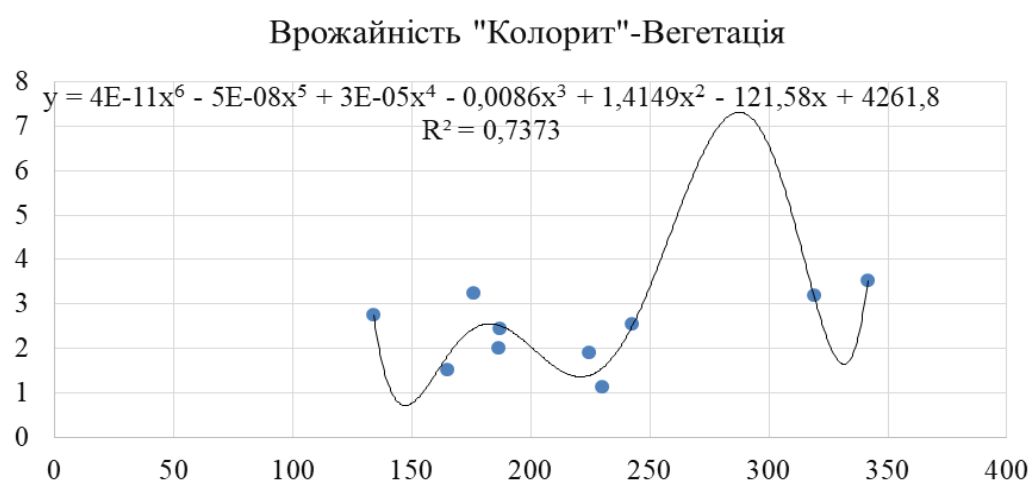


в) Лінійна трендова модель по 4 найближчим точкам

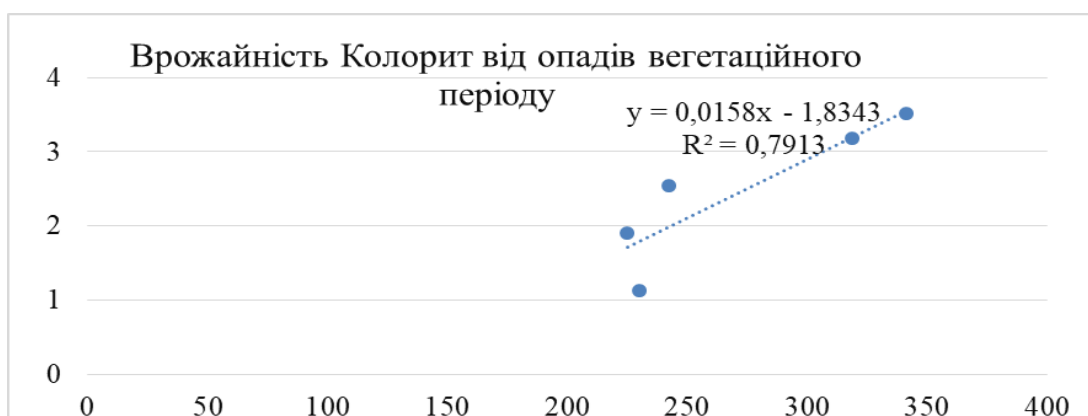
Рисунок 2.6 - Залежність урожаю від кількості опадів гібриду «Кирило».



а) Трендова модель за період спостережень в рік



б) Трендова модель за вегетаційний період спостережень



в) Лінійна трендова модель по 4 найближчим точкам

Рисунок 2.7 - Залежність урожаю від кількості опадів гібриду «Колорит».

За даними формуємо таблиці 2.7-2.9 з розрахованими трендами.

Таблиця 2.7 – Трендові моделі залежності урожайності гібридів від середньої кількості опадів за рік

	Річні опади
Регіон	$y = 7E - 13x^6 - 2E - 09x^5 + 2E - 06x^4 - 0,0015x^3 + 0,526x^2 - 94,935x + 6940,4$ $R^2 = 0,7672$
Кирило	$y = 2E - 12x^5 - 6E - 09x^4 + 6E - 06x^3 - 0,003x^2 + 0,6646x - 51,682$ $R^2 = 0,6061$
Колорит	$y = 5E - 13x^6 - 1E - 09x^5 + 2E - 06x^4 - 0,0011x^3 + 0,3634x^2 - 65,412x + 4771,7$ $R^2 = 0,8472$

Таблиця 2.8 – Трендові моделі залежності урожайності гібридів від середньої кількості опадів за вегетативний період.

	Опади за вегетаційний період
Регіон	$y = 4E - 11x^6 - 5E - 08x^5 + 3E - 05x^4 - 0,0091x^3 + 1,5081x^2 - 130,26x + 4589$ $R^2 = 0,7876$
Кирило	$y = 5E - 11x^6 - 6E - 08x^5 + 4E - 05x^4 - 0,0107x^3 + 1,7472x^2 - 148,81x + 5171,5$ $R^2 = 0,5394$
Колорит	$y = 4E - 11x^6 - 5E - 08x^5 + 3E - 05x^4 - 0,0086x^3 + 1,4149x^2 - 121,58x + 4261,8$ $R^2 = 0,7373$

Таблиця 2.9 – Трендові моделі залежності урожайності гібридів від середньої кількості опадів за вегетативний період 4 точки

	Опади за вегетаційний період 4 точки
Регіон	$y = 0,0152x - 1,8865$ $R^2 = 0,7153$
Кирило	$y = 0,001x + 1,9361$ $R^2 = 0,0024$
Колорит	$y = 0,0158x - 1,8343$ $R^2 = 0,7913$

Аналізуючи отримані дані робимо висновок що виходячи з середньо

річних опадів та опадів за вегетаційний період маємо мінімальну врожайність 1,6 тон з гектару що є прийнятним оскільки мінімальна врожайність при вирощуванні має бути 1,44 т/га (розрахунок на сторінці 31) з урахуванням усіх витрат на вирощування та отримання гарантованого прибутку розмірі 15%

2.4 Оцінка ризиків по врожайності

Для оцінки діапазону прогнозного значення врожайності застосуємо прогнозні дані рівнів опадів за рік та вегетативний період з урахуванням середніх значень абсолютної похибки для кожної моделі, що побудовано методом ковзного середнього [31]. Розрахунок ведемо за трендовими моделями залежності врожайності від рівнів опадів, що представлено в табл. 2.8.

Таблиця 2.10 - Оцінки врожайності гібридів в залежності від середньої кількості опадів за рік та вегетативний період.

Врожайність	Річні опади 598,45±78,215	Опади за вегетаційний період 280,85±51,820
РЕГІОН	2,514; [2,381;2,648]	2,382; [1,600;3,780]
КИРИЛО	2,613; [2,487;2,738]	2,217; [2,165;2,269]
КОЛОРИТ	2,765; [2,530;3,000]	2,603; [1,784;3,422]

2.5. Встановлення граничної врожайності, яка погасить затрати на обробку землі та вирощування урожаю

Для вирішення наступного етапу задачі необхідно мати вихідні данні які характеризують умови вирощування, затрати на обробку землі, догляду за посівами, збору врожаю. Всі ці данні отримуємо з наукових публікацій останнього року. Так Добровольський А.В [20] встановив, що «виробничі витрати на вирощування соняшника в умовах господарства без урахування витрат на мінеральні добрива і препарати становили 11420 грн./га. Разом із зазначеними елементами інтенсифікації виробництва культури, а також з врахуванням витрат на збирання й транспортування додаткової продукції, витрати досягали 16447 грн./га, причому на препарати додаткові витрати становлять 310-460 грн./га, а на мінеральні добрива –2489-4675 грн./га.» Досліди в Інституті олійних культур не включали додаткове підживлення та інші фактори у вигляді рістстимулюючих препаратів, тому за основу економічної доцільності було взято виробничі витрати без додаткових важелів і вартість вирощування складала 11420 грн./га.

Урожайність при будь якій технології вирощування залежить від кількості опадів та виду гібрида. Вартість реалізації вирощеного урожаю можемо отримати виходячи з цін, які склалися на товарних біржах [32]. Ціна за 1 тону у середньому становить 320\$. Тобто у середньому 9100 гривень за тону станом на грудень 2020 року.

Враховуючи прибуток який ми повинні отримати від реалізацій врожаю у розмірі 15 відсотків витрати на вірощування не повинні бути менші ніж

$$11420 \times 1,15 = 13133 \text{ грн.}$$

Таким чином урожай з одного гектару має бути не менш ніж:

$$U = \frac{13133}{9100} = 1,44 \text{ тони з гектару}$$

Виконуючи вимогу про урожайність та використовуючи парну кореляцію знаходимо адаптивну модель кількості опадів за період вегетації яка потрібна щоб забезпечити мінімальний прибуток від вирощування соняшнику для кожного з гібридів.

Регіон

$$y = -151,27 * 1,44^6 + 2101,5 * 1,44^5 - 11658 * 1,44^4 + 32907 * 1,44^3 - 49637 * 1,44^2 + 37813 * 1,44 - 11143$$

$$y = 76,1_{\text{мм.}}$$

Кирило:

$$y = -1100,7 * 1,44^6 + 15418 * 1,44^5 - 87642 * 1,44^4 + 258259 * 1,44^3 - 415457 * 1,44^2 + 345703 * 1,44 - 116074$$

$$y = 109,6_{\text{мм}}$$

Колорит:

$$y = 286,06 * 1,44^6 - 4023,7 * 1,44^5 + 23039 * 1,44^4 - 68588 * 1,44^3 + 111723 * 1,44^2 - 94179 * 1,44 + 32201$$

$$y = 109,7_{\text{мм.}}$$

Таким чином: У роботі розроблено метод оцінки ризиків вирощування гібридів соняшника в умовах в південно-східній степовій зоні України, що спричинені кліматичними змінами (середньорічна кількість опадів та за період вегетації).

Запропонованим методом побудовано прогнози оцінки врожайності гібридів соняшнику «Регіон», «Колорит», «Кирило».

Зібрано дані щодо врожайності гібридів соняшнику «Регіон», «Колорит», «Кирило» на ділянках Інституту олійних культур НААН України за останні 10 років.

Зібрано дані кількості опадів за рік та за період вегетації «травень» -

«липень» у Запорізькій області за останні 10 років.

Побудовано трендові моделі «врожайність - середньорічна кількість опадів» та «врожайність - середня кількість опадів за період вегетації» для гібридів соняшнику «Регіон», «Колорит», «Кирило».

Побудовано прогнози щодо врожайності вирощування гібридів соняшнику «Регіон», «Колорит», «Кирило» по даним врожайності, кількості опадів за рік та за період вегетації, які зібрано за останні 10 років.

Оцінено ризики по врожайності як відхилення модельного значення врожайності від фактичного.

Можна вважати, що побудовані трендові моделі можуть забезпечити прогноз оцінки врожайності з точністю не вище 14% для моделей з даними середньорічних рівнів опадів, й тільки 20% для моделей з даними рівнів опадів за вегетаційний період [19]. Отже, є актуальним подальший пошук адекватних моделей для оцінки ризиків у аграрному виробництві. Одним з напрямків дослідження проблеми можемо використати метод побудови нечіткої моделі при вирощуванні олійних культур.

3. ПОБУДОВА НЕЧІТКОЇ МОДЕЛІ ВИРОЩУВАННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР НА ПРИКЛАДІ ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДУ «РЕГІОН»

Одним з засобів створення конкурентоздатного середовища у сільськогосподарському виробництві є можливість передбачення якості та кількості отриманої продукції за кожен рік. Для цього необхідно добре орієнтуватися як у агрономічних тенденціях вирощування та і в передбаченні, на основі статистичних даних, умов означених впливом навколишнього середовища. Повна достовірна оцінка впливу опадів, температури, сонячної активності та інших чинників природної активності, а також використання добрив дає змогу визначити сильні та слабкі місця під час формування, та використання планів сільськогосподарського виробництва що сприяє економічному зростанню на підприємстві.

Наявні результати сучасних економічних досліджень показує дієвість застосування нечітких технологій з використанням програмного продукту Matlab для комплексної оцінки результатів діяльності підприємства [30, 31]. Нечіткі технології позбавлені багатьох недоліків економіко метричного підходу. Вони дають змогу отримати адекватну оцінку методів та умов вирощування. Забезпечують можливість прогнозування складних функціональних систем.

Наблизити математичну модель до прогнозу кваліфікованих спеціалістів можна з використанням нечіткої логіки. Недостатність інформації за багатьма факторами протягом тривалого періоду, відсутність встановлених взаємозв'язків ознак від тих чи інших чинників вимагають застосування нечіткої логіки та теорії нечітких множин.

Методика інтегральної оцінки урожайності будується на теорії нечітких множин і включає такі етапи.

Етап 1. Визначення показників впливу на врожайність та формування дерева логічного виведення Для комплексної оцінки урожайності необхідно

розробити єдиний інтегральний показник, який синтезує часткові показники, що характеризують структуру врожайності, тобто всі його елементи. Розроблена модель комплексної оцінки повинна бути пристосована для використання експертної інформації про об'єкт дослідження (врожайність) у вигляді логічних правил. Для моделювання багатомірних залежностей «входи – вихід» доцільно використовувати ієрархічні системи нечіткого виведення (які можна використовувати і за відсутності навчаючих вибірок, які використовуються при створенні нейронних мереж). У таких системах вихід однієї бази знань подається на вхід іншої, більш високого рівня ієрархії. Застосування ієрархічних нечітких баз знань дає змогу подолати «прокляття розмірності». За великої кількості входів експерту важко описати нечіткими правилами причинно-наслідкові зв'язки. Ще однією перевагою ієрархічних баз знань є компактність. Невеликою кількістю нечітких правил в ієрархічних базах знань можна адекватно описати багатомірні залежності «входи – вихід» [28].

Взаємозв'язок між показниками, які визначають рівень врожайності, представлено у вигляді ієрархічного дерева логічного виведення урожайності (рис.3.1).

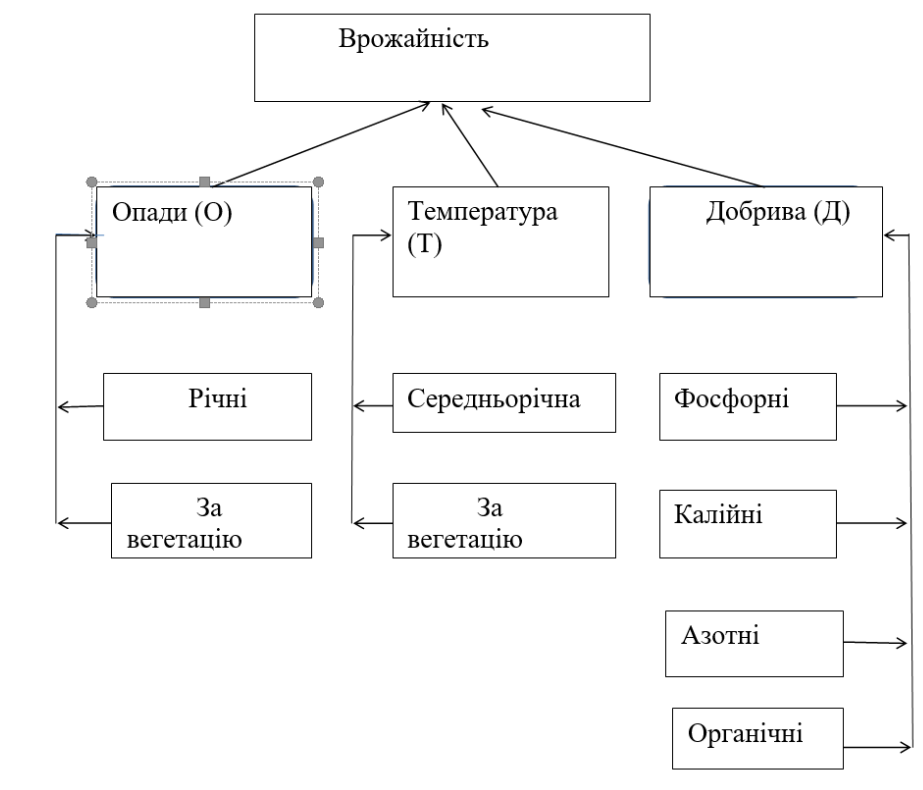


Рисунок 3.1 - Граф логічного виведення

Показники опадів (О) являє собою комплексну оцінку опадів які можна представити виразом

$$O = f_O(a_1; a_2),$$

де a_1 – середньо річні опади

a_2 – опади за вегетаційний період (травень, червень, липень)

Показники температури (Т) Являє собою комплексну оцінку температури при вирощуванні представлена виразом

$$T = f_T(a_3; a_4)$$

де a_3 – середньорічна температура;

a_4 —температура періоду вегетації рослин (травень, червень, липень).

Показник добрива (Д) Являє собою комплексну оцінку Кількості добрив які вносимо при вирощуванні гібриду представлена виразом

$$D = f_D(a_5; a_6; a_7; a_8),$$

де a_5 – кількість фосфорних добрив яка вноситься при вирощуванні,

a_6 – кількість калійних добрив яка вноситься при вирощуванні,

a_7 — кількість азотних добрив яка вноситься при вирощуванні,

a_8 — кількість органічних добрив яка вноситься при вирощуванні.

Таким чином, розглянуто систему показників моделювання рівня врожайності з n входами та одним виходом.

У результаті покрокового вирішення задачі отримаємо комплексну оцінку врожайності, яка являє собою інтегральну оцінку структурних елементів (кількісних та якісних показників). За критерій рівня врожайності матимемо число врожайності $[0, 3.8]$. Чим вищий рівень врожаю, тим він ближче до 3.8.

Етап 2. Опис лінгвістичних змінних

Лінгвістичною називається змінна, яка приймає значення з множини слів чи словосполучень деякої природньої мови. Формально лінгвістична змінна описується такою п'ятіркою (кортежем)

$$\{x; T; U; G; M\},$$

де x – ім'я змінної;

T – терм-множина, кожен елемент якої задається нечіткою множиною на універсальній множині U ;

G – синтаксичні правила (часто у вигляді грамматики), які породжують назви термів;

M – семантичні правила, які задають функції належності нечітких термів, породжених синтаксичними правилами з G [28].

Для вхідних кількісних змінних як універсальну множину U термів можна прийняти весь можливий діапазон значень відповідного параметра (від мінімального до максимального значення).

$$U=(u; u_{\max}),$$

де u ; $u_{\max}$ – мінімальне та максимальне значення показника.

У табл. 3.1 наведено приклад лінгвістичних змінних нечіткої моделі комплексної оцінки.

Етап 3. Визначення функцій належності лінгвістичних термів

Функція належності відображає елементи з універсальної множини певної лінгвістичної змінної на множину чисел в інтервалі $[0;1]$, які вказують ступінь належності кожного елемента універсальної множини до нечіткого терму. У низці випадків використовують типові форми функцій належності (в параметричній формі), тоді задача побудови зводиться до визначення її параметрів найбільшого поширення отримали трикутна, трапецієвидна, гасова і сигмоїдна функції належності [28]. Конкретний вигляд функції визначається потребами досліджуваної предметної сфери які необхідні для збереження окремих значень цих функцій належності.

У розглянутому прикладі для якісних змінних доцільним є використання трикутної функції. Трикутна функція належності у загальному випадку може бути задана аналітично таким виразом

$$x = \begin{cases} 0, x \leq a \\ 0, x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, b \leq x \leq c \\ 0, c \leq x \end{cases},$$

де a, b, c – деякі числові параметри, які приймають довільні дійсні значення і впорядковані відношенням: $a \leq b \leq c$;

(a, c) – носій нечіткої множини – песимістична оцінка нечіткого числа;

b – координата максимуму – оптимістична оцінка нечіткого числа [28].

Етап 4. Перевірка моделі на адекватність

Перевірку на адекватність створеної моделі можемо здійснити за допомогою вводу реальних даних за введення таких вхідних значень.

Для цього використаємо функцію fuzzy пакету Матлаб. Функції, що входять до модуля Fuzzy Logic Toolbox можуть бути викликані з командного рядка. Для отримання переліку функцій слід ввести команду: `help fuzzy`. Наведемо короткий огляд функцій модуля Fuzzy Logic.

Редактори з графічним інтерфейсом користувача: `anfisedit` – інструмент для навчання та тестування ANFIS; `findcluster` – інструмент для каутеризації; `fuzzy` – базовий редактор FIS; `mfedit` – редактор функцій приналежності; `ruleedit` – редактор та аналізатор правил; `ruleview` – демонстратор правил та діаграм нечіткого виведення; `surfview` – демонстратор вихідної поверхні [30].

Побудова нечіткої моделі засобами Fuzzy Logic Toolbox: Розробку нечіткої моделі (назвемо її `freezer`) будемо виконувати з використанням графічних засобів системи MATLAB. З цією метою відкриємо редактор FIS командою `">> fuzzy"` і визначимо 3 вхідні змінні з іменами «температура», «опади», «добрива» і одну вихідну змінну з ім'ям «врожайність».

Таблиця 3.1 - Лінгвістичні змінні нечіткої моделі комплексної оцінки

Параметр	Назва лінгвістичної змінної (x)	Універсальна величина (U)	Лінгвістичні теми (T)
a ₁	Середньорічні опади	0-684 мм	
		0-200- низькі	Низькі
		201-450-середні	Середні
		451-700-високі	Високі
a ₂	Опади за вегетацію	0-341мм	
		0-150	Низькі
		151-280	Середні
		281 і більше	Високі
a ₃	Середньорічна температура	0-50 градусів	
		0-12	Низькі
		13-25	Середні
		25 и більше	Високі
a ₄	Середня температура у період вегетації	8-50градусів	
		8-15	Низькі
		15-25	Середні
		26 і більше	Високі
a ₅	Застосування добрів	0-80кг/га	0-100%
a ₆	a ₅ ,a ₅ ,a ₇ – NPK	0-30кг/га	0-30-Низький
a ₇	a ₈ органіка	0-150 кг/га	31-70-середній
a ₈		0-50 т/га	Більш71- високий

Вхідні змінні опади, температура та застосування добрів не завжди мають чіткі значення. Тому, впираючись на знання агрономії, Багаторічних спостережень при вирощуванні олійних культур беремо за вихідні дані значення опадів як мінімальні їх відсутність, максимальну кількість нарівні максимально спостережливих за 10 років спостереження. Аналогічно

розглядаємо і температуру. Застосування добрив розглядаємо в розрізі від їх відсутності до гранично допустимих норм.

Результатом буде величина врожайності олійної культури. Для дослідження беремо гібрид соняшнику «Регіон» спостереження за яким проводилося протягом 10 років. Данні про спостереження взяті з звітів провідних лабораторій та підрозділів інституту. Структурна схема яку створюємо матиме вигляд рис 3.1.

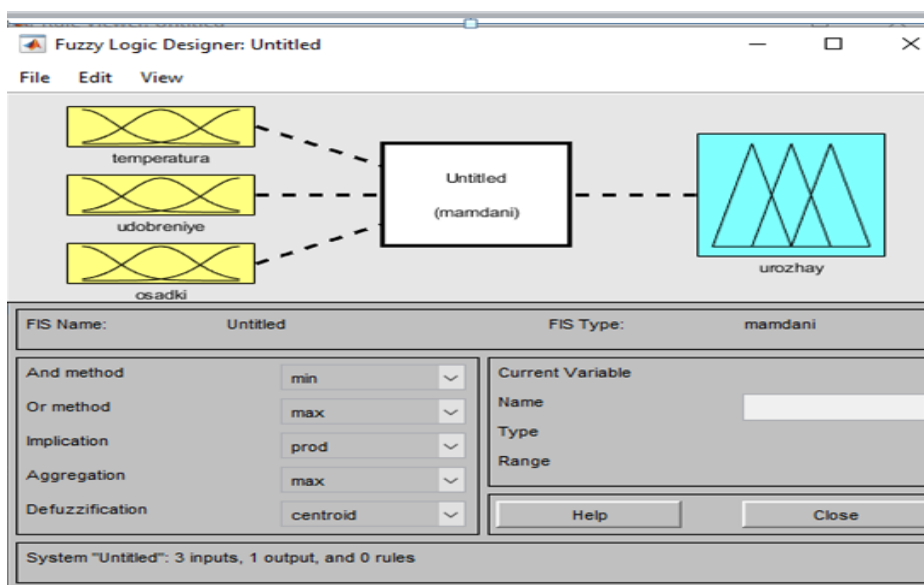


Рисунок 3.1 - Структурна схема залежності урожаю від опадів, температури, добрив при вирощуванні гібриду «Регіон»

Розробку нечіткої моделі буде виконано з використанням графічних засобів системи MATLAB. З цією метою відкритий редактор FIS команди «>> нечіткий» і визначив 3 вхідні перехідні з іменами «температура», «опад», «добрива» та одна вихідна змінна з іменем «врожай».

Далі потрібно визначити вид функцій приналежності для кожної з вхідних змінних і для вихідної змінної. Графіки функцій належності встановлюються в залежності від експертних даних. Для цієї мети використовуємо редактор приналежності системи Matlab, який викликається простим подвійним кліком по імені всіх змінних. У самому редакторі змінні

перемикаються так само простим к ліком миші. Далі на рис 3.2, 3.3 та 3.4 приведені скріншоти для кожної з змінних

Мінімальні значення становлять 0,012 максимальні 0,168 метра опадів.

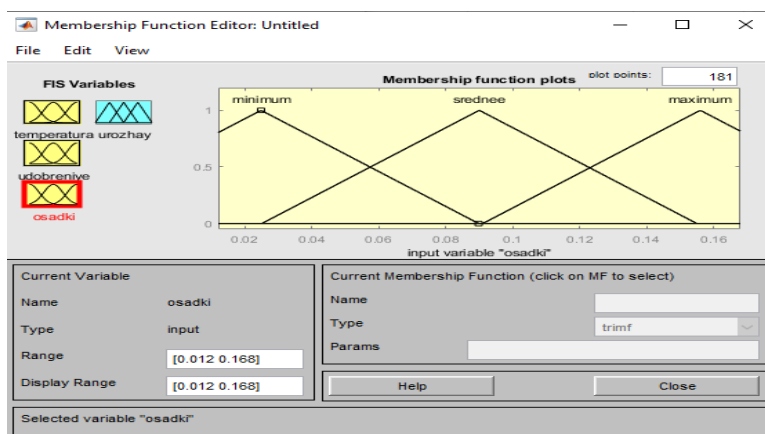


Рисунок 3.2 - Вікно редактора опадів

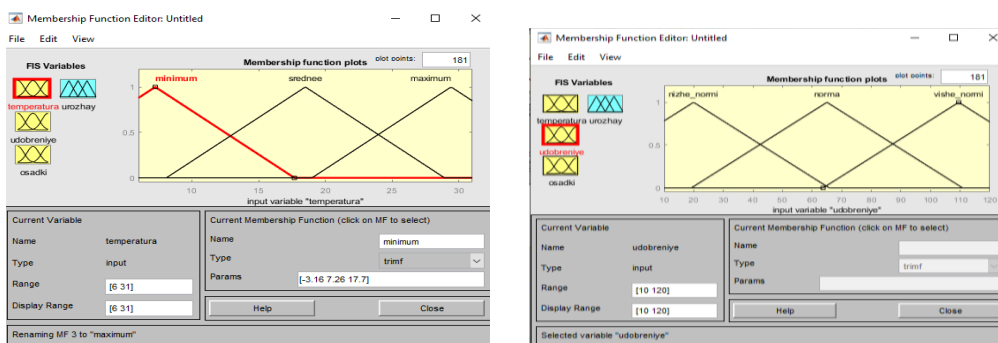


Рисунок 3.3 - Вікна з завантаженими даних температура та добрива

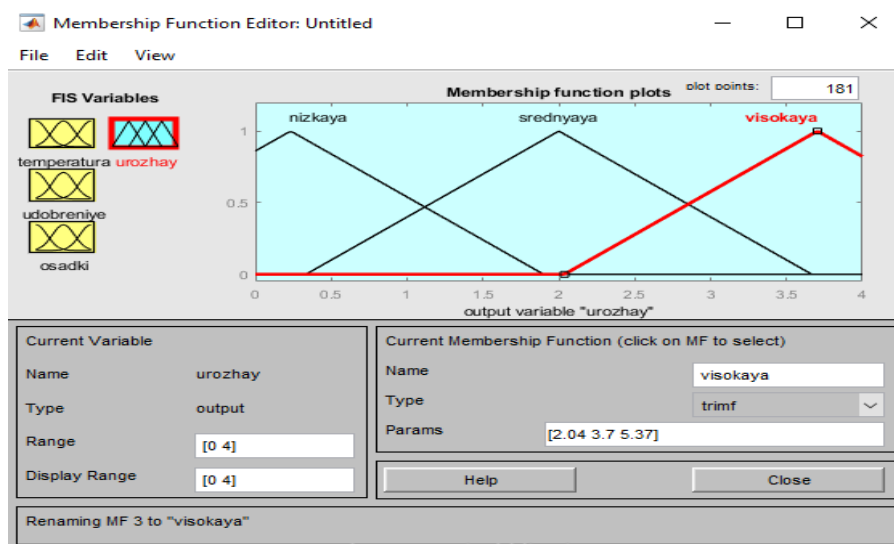


Рисунок 3.4 - Вікно з даними про врожайність

Максимальна врожайність становить близько 3,8 тон з га., середня близько 2 тон з га.

Задаємо правила для розроблюваної системи нечіткого виведення. Сам блок правил пишемо самостійно використовуючи експертні данні а також дані з спостережень які проводили співробітники інституту. Для завдання правил скористаємося редактором правил системи MatLab. Викликати його можна через контекстне меню "-> edit-> rule editor". Для створення правила треба вибрати значення кожної з вхідної змінної, визначити операцію відносини і вибрати значення вихідної змінної. У нашому випадку правила задаються через логічну операцію "І". Вікно введення даних рис 3.5.

В результаті виконаних дій була змодельована система нечіткого виведення для заданого блоку з 9 правил які обумовлені кількістю варіантів які розглядалися. Тепер можна переходити до її аналізу.

Проаналізуємо отриманий графік поверхні рис 3.6. Аналіз графіку дає уявлення що при температурі близько 15 градусів опадах від 80 до 150 міліметрів та з застосуванням добрив маємо високий урожай гібриду . Таким чином ми з'ясували які умови є найбільш сприятливими при

виросуванні.

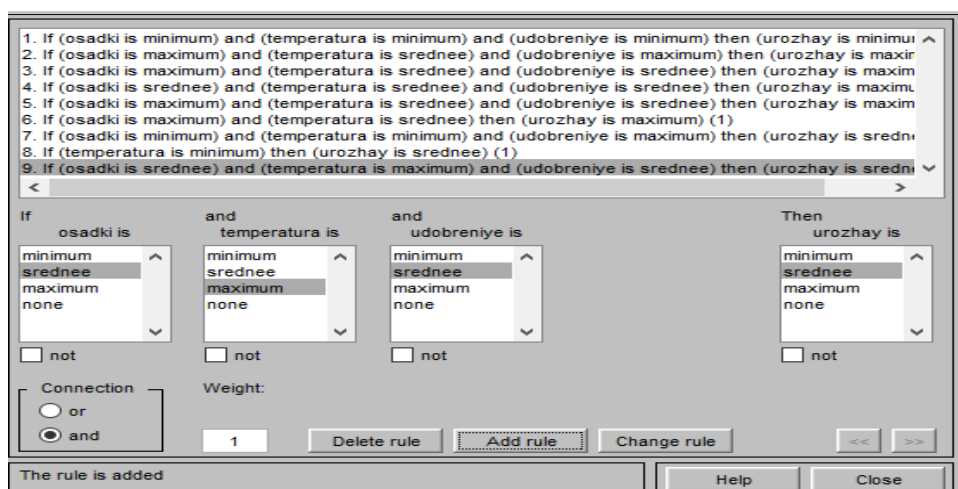


Рис 3.5. Вікно введення даних

Найбільш стабільні врожаї у розмірі 2,4 т/га маємо при таких самих значеннях опадів але при значно більших значеннях температур, що свідчить про високу стійкість сорту до глобального потепління яке спостерігається в останні часи.

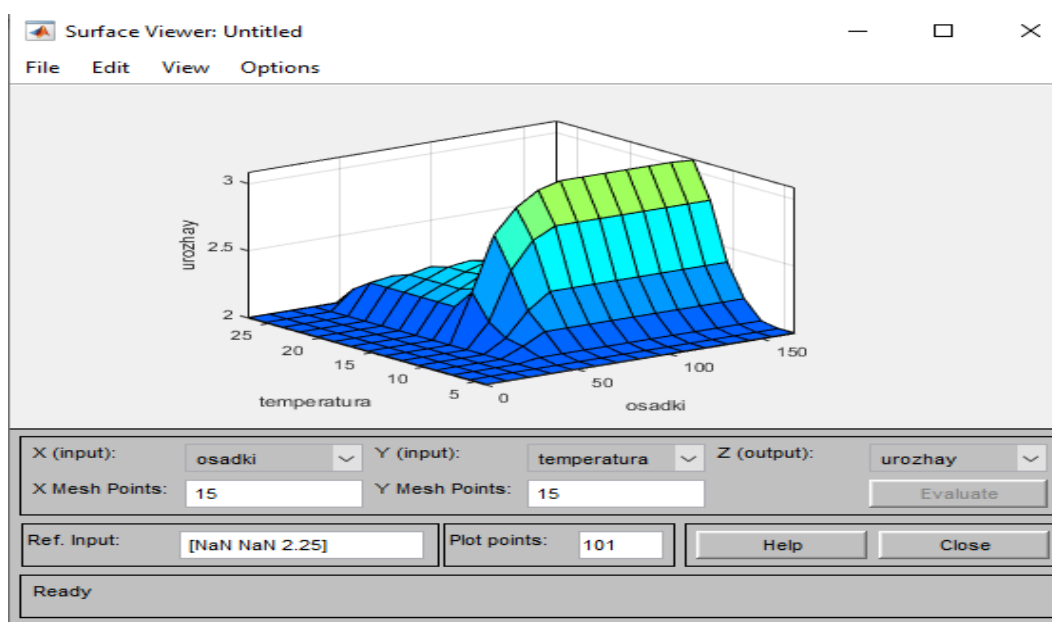


Рисунок 3.6 - Графічний інтерфейс

Програма перегляду поверхні виведення має головне меню, яке дозволяє користувачеві викликати інші графічні засоби роботи з системою нечіткого виведення FIS, завантажувати і зберігати структуру FIS в зовнішніх файлах і т. і. [30]. Ця програма служить для загального аналізу адекватності моделі, дозволяючи оцінити вплив зміни значень вхідних нечітких змінних на значення однієї з вихідних нечітких змінних. У разі необхідності можна отримати графік залежності вихідної змінної від однієї з вхідних змінних. Для цього необхідно вибрати потрібну змінну в списку X (input), а в списку Y (input) вибрати значення «none».

Використовуючи інтерфейс вікна перегляду можемо робити зміни вхідних даних отримуючи кінцевий результат величину врожайності при тих чи інших значеннях опадів, температури та застосування добрив та їх кількості. Зображення вікна аналізу на рис 3.8, та 3.9.



Рисунок 3.7 - Вікна аналізу результатів

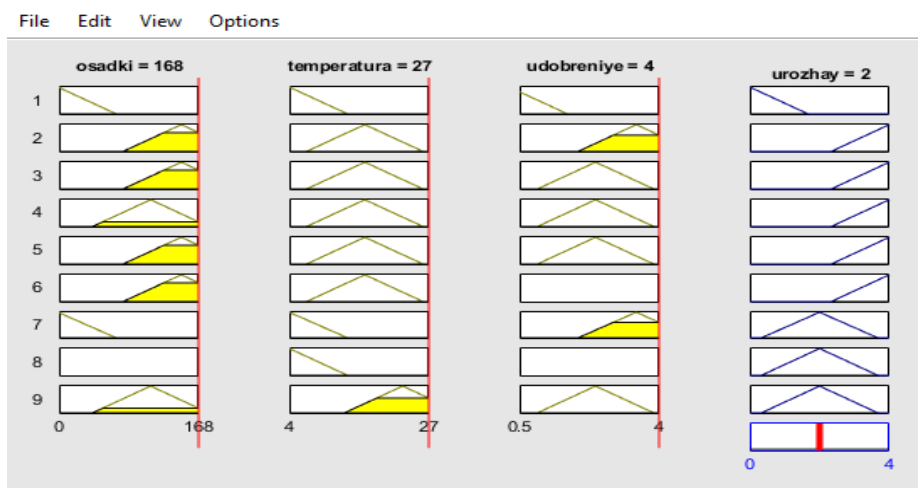


Рисунок 3.8 - Вікно аналізу результатів

Червону лінію, яка може бути переміщена, тим самим міняючи значення вхідних даних та отримуючи значення вихідного скорегованого з урахуванням вихідних даних.

Наприкінці розгляду процесу розробки системи нечіткого виводу виявилось, що найбільшу ефективність ця модель виявляє при великій кількості змінних та наявності великої кількості правил нечіткого виводу. Наявність візуалізації функцій, їх термів дозволяють істотно зменшити трудомісткість розробки нечіткої моделі, знизити кількість можливих помилок і скоротити загальний час нечіткого моделювання. В розробці нечіткої моделі є недолік графічного виводу, оскільки усі змінні і правила, як що їх дуже багато не можуть відобразитись графічно. Їх кількість зазвичай обмежується десятима. Як що використовувати більше, то у більшості графічних редакторів спостерігаємо спотворення зображення різного ступеня до повного його викривлення. Процес розробки системи нечіткого виведення в режимі команд може доповнити, а в окремих випадках і замінити процес розробки в інтерактивному режимі, надаючи користувачу повний контроль над усіма змінними робочої області системи MATLAB [30].

Згідно з проведенням аналізом результатів спостережень за змінами погодних умов та врожайності ми не можемо стверджувати що врожайність

не є лінійно залежною величиною від кількості опадів. Врожайність гібридів залежить як від опадів так і від температури навколишнього середовища та від інших подразників що впливають на врожайність. Метод регресійного аналізу для створення прогнозів опадів та врожайності застосувати неможливо. Тому що коефіцієнт детермінації R^2 з отриманих регресійних моделей маємо від 0,5 до 0,85, що свідчить про низький рівень достовірності прогнозів складених за такою моделлю.

Модель нечіткого виводу даних та прогнозів на отриманий результат врожайності є більш реальною та може бути використана для грубої оцінки та планування врожаїв, але не може бути прийнята як достовірний результат тому що вхідні дані є нечіткими та дають уявлення про діапазон змін з якими ми можемо аналізувати результат.

Для точного прогнозування та планування необхідно подальший пошук рішень цієї задачі. Необхідно знайти та врахувати усі чинники які впливають на врожайність, врахувати їх величину та створити нову математичну модель вирішення задачі прогнозування.

Можливим напрямком вважаю створення нейронної мережі для прогнозування погодних умов (опадів, температурних показників) а також прогнозування врожайності гібридів. Для цього потрібні більші обсяги вихідних даних для навчання створеної нейронної мережі.

Прогноз опадів проведений ковзним середнім дав близький до реальних результатів показник опадів вегетативного періоду 290мм у той час як реально опади становили 337мм. Абсолютна помилка склала 47 мм. У той час як відносна склала 14%.

ВИСНОВКИ

У роботі розроблено метод оцінки ризиків вирощування гібридів соняшника в умовах що спричинені кліматичними змінами (середньорічна кількість опадів та за період вегетації). Методом регресійної моделі побудовано прогнозні оцінки врожайності гібридів соняшнику «Регіон», «Колорит», «Кирило». Зібрано дані щодо врожайності гібридів соняшнику «Регіон», «Колорит», «Кирило» на ділянках Інституту олійних культур НААН України за останні 10 років. Зібрано дані кількості опадів за рік та за період вегетації «травень» - «липень» у Запорізькій області за останні 10 років. Побудовано трендові моделі «врожайність - середньорічна кількість опадів» та «врожайність - середня кількість опадів за період вегетації» для гібридів соняшнику «Регіон», «Колорит», «Кирило».

Створено прогнози щодо врожайності вирощування гібридів соняшнику «Регіон», «Колорит», «Кирило» по даним врожайності, кількості опадів за рік та за період вегетації, які зібрано за останні 10 років. Оцінено ризики по врожайності як відхилення модельного значення врожайності від фактичного. Побудовані трендові моделі можуть забезпечити прогноз оцінки врожайності з точністю не вище 14% для моделей з даними середньорічних рівнів опадів, й тільки 20% для моделей з даними рівнів опадів за вегетаційний період. Це дуже низький рівень достовірності прогнозів складених за такою моделлю ставить задачу пошуку інших алгоритмів.

Випробувана модель нечіткого виводу даних та прогнозів на отриманий результат врожайності є більш реальною та може бути використана для грубої оцінки та планування врожаїв, але не може бути прийнята як достовірний результат, тому що вхідні дані є нечіткими та дають уявлення про діапазон змін з якими ми можемо аналізувати результат.

Для точного прогнозування та планування необхідно подальший пошук рішень цієї задачі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Досягнення з селекції соняшника в ІОК НААН / Н.М.Кутіщева, Л.І.Шудря, С.І.Одинець, В.О.Середа, І.С. Цис // Науково технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. – 2014. – № 20. – С.136-149.
2. <https://www.apk-inform.com/ru/harvest/fieldwork/1519478>
3. Ведмедєва К.В. Кутіщева Н.М. Посуха і соняшник // The Ukrainian Farmer, вересень, 2012р. С.45-47.
4. Дослідження впливу регіональних кліматичних змін в Україні на властивості агроєкосистем і механізми їх пристосування за між річної мінливості агрометеорологічних умов та несприятливих явищ [Текст] : звіт про НДР (заключний). Шифр роботи 2/12. – К.: УГМІ, 2012. – № держреєстрації 0112400465
5. Дмитренко, В.П. Напрями і засоби врахування та використання несприятливих явищ погоди в моделі «погодаурожай»/ В.П. Дмитренко, А.В. Круківська, Н.К. Строкач // Гідрометеорологія і охорона навколишнього середовища: міжнар. конф.: тези доп., 2002. – Одеса, 2003. – С. 218-223. Клімат України / За ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – К.: Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.
6. Хаданович Д. В. Математическое моделирование как инструмент программирования, прогнозирования и планирования урожайности сельскохозяйственных культур //Современные наукоемкие технологии. – 2013. – №. 8-1. – С. 84-85.
7. Иваньо Я. М., Попкова Ю. В., Столопова Ю. В. Факторные модели изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур с учетом динамики и автокорреляции //Актуальные вопросы аграрной науки. – 2018. – №. 26. – С. 47.

8. Шмидт Ю. Д., Куликов В. Е. Моделирование урожайности сельскохозяйственных культур // Вестник ТГЭУ. 2006. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-urozhaynosti-selskohozyaystvennyh-kultur> (дата звертання: 15.12.2021).
9. Хворова Л. А., Брыксин В. М. Применение математических методов и математического моделирования для оценки агроклиматического потенциала территорий // Известия Алтайского государственного университета. – 2002. – №. 1.
10. Тургунов Т. Т. Вопросы прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур с помощью методов математического моделирования // Global Science and Innovations: Central Asia. – 2021. – Т. 2. – №. 7. – С. 135-140.
11. Кваша, С. М. Економічне обґрунтування програми виробництва зерна пшениці в Україні/ С. М.Кваша, М. М. Ільчук, І. А. Коновал // Економіка АПК. – 2013. – №3.– С.16-24.
12. Kumar, V. Forecasting wheat yield in the Canadian Prairies using climatic and satellite data. Available / V. Kumar, C.E. Haque // Prairie-Perspectives. – 2013. – V101.– P. 81-92. – Access mode: <http://pcag.uwinnipeg.ca/Prairie-Perspectives/PP-Vol01/Kumar-Haque.pdf>.
13. Ильченко А. Н. Экономико-математические методы. – 2006. – С. 288.
14. Рогачев А. Ф. Математическое обеспечение системы поддержки принятия решений на основе ГИС-технологий // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2009. – №. 2.
15. Рогачев А. Ф., Шубнов М. Г. Оценка прогнозного уровня урожайности сельскохозяйственных культур на основе нейросетевых моделей динамики // Известия НВ АУК. 2012. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-prognoznogo-urovnya-urozhaynosti->

selskohozyaystvennyh-kultur-na-osnove-neyrosetevykh-modeley-dinamiki (дата звертання: 15.12.2021).

16. Guimarães B. V. C. et al. Yield prediction of ‘Prata Anã’ and ‘BRS Platina’ banana plants by artificial neural networks // Pesquisa Agropecuária Tropical. – 2021. – Т. 51. DOI 10.1590/1983-40632021v5166008

17. Likhatsevich A. P. Mathematical model of agricultural crop yield // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian Series. – 2021. – Т. 59. – №. 3. – С. 304-318. DOI 10.29235/1817-7204-2021-59-3-304-318

18. Гібриди [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://imk.zp.ua/index.php/kataloh-sortiv-ta-hibrydiv/soniashnyk/hibrydy>

19. Ведмедєв, С.Р. Оцінка врожайності гібридів соняшнику/ С.Р.Ведмедєв, Е.В.Терещенко// Інформаційні технології: теорія і практика. IV Всеукраїнська інтернет-конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених. Тези доповідей (Дніпро – Запоріжжя – Харків 17 – 19 берез. 2021) [Електронний ресурс] / М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Електрон. текст. дані. – Дніпро : НТУ «ДП», 2021. – С. 14-17

20. Добровольський, А.В. Ефективність сучасних рістрегулюючих препаратів за біологізації технології вирощування соняшнику в південному степу України : автореф. дис. ... канд.с.-х.н. 06.01.09. Херсон, 2019. 23с.

21. Урожайність соняшнику залежно від погодних умов та гібридного складу / А. V. Kokhan, V. M. Totskyi, O. I. Len, O. A. Samoilenko // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – 2021. – №28. – Р. 164–172. – Access mode: <https://doi.org/10.47414/np.28.2020.211069>

22. <http://www.imk.zp.ua/index.php/naukovi-pidrozdily/viddil-selektsii/laboratoriia-selektsii-mizhliniinykh-hibrydiv-soniashnyka>

23. Моніторинг погоди [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=34601>.

24. Системний аналіз в селекції польових культур / П.П. Літун, В.В. Кириченко, В.П. Петренкова, В.П. Коломацька. – Харків: Навчальний посібник, 2009. – С.351.
25. Кривошеїн, О.О. Оцінка впливу погодних умов та організаційно-технологічних заходів на урожайність озимої пшениці за її кліматичним потенціалом/ О.О.Кривошеїн, Л. П. Однолєток, Л. П. Дзюба // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. – 2016. – №. 269. – С. 151-158.
26. Michel, L. Comparison of Statistical Models for Analyzing Wheat Yield Time Series/ L.Michel, D.Makowski [Electronic resource] // PLUS ONE. – 2013. – V8. –№18. – Р. 1-11. – Access mode: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0078615> .
27. Основи нечіткого логічного керування: метод. вказівки до виконання практ. робіт для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заоч. форм навч. спец. 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології ; Харків. нац. техн. у-т сіл. госп-ва ім. П. Василенка ;уклад.: С. О. Тимчук, А. О. Панов. – Харків : [б. в.], 2019.– 34 с.
28. Демченко Г. В. Застосування апарату нечіткої логіки у формуванні комплексної оцінки організаційного забезпечення активізації інноваційної діяльності промислового підприємства //Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: Економіка і менеджмент. – 2017. – №. 26 (1). – С. 79-85.
29. Прусов, В.А. Фізичні і математичні моделі, чисельні методи аналізу прогнозу природних та техногенних процесів в атмосфері УкрНДГІ / В.А. Прусов, А.Ю. Дорошенко. – К.: Наукова думка, 2006. – 542 с.
30. Леоненков, А. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. / А. Леоненков.- СПб.: БХВ- Петербург, 2005. – 736 с.
31. Штовба, С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Електроний ресурс] . – Режим доступу: <http://forest.akadem.ru/library/matlab/fuzzylogic/book1/index.html>

32. Україна: біржові ціни на сільгосппродукцію [Електроний ресурс].
– Режим доступу: <http://www.proagro.com.ua/periodical/basic/as368/7950.html>