



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування
Навчально-науковий інститут водного господарства
та природооблаштування
Кафедра гідроінформатики

01-02-183

Методичні вказівки

до практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни
«Системний аналіз у водному господарстві»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації
«Рациональне використання та охорона водних ресурсів»
денної та заочної форми навчання

Рекомендовано науково-методичною
радою з якості навчально-наукового
інституту водного господарства та
природооблаштування
Протокол № 3 від 21.11.2019 р.



Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Системний аналіз у водному господарстві» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Раціональне використання та охорона водних ресурсів» денної та заочної форми навчання / Новачок О. М. – Рівне : НУВГП, 2019. – 32 с.

Укладач: Новачок О. М., кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри гідроінформатики.

Відповідальний за випуск: Клімов С. В., к.т.н., доцент, завідувач кафедри гідроінформатики.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Керівник групи забезпечення
спеціальності

Хлапук М. М.

© Новачок О. М., 2019

© НУВГП, 2019



ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Основні поняття системного аналізу.....	5
2. Методичні поради до практичних занять	18
2.1.Провести попередній аналіз залежності врожайності с/г культури від параметру ґрунту	20
2.2. Визначити тісноту зв'язку між заданими факторами	21
2.3.Визначити коефіцієнти для рівняння регресії	22
2.4.Визначити індекс кореляції	24
2.5.Визначити інтервали довіри з заданим ступенем довіри	25
Питання гарантованого рівня знань	27
Рекомендована література	27
Додатки.....	28



Національний університет
водного господарства
та природокористування



Вступ

Методичні вказівки призначені для використання при вивченні дисципліни «Системний аналіз у водному господарстві» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, які навчаються за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Раціональне використання та охорона водних ресурсів» денної та заочної форми навчання.

Метою курсу «Системний аналіз у водному господарстві» є формування у майбутніх фахівців системного мислення, усвідомлення необхідності застосування системного підходу до вирішення завдань проектування, будівництва та експлуатації водогосподарських об'єктів та систем.

Основними завданнями навчальної дисципліни є:

- ознайомлення студентів з основними поняттями системного аналізу;
- розкриття можливостей системного підходу в інженерній та управлінській діяльності у водному господарстві.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні:

знати:

- місце системного аналізу в сучасній науці;
- основні процедури системного аналізу;
- методи опису систем.

вміти:

- за результатами спостережень за поведінкою систем, вміти будувати математичні моделі «вхід-вихід».

набути навичок:

- використання інформаційних технологій при вирішенні задач у водному господарстві.



1. Основні поняття системного аналізу

Система (від грец. — поєднання, устрій, утворення) - це сукупність елементів, які знаходяться в відношеннях, зв'язках один з одним, утворюють певну цілісність, єдність [1]. (Система - сукупність якісно визначених елементів (зміст системи), між якими існує закономірний зв'язок чи взаємодія (структура системи)). **Елемент** - це складова частина складного цілого. Елемент розглядають, як неподільну системну компоненту. Число елементів визначає **порядок системи**. Частина системи, яка розглядається в якості системи, називається **підсистемою**. Система, в яку входить дана система в якості підсистеми називається **надсистемою**. Абстрактна сукупність елементів і зв'язків між ними утворюють **структуру системи**. Сукупність структури, її властивостей і способу реалізації складають поняття **структурності**. Предметним аналогом структури системи може служити загальна змістовна частина таких понять, як каркас, скелет [1]. **Системний підхід** - напрям у спеціальній методології науки, завданням якого є розробка методів дослідження й конструювання складних за організацією об'єктів, як систем. **Системний підхід** – комплексне вивчення проблеми, як єдиного цілого, з позиції системного аналізу (вхід, процес (перетворювач), вихід, мета, зворотний зв'язок та обмеження). **Системний аналіз** - це методологія дослідження об'єктів через представлення їх в якості систем та аналізу цих систем (встановлення та оцінка взаємозв'язків, відповідно до заданої цільової функції та обмежень). (**Системний аналіз** - метод підготовки й обґрунтування рішень по розв'язанню складних комплексних проблем). **Системний аналіз** є ефективним засобом вирішення складних, недостатньо чітко сформульованих проблем. Довільний об'єкт розглядається не як єдине неподільне ціле, а як система взаємозв'язаних складових елементів, їх властивостей та якостей. Системний аналіз зводиться до уточнення складної проблеми, до її структуризації в серію задач, вирішуваних за допомогою економіко-математичних методів, деталізації цілей, конструювання ефективної організації для досягнення цілей. **Меліоративна система** - технологічно цілісна інженерна інфраструктура, що включає в себе такі окремі об'єкти, як меліоративна мережа каналів, трубопроводів (зрошувальних, осушувальних, осушувально-зволожувальних, колекторно-дренажних) з гідротехнічними спорудами і насосними



станціями, захисні дамби, спостережну мережу, дороги і споруди на них, взаємодія яких забезпечує управління водним, тепловим, повітряним і поживним режимом ґрунтів на меліорованих землях [9].

Замкнутість і поняття неповноти замкнутості. Довільний процес дослідження починається з визначення об'єкту дослідження. Таке виділення об'єкту приводить до розділення всієї сукупності явищ на дві частини: об'єкт та навколишнє середовище (під яким розуміють інтегральний ефект від всієї іншої різноманітності явищ, об'єктів, фактів). Для полегшення досліджень часто проводять **процес ідеалізації**, при реалізації якого обов'язково виконують дві умови: 1. Об'єкт розглядають ізольовано від середовища. 2. При дослідженні враховують не всі, а тільки важливі для мети досліджень, властивості об'єкту. Кожен з пунктів реалізується в повній або частковій мірі. Наприклад, вивчаючи якусь систему, можна умовно допустити, що вона повністю не взаємодіє з навколишнім середовищем. При цьому всі процеси, що проходять в ній, в тому числі і сам факт її існування, повинні бути виведені і обґрунтовані лише властивостями, особливостями та можливостями тільки цієї однієї системи, без залучення зовнішніх впливів. Такий рівень ідеалізації при виділенні об'єкту з навколишнього середовища приводить до поняття замкнутості. **Замкнутою** називається система, абсолютно ізольована від навколишнього середовища. Очевидна умовність поняття замкнутості. Дійсно, якщо система повністю замкнута, то її дослідження неможливе тому, що відсутній взаємозв'язок з цією системою. Умову замкнутості часто замінюють менш жорсткою вимогою (особливо в природничих науках, де процес дослідження супроводжується великою кількістю вимірів): взаємодія досліджуваного об'єкту та засобів дослідження повинна бути такою, щоб не вносила суттєвих змін в процеси та хід життєдіяльності об'єкту. При цьому під несуттєвими змінами (будь-яка взаємодія вносить зміни) розуміють такі зміни, які знаходяться нижче меж заданого рівня точності вимірів. При виконанні другого пункту (виділення найбільш суттєвих властивостей досліджуваного об'єкту) часто виникає ситуація, коли замість об'єкту вивчають його еквівалент - модель.



Моделлю називається деякий об'єкт-замінник, який у визначених умовах може замінити об'єкт-оригінал, відтворюючи потрібні характеристики і властивості оригінала, при цьому модель має суттєві переваги.

Об'єкт та його модель повинні бути рівнозначними за властивостями, що вивчаються (в межах необхідної точності) в усьому діапазоні умов проведення досліджень. Виконується ця умова за рахунок моделювання та ідентифікації. Наявність моделі, в якій свідомо враховані не всі, а лише потрібні основні властивості та умовність поняття ідеальної замкнутості, привели до виникнення поняття неповноти. Під терміном **неповнота** розуміють явище, суть якого полягає в умовності поняття ізольованої, повністю замкнутої системи, об'єкта, явища чи визначення. Однозначніше і в вужчому розумінні, **неповнота** може означати міру задоволення досліджуваною системою (моделлю) заданих умов [1].

Моделі поділяють на: пізнавальні та прагматичні. **Пізнавальні** моделі є формою організації і представлення знань, засобом поєднання нових знань з наявними. При виявленні розходжень між моделлю і реальним об'єктом, модель змінюється, для точного відображення об'єкту, що досліджується. **Прагматичні** моделі є засобом управління, засобом організації практичної діяльності. При виявленні розходжень між моделлю і об'єктом, об'єкт намагаються змінити так, щоб максимально наблизити його до моделі. Прикладом прагматичних моделей є плани, статuti організацій, робочі креслення машин тощо.

З точки зору системного аналізу виділяють наступні моделі: „чорний ящик”, модель будови (складу) системи, модель структури системи та структурну схему системи. Модель „**вхід-вихід**” або **„чорний ящик”** - це модель системи в якій зовнішньому спостерігачу доступні лише вхідні та вихідні величини, а внутрішня будова і процеси, які протікають в системі невідомі. **Модель складу системи** описує сукупність всіх елементів та підсистем системи. **Модель структури системи** описує сукупність необхідних і достатніх для досягнення мети системи зв'язків між елементами та підсистемами. Структурною схемою системи називається модель, яка об'єднує моделі „чорний ящик”, модель будови системи та модель структури системи. Якщо виходи системи впливають на її входи то така система має **зворотний зв'язок**. Якщо виходи системи повертають стан системи до



попереднього то такий зворотний зв'язок називається **негативним**, в решті випадків він називається **позитивним**. Входи системи називаються **ресурсами**, виходи – **продуктами**. Ресурси, як правило, обмежені.

Кожен з елементів, що входять в систему, має певні особливості, або властивості, що дозволяють відрізнити його від інших елементів. В цьому розумінні кожен елемент унікальний. Сукупність елементів (система) також можуть мати властивість, або особливість, яких немає і не може бути у кожного з окремо взятих елементів. Така особливість проявляється тільки в сукупності взаємодіючих елементів. Іншими словами, наявність елементів і взаємодії між ними може привести до виникнення нових властивостей та особливостей у сукупності елементів, що розглядаються, як єдине ціле. Сукупність цілісних властивостей системи, їх особливості та закономірності утворюють поняття **емерджентності**, як однієї з системних характеристик. **Емерджентні властивості** - це особливості цілого, які відрізняються від властивостей складових частин і виділяють це ціле, як нову системну одиницю.

Наприклад: дюралюмін (дюраль, дюралюміній) - це сплав, що містить алюміній, мідь, магній та марганець, тобто його можна розглядати, як систему, яка складається з чотирьох взаємодіючих елементів. При цьому властивості сплаву (наприклад міцність, питома вага) різко відрізняється від властивостей складових елементів, утворюючи набір особливостей, які можна розглядати, як емерджентні.

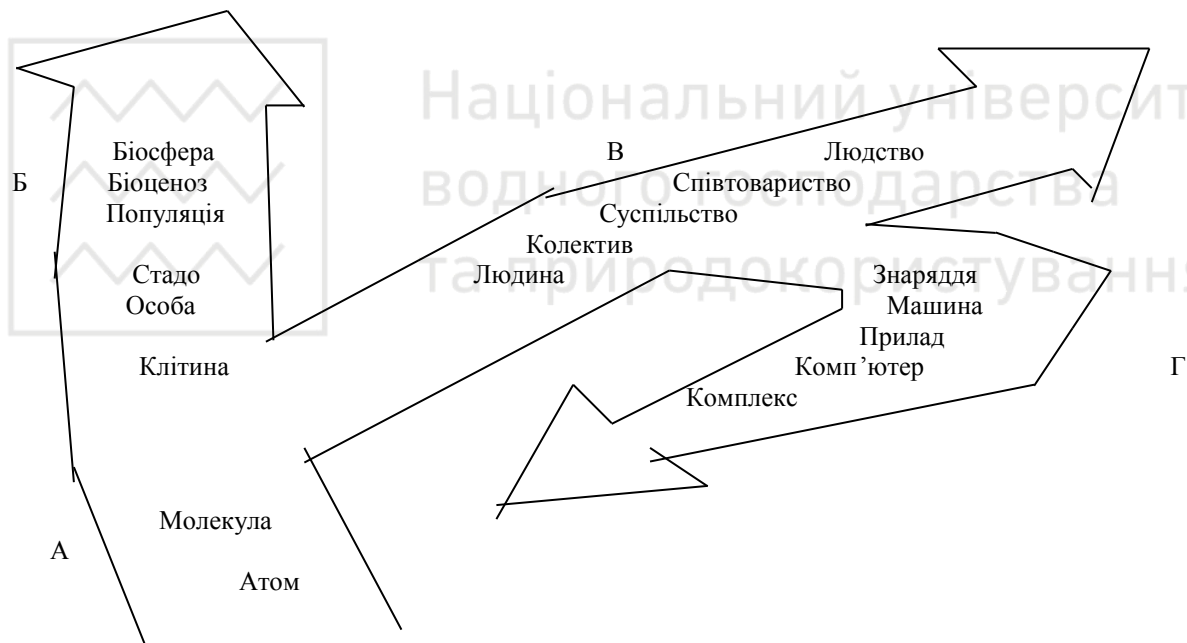
Емерджентні властивості це не просто зміна чисто кількісної сторони якихось властивостей чи характеристик, але і поява принципово нових якостей та понять, які **принципово** не можуть бути виявлені в окремих елементах системи [1].

Ієрархічність - це наявність сукупності внутрісистемних рівнів, їх властивостей, закономірностей їх утворення та існування. Система, частини якої також є системами (мають внутрішню будову), називається ієрархічною. При цьому говорять про двохрівневу ієрархію. Внутрішні системи розглядаються як перший рівень ієрархії (нижчий), зовнішня система (яка складається з складних елементів) - як другий рівень ієрархії (вищий по відношенню до першого).

Ієрархічність та її ранг (число рівнів) є доповнюючою властивістю до такої характеристики системи, як її порядок. Якщо порядок системи характеризує

складність системи на горизонтальному рівні, то ієрархічний ранг розкриває властивості зрізу її структури по вертикалі. Сукупність цих властивостей дає оцінку структурно-конструктивних параметрів системи - габаритів, які можна порівняти з довжиною та глибиною (шириною) системи.

Перехід від одного ієрархічного рівня до іншого можливий тільки в результаті подолання емерджентних властивостей системи. Прямої взаємодії різних ієрархічних рівнів не існує. Спроба здійснення безпосередньої взаємодії елементів різного ієрархічного рівня приводить до знищення ієрархічності, як системного поняття.



Мал.1.1. Ієрархія систем

Лише ієрархічна впорядкованість світу дозволяє досягнути його різноманітність. В частині світу, яка нам відома, співіснують, взаємодіючи, три ієрархії, які виникли послідовно: фізико-біологічна (А,Б), соціальна (В) - та технічна ієрархія (Г), що виникла штучно. На мал. 1.1 наведені лише незаперечні класи.

Об'єднання класів систем з різних ієрархій приводить до "змішаних" класів. Наприклад, об'єднання "неживих" класів систем з фізичної частини ієрархії „А” з "живими" класами систем біологічної частини ієрархії „Б” приводить до змішаного класу систем, які називаються екосистемами. Об'єднання із класів систем, що



належать до ієрархій „Б,В,Г”, приводить до промислово-господарських класів систем...

Процедури системного аналізу. Для дослідження складних систем необхідна особлива єдність процедур синтезу та аналізу. Наступний перелік процедур системного аналізу, може бути ефективно застосований для дослідження систем.

1. **Визначити межі досліджуваної системи.** Ці межі умовні і диктуються конкретним завданням дослідження.

2. **Визначити всі надсистеми, в які входить досліджувана система в якості частини.** Строго кажучи, кожна система належить безконечній кількості надсистем, але, виходячи з вимог конкретної задачі, необхідно обмежитись лише колом найбільш значимих надсистем. Якщо врахувати, що кожна з систем та кожен з компонентів можуть мати свої специфічні цілі, які часто протирічать одна одній, то стає ясною **необхідність свідомого вивчення середовища, яке оточує систему.** В протилежному випадку, вся сукупність численних впливів, які здійснюють надсистеми на систему буде здаватись хаотичною та непередбачуваною, виключаючи можливість розумного управління системою.

3. **Визначити основні риси і напрямки розвитку всіх надсистем, яким належить дана система,** наприклад, сформулювати їх цілі та протиріччя між ними.

4. **Визначити роль досліджуваної системи в кожній надсистемі, розглядаючи цю роль, як засіб досягнення цілей надсистеми.** Потрібно розглянути при цьому два аспекти: **ідеалізовану, очікувану роль** системи з точки зору надсистеми, тобто ті функції, які потрібно було б виконати, щоб реалізувати цілі надсистеми; **реальну роль** системи в досягненні цілей надсистеми.

5. **Визначити склад системи, тобто частини (підсистеми та елементи), з яких вона складається.**

6. **Визначити структуру системи, яка являє собою сукупність зв'язків між елементами.** Слід підкреслити **поліструктурність** довільної системи. Наприклад, на підприємстві існує: **організаційна, інформаційна, економічна структура...**

7. **Визначити функції частин системи, тобто** цілеспрямовані дії компонентів, їх “вклад” (позитивний та негативний) в реалізацію ролі системи в



цілому. При цьому слід **відокремити проголошувані, або задані функції компонентів від реально виконуваних**. Принципово важливим є гармонічне, без протиріч поєднання функцій різних компонентів. Саме **узгодженість, відсутність протиріч відрізняє гармонічну систему від хаотичного набору предметів та процесів**. При цьому самі функції повинні бути **якісно різними**, що дозволить їм, доповнюючи одна одну забезпечити реалізацію широкого спектру дій, який і представляє собою роль системи в цілому. Однак, в довільній реальній системі функції компонентів узгоджені не повністю, між ними є протиріччя, які часто знижують ефективність системи в цілому. Тому **пізнання функцій компонентів повинно здійснюватись не окремо, а в єдності, у взаємодії, в виявленні протиріч між ними та міри їх узгодженості**.

8. **Виявити причини (інтегруючі фактори, мету), що об'єднують частини в систему, в цілісність.**

9. **Визначити всі можливі зв'язки, комунікації системи з зовнішнім середовищем.** Для справді глибокого, всебічного вивчення системи недостатньо вивчити її з усіма надсистемами, яким вона належить, тобто виконати процедури 2, 3, 4 даного переліку. Необхідно також пізнати такі системи в зовнішньому середовищі, яким належать **компоненти** досліджуваної системи. Усвідомлення органічної, хоч і з протиріччями, єдності всіх систем, оточуючих дану систему дозволяє зрозуміти причини її цілісності, запобігати процесам, які ведуть до розпаду системи.

10. **Розглядати досліджувану систему в динаміці, в розвитку.** Тобто сформулювати історію системи, джерело її виникнення, періоди становлення, тенденції та перспективи розвитку, переходи до якісно нових станів. Судити про довільну систему не можна лише за “моментальним знімком”, за одним значенням якогось з параметрів; необхідно досліджувати зміни параметрів, розглядаючи їх в динаміці. Для глибокого розуміння довільної системи не можна обмежуватись розглядом коротких проміжків часу її існування та розвитку. Доцільно, по можливості, досліджувати **всю її історію, виявити причини, які спричинили створення цієї системи, визначити інші системи, з яких вона виростала та будувалась**. Також важливо вивчати не тільки історію системи, або динаміку її



нинішнього стану, але й намагаться *передбачити розвиток системи в майбутньому*, тобто прогнозувати її майбутні стани, проблеми, можливості.

Перераховані процедури системного аналізу носять скоріше формальний, ніж змістовний характер. Тільки при дослідженні *конкретної* системи виникають спеціальні прийоми, формується особлива методологія, яка дозволяє знання, отримані при дослідженні даної системи, найкращим чином використовувати в подальшому пізнанні. Інакше кажучи, *сама конкретна система в ході її дослідження “допомагає” сформулювати метод її подальшого вивчення.*

Викладена послідовність процедур системного аналізу не є обов’язковою. *Обов’язковим є скоріше перелік процедур, ніж їх послідовність.* Єдине правило, в правильності якого легко переконатись на власному досвіді, полягає в доцільності *багатократного повернення в ході дослідження системи до кожної з описаних процедур.* Це є запорукою глибокого та всебічного вивчення довільної системи.

Управління пов’язане з вирішенням таких проблем, які мають велике число різноманітних факторів та умов, і не завжди виражаються з кількісного боку. Все це робить кожну задачу, яка вирішується в управлінській сфері в якійсь мірі унікальною, яка не має готового рішення. Методом системного аналізу, направленим на вирішення проблем в управлінні є побудова *„дерева цілей”*. Цей метод починається з процедури структуризації, поділу основної мети (проблеми) на складові елементи (підцілі) кожен з яких є засобом досягнення мети. Потім кожен з засобів, розглядається, як мета і поділяється на компоненти. Якщо всі ці елементи представити графічно, то отримаємо так зване «дерево цілей», обернене «короною» вниз. При цьому головна мета виявляється на верхньому рівні. Процес поділу слід вести до тих пір, поки на найнижчому рівні «дерева» не виявляться засоби, реалізація яких не викликає принципових труднощів та сумнівів. Суттєвим достоїнством вказаного методу є органічна єдність аналізу та синтезу. Сам процес поділу загальної цілі на підцілі служить способом їх об’єднання, оскільки виявляються не тільки окремі компоненти, але й відношення між ними, *зв’язок з головною метою.* Таким чином структуризація здійснюється одночасно з інтеграцією. Хоч «дерево цілей» відображає структури систем не повністю, і



замінити собою всю сукупність процедур системного аналізу не може, але, разом з тим, воно допомагає наглядно виразити «цільовий» підхід до організації, наприклад, сучасного підприємства, що особливо важливо в умовах динамічного середовища, яке постійно впливає на цілі підприємства.

Методологія вирішення цільових протиріч. Причина виникнення цілей з протиріччями завжди криється в недостатності, неуніверсальності наявних засобів, за допомогою яких можуть досягатись ці цілі. Протиріччя між цілями означає, що за допомогою наявних засобів може бути досягнута та чи інша ціль, але не дві разом. Узгодження досягається побудовою *спільного засобу*, який дозволяє в певній мірі досягати і ті й інші цілі з протиріччями. **Побудова і використання спільного засобу і є загальною ціллю суб'єктів, які мають цілі з протиріччями.** Частковий випадок цього правила: *загальною метою є сумісна узгоджена діяльність, в ході якої кожен суб'єкт використовує частину своїх засобів для задоволення цілей іншого суб'єкта.* В цьому випадку загальним засобом є сумісна діяльність.

Основою здійснення цієї спільної діяльності можуть служити такі процедури:

1. Кожен суб'єкт створює проект свого «дерева цілей»;
2. Суб'єкти обмінюються проектами;
3. Кожен суб'єкт шукає свої засоби та можливості для реалізації цілей іншого суб'єкта і пропонує їх йому.
4. Якщо попередніх процедур не досить для узгодження, то кожен суб'єкт будує дерево цілей *іншого суб'єкта* і пропонує йому внести корективи в намічені цілі та засоби.
5. Якщо і цього не достатньо для узгодження, тоді необхідно конструювати спільну систему засобів. При цьому *найважливішим принципом є проектування кожним суб'єктом всієї системи в цілому, а не тільки тієї її частини, яка буде задовольняти лише його інтереси.* В іншому випадку гармонізувати систему неможливо. Отже, спочатку кожен суб'єкт розробляє *свій повний проект спільної системи засобів*, і лише потім проводиться їх порівняння та коректування. Якщо протиріччя залишаються, то доцільно використовувати прийом «інверсії інтересів». Він полягає в тому, що суперники немов міняються інтересами і розробляють проект, переслідуючі не свої інтереси, а цілі суперника. При цьому виникають, як



мінімум, чотири проекти спільної системи засобів, тобто кожен з суб'єктів створює свій проект, і проект від імені суперника. Цей підхід допомагає в значній мірі усвідомити інтереси противника, обґрунтованість його вимог і прийти до компромісу, перетворити противника в партнера. Якщо і на цьому шляху не вдається досягти взаємної домовленості, то всі процедури, починаючи з побудови дерева цілей кожним суб'єктом, можна виконати знову.

6. Кожен повний цикл процедур повинен наближати сторони до згоди. Останнім засобом досягнення компромісу є створення незалежної експертної ради, яка вибирає найкращий варіант із всіх запропонованих.

В реальних системах цілі досягаються частково. В тій частині, в якій вони реалізуються – встановлюється гармонічна єдність систем, тобто співробітництво, взаємопідтримка, узгоджена діяльність. А в тій частині де цілі не досягаються – продовжується боротьба за володіння спільним засобом. Таким чином, в відношеннях між системами, навіть тих що знаходяться в партнерських відношеннях абсолютна гармонія неможлива, і завжди залишаються протиріччя. Цей висновок має і певний методологічний зміст: процес аналізу всіх систем, в яких є людина, повинен бути безперервним, також як і процес свідомої гармонізації їх відносин. Тобто, цей вид діяльності можна віднести до однієї з функцій соціального управління, і повинен існувати орган, який її реалізує.

Є чотири джерела сучасного системного мислення (аналізу): тектологія, або “Загальна організаційна наука” А.А.Богданова (1913-1917); загальна теорія систем Л.Берталанфі (1945); кібернетика Н.Вінера (1948); праксеологія Т.Котабринського (30...40 і роки). Ці першоджерела були розроблені незалежно одне від одного.

Реальна історія системних досліджень ХХ ст. почалась після другої світової війни. В загальній теорії систем та кібернетиці основні акценти були зроблені на: побудові універсальних теоретичних концепцій, описуючих всі можливі типи систем (загальна теорія систем) та загальні властивості живих та неживих систем (кібернетика); широкому використанні методу моделювання, а в подальшому – комп'ютерного моделювання; орієнтацію на біологічні, технічні, соціальні, частково психологічні застосування (одним з важливих мотивів розробки загальної теорії систем та кібернетики виявилась проголошена можливість добитись на системно-



кібернетичній основі суттєвого прориву саме в цих галузях знань). На першій, ранній стадії розвитку системних досліджень була сформульована **перша основна парадигма системного мислення**. Для неї характерні два дуже важливі моменти. **Перший** – чітке розуміння того, що **основні завдання системних і кібернетичних досліджень лежать в площині знаходження способів рівноваги** (в найширшому значенні цього терміну) досліджуваних систем. Теорія систем при цьому зробила важливий крок вперед порівняно з класичною термодинамікою, яка має справу із закритими системами. Закрита система, як відомо, обов'язково переходить в стан рівноваги, коли припиняються всі макроскопічні процеси в ній і всі її макроскопічні величини виявляються незмінними. Кібернетику та загальну теорію систем цікавлять перш за все більш складні – **відкриті системи**, в яких постійно проходить обмін не тільки енергією але й речовиною. Такі системи, як було встановлено в рамках загальної теорії систем та кібернетики, в ході своєї еволюції можуть переходити в стан рухомої рівноваги, при якій всі макроскопічні величини системи залишаються незмінними, але неперервно продовжуються макроскопічні процеси вводу-виводу речовини.

Дослідження рівноважних станів різних типів систем – це основне дослідницьке завдання системного мислення (підходу) 40...70 років. І кібернетика Н.Вінера, і “загальна теорія систем” Л. фон Берталанфі, і математична загальна теорія систем М.Месаровича, і системно-кібернетичні концепції У.Росса Ешбі, А.Рапопорта, К.Боулдинга і багатьох інших – всі вони орієнтовані на досягнення рівноваги систем. Кардинальний поворот в цьому відношенні відбувся в останній чверті ХХ століття.

Другий важливий момент стосується розуміння статусу системних досліджень або системного мислення (підходу). Берталанфі підкреслював теоретичний, а не світоглядний характер загальної теорії систем. **Півстолітня історія сучасних системних досліджень показала, що їх головний вклад в науку, техніку та практичну діяльність полягає в запровадженні в ці сфери специфічного системного світогляду та системної методології.** Звичайно, цей процес супроводжувався висуванням різних системних теоретичних моделей, кожна з яких є за словами Л.фон Берталанфі - “моделі різних аспектів світу”.



Другий період розвитку сучасних системних досліджень починається з 70...80 рр. нашого століття. Цей період продовжується. Його головною особливістю є перехід від дослідження умов рівноваги систем до аналізу нерівноважних та незворотних станів складних та надскладних систем. Цей період в літературі також називається переходом від вивчення простих до вивчення складних систем, але нерівноважність, незворотність – значно більш точні та ємкі характеристики методологічних та теоретичних змін в системному мисленні, які відбулись за останні 20...25 років. Тому цей період є періодом формування **другої основної парадигми системного мислення**.

Дійсно, в 70...80 роки в науковій літературі отримали широку відомість дослідження А.А.Андропова, А.Н.Колмогорова, Я.Г.Синая, В.И.Арнольда про нестійкі динамічні системи, теорія катастроф Р.Тома, синергетика, теорія незворотних термодинамічних систем І.Пригожина, теорія хаосу та аналогічні концепції. Їх основна мета – розробка теоретичних та методологічних засобів розуміння хаосу, незворотності, нестійкості, нерівноважності та порядку.

Згідно з цими уявленнями, **об'єктом сучасного системного дослідження, в найбільш загальному вигляді, є складна та надскладна динамічна система, яка складається з великої кількості взаємодіючих об'єктів**. Стаціонарний, тобто незалежний від часу, стан такої системи, як правило, нестійкий: відхилення від такого стану ростуть з плином часу. В зоні нестійкості малі впливи на систему можуть викликати в ній значні зміни.

Складні динамічні системи, як добре відомо, можуть бути лінійними та нелінійними. В першому випадку система має один стаціонарний стан, в другому – різні, в тому числі нестійкі стаціонарні стани, які відповідають різними можливим формам і законам її поведінки. Для лінійних систем справджується теорема про мінімум виробництва ентропії: система в процесі еволюції досягає стану поточної рівноваги, в якому виробництво ентропії мінімальне. Стійкість стаціонарного стану лінійної системи досягається автоматично.

Принципово інші форми поведінки характерні для нелінійних систем. Для таких систем не діє теорема про мінімум виробництва ентропії. Стійкість стаціонарного стану в цьому випадку не забезпечується автоматично. В таких



системах можуть бути як стійкі, так і нестійкі стаціонарні стани, і саме можлива їх нестійкість – причина складної поведінки таких систем, які не можна вкласти в якусь одну теоретичну схему.

Всі складні системи, які складаються в великій кількості підсистем, флюктують, тобто спостережувані параметри таких систем здатні до випадкових відхилень від середніх значень. При цьому, якщо в зоні стійкості флуктуації зменшуються з часом до нуля, то в зоні нестійкості флуктуації можуть стати, завдяки позитивному зворотному зв'язку, настільки сильними, що призводять до руйнування даної системи або організації. В такий критичний момент – точці біфуркації – достатньо малих впливів на систему для того, щоб вона стрибкоподібно перейшла з одного раніше стійкого стану, в новий стійкий стан – в більш диференційований та більш високий рівень впорядкованості та організації, в дисипативну структуру, за термінологією І.Пригожина. При цьому, в точці біфуркації принципово неможливо передбачити, в якому напрямку піде розвиток системи – до дисипативної структури чи до хаосу. В такій ситуації поведінка складної системи, яка до того ж функціонує в умовах незворотності часу, стає невизначеною – не існує множини правил, які б дозволяли за даним внутрішнім станом системи та множиною всіх зовнішніх впливів на неї, однозначно, або з деякою ймовірністю, визначити її наступний стан.

Таким чином, **складна система, згідно з сучасним системним уявленням, здатна спонтанно породжувати порядок і організацію з безпорядку та хаосу в результаті процесу самоорганізації, в якому найважливішу роль грає випадковість.** Природно, що такі особливості поведінки складних систем вимагали їх теоретичного пояснення. Наведемо одне з можливих пояснень, запропоноване В.Н.Костюком. Передбачається, що кожна складна система разом з її актуальним існуванням в даний момент і в даному місці має своє потенційне буття, яке визначає, чим дана система може бути при будь-яких мислимих умовах і чим вона принципово бути не може. Спостерігається тільки актуалізоване втілення складної системи. Її потенційне буття може бути описане лише теоретично, про нього можна судити і його можна спостерігати лише при його можливій актуалізації, або при його впливі на актуалізовану систему.



Така дwoякість реальної складної системи – наслідок її нелінійності. Тільки нелінійні системи можуть мати деяку множину нестійких стаціонарних станів, які знаходяться у відношеннях альтернативності: тільки один такий стан в кожен момент часу реалізується актуально, всі інші, альтернативні по відношенню до першого, існують лише потенційно. Але їх імпліцитний (побічний) вплив на актуальний стан складної системи може бути досить значним і, в усякому разі, дослідник не повинен ним нехтувати. Звідси випливає важливий методологічний висновок – стратегія дослідження складних систем повинна обов'язково включати аналіз як актуального, так і потенційних станів складних систем, їх взаємодії та умов і механізмів актуалізації різних потенційних станів таких систем.

2. Методичні поради до практичних занять

Модель „вхід-вихід”, або „чорний ящик” - це модель системи, в якій зовнішньому спостерігачу доступні лише вхідні і вихідні величини, а внутрішня будова і процеси, які протікають в системі, невідомі. Ряд важливих висновків про поведінку системи можна зробити, спостерігаючи лише за реакціями вихідних величин на зміни вхідних. Такий підхід відкриває можливості вивчення систем, будова яких невідома, або дуже складна для того, щоб можна було за властивостями складових частин цих систем і структури зв'язків між ними робити висновки про їх поведінку.

Перед проведенням меліоративних заходів важливо попередньо оцінити їх ефективність. Цього можна досягти, побудувавши математичні моделі залежності врожайності основних с/г культур для осушених та неосушених ґрунтів. Нехай, в результаті польових досліджень і спостережень за системою „ґрунт-врожайність сільськогосподарських культур”, були створені таблиці (див. додаток) в яких зафіксовано параметри ґрунтів та врожайність сільськогосподарських культур. Верхня половина таблиць характеризує неосушені ґрунти, а нижня – осушені.

В даній роботі потрібно візуально оцінити залежність врожайності від параметру ґрунту для осушених та неосушених ґрунтів і вибрати для подальших розрахунків 20 точок з кращим взаємозв'язком (верхню, або нижню половину таблиці з вихідними значеннями), для вибраних 20 точок знайти коефіцієнт



кореляції, побудувати математичну модель залежності врожайності від параметра ґрунту, визначити індекс кореляції та інтервали довіри, зробити висновки.

Ґрунт - складна природна система, яка характеризується десятками параметрів. Найбільш важливі з них для прогнозування середньої багаторічної врожайності сільськогосподарських культур в зоні Полісся України - вміст гумусу, товща гумусового горизонту, рН, вміст фізичної глини, глибина залягання глейового горизонту, проведення гідротехнічних меліорацій.

Гумус - це органічна речовина ґрунту, яка в ході ґрунтових процесів втратила анатомічну структуру. Гумус надає ґрунту темного кольору. Вміст гумусу в ґрунтах зони Полісся коливається в межах 0.3 -10% від маси ґрунту. Вміст гумусу - найбільш інформативний показник родючості ґрунту. Гумус містить великі запаси поживних речовин, сприяє формуванню хороших водно-фізичних властивостей ґрунту.

Гумусовий шар - верхній, найбільш родючий шар ґрунту, який має підвищений вміст гумусу і має темний колір. Товща гумусового шару для ґрунтів Полісся України коливається в межах від 15 до 35 см.

рН - від'ємний десятковий логарифм концентрації іонів H^+ у ґрунтовому розчині. При сильнокислих та сильнолужних умовах формуються несприятливі умови для росту та розвитку рослин. Для покращення кисло-лужних умов на кислих ґрунтах вноситься вапно, а на лужних - гіпс.

Фізична глина - сума всіх механічних частинок ґрунту менших 0.01 мм. Для ґрунтів Полісся вміст фізичної глини змінюється від 5 до 35%.

Глейовий горизонт - горизонт ґрунтового профілю, в якому під дією рівня ґрунтових вод (перезволоження) відбуваються стійкі відновні процеси. Глибина залягання глейового горизонту характеризує середню багаторічну глибину стояння рівня ґрунтових вод.

Кормова одиниця - еквівалент поживної вартості кормів, до якого зводяться поживності різних кормів з метою їх порівняння. (В Україні 1 кормова одиниця = 1 кг зерна вівса). Номер варіанту та колонки X та Y для виконання роботи задає викладач.

Таблиця 2.1.



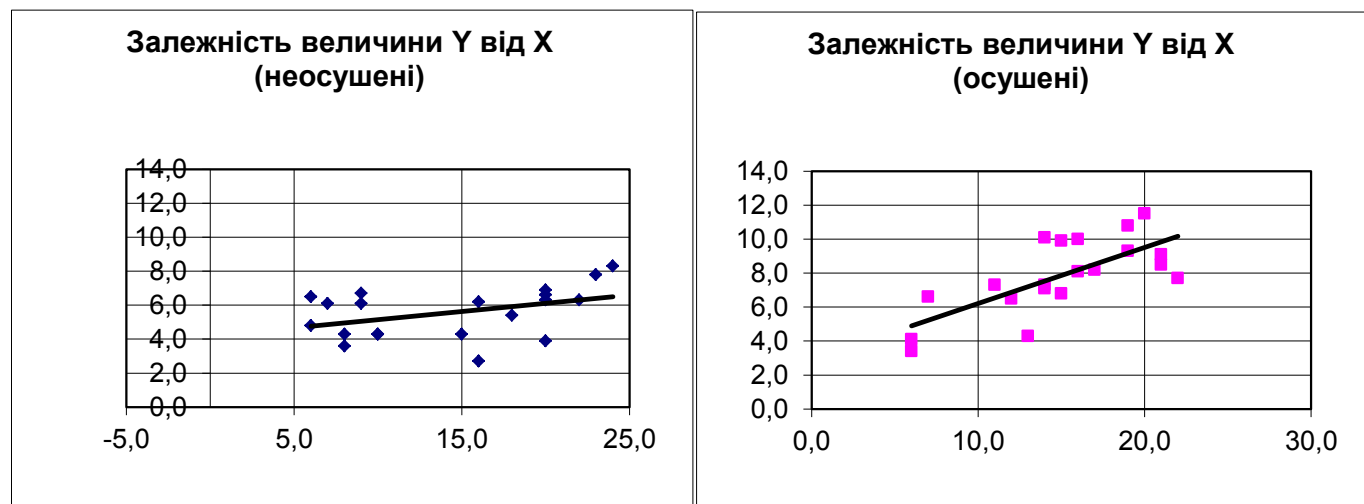
Початкові дані для контрольної роботи

№	X	Y
1	15,0	4,3
2	16,0	2,7
3	20,0	3,9
4	9,0	6,1
5	24,0	8,3
6	8,0	3,6
7	6,0	6,5
8	20,0	6,3
9	18,0	5,4
10	16,0	6,2
11	10,0	4,3
12	10,0	4,3
13	20,0	6,9
14	23,0	7,8
15	6,0	4,8
16	20,0	6,6
17	22,0	6,3
18	9,0	6,7
19	8,0	4,3
20	7,0	6,1

21	17,0	8,2
22	19,0	10,8
23	15,0	9,9
24	12,0	6,5
25	22,0	7,7
26	14,0	7,3
27	13,0	4,3
28	14,0	7,1
29	11,0	7,3
30	16,0	8,1
31	7,0	6,6
32	15,0	6,8
33	21,0	8,5
34	6,0	4,1
35	21,0	9,1
36	14,0	10,1
37	16,0	10,0
38	19,0	9,3
39	20,0	11,5
40	6,0	3,4

2.1. Провести попередній аналіз залежності врожайності с/г культури від параметру ґрунту

Для цього наносимо на графіки точки з початкових даних (точки 1...20 для неосушених ґрунтів, точки 21...40 для осушених). Робимо висновки з графіків (зі збільшенням параметру ґрунту (вмісту фізичної глини), врожайність с/г культури зростає). Для подальших розрахунків вибираємо значення графіка з більшою тісністю зв'язку. В даному прикладі вибираємо значення для осушених ґрунтів.





2.2. Визначити тісноту зв'язку між заданими факторами

Для цього визначаємо коефіцієнт кореляції (за формулою 2.1., яка наведена нижче). Для визначення вказаних у формулі величин складаємо таблицю 2.2.

Таблиця 2.2.

Визначення коефіцієнта кореляції між вхідною X та вихідною Y величинами

№ п/п	x_i	y_i	$x_i - x_c$	$y_i - y_c$	$(x_i - x_c)^2$	$(y_i - y_c)^2$	$(x_i - x_c)(y_i - y_c)$
1	17,0	8,2	2,1	0,4	4,41	0,14	0,78
2	19,0	10,8	4,1	3,0	16,81	8,82	12,18
3	15,0	9,9	0,1	2,1	0,01	4,28	0,21
4	12,0	6,5	-2,9	-1,3	8,41	1,77	3,86
5	22,0	7,7	7,1	-0,1	50,41	0,02	-0,92
6	14,0	7,3	-0,9	-0,5	0,81	0,28	0,48
7	13,0	4,3	-1,9	-3,5	3,61	12,46	6,71
8	14,0	7,1	-0,9	-0,7	0,81	0,53	0,66
9	11,0	7,3	-3,9	-0,5	15,21	0,28	2,07
10	16,0	8,1	1,1	0,3	1,21	0,07	0,30
11	7,0	6,6	-7,9	-1,2	62,41	1,51	9,72
12	15,0	6,8	0,1	-1,0	0,01	1,06	-0,10
13	21,0	8,5	6,1	0,7	37,21	0,45	4,09
14	6,0	4,1	-8,9	-3,7	79,21	13,91	33,20
15	21,0	9,1	6,1	1,3	37,21	1,61	7,75
16	14,0	10,1	-0,9	2,3	0,81	5,15	-2,04
17	16,0	10,0	1,1	2,2	1,21	4,71	2,39
18	19,0	9,3	4,1	1,5	16,81	2,16	6,03
19	20,0	11,5	5,1	3,7	26,01	13,47	18,72
20	6,0	3,4	-8,9	-4,4	79,21	19,62	39,43
Сер.	14,9	7,8		Сума	441,80	92,32	145,46

Обчислюємо коефіцієнт кореляції за формулою:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{145.46}{\sqrt{441.80 * 92.32}} = 0.72 \quad (2.1)$$



Величина коефіцієнта кореляції r може знаходитись в межах -1 до 1 і вказує на тісноту зв'язку вхідної і вихідної величин при прямолінійній залежності. При значеннях:

$r = 0$ - зв'язок відсутній;

$0 < |r| < 0.33$ - зв'язок слабкий;

$0.33 \leq |r| < 0.66$ - зв'язок середній;

$0.66 \leq |r| < 0.99$ - зв'язок сильний;

$r = -1$ та $r = 1$ зв'язок - функціональний (одному значенню x відповідає одне значення y).

Для нашого прикладу зв'язок - сильний.

2.3. Визначити коефіцієнти для рівняння регресії

Залежність вихідної величини від вхідної шукаємо у вигляді квадратичного рівняння:

$$Y(x_i) = a_1 + a_2 x_i + a_3 x_i^2 \quad (2.2)$$

Для цього, використовуючи метод найменших квадратів знаходимо такі коефіцієнти регресії a_1 , a_2 , a_3 , при яких сума квадратів відхилень заданих точок від лінії, яку описує рівняння регресії буде мінімальною. Тобто:

$$S = \sum_{i=1}^n [y_i - a_1 - a_2 x_i - a_3 x_i^2]^2 \rightarrow \min \quad (2.3)$$

При побудові $Y(x_i)$ виходимо з того, що величина S , в даному випадку, є функцією параметрів a_1 , a_2 , a_3 . Тобто, координати X та Y відомі (таблиця 1), а коефіцієнти регресії a_1 , a_2 , a_3 є невідомими змінними. Необхідною умовою існування мінімуму S є рівність нулю часткових похідних по шуканих коефіцієнтах регресії. Тобто:

$$\begin{aligned} \frac{\partial S}{\partial a_1} &= \sum_{i=1}^n 2[y_i - a_1 - a_2 x_i - a_3 x_i^2] (-1) = 0, \\ \frac{\partial S}{\partial a_2} &= \sum_{i=1}^n 2[y_i - a_1 - a_2 x_i - a_3 x_i^2] (-x_i) = 0, \\ \frac{\partial S}{\partial a_3} &= \sum_{i=1}^n 2[y_i - a_1 - a_2 x_i - a_3 x_i^2] (-x_i^2) = 0. \end{aligned} \quad (2.4)$$

Поділивши обидві частини на 2 і перенісши y_i вправо, отримуємо таку систему рівнянь:



$$\begin{aligned}
 a_1 \sum_{i=1}^n 1 &+ a_2 \sum_{i=1}^n x_i &+ a_3 \sum_{i=1}^n x_i^2 &= \sum_{i=1}^n y_i, \\
 a_1 \sum_{i=1}^n x_i &+ a_2 \sum_{i=1}^n x_i^2 &+ a_3 \sum_{i=1}^n x_i^3 &= \sum_{i=1}^n y_i x_i, \\
 a_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 &+ a_2 \sum_{i=1}^n x_i^3 &+ a_3 \sum_{i=1}^n x_i^4 &= \sum_{i=1}^n y_i x_i^2.
 \end{aligned}
 \tag{2.5}$$

для розв'язку якої складаємо таблицю 2.3:

Таблиця 2.3.

Розрахунок елементів матриці для розв'язку системи рівнянь (2.6).

№ п/п	x^0	x^1	x^2	x^3	x^4	y^1	$y^1 x^1$	$y^1 x^2$
1	1	17	289	4913	83521	8,2	139,4	2369,8
2	1	19	361	6859	130321	10,8	205,2	3898,8
3	1	15	225	3375	50625	9,9	148,5	2227,5
4	1	12	144	1728	20736	6,5	78	936
5	1	22	484	10648	234256	7,7	169,4	3726,8
6	1	14	196	2744	38416	7,3	102,2	1430,8
7	1	13	169	2197	28561	4,3	55,9	726,7
8	1	14	196	2744	38416	7,1	99,4	1391,6
9	1	11	121	1331	14641	7,3	80,3	883,3
10	1	16	256	4096	65536	8,1	129,6	2073,6
11	1	7	49	343	2401	6,6	46,2	323,4
12	1	15	225	3375	50625	6,8	102	1530
13	1	21	441	9261	194481	8,5	178,5	3748,5
14	1	6	36	216	1296	4,1	24,6	147,6
15	1	21	441	9261	194481	9,1	191,1	4013,1
16	1	14	196	2744	38416	10,1	141,4	1979,6
17	1	16	256	4096	65536	10	160	2560
18	1	19	361	6859	130321	9,3	176,7	3357,3
19	1	20	400	8000	160000	11,5	230	4600
20	1	6	36	216	1296	3,4	20,4	122,4
Сума	20	298	4882	85006	1543882	156,6	2478,8	42046,8

Суми отримані в таблиці 2.3 підставляємо в систему рівнянь 2.6. Систему рівнянь, записану в вигляді матриці, розв'язуємо методом Гауса перетворюючи дану прямокутну матрицю до вигляду правої верхньої трикутної (перетворюючи елементи, що лежать нижче головної діагоналі в 0). Для цього використовуємо властивість матриць не змінювати свій визначник при домноженні рядка (стовпця) матриці на якесь число (крім нуля) та при додаванні рядка (стовпця) до іншого рядка (стовпця).

Для нашого прикладу матриця має такий вигляд:



20,0	298,0	4882,0	156,6	
298,0	4882,0	85006,0	2478,8	-14,9
4882,0	85006,0	1543882,0	42046,8	-244,1

Перетворюємо елементи, що знаходяться нижче головної діагоналі (298 та 4882) в 0. Це виконується таким чином:

1) домножуємо почергово всі елементи першого рядка матриці на $(-298/20 = -14.9)$ і додаємо отримані добутки до відповідних елементів другого рядка.

2) домножуємо почергово всі елементи першого рядка матриці на $(-4882/20 = -244.1)$ і додаємо отримані добутки до відповідних елементів третього рядка.

Після цих дій отримуємо таку матрицю:

20,0	298,0	4882,0	156,6	
0,0	441,8	12264,2	145,5	
0,0	12264,2	352185,8	3820,7	-27,8

3) домножуємо почергово всі елементи другого рядка матриці на $(-12264.2/441.8 = -27.7596)$ і додаємо отримані добутки до відповідних елементів третього рядка. Після цього отримуємо таку трикутну матрицю:

20,0	298,0	4882,0	156,6
0,0	441,8	12264,2	145,5
0,0	0,0	11736,3	-217,2

Елементи матриці підставляємо в систему рівнянь 2.6:

$$\begin{aligned}
 20 \cdot a_1 + 298 \cdot a_2 + 4882 \cdot a_3 &= 156.6, \\
 0 \cdot a_1 + 441.8 \cdot a_2 + 12264.2 \cdot a_3 &= 145.5, \\
 0 \cdot a_1 + 0 \cdot a_2 + 11736.3 \cdot a_3 &= -217.2.
 \end{aligned}
 \tag{2.6}$$

З третього рівняння знаходимо $a_3 = -217.2/11736.3 = -0.0185$; Значення a_3 підставляємо в друге рівняння і знаходимо $a_2 = (145.5 - 12264.2 \cdot -0.0185)/441.8 = 0.8429$; Значення a_3 і a_2 підставляємо в перше рівняння і знаходимо a_1 :

$$a_1 = (156.6 - 4882 \cdot -0.0185 - 298 \cdot 0.8429)/20 = -0.2134.$$

Рівняння регресії прийме вигляд:

$$Y(x_i) = -0.2134 + 0.8429 x_i - 0.0185 x_i^2, \tag{2.7}$$

Наносимо лінію регресії на графік.

2.4. Визначити індекс кореляції

Для оцінки якості апроксимації знайденим рівнянням даної сукупності точок, знаходимо індекс кореляції I .



$$I = \sqrt{1 - \frac{\frac{1}{n-3} \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - Y(x_i))^2}{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \sqrt{1 - \frac{20 \cdot 40.41}{17 \cdot 92.32}} = 0.70 \quad (2.8)$$

Сума в знаменнику для формули вже знайдена при розрахунку коефіцієнта кореляції. Для визначення суми в чисельнику складаємо таблицю 2.4.

Таблиця 2.4.

Визначення індексу кореляції між вхідною X та вихідною Y величинами.

№ п/п	x_i	y_i	$Y(x_i)$	$y_i - Y(x_i)$	$(y_i - Y(x_i))^2$
1	17	8,2	8,77	-0,57	0,32
2	19	10,8	9,12	1,68	2,81
3	15	9,9	8,27	1,63	2,66
4	12	6,5	7,24	-0,74	0,54
5	22	7,7	9,38	-1,68	2,81
6	14	7,3	7,96	-0,66	0,44
7	13	4,3	7,62	-3,32	11,01
8	14	7,1	7,96	-0,86	0,74
9	11	7,3	6,82	0,48	0,23
10	16	8,1	8,54	-0,44	0,19
11	7	6,6	4,78	1,82	3,31
12	15	6,8	8,27	-1,47	2,15
13	21	8,5	9,33	-0,83	0,69
14	6	4,1	4,18	-0,08	0,01
15	21	9,1	9,33	-0,23	0,05
16	14	10,1	7,96	2,14	4,57
17	16	10,0	8,54	1,46	2,14
18	19	9,3	9,12	0,18	0,03
19	20	11,5	9,24	2,26	5,09
20	6	3,4	4,18	-0,78	0,61
Сума					40,41

Величина індекса кореляції I може знаходитись в межах від 0 до 1 і вказує на тісноту зв'язку вхідної і вихідної величин при нелінійній залежності. При значеннях:

$I = 0$ - зв'язок відсутній;

$0 < I < 0.33$ - зв'язок слабкий;

$0.33 \leq I < 0.66$ - зв'язок середній;

$0.66 \leq I < 0.99$ - зв'язок сильний;

$I = 1$ зв'язок - функціональний (одному значенню x відповідає одне значення y).

Для нашого прикладу зв'язок - сильний.

2.5. Визначити інтервали довіри з заданим ступенем довіри

Рівняння регресії встановлює залежність зміни середнього значення величини Y від вхідної величини X, тому необхідно встановлювати інтервал довіри для



розрахункового значення $Y(x)$. Іншими словами потрібно встановити ширину смуги (2δ) , відносно лінії регресії, в яку попадуть, наприклад, 95% точок.

$$\text{Інтервал довіри встановлюється за формулою: } Y = Y(x_i) \pm \delta \quad (2.9)$$

де: δ - відхилення від прогнозованого за рівнянням регресії значення $Y(x)$.

$$\delta = \frac{\sigma_y t_\alpha(v)}{\sqrt{n}} = \frac{2.110 \sigma_y}{\sqrt{20}} = 0.472 \sigma_y = 0.472 \cdot 1.46 = 0.69 \quad (2.10)$$

де σ_y - середнє квадратичне відхилення від лінії регресії.

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y(x_i))^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{40.41}{19}} = 1.46 \quad (2.11)$$

n - кількість точок, $n = 20$

ν - кількість ступенів свободи, для нашого випадку $\nu = 20-3=17$

(20 точок та 3 знайдені коефіцієнти регресії).

$\alpha = 0.05$ для 95% ступеня довіри.

$t_\alpha(\nu)$ - критерій Стюдента, $t_{0.05}(17)=2.110$

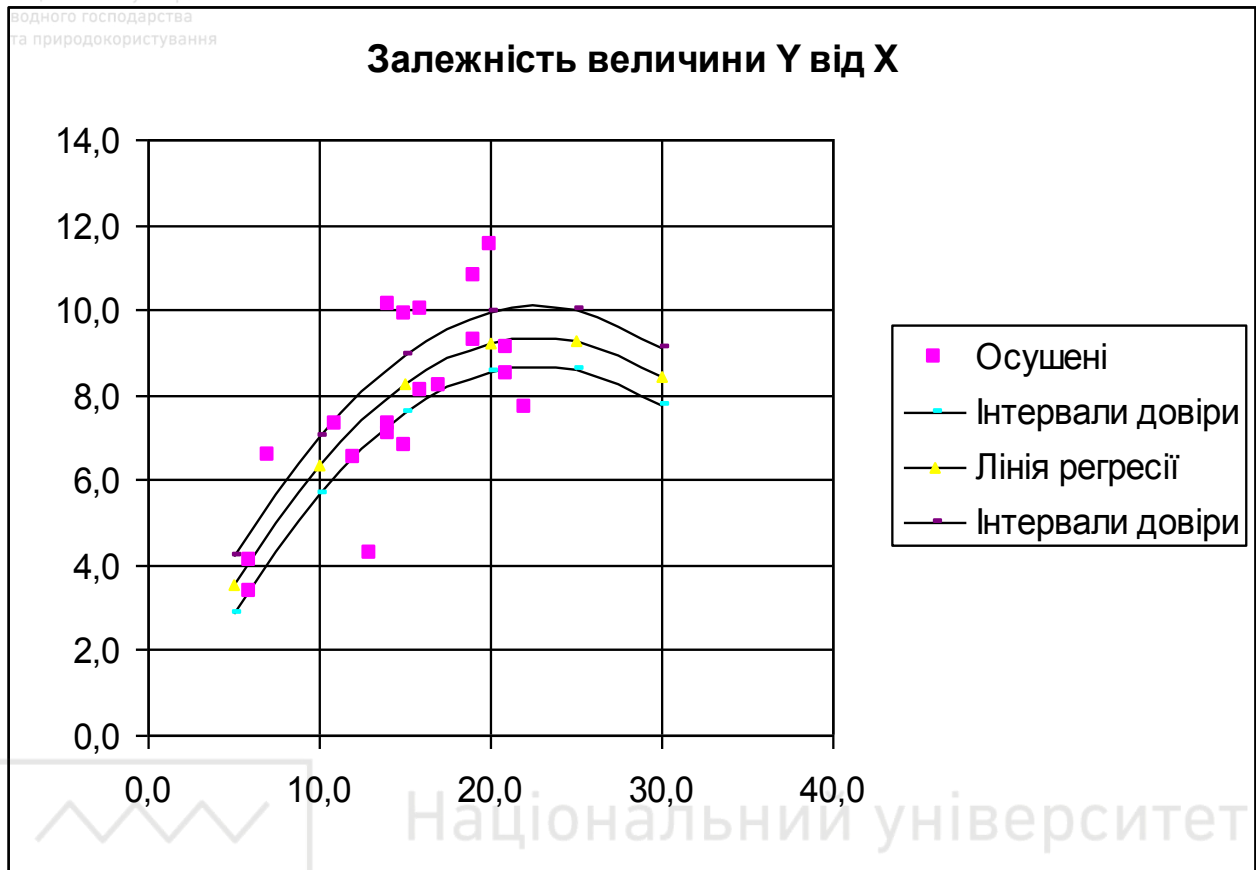
Отже, для нашого випадку

$$\sigma_y=1.46; \delta =0.69.$$

Знайдені інтервали довіри наносимо на графік.

Висновок:

Знайдене рівняння регресії дозволяє прогнозувати середню багаторічну врожайність льону від вмісту фізичної глини з індексом кореляції $I=0.70$ та інтервалом довіри 0.69 ц/га для 0.95% забезпеченості.



Питання гарантованого рівня знань

1. Поняття системи, навколишнього середовища, елемента, підсистеми, надсистеми, зв'язку, емерджентності, ієрархічності, порядку системи, рангу системи.
2. Поняття моделі та моделювання.
3. Моделі систем.
4. Модель „ввід-вивід” або „чорний ящик”.
5. Модель складу системи.
6. Модель структури системи.
7. Структурна схема системи.
8. Поняття зворотного зв'язку. Види зворотного зв'язку.
9. Поняття ресурсів, обмежень.
10. Поняття замкнутості.
11. Поняття складної системи.
12. „Дерево цілей” системи.

Рекомендована література.

1. Згуровський М. З., Панкратова Н. Д. Основи системного аналізу. К. : Видавнича група ВНУ, 2007. 546 с.
2. Теорія систем і системний аналіз : навч. посіб. / А. Є. Ачкасов, В. А. Лушкін, В. М. Охріменко, Т. Б. Воронкова. Х. : ХНУМГ, 2014. 167 с.
3. Теория систем и системный анализ / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. 2-е изд., перераб. М. : Издательство Юрайт, 2014. 616 с.



Додатки

Варіант 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	3,1	17	6,7	15	36	1	24,1	18,4	15,3	20,9	21,9	19,5	94,2	4,3	223,6	180,6	27,4	181,9
2	1,1	24	4	16	29	1	10,8	7,9	6,3	10,3	8,8	7,5	54,1	2,7	99,3	84,4	19,1	71,6
3	4,1	27	6,1	20	36	1	23,7	18	15	21,3	21,3	18,5	83,4	3,9	218,6	173,7	28	190
4	3	22	5,8	9	82	1	31,8	24,4	21,1	25,3	27,8	26,3	144,3	6,1	295,1	253,5	36,4	184,9
5	3	24	6,2	24	82	1	44,5	33,3	28,5	37	38,4	33,7	178,9	8,3	420,3	359,2	58,6	247,3
6	1,3	23	5,3	8	60	1	17,6	13,7	11,5	13,9	16	15,3	84	3,6	161,6	138,4	19,3	119,7
7	4,3	29	6,8	6	75	1	35,7	27,5	24,5	28,2	31,1	29,6	158,6	6,5	324,3	281,1	39,7	215,9
8	2,3	20	5,6	20	73	1	32,1	24,3	20,4	26,3	28,2	25,4	139,4	6,3	299,7	256	38,9	189,9
9	3,4	29	4	18	62	1	28,3	21,4	17,9	24,4	24,5	22	116	5,4	273,4	229,6	37,2	172,7
10	2	18	5,3	16	83	1	30,8	23,3	19,6	25,1	27	24,4	138,7	6,2	288,3	247,8	37,7	172,1
11	1,4	22	5,7	10	62	1	21,2	16,5	13,7	17,1	19,2	18	99	4,3	195,3	166,6	23,4	140,4
12	0,5	24	6,4	10	66	1	21,2	16,6	13,9	17	19,3	18,3	101,5	4,3	193,3	166,1	22,8	141,5
13	3,9	16	5,3	20	67	1	35,3	26,6	22,5	29,3	31	27,6	150,6	6,9	332,5	280	42,8	207,8
14	2,6	28	5,2	23	89	1	41	30,8	26,5	34	35	31,1	168,9	7,8	388,9	337,8	54,5	217,6
15	3,3	15	6,9	6	49	1	26,1	20,2	17,2	20,9	23,7	22,2	111	4,8	242,7	202,7	27,4	180
16	4	29	4,9	20	67	1	35,7	26,9	22,9	30,4	30,9	27,5	142,3	6,6	340,5	286,4	45,5	214,6
17	0,4	24	6,3	22	84	1	31,7	24	20,1	25,4	27,8	25	139,4	6,3	289,6	254,5	39,1	182,8
18	3,9	15	5,3	9	89	1	34,1	26	22,3	27,2	29,7	27,7	155,6	6,7	318,8	272,2	39,8	188,2
19	1,1	15	6,3	8	67	1	20,9	16,3	13,4	16,4	19,3	18,3	100,1	4,3	194,5	163,8	21,9	138,4
20	4,4	22	6,1	7	71	1	32,8	25,3	22,1	25,8	28,8	27,4	145,5	6,1	301,8	257,8	35,7	202,2
21	4,3	25	4,2	17	38	2	44,7	32,6	28,4	39,7	37	31,9	168,8	8,2	446,1	375,5	73,2	205,3
22	2,1	26	6,2	19	48	2	56,3	40,8	34,7	49,7	46,9	39,2	218,1	10,8	551,8	469,9	93,1	247,3
23	3	22	6,6	15	39	2	53,4	39,3	34,7	46,4	43,9	38,4	211,8	9,9	521,6	443,4	83,6	244,7
24	3,8	27	4,5	12	36	2	36,6	27,4	24,8	31,3	29,8	27,2	147,2	6,5	355,1	303,5	54,6	174,4
25	1	17	4,4	22	53	2	37,1	25,9	20,5	33,8	31,9	24,3	138,9	7,7	363,4	312,5	67,4	158,4
26	0,7	15	6,1	14	50	2	36,8	26,7	22,8	32	30,7	26	150,9	7,3	351	303,4	58,5	169,4
27	0,4	18	4,3	13	50	2	20,5	14,6	11,9	18,4	17,3	13,6	84,4	4,3	190,3	167,8	34,1	92,9
28	2	28	5,1	14	29	2	37,3	27,8	24,1	32,9	30,9	27	153,8	7,1	362,9	307,1	57,6	167,5
29	2,9	27	5	11	75	2	39,8	29,3	27,5	33,3	31,5	28,7	165,6	7,3	370,1	334,5	60,9	178,7
30	0,7	26	5,7	16	50	2	40,6	29,8	25,3	35,5	33,9	28,7	168,4	8,1	388,3	336,6	64,5	178,2
31	0,9	23	6,7	7	84	2	34,9	26	25,5	28,3	26,7	25,5	162,7	6,6	307,1	289,7	51,6	150,7
32	1,5	20	4,9	15	53	2	34,8	25,2	21,6	30,5	29	24,3	139,8	6,8	333,1	289,7	56,4	157,8
33	1,6	23	5,5	21	26	2	42,9	31,2	25,5	38,7	36,3	29,9	167,9	8,5	426,2	355,1	72,3	188,1
34	2,5	26	4,9	6	65	2	24,1	18,7	19	18	18,4	19,4	113,9	4,1	208,1	197,6	28,8	123,1
35	0,8	27	4,6	21	87	2	45,7	32,1	27,2	41,4	37,9	29,2	167,7	9,1	439,4	393,9	84,7	180,3
36	1,5	30	6,8	14	47	2	52,8	39	34,2	45,9	43,5	37,7	218,3	10,1	506,9	437,3	82	232,7
37	4,1	25	4,4	16	89	2	54	38,6	35,4	47,4	43,1	36,5	202,6	10	522,1	464,2	93,7	227,1
38	4,4	17	4,4	19	49	2	49,1	35,3	30,6	43,6	40,8	34,3	183,3	9,3	487,4	414,2	82,5	223,8
39	3,9	20	4,7	20	84	2	60,6	42,8	38,1	54	49,4	40,2	221	11,5	594	520,1	108,4	252,7
40	3,4	16	4,3	6	35	2	20,9	16	15,6	16,1	16,3	16,6	89,1	3,4	190,4	169,7	26,1	113,5

Номери колонок 1-19:

1- Номер спостереження; 2- Вміст гумусу, % ; 3- Товща гумусового шару, см ; 4- рН ґрунту ; 5- Вміст фізичної глини, % ; 6- Глибина залягання глейового горизонту, см ; 7- Неосушено-1, Сушено-2 ; 8- Продуктивність ґрунту в ц/га кормових одиниць; 9- Врожайність зернових культур, ц/га ; 10-Врожайність озимого жита, ц/га ; 11-Врожайність озимої пшениці, ц/га ; 12-Врожайність ячменю, ц/га ; 13-Врожайність вівса, ц/га ; 14-Врожайність картоплі, ц/га ; 15-Врожайність льону-волокна, ц/га ; 16-Врожайність кормових буряків, ц/га ; 17-Врожайність кукурудзи на силос, ц/га ; 18-Врожайність багаторічних трав на сіно, ц/га ; 19-Врожайність однорічних трав на зелений корм, ц/га ;

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	3,9	23	4,1	14	88	1	35,9	27,1	23,3	29,9	30,8	28	153,9	7	344	294,5	46,4	191,4
2	3,4	22	4,9	9	47	1	20,5	15,8	13,5	16,8	18,3	17	88	3,9	189,5	159,1	23,6	143,2
3	1,4	29	4,2	6	57	1	13,7	10,4	8,8	10,8	12,3	11,6	63,9	2,9	128	109,5	17,6	92,3
4	1,6	23	6,6	17	32	1	16,9	13,1	10,6	15	15,5	13,8	67,1	3,1	150,4	121	18,8	146,9
5	1,6	16	4,4	10	26	1	11,7	8,5	7,1	10,7	9,9	8,2	53,8	2,8	109,9	93,2	20,4	73,8
6	3,8	25	6,3	11	55	1	29,8	22,9	19,6	24,7	26,6	24,3	123,5	5,4	275,6	231	33,7	200,1
7	3,9	20	7	17	88	1	51,3	38,2	33	42,8	44	38,7	212,9	9,7	485,6	412,2	68	270,2
8	1,2	26	6,8	10	24	1	13,6	10,7	9,2	12,9	12,6	11,1	51,5	2,4	119,5	97,3	16,7	126,3
9	2,4	23	4,2	7	38	1	13,3	9,9	8,6	11,2	11,6	10,5	56,9	2,7	124,7	105,3	19,6	92,3
10	3,2	29	6,7	21	25	1	16,6	12,6	10,1	16	15,3	12,6	46,2	2,4	146,2	108,5	19,1	171,1
11	2,6	24	5,3	11	29	1	15,2	11,7	10,1	13,6	13,6	12,2	61,4	2,9	137,8	113,6	19,4	122,7
12	0,6	20	5,4	13	34	1	12,4	9,6	7,7	10,9	11,2	10,1	60,5	2,8	112,5	94,8	16,3	94,1
13	4,2	24	6,9	20	54	1	37,2	27,8	23,4	32	32,9	28,4	138,7	6,5	349,8	286,2	46,2	245,3
14	0,5	28	6,5	22	25	1	8,9	7,2	5,2	8,4	8,4	7,6	36,1	1,7	67,2	51,2	8,3	114,4
15	0,9	24	5,3	13	32	1	12,4	9,6	7,8	11,2	11	9,9	58	2,7	111	93,3	16,6	97,4
16	1,3	22	5,7	11	56	1	19,9	15,4	12,8	16,2	18	16,8	92,3	4,1	182,9	155,2	22,1	135,8
17	3,6	27	5,4	18	31	1	18,3	14,1	11,7	16,8	16,4	14,4	67,4	3,2	167,2	133,1	22,2	154,1
18	1	27	6,3	13	64	1	24,7	19,1	15,8	20,3	22,1	20,4	111,3	4,9	225	192,7	28	162
19	2,3	27	4,9	16	48	1	20,8	15,9	13,1	17,9	18,3	16,6	89	4,1	193,1	161,6	25,6	144,6
20	1,9	20	5,5	22	53	1	22,7	17,4	14,3	18,6	20,3	18,5	101,2	4,5	207,4	175,2	25,4	157
21	4,1	25	6,5	25	67	2	83,4	59,1	51,3	74	68,7	55,8	303	15,7	830,5	708,5	147,6	347
22	2	26	6,3	6	49	2	32,8	25,5	24,9	25,7	25,8	26,1	155,1	5,8	295,5	269,1	40,4	158,2
23	3,8	26	6,4	11	46	2	51,4	38,4	35,4	43,2	41,3	38,1	213,2	9,2	491,3	427	75,6	237,3
24	2,1	20	4,3	23	77	2	48,2	33,6	28,3	43,9	40,4	31,1	170,6	9,5	473,3	414,8	89,9	200,5
25	1	15	6,3	21	62	2	51,6	36,5	30,5	45,7	43,5	34,7	196	10,3	502,3	432,1	90,4	224,7
26	4	17	6,9	17	51	2	67,4	48,6	42,9	58,8	55,3	47,1	258	12,6	664,2	564,8	111,1	299,6
27	1,9	26	5,9	17	59	2	52,3	38	32,9	45,8	43,3	36,5	207,7	10,1	506,3	438,5	85,6	227,9
28	2,8	23	4,2	21	34	2	42,1	30,2	24,9	38,4	35,6	29	158,3	8,3	423,8	354,1	73,3	183,7
29	3,5	15	6,3	25	36	2	62,5	44,5	37,4	55,8	52,8	42,9	226,3	11,9	629,3	523,1	108,8	280
30	2,9	28	5,9	20	25	2	52,4	38,3	32,3	47,3	43,9	36,8	198	9,8	524,1	434,3	87,1	236,3
31	1,8	16	6,8	16	34	2	49	35,8	30,8	43	40,8	35	193,3	9,3	481,7	405,9	78,4	225,6
32	2,2	24	4,2	25	27	2	41,7	29,7	23,6	38,5	35,6	28,3	156	8,4	423,8	350,6	75,4	175,7
33	2,8	16	5,7	23	56	2	57,8	41	34,8	51,3	48,5	39,3	214,1	11,2	571,7	486,9	100,7	253,5
34	1,8	24	4,4	6	30	2	17,4	13,8	13,7	13,5	13,6	14	83,4	3	155,5	140	20,3	85,9
35	2,7	16	6,5	6	84	2	35,8	26,6	26,6	28,1	26,8	26,6	162,2	6,5	317,1	296,7	51,8	164,9
36	2,4	25	5,7	24	58	2	62,7	44,7	37,6	55,8	52,5	42,5	231,5	12,1	620,9	529,9	109,4	267,4
37	1,1	22	5,4	17	78	2	43,6	31,1	27	38,6	35,9	29,2	169,7	8,6	414,5	368,7	75,8	184,8
38	1,7	25	4,3	13	57	2	29,6	21,6	18,8	25,8	24,4	20,9	119,7	5,7	280,4	246,7	46,8	135,5
39	1,9	17	6,1	7	21	2	29,3	22,7	21,6	24,1	23,4	22,9	129,1	5,1	276,8	240,5	38,5	141,7
40	3,1	29	6,2	19	70	2	68,2	49,1	43,3	59,7	55,7	46,7	262,8	12,9	665	576,6	114,9	286,7

Номери колонок 1-19:

1- Номер спостереження; 2- Вміст гумусу, % ; 3- Товща гумусового шару, см ; 4- рН ґрунту ; 5- Вміст фізичної глини, % ; 6- Глибина залягання глейового горизонту, см ; 7- Неосушено-1, Сушено-2 ; 8- Продуктивність ґрунту в ц/га кормових одиниць; 9- Врожайність зернових культур, ц/га ; 10-Врожайність озимого жита, ц/га ; 11-Врожайність озимої пшениці, ц/га ; 12- Врожайність ячменю, ц/га ; 13-Врожайність вівса, ц/га ; 14-Врожайність картоплі, ц/га ; 15- Врожайність льону-волокна, ц/га ; 16-Врожайність кормових буряків, ц/га ; 17-Врожайність кукурудзи на силос, ц/га ; 18-Врожайність багаторічних трав на сіно, ц/га ; 19-Врожайність однорічних трав на зелений корм, ц/га ;

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	2,4	19	5,3	18	87	1	35,7	27	23	29,4	31,1	27,9	156,5	7,1	336,2	289,8	45,2	193,7
2	0,6	24	5,4	25	62	1	20,9	16,2	13	16,3	18,6	17,3	97,2	4,3	185,4	163,2	22,6	143
3	3,1	26	5,5	11	72	1	30,4	23,4	20,1	24,7	26,7	24,9	133,7	5,8	283,1	241,7	35,2	185,4
4	2,1	19	4,4	10	72	1	21,4	16,3	13,4	17,3	19	17,6	99,1	4,5	202	171,8	25,7	128,7
5	1,1	15	6,8	5	36	1	15,9	12,5	10,7	13,2	14,9	14	68,4	3	149,9	124,9	17,7	123
6	0,9	22	4,3	13	89	1	22	16,6	13,7	18	19,2	17,5	102,4	4,7	207,2	180,8	28,3	118,3
7	1,5	24	6,1	19	70	1	30	22,8	19	24,5	26,5	23,9	129,8	5,8	276,6	236,6	35,7	185,7
8	2,7	24	5,3	22	71	1	33,4	25,3	21,4	27,7	29,1	26,1	139,9	6,4	314,1	268,1	41,4	199,4
9	1,1	18	5	20	23	1	8,7	6,7	5,3	7,9	7,4	6,9	48,5	2,2	71,5	60,5	11,5	78,7
10	2,2	30	6,9	11	32	1	18,7	14,6	12,3	17,1	17,3	15,1	68,6	3,2	166,7	135,7	21,9	160,9
11	3,5	20	4,8	10	54	1	23,2	17,8	15	19	20,7	19,1	101,5	4,5	216,7	182	26,8	153,3
12	2,7	29	5,4	11	27	1	13,8	10,8	9,3	12,9	12,5	11	52,4	2,5	123,5	100,9	18,2	121,2
13	1,3	20	7	25	50	1	23,4	17,9	14,4	18,8	21,4	19,3	95,5	4,4	209,7	172,9	24,8	181,3
14	3,4	23	6,7	19	31	1	21,2	16,1	13,3	19,2	19,3	16,7	72,6	3,4	192,7	150,7	24,2	182,2
15	2	30	4,3	10	45	1	15,9	12,1	10,1	13,6	14	12,6	68,6	3,2	148,6	124,9	21,6	110,8
16	0,9	24	4,2	12	88	1	21,1	16	13,3	17,2	18,5	17	98,3	4,4	199,8	174,1	27,1	115,4
17	2,9	28	4,9	16	54	1	24,8	19	15,8	21,2	21,9	19,8	103,7	4,7	233	195,2	30,4	165,5
18	3	25	5,8	12	64	1	29,7	22,8	19,4	24,4	26,2	24,2	127,7	5,6	275,5	233,2	34,3	188,4
19	3	16	6,9	7	23	1	18,5	14,4	12,5	16,3	17	15,3	67	3,1	171,4	140	21,6	151,6
20	3,6	17	5,2	9	61	1	25,9	19,9	16,8	20,7	23,1	21,5	115,4	5	240,9	203	28,6	164,9
21	2,5	21	6	24	65	2	65,3	46,3	39,4	58	54,5	43,9	240,5	12,7	645	553,4	115,4	276,8
22	3,4	19	4,4	21	27	2	42,9	30,8	25,7	39	36,2	29,8	160,5	8,3	432,9	359,4	74,4	190,7
23	4	23	5	19	53	2	55,2	39,8	34,6	48,8	45,7	38,5	207,7	10,3	546,4	465,8	92,2	245,8
24	1,2	25	4,8	7	27	2	19,9	15,6	14,8	16,3	15,8	15,5	94,9	3,7	181,5	160,5	25,3	91,2
25	3,7	29	4,4	5	62	2	24,7	19,3	20	18	18,7	20,4	114,2	4	215,5	202,7	28,2	130,7
26	4,2	23	4,7	7	22	2	27,7	21,6	21,1	22,2	21,8	22,1	118,1	4,5	260,8	227	35,8	141,2
27	1	30	6,8	17	89	2	62,5	44,8	40,1	54,6	50,2	41,8	252,2	12,2	591,7	529,7	107,9	245,1
28	1,9	30	6,2	9	76	2	44,1	32,9	31	36,5	34,8	32,2	195,4	8,3	404	368,6	65,6	190
29	2	18	4,6	14	48	2	31,3	22,7	19,5	27,4	26	22	124,8	6,1	300,5	260	50,3	146,1
30	2,6	17	5,8	10	43	2	36	27	24,7	29,9	29,1	27	151,8	6,5	340,3	296,7	51,2	174,4
31	2,2	16	7	14	30	2	49,3	36,3	31,8	43,1	40,8	35,6	195,4	9,2	485,1	408,5	77,3	229,3
32	2,6	17	4,1	24	25	2	39,3	27,8	22,3	36,3	33,5	26,6	147	8	398,7	330,3	71,7	166,8
33	2,6	23	4,4	19	56	2	43,8	31,5	26,7	39,1	36,6	30,2	165,8	8,5	430,9	370,5	74,5	193,6
34	1,6	27	4,4	21	26	2	37,2	26,9	21,5	34,2	31,5	25,5	146,2	7,5	372,6	309,7	64,6	155,6
35	1,6	16	4,8	18	43	2	35,3	25,2	20,7	31,6	29,9	24,2	137,5	7,1	344,2	293,3	59,9	158,3
36	4,3	26	6,2	14	38	2	56,6	41,8	37,3	49	46,2	40,8	222	10,2	553,7	470,6	88,1	259,5
37	1,9	20	5	19	84	2	48,5	34,1	29,7	43,5	39,9	31,6	179	9,5	467,1	414,1	88,2	202,3
38	2,3	27	5	23	41	2	50,1	36	29,7	45,1	42,3	34,5	188,3	9,8	499,8	420,5	86	218
39	2,2	25	5,7	11	32	2	36	27,3	24,7	30,7	29,4	27	153,6	6,6	343,8	296,3	51,8	168,6
40	3	21	5,1	14	28	2	38,5	28,6	25,1	33,8	31,8	28	153,9	7,1	377,8	319	60	178,9

Номери колонок 1-19:

1- Номер спостереження; 2- Вміст гумусу, % ; 3- Товща гумусового шару, см ; 4- рН ґрунту ;
 5- Вміст фізичної глини, % ; 6- Глибина залягання глейового горизонту, см ; 7- Неосушено-1,
 Сушено-2 ; 8- Продуктивність ґрунту в ц/га кормових одиниць; 9- Врожайність зернових
 культур, ц/га ; 10-Врожайність озимого жита, ц/га ; 11-Врожайність озимої пшениці, ц/га ; 12-
 Врожайність ячменю, ц/га ; 13-Врожайність вівса, ц/га ; 14-Врожайність картоплі, ц/га ; 15-
 Врожайність льону-волокна, ц/га ; 16-Врожайність кормових буряків, ц/га ; 17-Врожайність
 кукурудзи на силос, ц/га ; 18-Врожайність багаторічних трав на сіно, ц/га ; 19-Врожайність
 однорічних трав на зелений корм, ц/га ;

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	1,8	24,0	6,6	11,0	63,0	1,0	26,7	20,6	17,4	21,8	24,0	22,3	118,4	5,1	245,7	208,6	29,9	175,5
2	3,2	23,0	4,9	6,0	79,0	1,0	24,9	19,4	16,9	19,0	21,9	21,5	115,6	4,8	229,3	197,7	26,5	153,5
3	1,4	20,0	4,4	16,0	66,0	1,0	21,3	16,1	13,0	17,6	18,7	16,9	99,2	4,6	199,8	171,6	26,7	126,8
4	1,0	30,0	5,1	21,0	76,0	1,0	28,6	21,8	18,0	23,4	24,8	22,4	124,7	5,7	265,8	232,6	35,7	166,6
5	3,6	15,0	4,0	19,0	60,0	1,0	27,8	20,9	17,3	23,5	24,3	21,6	123,0	5,7	263,5	222,4	34,9	162,9
6	3,7	20,0	4,7	18,0	77,0	1,0	36,0	27,2	23,1	30,0	31,2	28,0	154,1	7,0	342,4	291,5	45,4	201,0
7	2,3	29,0	6,8	10,0	65,0	1,0	30,4	23,3	20,0	25,0	26,9	24,9	131,0	5,7	277,9	237,2	34,9	195,6
8	3,1	28,0	6,7	23,0	23,0	1,0	14,3	10,9	8,6	13,9	13,3	11,0	36,8	1,9	123,2	88,3	15,6	163,1
9	1,4	23,0	6,5	21,0	77,0	1,0	34,7	26,2	22,0	28,3	30,4	27,2	147,6	6,7	320,7	275,4	42,8	204,9
10	1,2	21,0	4,1	19,0	69,0	1,0	21,7	16,4	13,2	18,0	18,9	17,0	101,5	4,7	203,7	177,1	27,8	124,7
11	4,3	16,0	4,4	20,0	42,0	1,0	24,2	18,3	15,4	20,9	21,3	19,0	104,1	4,8	227,0	187,7	29,5	160,6
12	0,5	23,0	5,6	20,0	38,0	1,0	12,9	10,1	7,8	10,7	11,7	10,9	64,1	2,9	109,3	92,6	13,4	110,2
13	2,1	23,0	4,1	7,0	58,0	1,0	16,2	12,2	10,2	13,0	14,4	13,4	73,5	3,4	153,3	129,7	20,7	104,9
14	0,5	17,0	5,6	7,0	69,0	1,0	15,3	11,9	9,6	11,6	14,3	13,7	78,2	3,4	140,8	119,6	15,5	103,0
15	2,8	27,0	6,8	6,0	39,0	1,0	20,3	16,0	14,1	17,1	18,7	17,3	81,5	3,5	181,8	153,2	21,6	161,5
16	0,8	22,0	5,7	11,0	84,0	1,0	23,7	18,3	15,4	18,8	21,1	19,9	113,8	4,9	217,5	189,3	27,0	139,0
17	1,4	29,0	4,4	18,0	48,0	1,0	17,8	13,5	10,8	15,4	15,4	13,9	79,9	3,8	165,4	140,1	23,4	120,4
18	4,2	25,0	4,5	22,0	47,0	1,0	25,7	19,5	16,4	22,5	22,4	20,0	102,1	4,8	244,1	200,8	32,0	175,9
19	4,3	29,0	6,6	11,0	78,0	1,0	43,1	32,6	28,4	35,6	37,2	33,7	181,0	7,9	401,4	342,8	53,4	245,8
20	1,3	26,0	6,9	10,0	40,0	1,0	19,3	15,1	12,7	16,6	17,8	16,2	80,7	3,6	174,3	145,3	21,5	151,1
21	1,8	19,0	4,4	13,0	35,0	2,0	27,0	19,8	17,1	23,6	22,3	19,3	111,1	5,2	259,3	222,4	42,3	124,4
22	1,8	17,0	5,5	6,0	64,0	2,0	20,8	15,9	15,9	15,7	16,0	16,4	97,3	3,6	177,7	168,4	25,4	112,0
23	0,5	27,0	6,1	22,0	74,0	2,0	56,6	40,3	34,0	50,1	47,1	37,6	217,9	11,3	545,5	478,7	99,5	230,6
24	1,7	25,0	5,0	14,0	34,0	2,0	34,7	25,7	22,1	30,5	28,8	25,0	143,6	6,7	336,1	286,4	53,9	155,8
25	0,6	26,0	6,1	16,0	63,0	2,0	45,8	33,3	28,5	40,0	38,0	31,8	187,7	9,1	435,5	382,2	74,8	196,3
26	2,3	19,0	5,0	16,0	89,0	2,0	43,5	30,7	27,7	38,5	35,0	28,6	163,9	8,3	411,5	369,8	77,4	184,9
27	2,5	25,0	4,5	11,0	34,0	2,0	29,5	22,2	20,0	25,2	24,1	22,0	124,0	5,4	282,5	243,3	43,3	138,7
28	3,2	19,0	6,1	22,0	86,0	2,0	72,4	51,0	45,1	64,1	59,0	47,6	267,8	13,9	708,0	618,1	130,6	293,2
29	1,3	23,0	4,2	10,0	71,0	2,0	20,6	14,8	13,6	17,6	16,5	14,2	83,5	3,9	183,5	170,5	32,5	99,4
30	4,2	28,0	4,7	12,0	33,0	2,0	39,8	29,8	27,1	34,1	32,4	29,6	159,3	7,0	387,6	329,9	59,3	189,7
31	1,2	19,0	5,5	11,0	71,0	2,0	31,8	23,1	21,0	27,0	25,6	22,4	133,3	6,1	291,2	263,6	49,9	146,3
32	1,6	16,0	5,3	11,0	87,0	2,0	29,9	21,2	19,8	25,8	23,5	19,9	118,9	5,7	268,7	248,9	50,9	136,2
33	3,3	28,0	6,7	19,0	41,0	2,0	65,0	47,2	40,7	57,6	53,9	45,3	246,2	12,1	643,4	542,0	107,5	288,6
34	1,4	26,0	5,8	14,0	81,0	2,0	45,4	32,9	29,7	39,2	36,5	31,3	185,7	8,8	425,1	382,5	74,9	191,4
35	4,3	18,0	5,8	14,0	55,0	2,0	54,1	39,5	35,7	46,2	43,9	38,8	213,9	10,0	524,4	452,8	85,1	247,8
36	1,9	23,0	6,5	20,0	71,0	2,0	63,8	45,6	39,5	56,2	52,6	43,2	244,4	12,4	620,8	538,9	110,3	267,9
37	1,0	23,0	5,9	15,0	78,0	2,0	45,0	32,4	28,7	39,2	36,6	30,7	181,9	8,8	423,5	378,6	75,6	190,6
38	1,8	26,0	7,0	13,0	71,0	2,0	56,9	41,5	37,5	48,7	45,7	40,0	236,0	10,8	539,0	476,5	91,1	241,5
39	3,5	18,0	5,6	12,0	70,0	2,0	46,4	33,8	31,1	39,3	37,2	33,1	187,4	8,6	440,0	388,9	73,1	211,4
40	2,9	29,0	4,5	20,0	89,0	2,0	58,6	41,5	36,7	52,3	47,6	38,7	214,3	11,1	572,4	506,0	105,1	236,4

Номери колонок 1-19:

1- Номер спостереження; 2- Вміст гумусу, % ; 3- Товща гумусового шару, см ; 4- рН ґрунту ; 5- Вміст фізичної глини, % ; 6- Глибина залягання глейового горизонту, см ; 7- Неосушено-1, Сушено-2 ; 8- Продуктивність ґрунту в ц/га кормових одиниць; 9- Врожайність зернових культур, ц/га ; 10-Врожайність озимого жита, ц/га ; 11-Врожайність озимої пшениці, ц/га ; 12- Врожайність ячменю, ц/га ; 13-Врожайність вівса, ц/га ; 14-Врожайність картоплі, ц/га ; 15- Врожайність льону-волокна, ц/га ; 16-Врожайність кормових буряків, ц/га ; 17-Врожайність кукурудзи на силос, ц/га ; 18-Врожайність багаторічних трав на сіно, ц/га ; 19-Врожайність однорічних трав на зелений корм, ц/га ;

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	4	26	5,2	11	57	1	27,1	20,9	17,9	22,4	24	22,2	113,9	5	252	211,9	31,1	179,9
2	1,1	24	4,1	24	44	1	14	10,7	8,3	11,6	11,8	11,1	71,5	3,3	125,1	109,8	17,7	97,2
3	2,3	17	5,4	21	26	1	13,4	10,4	8,5	11,7	12	11	61,1	2,7	116,6	94,5	14,8	117,4
4	1,5	19	6,2	21	46	1	20,6	15,9	12,8	16,9	18,7	17,1	90	4	185,2	153,6	21,8	157,1
5	3,5	18	4,8	13	43	1	21,8	16,6	13,9	18,4	19,4	17,5	93,6	4,3	203,1	168,9	26,1	148,2
6	3	17	6,7	13	71	1	35,9	27,2	23	29,5	31,7	28,7	154,6	6,9	336,8	282,8	42,6	214,7
7	3,5	18	5,2	20	50	1	26,3	20	16,7	22,1	23,3	20,9	111,8	5,1	244,8	203,5	30,6	175,4
8	0,5	19	4,1	8	72	1	11,9	8,8	6,7	9,3	10,8	9,8	59,8	2,8	112,7	95,8	15,5	71,9
9	2,3	27	5,4	20	30	1	14,6	11,4	9,2	13,4	13	11,7	58,1	2,7	129,5	103,6	17,2	132,1
10	3,3	18	4,4	20	86	1	36,7	27,6	23,6	30,7	31,7	28,1	158,5	7,3	350,2	301,5	47,9	193,3
11	1,2	21	4,2	16	37	1	13,5	10,1	8	12	11,6	10,2	66,4	3,2	124,6	106,1	19,9	88,9
12	0,6	23	5,4	13	31	1	11,7	9	7,3	10,5	10,4	9,3	56,4	2,7	103,7	87,4	15,7	92,6
13	2,4	22	5,4	15	69	1	28,7	21,9	18,4	23,6	25,4	23,2	126,8	5,6	268,6	228,4	34	175,4
14	2,7	19	5,2	20	51	1	24,6	18,8	15,5	20,6	21,8	19,7	107	4,8	227,9	190,8	28,5	164,6
15	1,3	26	4,1	24	24	1	6,9	5,3	4	6,5	5,3	5,2	39,9	1,8	54,4	46,3	10,2	69,5
16	0,6	17	5,1	18	66	1	19,8	15,1	12	15,9	17,8	16,2	97,3	4,4	180,4	156,3	22,7	123,5
17	3,4	16	6,6	11	73	1	36,3	27,6	23,5	29,4	32	29,3	158,8	7	339,8	286,3	42,3	213,9
18	1,5	17	5,3	19	47	1	18,8	14,4	11,6	15,5	16,9	15,4	88,7	4	170,3	143,5	21	131,9
19	2,3	25	6,3	23	73	1	37,1	27,9	23,5	30,6	32,4	28,7	150,6	6,9	345,8	294,2	46,4	222,8
20	2,3	18	4,8	9	49	1	17,9	13,7	11,4	14,6	16,1	14,8	81,5	3,7	167,3	140,8	21,4	120,5
21	0,9	25	4,8	18	52	2	38,3	27,6	22,7	34,3	32,4	26,2	152,1	7,7	371,7	321	64,6	164,9
22	3,8	27	4,5	24	67	2	63,9	45,4	38,8	57,5	53,2	43	228,6	12,2	641	548,9	113,9	269,3
23	2,7	15	5,2	17	50	2	42,8	30,9	26,6	37,6	35,7	30	166	8,2	417	357,6	70,4	196,8
24	4,1	25	5,4	14	57	2	52,8	38,7	34,8	45,4	42,9	37,8	208,5	9,7	512	443	83,2	238,9
25	1,1	25	6,8	12	33	2	41,6	31,4	27,8	35,9	34,2	30,7	178,3	7,9	398	341,8	61,1	189,8
26	2,9	25	5	10	35	2	32,2	24,5	22,6	26,9	26,1	24,5	137,4	5,8	305,4	265	45	154,9
27	3	21	5,2	6	66	2	26,7	20,4	20,5	20,3	20,4	21,1	121,3	4,6	234,8	219,4	33,6	137,8
28	1,7	29	5,3	22	35	2	47,8	34,7	28,4	43,1	40,5	33,1	184,7	9,4	474,8	398,2	80,7	207,7
29	2,2	19	5,4	24	66	2	57,8	40,7	34,3	51,6	48,6	38,5	211,1	11,4	569,6	490,6	103,6	245,1
30	1,8	26	5,5	9	46	2	31,6	24,2	22,4	26	25,5	24,2	141,9	5,8	292,3	259,6	42,7	149,6
31	4,3	20	5,8	14	29	2	48,3	35,8	32	41,9	39,6	35,3	188,9	8,7	474,8	400,8	74,5	227,5
32	4	27	6,5	22	78	2	83,9	59,6	52,5	74,1	68,3	56	311,4	15,9	827	714,3	147,7	340,9
33	4,4	19	5,2	23	23	2	52,8	38	32,2	47,9	44,4	36,8	192,1	9,9	535,9	441,2	90,9	239,1
34	1,3	26	5,6	7	66	2	26,8	20,6	20,1	21	20,9	20,8	128,2	4,9	233,5	219,6	34,3	127,1
35	1,3	16	5,4	15	52	2	36,1	26,1	22,3	31,6	30,2	25,3	145,1	7,1	345,6	299,3	58,4	165,8
36	3,5	22	6,2	24	63	2	72,6	51,6	44,3	64,5	60,3	48,9	265,3	13,9	721,9	615,4	127,7	308,4
37	2,6	21	4,9	7	20	2	23,3	18,2	17,7	18,9	18,4	18,4	103,9	4	217,8	190,3	30,2	113,4
38	4,2	18	6,7	20	56	2	73,3	52,4	45,8	64,5	60,3	50,3	274,1	13,8	726,4	616,7	124,6	319
39	1,8	20	5,7	22	52	2	51,4	36,7	30,7	45,7	43,4	35,2	194,9	10,1	505,6	431,3	88,4	225,2
40	4,2	20	7	24	38	2	73,4	52,3	44,6	65,6	61,3	50,2	263	13,6	739,5	614,4	127,2	326

Номери колонок 1-19:

1- Номер спостереження; 2- Вміст гумусу, % ; 3- Товща гумусового шару, см ; 4- рН ґрунту ; 5- Вміст фізичної глини, % ; 6- Глибина залягання глейового горизонту, см ; 7- Неосушено-1, Сушено-2 ; 8- Продуктивність ґрунту в ц/га кормових одиниць; 9- Врожайність зернових культур, ц/га ; 10-Врожайність озимого жита, ц/га ; 11-Врожайність озимої пшениці, ц/га ; 12- Врожайність ячменю, ц/га ; 13-Врожайність вівса, ц/га ; 14-Врожайність картоплі, ц/га ; 15- Врожайність льону-волокна, ц/га ; 16-Врожайність кормових буряків, ц/га ; 17-Врожайність кукурудзи на силос, ц/га ; 18-Врожайність багаторічних трав на сіно, ц/га ; 19-Врожайність однорічних трав на зелений корм, ц/га ;