

Волинський національний університет імені Лесі Українки

Біологічний факультет

Кафедра зоології

Укладачі:

Л. В. Бусленко, В. В. Іванців

**МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЇ І ПРОВЕДЕННЯ
БІОЛОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ**

Курс лекцій

ЛУЦЬК – 2020

*Рекомендовано до друку науково-методичною радою
Біологічного факультету Волинського національного університету
імені Лесі Українки (протокол № 1 від 9 вересня 2020 р.)*

Рецензенти:

Волгін С. О. – доктор біологічних наук, професор кафедри ботаніки Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Коробчук Л. І. – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри екології та агрономії Луцького національного технічного університету.

Методика організації і проведення біологічного експерименту

: Курс лекцій / укладачі Бусленко Л. В., Іванців В. В. – Луцьк, 2020. – 46 с.

Видання вміщує лекції із курсу «Методика організації і проведення біологічного експерименту», передбачених навчальним планом освітнього ступеня «магістр» для студентів денної форми навчання галузі знань 01 «Освіта», спеціальності 014 «Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)», за освітньо-професійною програмою «Середня освіта. Біологія, природознавство, здоров'я людини».

ЗМІСТ

Тема 1. Сутність експерименту.....	5
Тема 2. Класифікація експериментів.....	8
Тема 3. Етапи підготовки наукового експерименту.....	17
Тема 4. Класична методика планування експериментальних досліджень.....	22
Тема 5. Апроксимація результатів експериментальних досліджень.....	25
Тема 6. Комп'ютерні технології та інструментарій у наукових дослідженнях.....	29
Тема 7. Сутність математичного планування експерименту.....	34
Тема 8. Повні факторні плани.....	38
Тема 9. Методика обробки результатів експерименту за повними факторними планами.....	43
Тема 10. Аналіз одержаних результатів. Оптимізація результатів багатofакторного експерименту.....	47
Контрольні питання.....	50
Рекомендована література.....	51

Тема 1. Сутність експерименту

Важливою складовою частиною наукових досліджень є експеримент, тобто науково поставлений дослід, що має точно враховані та керовані умови. Слово “експеримент” походить від лат. *experimentum* – проба, дослід. У науково-дослідній роботі це слово означає дослід, цілеспрямоване спостереження, відтворення об’єкта пізнання (організація особливих умов його існування, перевірка передбачень). Отже, *експеримент* - це дія, що має на меті створити умови для здійснення того чи іншого явища, виявити властивості досліджуваного об’єкта, перевірити правильність гіпотез і на цій основі широко й глибоко розкрити тему наукового дослідження.

Експеримент займає важливе місце серед засобів отримання інформації про внутрішні взаємозв'язки явищ в природі та техніці. Він є критерієм більшості наших знань. Експериментальні пошуки часто ведуться в таких галузях, де неможливе теоретичне прогнозування, та при перевірці істинності теоретичних прогнозів.

Характерною особливістю сучасних наукових пошуків є ускладнення досліджуваних процесів та явищ і, як наслідок, ускладнення задач та зростання витрат на проведення експериментів. При цьому великий обсяг інформації, необхідної для з'ясування внутрішніх взаємозв'язків в природі та техніці, примушує застосовувати все більш складні технології для її пошуку та обробки. Все частіше виявляються недоступними безпосередньому вимірюванню характеристики об'єктів випробувань, що підлягають визначенню внаслідок експерименту.

Широке застосування експериментальних методів призвело до створення **теорії експерименту**, яка дозволяє експериментатору вирішувати наступні задачі:

- як треба організувати експеримент, щоб найкращим чином вирішити поставлене завдання (отримати необхідну точність результату при найменших витратах часу та коштів);
- як треба обробляти результати експерименту, щоб отримати максимальну кількість інформації про об'єкт, що досліджується;
- які обгрунтовані висновки можна зробити за результатами експерименту про об'єкт, що досліджується.

Теорія експерименту вивчає методи планування та аналізу експериментальних досліджень і дозволяє вирішувати різноманітні проблеми, що виникають перед дослідниками: у одному випадку необхідно виявити та перевірити причинний зв'язок між вхідними змінними (факторами) та основними характеристиками об'єкту, в іншому - відшукати оптимальні умови протікання процесу або порівняти об'єкти, що вивчаються. Тобто, різноманіття кінцевих цілей дослідження можна узагальнено розділити на два типи (рис. 1.1):

- знайти **адекватний опис** об'єкту дослідження (системи, процесу) в заданій частині факторного простору, тобто побудувати математичну модель об'єкту дослідження (тип А);
- знайти **оптимальні умови** протікання процесу, тобто дослідити побудовану модель на оптимум (тип Б) .

Основою теорії експерименту є **математична статистика**, яка застосовується для аналізу експерименту в тих випадках, коли його результати можуть розглядатися як випадкові величини або випадкові процеси.

Теорія планування експерименту – це теорія засобу побудови математичних моделей різних об'єктів, систем і процесів з метою підвищення продуктивності праці дослідника і зменшення матеріальних витрат:

- скорочення часу і робочої сили;
- зменшення витрати енергії і ресурсів;

- обмеження використовуваного нестандартного устаткування, метрологічного обладнання та робочих і зразкових вимірювальних засобів, які використовуються в експерименті.

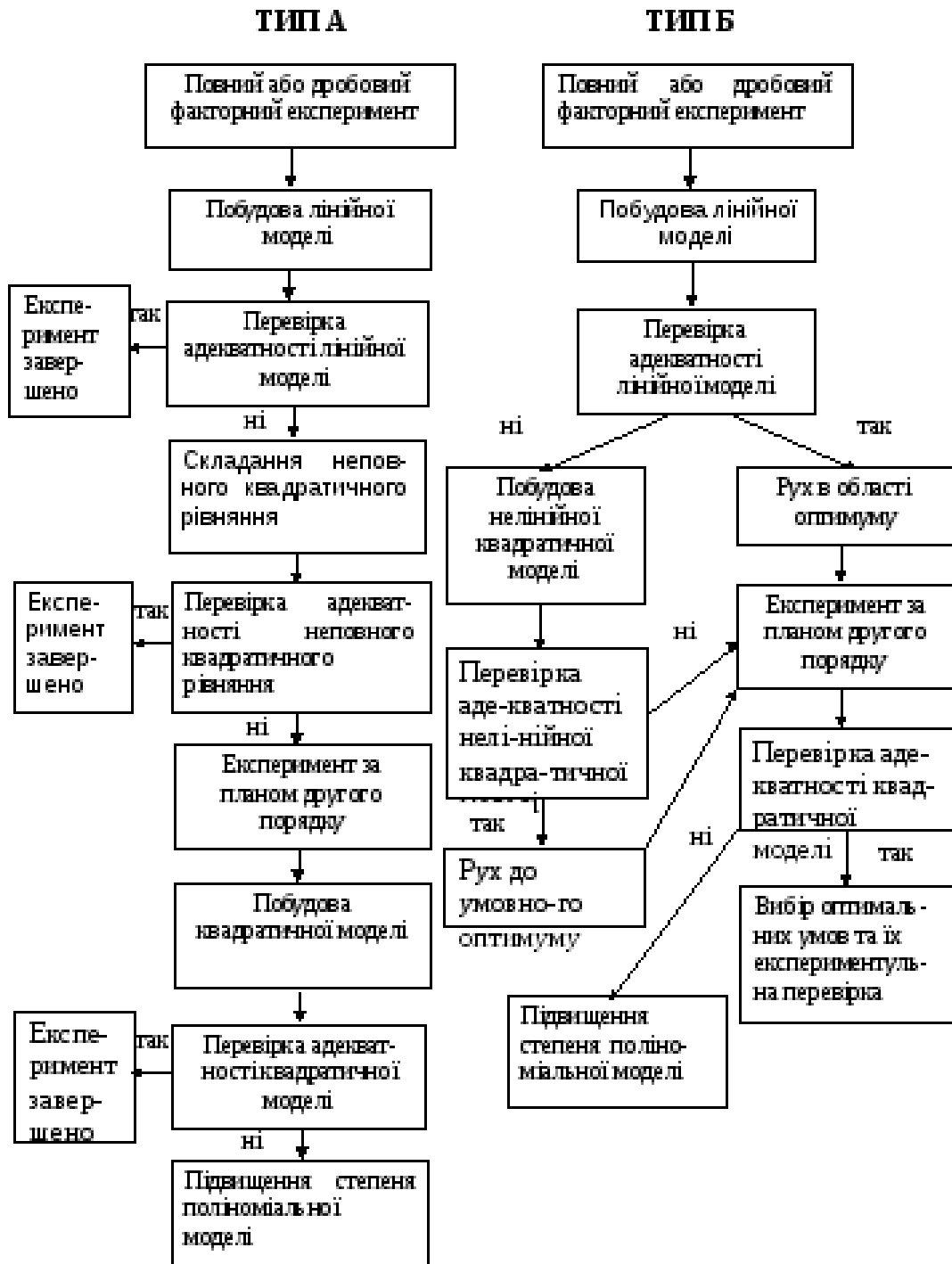


Рис. 1.1. Структурна схема експериментів:

тип А – з метою математичного опису процесу, що досліджується;
тип Б – з метою оптимізації процесу, що досліджується.

Тема 2. Класифікація експериментів

Розглянемо можливий варіант класифікації експериментів за узагальненими ознаками (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Класифікація експериментів за узагальненими ознаками

За структурою експерименти поділяють на натурні, модельні та модельно-кібернетичні (машинні).

У **натурному** експерименті засоби експериментального дослідження взаємодіють безпосередньо з об'єктом дослідження;

у **модельному** – взаємодіють не з об'єктом, а з його заміником – моделлю, яка є безпосередньо об'єктом експериментального дослідження

(одночасно по відношенню до об'єкта, що вивчається, модель є засобом експериментального дослідження).

модельно-кібернетичний експеримент є різновидом модельного експерименту, при якому відповідні характеристики об'єкта, що вивчається, обчислюються за допомогою моделюючого алгоритму на ЕОМ. Цей вид експерименту відрізняється універсальністю та має широку область застосування.

За стадією наукових досліджень експерименти поділяють на лабораторні, стендові та промислові.

До **лабораторних** відносяться експерименти з вивчення загальних закономірностей різних явищ і процесів, з перевірки наукових гіпотез та теорій.

Стендові дослідження проводять при необхідності вивчити цілком конкретний процес, що протікає в об'єкті з певними фізичними, хімічними та іншими властивостями, з метою виявлення помилок, що допущені при розрахунках або конструюванні об'єкту (виробу, технологічного процесу та ін.), а також, з метою отримання рекомендації відносно серійного випуску виробу та умов його експлуатації.

Промисловий експеримент проводять при створенні нового виробу або процесу за даними лабораторних або стендових випробувань, при оптимізації діючого процесу, при проведенні контрольно-вибіркових випробувань якості продукції.

З точки зору організації експериментів виділяють звичайні (рутинні), спеціальні (технічні), унікальні та змішані експерименти.

Звичайні експерименти проводяться в лабораторних умовах за нескладними методиками з використанням порівняно простого експериментального обладнання. Вони пов'язані з одноманітними вимірюваннями та обчисленнями, що багато разів повторюються протягом тривалого проміжку часу.

Спеціальні експерименти пов'язані зі створенням та дослідженням різних приладів та апаратів (засобів автоматики, елементів та вузлів ЕОМ).

Унікальні експерименти проводяться на складному експериментальному обладнанні (типу ядерного реактора, радіоелектронного комплексу, синхрофазотрона) та відрізняються великими об'ємами експериментальних даних, високою швидкістю протікання процесів, що досліджуються, широким діапазоном вимірювання характеристик об'єктів дослідження. Основні галузі застосування унікальних експериментів дослідження космосу, нових технологій та явищ.

Змішані експерименти містять сукупність різнотипних експериментів, об'єднаних єдиною програмою дослідження та пов'язаних один з одним результатами досліджень.

За способом проведення розрізняють пасивні, активні, (активні з програмним управлінням, активні зі зворотним зв'язком) та активно-пасивні експерименти.

Пасивний експеримент проводиться при реєстрації вхідних та вихідних параметрів об'єкту дослідження без втручання в експеримент у процесі його проведення. Пасивний експеримент передбачає застосування математико-статистичних методів тільки для обробки зібраних експериментальних даних. Дослідження впливу сукупності факторів на результати експерименту проводиться при умові, що змінюється тільки один з факторів та фіксуються значення всіх інших. У складних системах, в яких велика кількість впливів не може контролюватися або змінюватися, ця умова не виконується.

Активний експеримент передбачає можливість впливу на об'єкт, що досліджується. При використанні методів активного експерименту математичний опис будується у вигляді сукупності статичних і динамічних вихідних характеристик об'єкта, які реєструються при подачі на його входи спеціальних збурюючих впливів. При активному експерименті можна оцінити дисперсію помилки, перевірити адекватність моделі та взяти

необхідних заходів для виконання умов, що необхідні для застосування методу множинного регресійного аналізу, що використовується для обробки результатів експерименту.

Різновидом активного експерименту є **активний експеримент з програмним управлінням**, що проводиться за зазделегідь складеним планом. Відповідно до цього плану експериментатор впливає на вхідні параметри об'єкту, дослідження, а змінна вихідних параметрів дозволяє з'ясувати природу процесів, що виникають в об'єкті дослідження.

У разі активного експерименту зі зворотним зв'язком, інтерпретуючи результати кожного етапу, можна вибрати оптимальну стратегію управління експериментом.

Активно-пасивний експеримент характеризується тим, що при його проведенні одна частина даних лише реєструється, а інша, крім того, обробляється в процесі експерименту та використовується для управління керованими факторами. У такому експерименті одна частина інформації про об'єкт відповідає характеристикам, що змінюються під впливом керованих факторів, а інша – відображає характеристики, які не залежать від зміни вхідних величин.

Організація та постановка експерименту залежать від його призначення. Експерименти в різних галузях науки поділяють на хімічні, біологічні, фізичні, психологічні, соціальні тощо, їх розрізняють також за способом формування умов (природних і штучних); за метою дослідження (трансформуючі, констатуючі, контролюючі, пошукові, розв'язувальні); за організацією проведення (лаборетбрні, натурні, польові, виробничі тощо); за структурою об'єктів і явищ, які вивчаються (прості, складні); за характером зовнішніх впливів на об'єкт дослідження (речовинні, енергетичні, інформаційні); за характером взаємодії засобу експериментального дослідження з об'єктом дослідження (звичайний та модельний); за типом моделей, досліджуваних у експерименті (матеріальний та мислений); за контрольованими величинами (пасивний і активний); за числом змінюваних

факторів (однофакторний та багвтофакторний); за характером об'єктів, які вивчаються (технологічні, соціометричні) тощо.

Природний експеримент передбачає проведення дослідів у природних умовах існування об'єкта дослідження (переважно використовують у біологічних, соціальних, педагогічних та психологічних науках).

Штучний експеримент передбачає формування штучних умов (широко застосовують у природничих і технічних науках).

Трансформуючий (відтворюючий) експеримент передбачає активну зміну структури і функцій об'єктів дослідження згідно з висунутою гіпотезою, формування нових зв'язків і відношень між компонентами окремого об'єкта або між об'єктами, які вивчаються.

Констатуючий експеримент використовують для перевірки певних передумов. У процесі такого експерименту констатують наявність того чи іншого зв'язку між дією на об'єкт дослідження та результатом цієї дії.

Контролюючий експеримент зводять до перевірки результатів зовнішніх впливів на об'єкт дослідження з урахуванням його стану, характеру дії та очікуваного ефекту.

Пошуковий експеримент виконують в тому разі, коли через відсутність достатніх апріорних даних ускладнена класифікація факторів, які впливають на досліджуване явище. За результатами пошукового експерименту встановлюють значущість факторів. При цьому неістотні фактори відсіюють.

Розв'язувальний експеримент виконують для перевірки вірогідності основних положень фундаментальних теорій в тому разі, коли дві чи кілька гіпотез однаково узгоджуються з багатьма явищами. Це ускладнює вибір вірогідної гіпотези. Прикладом розв'язувального експерименту може бути суперечка між Птолемеєм і Коперніком про рух Землі. Вирішальний дослід Фуко з маятником остаточно вирішив цю суперечку на користь теорії Коперніка.

Лабораторний експеримент виконують у лабораторних умовах з використанням типових приладів, спеціальних моделюючих установок,

.стендів обладнання тощо. Найчастіше в лабораторному експерименті вивчають не сам об'єкт, а його зразок. Такий експеримент дає змогу якісно вивчити вплив одних характеристик, коли варіюються інші, здобути добротну наукову інформацію за мінімальних витрат часу та ресурсів. Проте такий експеримент не завжди повністю моделює реальний хід процесу, що вивчається, тому постає потреба проводити натурний експеримент.

Натурний експеримент виконують у природних умовах і на реальних об'єктах. Цей вид експерименту доцільно застосовувати в процесі натуральних випробовувань виготовлених систем. Натурні експерименти поділяють на виробничі, польові, полігонні, напівнатурні тощо. Натурний експеримент завжди потребує ретельного обмірковування та планування, раціонального добору методів дослідження. Основною науковою проблемою натурального експерименту є забезпечення достатньої адекватності умов експерименту реальній ситуації, в якій працюватиме створюваний об'єкт. До основних завдань натурального експерименту належать такі: вивчення характеристик дії середовища на досліджуваний об'єкт; ідентифікація параметрів об'єкта; оцінка ефективності функціонування об'єкта та перевірка його на відповідність заданим вимогам.

Відкриті й закриті експерименти широко застосовують у психології, соціології, педагогіці. У відкритому експерименті його завдання однозначно пояснюють, а в закритому (щоб здобути об'єкт-ивні дані) приховують від осіб, певні риси яких є предметом дослідження. Оскільки будь-яка форма відкритого експерименту впливає на поведінку згаданих осіб, він доцільний лише в тому разі, коли виключаються суб'єктивні завади. Закритий експеримент проводять так, що той, хто є його об'єктом, відчувається цілком природно.

Простий експеримент використовують для вивчення об'єктів, які не мають розгалуженої структури, з невеликою кількістю взаємопов'язаних та взаємодіючих елементів, що виконують найпростіші функції.

У складних експериментах вивчають явища та об'єкти розгалуженої структури із значною кількістю взаємопов'язаних і взаємодіючих елементів, що виконують складні функції. У складних об'єктах дослідження можлива присутність кількох різних структур або задач. Проте кожний конкретний стан складного об'єкта може бути описаний.

Інформаційний експеримент використовують для вивчення впливу певної (різної за формою та змістом) інформації на об'єкт дослідження. До таких експериментів найчастіше вдаються в біології, психології, соціології, кібернетиці тощо, вивчаючи зміни стану об'єкта дослідження під впливом передаваної йому інформації.

Речовий експеримент має на меті вивчити вплив різних речових факторів на стан об'єкта дослідження (наприклад, вплив різних присадок на якість сталі тощо).

Енергетичний експеримент застосовують для вивчення дії різних видів енергії на об'єкт дослідження. Цей тип експерименту поширений в природничих науках.

Звичайний (класичний) експеримент передбачає наявність експериментатора як суб'єкта пізнання; об'єкта (предмета) експериментального дослідження та засобів (інструментів, приладів тощо), за допомогою яких виконують експеримент. У такому експерименті засоби його проведення безпосередньо взаємодіють з об'єктом дослідження.

Модельний експеримент має справу з моделлю досліджуваного об'єкта. Модель входить до складу експериментальної установки, причому вона заміщує не лише об'єкт дослідження, а іноді й умови, в яких він вивчається. Модельний експеримент має й недоліки, які пов'язані з тим, що різниця між моделлю та реальним об'єктом може стати джерелом похибок, тоді як екстраполяція результатів, здобутих при вивченні поведінки моделі, на модельований об'єкт, потребує додаткових витрат часу й теоретичного обґрунтування правомірності такої екстраполяції.

Різниця між засобами експерименту при моделюванні дає підстави для виокремлення мисленого та матеріального експерименту. Засобами мисленого експерименту є побудовані в думці моделі досліджуваних об'єктів. Мислений експеримент незважають також ідеалізованим чи уявним. Такий експеримент є однією з форм розумової діяльності суб'єкта, в процесі якої відтворюється в уяві структура реального експерименту. Мислений експеримент має таку структуру: побудова в думці моделі об'єкта дослідження (ідеалізовані умови експерименту та впливи на об'єкт); свідоме та планомірне змінювання, комбінування умов експерименту та впливів на об'єкт; свідоме й точне застосування на всіх стадіях експерименту об'єктивних законів науки. У результаті експерименту формулюються висновки.

Матеріальний експеримент має аналогічну структуру. Проте в ньому використовують матеріальні, а не ідеалізовані об'єкти дослідження. На відміну від мисленого такий експеримент являє собою форму об'єктивного матеріального зв'язку свідомості із зовнішнім середовищем, тоді як мислений експеримент є специфічною формою теоретичної діяльності суб'єктів.

Мислений експеримент має ширшу сферу застосування, ніж матеріальний, оскільки до нього вдаються не лише під час підготовки та планування реальних дослідів, а й у випадках коли їх проведення неможливе, А. Ейнштейн згадував у зв'язку з розробкою теорії відносності такий фрагмент своїх міркувань: "Якби можна було погнатися за світловою хвилею зі швидкістю світла, то ми б дістали незалежне від часу хвильове поле. Усе це здається неможливим! Це було першим дитячим мисленим експериментом, який стосується спеціальної теорії відносності. Відкриття є справою логічного мислення, навіть якщо кінцевий продукт є з логічною формою".

Мислені експерименти застосовують не лише вчені, а й письменники, художники, педагоги, лікарі. Такий експеримент завжди присутній у

мисленні шахістів. Величезна роль мисленого експерименту в технічному конструюванні та винахідництві. Його результати відбиваються у формулах, кресленнях, графіках, ескізних проектах.

Пасивний експеримент передбачає вимірювання лише обмеженої кількості показників (параметрів, змінних), що характеризують об'єкт спостережень, без жодного втручання в його функціонування. Прикладами пасивного експерименту є спостереження за інтенсивністю, складом, швидкостями руху транспортних потоків; за числом захворювань чи працездатністю певної групи людей тощо.

Активний експеримент пов'язаний з вибором спеціальних вхідних сигналів (факторів) і контролює вхід та вихід досліджуваної системи.

Однофакторний експеримент передбачає виділення сприятливих факторів, стабілізацію факторів, що перешкоджають експерименту, по черезне варіювання факторів, які цікавлять дослідника.

У *багатофакторному експерименті* всі змінні варіюють одночасно і кожний ефект оцінюють за результатами всіх дослідів, проведених у даній серії експериментів.

Технологічний експеримент напрямлений на вивчення елементів технологічного процесу (продукції, обладнання, діяльності робітників тощо) або такого процесу в цілому.

Соціометричний експеримент використовують для вимірювання існуючих міжособистісних соціально-психологічних стосунків у малих групах з метою їх подальшого змінювання.

Запропоновану класифікацію експериментальних досліджень не можна вважати повною, оскільки з розвитком наукових знань розширюються й галузі застосування експериментального методу.

Тема 3. Етапи підготовки наукового експерименту.

Зростання складності інженерних задач вимагає застосування методів, що ґрунтуються не на інтуїції та випадковості, а на суворому врахуванні закономірностей технічних систем. Планування експерименту засноване на врахуванні таких загальнометодологічних концепцій [тихомиров] як:

- системний підхід;
- регресійний аналіз;
- рандомізація;
- послідовність експерименту,
- оптимальне використання факторного простору;
- компактність інформації,
- статистичні оцінки та ін.

При вивченні складних технічних об'єктів широке застосування знайшов **системний підхід**, як наукова основа для раціонального дослідження різноманітних об'єктів. Суть системного підходу полягає в розгляді будь-якого технічного об'єкта як системи взаємопов'язаних елементів, що створюють одне ціле, та врахування взаємних зв'язків між окремими елементами та самою системою.

Системний підхід в дослідженні технічних систем – це сукупність методологічних принципів та положень, що дозволяють розглядати систему як єдине ціле із узгодженням діяльності всіх її підсистем.

Системний підхід дозволяє:

- вивчати кожний елемент системи в його зв'язку та у взаємодії з іншими елементами,
- спостерігати зміни, що відбуваються в системі,
- виявляти специфічні системні властивості,
- висувати обґрунтовані припущення відносно закономірностей розвитку систем,

- визначати оптимальний режим її функціонування.

Дослідження технічних об'єктів з позицій системного підходу включає в себе операції в наступній послідовності:

- вивчення взаємопов'язаних вимог та об'єктивних законів, що визначають характер та якість функціонування системи;
- проведення структурного аналізу системи, що розкриває характер взаємозв'язку та призначення кожної підсистеми;
- дослідження особливостей управління та механізму зворотних зв'язків для найкращої реалізації законів;
- визначення характеру та міри впливу на систему умов функціонування для підвищення надійності рішень;
- дослідження процесів прийняття рішень в кожному блоці системи з урахуванням його взаємодії з іншими підсистемами.

Цінність системного підходу для проведення експерименту полягає в тому, що він направлений на підвищення ефективності експериментів, на прискорення досягнення їх цілей та вдосконалення організації.

Вибір кількості та умов проведення дослідів, побудова алгоритмів оптимального управління експериментами та вибору початкових даних (факторів та параметрів оптимізації), вивчення поведінки окремих елементів та взаємодія між ними, визначення впливу різних факторів та реакції на зміни експериментальних умов, визначення сукупності величин, що реєструються, уточнення вимог до точності вимірювання параметрів та інші операції повинні також проводитися на основі системного підходу, що передбачає розгляд всіх елементів експерименту як єдиної системи. З цих позицій розглядають загальні властивості експериментів як об'єктів дослідження, проводять їх класифікацію та давати рекомендації по вибору математичних прийомів та методів, якими може користуватися експериментатор при виборі рішень в ході підготовки експерименту, його проведенні та обробці результатів [1].

При плануванні експерименту використовується математичний апарат **регресійного аналізу**, згідно з яким передбачається, що результати дослідів повинні являти собою незалежні **нормально розподілені випадкові величини** з рівними **дисперсіями**. Це означає, що результати експерименту в кожному окремому досліді повинні характеризуватися змінними величинами, що приймають певне значення з відомою мірою ймовірності в умовах, коли розподіл їх окремих значень підкоряється закону нормального розподілу, а дисперсії, що характеризують розсіяння випадкових величин, практично рівні.

Урахування закономірностей розподілу результатів експерименту важливе тому, що випадкова величина вважається заданою тільки в тому випадку, якщо визначена її функція розподілу. Переважним вважається нормальний розподіл при якому математичний апарат, що застосовується для аналізу даних експерименту, звичайно найбільш ефективний, адже на практиці закон нормального розподілу має місце в більшості випадків.

Рівність дисперсій випадкових величин необхідна для того, щоб в умовах експерименту з мінімальною кількістю дослідів забезпечити достатню надійність результатів та рішень, що приймаються. Остання вимога забезпечується, якщо дисперсія, знайдена за результатами багаторазового повторення одного досліді не відрізняється за величиною від дисперсії, знайденої після багаторазового повторення будь-якого іншого досліді, при якому вивчається інше поєднання значень факторів. На практиці експериментальні дослідження майже завжди пов'язані з повторенням дослідів, тому перевірка гіпотези про рівність значень дисперсії в різних точках плану звичайно не є проблемою. Якщо виявляється, що умова однорідності дисперсій не дотримується, то шляхом перетворення випадкових величин вказане ускладнення усувається.

Часто неоднорідність окремих дисперсій пов'язана з помилками, допущеними при проведенні відповідних дослідів. Тому однією з важливих передумов регресійного аналізу є підвищені вимоги до точності вимірювання

факторів. При вимірюваннях факторів рекомендується забезпечувати такі умови, коли помилка вимірювань значно менша в порівнянні з помилкою визначення параметрів оптимізації. З цією метою вживають спеціальних заходів по кращій організації дослідів.

Концепцію **рандомізації** потрібно вважати найважливішою в плануванні експерименту. Вона пов'язана із забезпеченням при проведенні експерименту таких умов, коли досліднику рекомендується свідомо створювати випадкові ситуації для того, щоб зробити випадковими (рандомізувати) ті систематично діючі фактори, які важко стабілізувати або контролювати. Тоді фактори можна розглядати як випадкові величини, а це дозволяє враховувати їх статистично.

Згідно **концепції послідовного експерименту** дослідження повинно складатися з окремих послідовних етапів (серій дослідів), причому схема всього експерименту зазделегідь не планується. Після здійснення кожного етапу експериментатор за результатами виконаної частини експерименту ухвалює рішення про напрями подальшої роботи та її доцільності (див. розділ 2.1 та рис. 2.1).

На кожному етапі використовуються стандартні методи планування та аналізу експерименту, що забезпечують отримання даних, необхідних для прийняття обгрунтованого рішення. Вибір методів, що застосовуються на подальшій стадії роботи, визначається за результатами досліджень на даній стадії.

Концепція оптимального використання факторного простору враховує те, що при вивченні багатфакторних залежностей ефективність експерименту підвищується пропорційно збільшенню кількості факторів, що розглядаються. У цьому випадку точність оцінки коефіцієнтів регресії поліноміального рівняння зростає із збільшенням кількості факторів завдяки тому, що одночасно збільшується радіус сфери, що обстежується в факторному просторі, хоч кожен фактор варіюється в тих самих межах. При цьому дисперсія оцінки коефіцієнтів регресії іноді знижується в порівнянні з

дисперсією одиничного вимірювання в $(k+1)n$ разів, оскільки оцінка ведеться за всіма $(k+1)n$ дослідями, де k - кількість факторів, а n - кількість спостережень). [4]

Концепція компактності інформації стосується заключної стадії досліджень та полягає в забезпеченні можливості отримання даних в формі, зручній для опублікування, зберігання та порівняння з іншими даними.

Концепція статистичних оцінок пов'язана з необхідністю враховувати ступінь відмінностей між знайденим рішенням та результатами експерименту. Згідно цієї концепції рішення інженерної задачі вважають оптимальним, якщо статистична перевірка показала, що йому можна вірити з 95%-ною довірчою ймовірністю.

Особливістю більшості досліджень є необхідність урахування при дослідженні дуже великої кількості факторів і рішень, так званих, компромісних задач, що характеризуються визначенням багатьох критеріїв оптимізації. Ця обставина примушує звертати підвищену увагу на правильність постановки задачі та ускладнює прийняття рішень, оскільки відомі методи рішення компромісних задач поки не можна вважати досконалими.

Контрольні питання

1. Які задачі вирішуються за допомогою планування експерименту?
2. Класифікація експериментів за узагальненими ознаками.
3. Як поділяються експерименти за структурою?
4. Класифікація експериментів за стадією наукових досліджень.
5. Класифікація експериментів з точки зору організації.
6. Класифікація експериментів за способом проведення.
7. Які Ви знаєте математичні моделі? Опишіть особливості фізичних (аналітичних) та статистичних моделей.
8. Переваги поліноміальних моделей
9. Чим відрізняються статичні моделі від динамічних?
10. Які Ви знаєте діагностичні та верифікаційні моделі?
11. Наведіть класифікацію моделей за метрологічними ознаками.
12. У чому полягає кібернетичний підхід до дослідження об'єкту?. Які групи факторів впливають на цей об'єкт?
13. Класифікація вхідних факторів, що діють на об'єкт дослідження. Дайте визначення понять «факторний простір» та «поверхня відгуку».
14. Які вимоги ставляться до об'єкту дослідження?
15. Які вимоги ставляться до факторів?
16. Які вимоги ставляться до параметрів оптимізації?
17. Перелічіть основні методологічні концепції планування експерименту.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Атраментова Л. А. Статистические методы в биологии / Атраментова Л. А., Утевская О. М. – Горловка: Ліхтар, 2008. – 248 с.
2. Білушак Г. І. Теорія ймовірностей і математична статистика. Практикум / Білушак Г. І., Чабанюк Я. М. – Львів, 2001. – 418 с.
3. Важинський С. Е. Методика та організація наукових досліджень : Навч. посіб. / С. Е. Важинський, Т. І. Щербак. – Суми: СумДПУ імені А. С.Макаренка, 2016. – 260 с.
4. Гліненко Л. К. Основи моделювання технічних систем: навчальний посібник / Гліненко Л. К., Сухоносів О. Г. – Львів: Бескид Біт, 2003. – 176 с.
5. Кислий В. М. Організація наукових досліджень: навчальний посібник / В. М. Кислий. – Суми: Університетська книга, 2011. – 224 с.

Додаткова:

1. Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной физиологии растений / Под ред. Кузнецова Вл. В., Кузнецова В. В., Романова Г. А. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011. – 487 с.
2. Кучеренко М. Є. Сучасні методи біохімічних досліджень / Кучеренко М. Є., Бабенюк Ю. Д., Войцицький В. Л. – К.: Укрфітосоціоцентр, 2001. – 414 с.
3. Колупаев Ю. Е. Колеоптили пшеницы как модель-ный объект для исследования стресс-протекторного действия экзогенных соединений / Колупаев Ю. Е., Карпец Ю. В., Ястреб Т. О. // Вісн. Харків. нац. аграрн. ун-ту. Сер. Біологія. – 2013. – Вип. 1 (28). – С. 103-108.

Навчально-методичне видання

Укладачі

Бусленко Леся Володимирівна

Іванців Володимир Васильович

**МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЇ І ПРОВЕДЕННЯ
БІОЛОГІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ**

Курс лекції

Технічний редактор Іванюк В.П.

Підписано до друку 07.09.2020. Формат 60x84/16

Папір офсетний. Гарнітура Times. Офсетний друк.

Ум. друк. арк. Зам. № 7 Тираж 100

Друк ПП Іванюк В.П. 43021, м. Луцьк, вул. Винниченка, 63

Свідоцтво Держкомінформу України

ВЛн №31 від 04.02.2018 р.