

Опорний конспект лекцій
з курсу
«Методологія та організація наукових досліджень»

Лекція 1. Основні відомості про структуру наукових досліджень. Наука як система знань.

Наука – це система знань, об'єктивних законів природи, суспільства, мислення, що виражається у точних категоріях і має певну структуру.

Під *системою* розуміють те, що всі тіла і предмети в світі взаємодіють, а всі процеси й явища взаємопов'язані. Тому наука як система визначається:

– у формі суспільної свідомості, відображаючи сенс людського буття, зокрема знання про природу, суспільство і людину;

– у формі суспільної практики, куди входять методології, теорії, інформація та наукові структури.

Як система, наука характеризується цілісною єдністю кількісного і якісного накопичення знань, класифікованих за галузями наукових досліджень, процесом формування зв'язків між ними.

Системність науки реалізується становленням та розвитком її як окремого соціального інституту, що об'єднує інтелектуальний потенціал суспільства.

Системи поділяють:

1. *Великі системи.* Такі системи не вдається спостерігати одночасно з позиції одного спостерігача в часі або в просторі. У цих випадках систему розбивають на частини (підсистеми) і розглядають послідовно, переміщаючись з нижчого рівня на вищий. Підсистеми одного рівня ієрархії описують деякою мовою, а переходячи на наступний рівень, використовують метамову, яка є розширенням мови першого рівня за рахунок засобів опису самої мови. Створення такої мови рівноцінне визначенню законів утворення структури системи, а тому є найціннішим результатом дослідження.

2. *Складні системи.* Такі системи не можна скласти з окремих частин. Здебільшого це означає, що:

– спостерігач весь час змінює свою позицію відносно об'єкта і спостерігає його з різних сторін;

– різні спостерігачі досліджують об'єкт з різних сторін.

3. *Динамічні системи.* Такі системи перебувають у постійній зміні. Будь-яку зміну, що відбувається в такій системі, називають процесом.

Динамічні системи зазвичай характеризують такими властивостями:

◆ рівновага – здатність повертатися до початкового стану чи поведінки, компенсуючи впливи зовнішнього середовища;

◆ самоорганізація – здатність відновлювати свою структуру або поведінку для компенсації зовнішнього впливу, а також змінювати їх, пристосовуючись до умов оточуючого середовища;

◆ інваріантність поведінки – те, що залишається в поведінці системи незмінним у будь-який відрізок часу.

4. *Кібернетичні або керуючі системи.* За допомогою таких систем досліджують процеси управління в технічних, біологічних, економічних і соціальних системах. Центальною в цьому випадку є інформація як засіб впливу на поведінку системи.

5. *Цілеспрямовані системи.* Цілеспрямованими називають системи, якими можна управляти, надавати певну поведінку або приводити до певного стану, компенсуючи зовнішні впливи.

Наука – це не просто сума знань про навколишній світ, а точно сформульовані положення про явища та їх зв'язки, закони природи та суспільства, що виражені за допомогою конкретних наукових понять і суджень. Поняття і судження є науковими, якщо вони отримані за допомогою наукових методів (як емпіричних, так і теоретичних) і підтверджені в процесі практичної перевірки.

Отже, наука – це сфера дослідницької діяльності, що спрямована на отримання нових знань про природу, суспільство і людину.

Наука є результатом діяльності людства, що спрямована на розвиток суспільної практики.

Загалом наука виконує такі функції:

◆ *соціальної пам'яті* як “накопичення – збереження – трансляції” досвіду попередніх епох;

◆ *гносеологічну* (пізнавальну), що забезпечує суспільству необхідні знання для правильного вирішення поставлених проблем;

◆ *нормативну*, що встановлює, організує та регулює відносини між науковими структурами за допомогою системи норм і правил етики;

◆ *комунікативну*, що реалізується за допомогою наукової мови як зрозумілого і важливого засобу спілкування;

◆ *аксіологічну* (ціннісну), що формує в суспільстві ціннісні орієнтації, які спрямовують результати наукових досліджень на благо людства;

◆ *креативну* (творчу), що реалізується за допомогою створення потужного, інтелектуального потенціалу людства;

◆ *виховну*, що дає змогу підвищити рівень освіченості у суспільстві.

Структуру процесу пізнання та його елементів наведено на рис. 1.1, 1.2.



Рисунок 1.1. Структура процесу пізнання

Мета науки – пізнання законів розвитку природи і суспільства, їх вплив на предмети та явища, їх властивості та відношення, що виконується за допомогою логічного та абстрактного мислення.

Процес наукового пізнання передбачає накопичення фактажу, що підлягає систематизації та узагальненню за допомогою понять, категорій, критеріїв.

Поняття є вищою формою прояву думки і відображають предмети та явища світу в їх конкретних та загальних ознаках, за допомогою яких і створюється система наукового знання. Отже, наукові знання являють собою систему взаємозалежних понять, що відбивають закономірний процес розвитку природи і суспільства.



Рисунок.1.2. Структурні елементи процесу пізнання

Розвиток системи наукових знань, її удосконалення, систематизація та апробація проводяться за допомогою наукового дослідження. В ефективності проведення наукових досліджень значну роль відіграють інтуїція, індивідуальність пошуковця, досвід. Пошук, що спирається на емпіричний фактаж, передбачає застосування різних методів наукового дослідження і приводить до узагальнень на типологічному рівні називають *науковим*.

Лекція 2. Види й етапи наукових досліджень

Від ідеї до її втілення науковий пошук проходить кілька етапів цілеспрямованого процесу пізнання, результати якого подають у вигляді наукового дослідження у розмаїтті його проявів: монографії, есе, наукові статті, звіти і доповіді, дисертації, магістерські і дипломні роботи та ін.

За цільовим призначенням виокремлюють такі види наукових досліджень:

– **фундаментальні**, що мають найвищий ступінь невизначеності. Результатом цих досліджень є відкриття нових явищ і законів, які відбуваються в навколишньому середовищі, розширення наукових знань про суспільство та їх застосування в практичній діяльності;

– **прикладні**, що передбачають пошук нових або удосконалення вже відомих явищ та законів природи, мета яких полягає у використанні одержаних результатів у практичній діяльності людини і суспільства.

Наукове дослідження умовно поділяють на такі етапи:

- емпіричний;
- теоретичний.

Емпіричний етап наукового дослідження пов'язаний із отриманням та первісним опрацюванням матеріалу, процесом накопичення фактів, описом мовою науки, класифікацію за різними критеріями та виявленням основної залежності між ними.

Саме під час такої роботи дослідник повинен:

- описати кожний факт термінами науки у межах якої ведеться дослідження;
- відібрати з усіх фактів найбільш типові;
- класифікувати факти за їх сутністю;
- з'ясувати наявні зв'язки між відібраними фактами.

Теоретичний етап дослідження пов'язаний із глибоким аналізом наукового фактажу, перевіреного, усвідомленого та зафіксованого мовою науки, проникненням у суть явищ, формулюванням його в якісній і кількісній формах, обранням принципу дії та рекомендацій щодо практичного впливу на ці явища.

Між двома етапами дослідження є постановка проблеми, що означає:

- визначення того, що є невідомим і потребує доведення;
- формулювання питання, що відображає основний зміст проблеми й обґрунтування його правильності та важливості для науки;
- виокремлення конкретних завдань, послідовність їх вирішення та методи, які застосовують.

Наукове дослідження в кожному зі своїх циклів рухається від емпірики до теорії, а від теорії – до практики, де проходить перевірку.

Цей процес має певні стадії, які відбуваються у заданій послідовності, та характерні форми, в яких існує та розвивається наукове знання, зокрема, отримання фактів, їх опис, формулювання проблем і постановка задач, висунення гіпотези, ідеї, положення, формулювання теорії та органічне внесення в неї доказових положень.

Теорія (грецьке *theoria* – розгляд, дослідження) – форма достовірного наукового знання про дійсність, що являє собою систему понять, тверджень, доказів, дає цілісне уявлення про закономірності та зв'язки у природі й у суспільстві. Теорія виникає внаслідок пізнавальної діяльності та практики і являє собою процес осмисленого відображення дійсності.

Наукова теорія як система характеризується:

- предметністю;
- адекватністю;
- конкретністю;
- істинністю та достовірністю.

Наукова теорія має бути логічною, пояснювати факти і наукові конструкції. Нові теорії виникають тоді, коли існуючі знання не задовольняють пояснення експериментальних фактів.

У **структуру наукової теорії** входять:

- ◆ *факти* – знання про об'єкти або явища, вірність яких доведена;
- ◆ *категорії* – загальні та фундаментальні поняття, що відображають найбільш суттєві, загальні якості явищ дійсності;
- ◆ *аксіоми* – істинні положення, що приймаються без логічного доведення в силу їх безпосередньої переконаності;
- ◆ *постулати* – твердження (судження), що приймаються науковою теорією як істинні, хоча вірність їх не доведена;
- ◆ *принципи* – вихідні положення будь-якої теорії, вчення, науки або світогляду; абстрактні визначення ідеї, що виникли внаслідок досягнення досвіду людства;
- ◆ *поняття* – думка, що узагальнює та виокремлює предмети, явища за певними ознаками, відображає суттєві його якості (загальні, одиничні, конкретні, абстрактні, відносні, абсолютні і т.д.);
- ◆ *судження* (висловлювання) – висловлена думка (загальна, стверджуюча, конкретна, умовна тощо), в якій відображене ставлення до її змісту, істинності або хибності;
- ◆ *умовиводи* – процес мислення, що об'єднує послідовність двох або більше суджень, унаслідок чого з'являється якісно нове судження;
- ◆ *закони* – дуже суттєві та необхідні відношення між явищами і процесами, що відображають загальні зв'язки і мають об'єктивний характер.

Отже, **наукова теорія** – це система суттєвих ідей, підходів та логічних принципів, за допомогою яких узагальнюється досвід, отримуються достовірні знання, відображається закономірний розвиток природи, суспільства, мислення на основі зв'язків між її поняттями.

2.1. Методологія наукового дослідження

Незважаючи на те, що будь-яке наукове дослідження, починаючи від його творчого задуму та постановки проблеми і закінчуючи висновками та оформленням звіту, відбувається за індивідуальними (часто неповторними) рисами та особливостями дослідника, можна виокремити деякі загальні підходи його проведення, які зазвичай називають методологією.

Під **методологією наукового дослідження** розуміють сукупність принципів, засобів, методів і форм організації та проведення наукового пізнання поставленої проблеми. Методологія наділена апаратом дослідження, до якого відносять:

- принципи організації та проведення наукового дослідження;
- різні методи наукового дослідження та способи його проведення;
- понятійно-категоріальну основу наукового дослідження, зокрема: актуальність, проблематика, об'єкт, предмет, мета, завдання, наукова новизна, евристична цінність, теоретична і практична значущість.

Усі складові елементи наукового дослідження є основою методологічного апарату і сукупно являють собою інструментарій цілеспрямованого пізнання об'єктів, явищ і процесів.

Результати наукових досліджень здебільшого виражають у вигляді системи понять, закономірностей, законів і теорій.

Методологія наукових досліджень основана на певних принципах, зокрема:

- ◆ принцип *єдності теорії і практики*, що є взаємообумовленими;
- ◆ принцип *системності*, на підставі якого встановлюється, що кожен досліджуваний об'єкт розглядається як єдине ціле і кожне явище оцінюється у взаємозв'язку з іншими;
- ◆ принцип *розвитку*, що полягає у формуванні наукового знання із відображенням суперечностей, кількісних та якісних змін об'єкта дослідження;
- ◆ принцип *об'єктивності*, що потребує врахування всіх факторів, які характеризують досліджувані об'єкти, явища і процеси;
- ◆ принцип *декомпозиції*, який ґрунтується на поділі системи на частини, виділенні окремих комплексів робіт для створення умов ефективного аналізу та проектування досліджуваних об'єктів, явищ і процесів;
- ◆ принцип *абстрагування*, який полягає у виділенні істотних та упущенні несуттєвих проявів властивостей досліджуваних явищ і процесів.

Існують різні рівні методологічного аналізу, зокрема:

- *динамічний рівень*, в який входять світоглядна інтерпретація результатів наукових досліджень, аналіз загальних форм і методів наукового мислення;
- *статичний рівень*, в який входять принципи, підходи, форми дослідження, які мають загальнонауковий характер;
- *аналітико-синтетичний рівень*, який складається з конкретної сукупності методів і принципів дослідження, що застосовуються у певній галузі науки;
- *предметний рівень*, тобто дисциплінарна методологія як сукупність методів і принципів дослідження, що використовуються у певній науковій дисципліні конкретної галузі наук або на стику наук, де сама наукова дисципліна є основною формою організації наукового пізнання;
- *міждисциплінарний рівень* – це методологія міждисциплінарного комплексного дослідження, що відповідно до логіки наукового пошуку є сферою взаємодії різних наук, коли можна отримати результат лише у разі врахування комплексного знання про предмет.

Будь-яке наукове дослідження проводиться у певній *логічній послідовності*, внаслідок чого забезпечується конкретність, поетапність та обґрунтованість.

Значення методології наукового пошуку полягає в тому, що вона дає змогу систематизувати увесь обсяг наукового знання й створити умови для розроблення подальших ефективних напрямів дослідження. Знання методології у науковому дослідженні дає змогу впорядкувати отримані результати, розкрити можливості пошуку альтернативних шляхів вирішення поставленої проблеми, оцінити практичну цінність отриманих результатів, розвинути здатність до ведення наукових дискусій та сформувані інтелектуальні здібності особистості дослідника.

2.2. Методи наукового дослідження

Метод – це підхід, засіб або прийом теоретичного та експериментального дослідження або практичного втілення явища чи процесу. Залежно від ступеню складності проблеми дослідження змінюються методи його проведення і види експерименту.

Методи, які застосовують у науковому дослідженні, залежать не лише від самого предмету, а й від рівня дослідження. Виділяють *емпіричний* і *теоретичний* рівні. Для емпіричного рівня дослідження характерними є методи: спостереження, експеримент, опис, статистика тощо. Для теоретичного рівня дослідження використовують методи аналізу-синтезу, індукції-дедукції, аналогії тощо.

Кожен дослідник має розрізняти поняття: “науковий метод” і “метод науки”.

Вимоги до *наукового методу*:

◆ *детермінованість*, що полягає в обумовленості закономірностями як об’єкта, так і пізнавальної діяльності;

◆ *заданість ціллю дослідження*, що характеризується відповідністю усіх компонентів методу цілі дослідження;

◆ *результативність та надійність*, тобто наявність результату з високим ступенем вірогідності;

◆ *ефективність*, що характеризується досягненням мети дослідження з мінімальними затратами і максимальним результуючим ефектом;

◆ *економічність*, що полягає в можливості досягнення конкретних результатів без додаткових затрат часу і зусиль;

◆ *доступність* у розумінні й застосуванні.

У науковій діяльності існує велика кількість методів, зокрема загальнонаукових, теоретичних, експериментальних, конкретних.

Їх єдність та взаємозв’язок утворюють специфічність і цілісність пізнавальної діяльності в науці. Загалом для підвищення ефективності та результативності наукового дослідження здебільшого використовують не один метод а певну сукупність методів.

Різновиди методів наукового пізнання умовно поділяють на такі рівні:

◆ *емпіричний*, до якого відносять спостереження, порівняння, вимірювання, анкетування, співбесіду, тестування тощо;

◆ *теоретико-експериментальний*, до якого відносять експеримент, аналіз-синтез, індукцію-дедукцію, моделювання, гіпотетичність, історичність, логічність, абстрагування, ідеалізацію, аксіоматику, узагальнення тощо;

◆ *метатеоретичний*, куди входять діалектичний метод і метод системного аналізу.

Метод науки являє собою організацію процесу дослідження в структурі наукової та пізнавальної діяльності, що передбачає конкретний науковий пошук, зокрема: постановка та формулювання проблеми, побудова гіпотези, емпірична, теоретична та експериментальна перевірка гіпотези, підсумки та прогнозування наступних етапів дослідження обраної теми наукового дослідження.

Загалом методи дослідження – це інструменти, за допомогою яких вирішують ті чи інші проблеми, відкривають закономірні зв’язки досліджуваних явищ і процесів.

Сукупність методів, необхідних для проведення результативного дослідження, становить *методику дослідження*, яка, незважаючи на свою індивідуальність під час вирішення конкретного завдання, має сталу структуру. Основними компонентами методики дослідження є:

- теоретико-методологічна частина, на основі якої будують методику дослідження;
- історико-теоретична частина, що передбачає дослідження явищ і процесів з урахуванням зв’язків та взаємозалежностей між ними;

- практична частина, у яку входить узагальнення результатів дослідження як логічного завершення наукового пошуку, їх аргументація.

Методика дослідження повинна відповідати конкретним завданням дослідження та чітко відображати специфіку досліджуваних об'єктів, явищ і процесів, а не створювати механічне відображення запозичених різноманітних методів з інших галузей науки. Разом з тим, як буде висвітлено далі, використання аналогій, співставлення та універсальних, зокрема математичних, методів розв'язування практичних задач часто приводить до значних позитивних результатів. Додатково до вже вищезазначених методів дослідження можна ще привести інші способи важливої класифікації, зокрема, за характером пізнавальної діяльності, а також за способом організації дослідження. До методів першої класифікаційної групи (характер пізнавальної діяльності) здебільшого відносять дослідницькі, проблемні, евристичні, креативні, репродуктивні, ілюстративні, ігрові, імітаційного моделювання, тренінгу тощо. Зобразимо їх у вигляді структурної схеми (див. рис. 2.1).



Рисунок 2.2. Схема пізнавальної діяльності

Аналогічно у вигляді структурної схеми можна зобразити класифікацію методів дослідження за способом організації (див. рис. 2.3), до яких варто віднести методи:



Рисунок 2.4. Способи організації наукового дослідження

Комплексні методи дослідження, які дають змогу розкрити структурно-функціональні зв'язки складного цілісного об'єкта. *Методи кількісного оброблення даних*, які дають змогу виразити у числових значеннях різні сторони явищ та зв'язки між ними.

Методи якісного оброблення даних, до яких відносять різні прийоми класифікації, кодування, диференціації, категоризації на основі певних ознак і критеріїв. *Емпіричні методи дослідження*, які являють собою способи отримання наукових фактів під час спостережень, діагностування, експерименту, праксиметричних способів та ін.

Теоретичні методи дослідження, що дають змогу виявити функціональні зв'язки залежності між досліджуваними явищами і процесами. *Метод експертних оцінок*, який дає змогу отримати прогностичну інформацію на основі виявлення та опрацювання думок групи експертів. До складу цього методу входять: • *метод комісії*, який полягає в тому, що на підставі сукупності особистих думок експертів вибираються найбільш об'єктивні й обґрунтовані; • *метод “мозкового штурму”*, який полягає у творчій генерації нових ідей групами експертів, їх аналіз, оцінювання та вибір найбільш раціональних групами аналітиків; • *метод евристичного прогнозування*, який виділяється чітким теоретичним обґрунтуванням, в'ясненням компетентності експертів та наявністю алгоритму опрацювання отриманої інформації; • *метод узагальнення*, який полягає в узагальненні незалежних характеристик, їх аналіз і синтез, коли відкидають все несуттєве. *Прогностичні методи* – це система правил, вимог та умов, що скеровують дослідницьку діяльність на виявлення об'єктивної істини. Зокрема, до складу цих методів відносять: • *інформаційний метод*, який дає змогу забезпечити швидке та ефективно отримання інформації з різних джерел щодо обраної проблематики, наприклад, з наукової літератури, періодики, Інтернету тощо; • *метод морфологічного аналізу*, який дає можливість забезпечити розподіл обраної проблематики на складові частини, кожна з яких має декілька альтернативних рішень, а результат є сукупністю всіх можливих варіантів вирішень.

Науковий пошук має декілька рівнів, серед яких виділяють (див. рис. 2.5):



Рисунок. 2.5. Рівні науково-дослідної роботи

Інформаційний (проблемно-пошуковий) рівень – виявлення та усвідомлення інформації про наявні знання в галузі обраної проблематики.

Критичний рівень – виявлення рівня розробленості обраної теми наукового дослідження.

Аналітико-синтетичний рівень – занурення у проблематику обраної теми наукового дослідження та узагальнення отриманих знань.

Науково-дослідний рівень – теоретико-експериментальна розробленість обраної теми наукового дослідження.

Прогностичний рівень – узагальнюючий рівень із визначенням перспектив у подальшому вивченні обраної теми наукового дослідження.

Лекція 3. Теоретичні методи наукового дослідження

До теоретичних методів наукового дослідження зазвичай відносять категорії, які наведено на рис. 2.6. Розглянемо їх дещо конкретніше.

Індукція (ймовірні знання) – це форма наукового пізнання, логіка якого розгортається від конкретного до загального, тобто загальне положення виводять логічним шляхом з одиничних суджень. За цим методом дослідження для одержання загальних знань про певний клас предметів (явищ, процесів) необхідно вивчити окремі складові класу та віднайти в них істотні ознаки, які властиві лише цьому класу.



Рисунок 2.6. Категорії теоретичних методів наукового дослідження

Дедукція (ймовірні знання) – це форма наукового пізнання, логіка якого розгортається від загального до конкретного. За допомогою цього методу розширюються можливості розумового процесу дослідження, в якому можна виокремити два основних рівні:

- на першому рівні доведення розглядають як судження, коли істинність одного встановлюється на основі істинності іншого;
- на другому рівні доведення має форму, що піддається опису, завдяки якому стає зрозумілим сам процес доведення, тобто відбувається структуризація і формалізація процесу дослідження.

Аналіз тісно пов'язаний з дедукцією і являє собою метод наукового пізнання, за логікою якого ціле розкладають на частини, що є складовими цього цілого.

Синтез – це метод наукового пізнання, що сприяє відновленню цілісності досліджуваного об'єкта, явища чи процесу в розмаїтті проявів. Цей метод тісно пов'язаний з індукцією у різних практичних проявах системного дослідження.

Абстрагування – метод наукового пізнання, що полягає в уявному виділенні конкретних ознак та властивостей об'єкта, явища або процесу. Завдяки абстрагуванню стає можливим з всієї сукупності їхніх ознак і властивостей виокремити загальні та найбільш важливі.

Конкретизація – це рух від абстрактного до конкретного з метою виокремлення функціональних зв'язків між складовими частинами досліджуваного об'єкта, явища чи процесу.

Моделювання – це спосіб наукового пізнання, сутність якого полягає у дослідженні моделі об'єкта пізнання на основі абстрактно-логічного мислення за принципами наочності

та об'єктивності. Висвітленню цього методу наукового пізнання будуть присвячені наступні розділи.

Порівняння – це метод зіставлення досліджуваних об'єктів, явищ чи процесів і виявлення їх подібності та відмінності.

Класифікація полягає в упорядкуванні досліджуваних об'єктів, явищ або процесів, а також їхніх складових на групи, типи, класи, види за певними ознаками. Серед методів наукового дослідження виокремлюють **аргументацію** – суто логічний процес, суть якого обумовлена істиною судження, яку необхідно довести. Цей процес оснований на сукупності аргументів, у склад яких можуть входити факти, визначення, аксіоми тощо. За допомогою аргументації досягають цілі лише тоді, коли дослідник дотримується певних правил доведення і, зокрема, побудови тези.

Тезою називають твердження, істинність або хибність якого доводять. До кожної тези висуваються певні вимоги, зокрема: • тезу формулюють чітко і правильно, не допускаючи двоякості думки; • теза має залишатися незмінною, тобто доводять одне й те саме твердження, бо коли це правило не виконується, думка не буде доведена. Отже, впродовж усього процесу дослідження не варто відступати від первісного формулювання тези, хоча воно може уточнятися й поглиблюватися внаслідок допущених неточностей і похибок. Серед значніших помилок, які можуть знівелювати результати дослідження, виділяють:

- висунення іншої тези, пов'язаної з першою, але яка за суттю є іншим твердженням і тому не може наблизити вирішення досліджуваної проблеми;
- заміна основної тези подібною, але за своєю спрямованістю і суттю іншою;
- часткова видозміна основної тези або відкидання певних її складових, що робить її недоказовою.

Переконливість аргументації має відповідати таким вимогам: • до аргументів відносять лише ті твердження, істинність яких доведена і тому вони виконують роль фундаменту, на якому будується вся доказовість; • аргументи мають бути доведені незалежно від висунутої тези, бо в протилежному випадку самі аргументи потребують доведення; • аргументи не можуть самі собі суперечити, а тому мають бути самодостатніми. Для аргументації характерними є доказовість та переконаність.

Доказ – це логічний процес, який дає змогу встановити істинність твердження (судження).

3.1. Емпіричні методи наукового дослідження

Отримана за допомогою емпіричних методів наукового дослідження інформація є основою для подальшого теоретичного осмислення пізнавальних процесів. Складові емпіричних методів дослідження зображені на рис. 1.7:



Рисунок 2.7. Емпіричні методи наукового дослідження

Кожен з наведених методів є певною мірою важливим у випадку проведення наукових досліджень, хоча в конкретному дослідженні використовуються лише окремі з них. Найчастіше серед них, особливо в економічних, природничих і технічних науках, використовують спостереження, експеримент і, звичайно, аналіз результатів. Під **спостереженням** розуміють цілеспрямоване і систематичне сприйняття об'єкта, явища чи процесу, виходячи з певного завдання і мети дослідження. Залежно від тривалості розрізняють такі спостереження: короткочасні і довгочасні, безперервні і дискретні, тобто такі, які неодноразово повторюють через певні проміжки часу.

Експеримент – це цілеспрямоване вивчення явища, процесу чи об'єкта дослідження з метою виявлення невідомих його властивостей чи якостей або перевірки правильності теоретичних положень, які визначаються певною науковою ідеєю. Розрізняють два види експериментів:

◆ експерименти, за допомогою яких емпірично перевіряють вірність певної гіпотези чи теорії;

◆ експерименти пошукового характеру, в ході яких відбувається відбір необхідної емпіричної інформації для вирішення поставленої проблеми. Для проведення науково-пошукового експерименту потрібно:

- сформулювати гіпотезу і розробити та обґрунтувати план її експериментальної перевірки;

- визначити межі (наприклад, часові, просторові), в яких буде проходити експеримент;

- забезпечити умови для успішного проведення запланованого експерименту;

- розробити методику фіксування результатів експерименту і забезпечити їхню точність та адекватність;

- проаналізувати результати експерименту. Очевидно, що результативність експерименту значною мірою буде залежати від правильності обраної методики та врахування попереднього досвіду у дослідженні поставленої проблеми.

3.2. Категоріальний апарат наукового дослідження

Будь-який науковий пошук неодмінно супроводжується концепцією дослідження, під якою розуміють систему взаємопов'язаних наукових положень, використовуваних для досягнення результату. Концепція може розкривати авторські теоретичні міркування, а може ґрунтуватися на загальноприйнятих наукових теоріях. В обох випадках покладені в основу наукового дослідження твердження є низкою понять, а не штучним набором окремих різнопланових суджень. Ці поняття відображають концептуальний зміст дослідження і до них відносять: тему, об'єкт, предмет, мету і завдання дослідження, наукову проблему, її обґрунтування, наукова новизна, теоретична і практична значущість. Розглянемо конкретніше зміст перерахованих понять.

Тема відображає проблему в найбільш характерних рисах й окреслює її обриси та визначає межі майбутнього наукового дослідження. За допомогою сформульованої теми конкретизують основний задум дослідження у певному науковому напрямку, створюючи таким чином передумови успіху задуманої роботи загалом.

Об'єкт наукового дослідження – це сфера діяльності суб'єкта або сукупність зв'язків, відносин, якостей досліджуваного явища чи процесу, або загальна сфера пошуку у вирішенні поставленої проблеми.

Предмет дослідження – це поняття, під яким розуміють конкретизацію напрямку дослідження у вибраній проблематиці, тобто виділення в ній деякого аспекту чи ракурсу,

який узагальнено об'єднує певну сукупність властивостей об'єкта, для встановлення конкретних меж у процесі дослідження. Між поняттями “об'єкт” і “предмет” у науковому дослідженні наявна взаємозалежність, як між цілим (загальним) та його складовими (конкретним), де ціле сприймається як об'єкт, а його певна конкретна частина – як предмет.

Мета наукового дослідження у стислій формі виражає те основне, чого прагнуть досягнути внаслідок проведення дослідження. Мету здебільшого формулюють коротко і лаконічно, щоб запобігти незапланованим відхиленням у процесі проведення дослідження.

Завдання визначають сукупність цілей і конкретизують мету наукового дослідження. Вони перебувають у взаємозалежності між собою, бо відносяться до єдиного цілого. Здебільшого їх розбивають на послідовні етапи, виконання яких приводить до досягнення поставленої мети.

Наукові проблеми виникають унаслідок свідомого осмислення життєвої діяльності людини. В одних випадках проблеми спрощують до того, що для їх вирішення достатньо використати стандартні розв'язки відомих задач, а в інших випадках необхідно розробляти нові методи, підходи і моделі, щоб добитися адекватної відповіді на поставлені питання, які сукупно окреслюють проблему. У будь-якому випадку наукова проблема характеризує комплекс невирішених питань, пізнавальний процес яких охоплює вивчення певних об'єктів, явищ чи процесів, їх узгодженість, суперечності, взаємозв'язки, взаємодію та впливи. Тому у кожному науковому дослідженні виокремлюють: з одного боку, “поле” пошуку у конкретних об'єктах, а з іншого – базові знання та засоби їх практичної реалізації.

Обґрунтування актуальності проблеми передбачає відповідь на такі питання: наскільки важливою на сучасному етапі є визначена проблема та який стан і повнота її розроблення в науковій літературі.

Наукова новизна – це поняття, яке виражає ставлення до результатів наукового дослідження. Під час формулювання наукової новизни передбачається визначення рівня і вагомості результату дослідження серед уже відомих наукових фактів і його значущості як нового знання, наприклад, відкриття, винаходу, концепції, методики, рекомендацій, що раніше не мали аналогів у науці та практиці. Новизна в науковому дослідженні виконує функції: 1. *Констатуючу* на рівні відкриття або винаходу. Така функція спирається на креативне мислення дослідника, евристичні методи вирішення проблеми та неординарне її бачення. Внаслідок проведеного дослідження отримують нові концептуальні твердження, теорії та підходи, що кардинально змінюють наукове знання. 2. *Розвиваючу* на рівні розширення і поглиблення. 3. *Конкретизуючу* на рівні деталізації. 4. *Доповнюючу* на рівні уточнення.

Теоретична значущість – це характеристика важливості, доказовості та концептуальності отриманих результатів та їх наукової перспективності.

Практична значущість характеризується реальними застосуваннями отриманих результатів дослідження у практичній діяльності людини.

3.3. Процес проведення наукового дослідження

Будь-яке задумане наукове дослідження починають з формулювання гіпотези.

Гіпотеза – це обґрунтоване припущення про можливі засоби вирішення визначеної проблеми. Гіпотетичне твердження про шляхи вирішення проблеми, яке потребує дальшої перевірки та вдосконалення, може бути висловлене лише за умов вивчення характерних рис досліджуваних об'єктів, явищ або процесів. Гіпотеза не може бути висунена, коли відсутня проблема, бо вона виникає не спонтанно, а є результатом глибокого усвідомлення

теоретичних праць і досвіду практичної діяльності у певній галузі науки. Її цінність здебільшого визначається нестандартністю та невідповідністю відомим знанням. За допомогою гіпотези організують процес дослідження, визначають логіку його проведення і передбачають результат. Будь яка гіпотеза має бути обґрунтована, відповідати науковим знанням і задовольняти умови чіткості та конкретності. Розвиток гіпотези відбувається через такі етапи:

- ◆ вивчення досліджуваного об'єкта, явища чи процесу, накопичення емпіричних і теоретичних знань, виокремлення на їх основі нових знань;

- ◆ вибір методів дослідження задля доведення пропонованої гіпотези;

- ◆ доведення чи спростування гіпотези, її уточнення та переконання в її істинності в межах зроблених припущень. Зазвичай адекватність будь-якої гіпотези перевіряють на практиці, яка підтверджує або спростовує закладені гіпотетичні судження. Часто під час дослідження висувають декілька гіпотез. Однак заздалегідь вважається, що лише одна з них може адекватно відобразити правильність прийнятих припущень щодо вирішення поставленої проблеми, хоча і хибні гіпотези мають певну цінність, бо наступні дослідження не будуть проводитися за подібними схемами. Виділяють два типи гіпотез – теоретичні (пояснювальні) і емпіричні (описові).

В основу *теоретичних гіпотез* покладено фундаментальні знання, наукові закони і закономірності, методологічні твердження, логічні судження й аргументовані прогнозування. Такі гіпотези розкривають взаємозв'язки між складовими досліджуваного об'єкта, процесу чи явища та з'ясовують причини, за якими це відбувається.

В основу *емпіричних гіпотез* покладено результати попереднього практичного досвіду. Такі гіпотези висвітлюють причини та можливі результати діяльності, але не розкривають закономірності, які їх спричинили. Гіпотезу не можна створювати, виходячи з очевидних істин, бо будь-яка гіпотеза має передбачати пошук нового в теорії та практиці певної галузі науки. Гіпотеза виступає як спосіб розвитку знання і творчого пошуку, окреслюючи і систематизуючи коло завдань та прогнозуючи результати наукового пошуку. Кожну гіпотезу підтверджують фактами. Якщо підтверджуючі факти здобувають під час проведення наукового дослідження, то це перетворює гіпотезу з припущення на достовірне знання. Щоб отримати факти підтвердження гіпотези, розробляють методіку поетапного дослідження, яка має бути адекватною обраному предмету, меті та завданню наукового пошуку.

У процесі пізнання часто виникає важливий момент, коли без висунення гіпотези подальше результативне проведення дослідження неможливе. Таким моментом є проблемна ситуація та її загострення до максимальної суперечності. У разі висунення гіпотези пошук ведуть за багатьма напрямками, але на основі одних і тих самих фактів, правил, принципів і законів. Народження гіпотези починається з **ідеї** – основного задуму, який кладуть в основу теоретичної системи, її логічної побудови і плану реалізації та функціонування. В ідеї міститься формулювання мети дослідження і способи її досягнення. Ідея виникає на підставі існуючої суперечності в системі знань про об'єкт дослідження і спрямована на її вирішення. Ідею підрозділяють на дві складові частини: формулювання (постановку) і способи її досягнення. Сукупно вони становлять основу синтезу знань про об'єкт дослідження. Ідея дає змогу організувати наукову діяльність, зробити її цілеспрямованою і сформулювати ідеальний образ досліджуваного об'єкта, явища або процесу. Основний напрям ідеї полягає в активізації та організації знань для досягнення необхідного результату. Момент народження ідеї є кульмінацією творчого процесу під час наукового дослідження проблеми. Якщо для

пояснення одних і тих же фактів висувають різні гіпотези, то їх називають **версіями**. Після відхилення однієї версії зазвичай створюються умови для народження іншої, більш обґрунтованої. Цей процес відбувається до тих пір, поки одна з них не підтвердиться в практичній діяльності. Тоді висунення версій припиняється, дискусії і творчий пошук із даної проблематики завершується. Як наслідок наукової діяльності завжди передбачається якісний результат, якого раніше не було. Результат творчої діяльності можна охарактеризувати як: 1) принципово новий, що не має аналогів у минулому; 2) якісно новий, якому передував аналогічний результат. У будь-якому випадку якісний результат наукового дослідження характеризується неповторністю й оригінальністю.

3.4. Зв'язки

Функції будь-якої системи реалізуються через зв'язки, які проявляються через потоки речовини, енергії, людей, грошей, інформації тощо між системою і зовнішнім середовищем, а також між частинами самої системи. Зв'язки (потоки), які необхідні для збереження структури системи, називають підтримуючими, а ті зв'язки, які є результатом функціонування системи, – потоками продукції. Зв'язки між об'єктами, процесами і явищами визначають так: два і більше об'єктів пов'язані, якщо за наявності (відсутності) деяких властивостей в одних можна зробити висновок про їхню наявність (відсутність) в інших. Дослідження зв'язків дає змогу пізнавати об'єкти (процеси, явища) не безпосередньо, а через інші об'єкти, що перебувають з ними у деякому зв'язку. Система може бути наділена зовнішніми і внутрішніми зв'язками, а зв'язки можуть бути також як прямими, так і зворотними. Зворотні зв'язки проявляються як складна форма причинної залежності і полягають у тому, що результат попередньої дії впливає на наступний перебіг процесу в системі, тобто причина підпадає під зворотний вплив наслідку. Якщо внаслідок зворотного зв'язку підсилюється результат впливу наслідку, то його називають позитивним, а в протилежному випадку – негативним. Негативні зворотні зв'язки сприяють збереженню стійкості системи. Тому лише за наявності зв'язків у системах можуть відбуватися процеси цілеспрямованої діяльності і регулювання. Зв'язки перетворюють систему з простого набору компонентів у єдине ціле і разом з компонентами визначають стан і структуру системи, але, безумовно, у випадку визначального впливу її функцій. За функціональним призначенням і можливостями зв'язки поділяють:

1. **Зв'язки взаємодії (координації)**. Такі зв'язки виникають унаслідок взаємодії об'єктів та їхніх окремих частин. Серед такого типу зв'язків розрізняють *зв'язки властивостей* і *зв'язки об'єктів*. Особливий вид зв'язків виникає між людьми, а також між колективами і соціальними групами. Специфіка їх полягає в тому, що вони опосередковуються цілями, які ставить перед собою кожна зі сторін взаємодії. Тому в цьому виді зв'язків розрізняють зв'язки *кооперативні* та *конфліктні*. Зв'язки взаємодії – найширший клас зв'язків, так чи інакше присутній у всіх інших типах зв'язків.

2. **Зв'язки породження**. Такі зв'язки виникають тоді, коли один об'єкт, який є основою, породжує до життя інший об'єкт. Такі зв'язки називають ще генетичними.

3. **Зв'язки перетворення**. Розрізняють два типи таких зв'язків: це ті, які реалізуються через певний об'єкт, що забезпечує це перетворення, і ті, які реалізуються через безпосередню взаємодію двох або більше об'єктів, у процесі якої чи завдяки якій ці об'єкти разом або окремо переходять з одного стану в інший.

4. **Зв'язки побудови.** Для зв'язків цього типу передбачається, що наявність одних елементів системи обумовлює необхідність інших елементів, які взаємодіють з першими. Такі зв'язки ще називають структурними.

5. **Зв'язки функціонування.** Наявність таких зв'язків дає змогу забезпечити життєдіяльність об'єкта або його функціонування. Об'єкти, які поєднані зазначеними зв'язками, спільно виконують певну функцію. Ця функція може характеризувати один об'єкт або деяку сукупність, відносно якої існує функціональний зв'язок цих об'єктів. У загальному випадку зв'язки функціонування можна поділити на: – зв'язки стану, коли наступний стан є функцією від попереднього; – функціональні зв'язки, коли об'єкти пов'язані єдністю реалізованої функції.

6. **Зв'язки розвитку.** Ці зв'язки можна розглядати як модифікацію функціональних зв'язків і зв'язків стану з тією різницею, що розвиток суттєво відрізняється від простої зміни стану. Розвиток описують як зміну стану об'єкта, що розвивається, однак основним змістом процесу у цьому випадку є суттєві зміни в побудові об'єкта і формах його життєдіяльності. З цієї точки зору функціонування є рух у стані одного і того ж рівня, яке пов'язане з перерозподілом елементів, функцій і зв'язків в об'єкті. Водночас кожний наступний стан або безпосередньо визначається попереднім, або визначається всією будовою об'єкта і не виходить за межі його загальної історії. Розвиток є не просто саморозкриття об'єкта, актуалізація закладених в ньому потенцій, а така зміна станів, в основі якої лежить неможливість збереження існуючих форм функціонування. Отже, системний об'єкт вимушений виходити на інший рівень функціонування, попередній рівень для нього недоступний або взагалі неможливий, а умовою такого виходу є зміна його організації.

7. **Зв'язки управління.** Ці зв'язки залежно від конкретного випадку можуть утворювати різновид функціональних зв'язків або зв'язків розвитку. Крім зазначених типів ще виділяють й інші зв'язки, наприклад, міжсистемні і внутрішньосистемні, важливі й неважливі, жорсткі та гнучкі, суттєві й несуттєві, взаємні та односторонні, суперечливі й несуперечливі, корисні і шкідливі, слабкі й тісні, паралельні і послідовні та ін. Під час дослідження складних систем особливу увагу варто звернути на такі типи зв'язків:

Рекурсивні. Такі зв'язки є необхідними між соціальноекономічними об'єктами, явищами і процесами, коли є очевидним, де причина, а де наслідок. Наприклад, витрати ресурсів є причиною, а результати їх витрачання – наслідком.

Синергічні. Такі зв'язки у разі спільних дій незалежних елементів системи забезпечують зростання загального ефекту до більшого значення, ніж сума ефектів цих елементів, коли вони діють незалежно. Тому їх приймають за підсилюючі зв'язки елементів системи. Саме з таких зв'язків випливають інтегративні (емерджентні) властивості, тобто властивості цілісної системи, які не властиві її елементам, що розглядаються поза системою.

Циклічні. Це складні обернені зв'язки, у разі існування яких функціонування або розвиток однієї підсистеми створює підставу для функціонування та розвитку другої і навпаки.

Лекція 4. Стадії математичного дослідження проблеми

Математичне дослідження проблеми включає:

1. Математичне формулювання поставленої задачі, тобто побудову математичної моделі.
2. Вибір методу дослідження одержаної математичної задачі.
3. Проведення чисельного моделювання.
4. Аналіз та інтерпретацію одержаних результатів. Побудова математичної моделі зазвичай здійснюється з попередньою орієнтацією на передбачуваний метод (чи певну сукупність методів) розв'язування поставленої задачі. Зауважимо, що в процесі проведення математичного дослідження задачі або інтерпретації розв'язку може виникнути необхідність уточнення або навіть істотної зміни математичної моделі.

4.1. Поняття про модель

Побудова моделі, тобто моделювання, лежить в основі будь якої науки. Моделі бувають дослідницькі і робочі (автопілот, протез, лялька, карта тощо). Модель будують лише для імітації досліджуваного об'єкта, причому здебільшого лише для частини його властивостей. Це стосується як дослідницьких, так і робочих моделей. Кажуть, що об'єкт M є моделлю об'єкта A відносно деякої системи S характеристик (властивостей), якщо M будують чи вибирають для імітації об'єкта A за цими характеристиками. Залежно від характеру об'єкта M виділяють моделі: *математичні, економічні, фізичні* і т.д. Математичною моделлю може служити число, геометричний образ, функція, система рівнянь і т.д. Дослідження економічного об'єкта за допомогою математичного апарату називають *економіко-математичною* моделлю цього об'єкта. Такі моделі можна розділити на два класи:

◆ *матеріальні (фізично реалізовані)* моделі, з якими мають справу в процесі практичної діяльності;

◆ *ідеальні (умоглядні)* моделі, що служать перехідною ланкою до моделей першого класу. Вважають, що умоглядні моделі підпорядковуються певним реально діючим природним законам, але не мають тих "неідеальностей", що властиві реальному об'єкту, якщо об'єктом дослідження не є самі "неідеальності". Дуже часто такі моделі містять значний елемент апроксимації і зберігають значну зовнішню подібність з досліджуваним об'єктом. Іноді після переходу до математичної моделі виявляється, що та ж сама модель відповідає також цілком іншій умоглядній моделі, яка ґрунтується на інших природних чи суспільних законах. Так виникають аналогії. Це дає змогу виконати постановку аналогічного дослідження на фізично реалізованій моделі, що не має зовнішніх подібностей з досліджуваним об'єктом. Для дослідження одного і того ж об'єкта може використовуватися багато нееквівалентних моделей, що пов'язано із вивченням його різних властивостей, тобто з необхідністю дослідження різних S_1, S_2, \dots, S_n його характеристик. Проте навіть різні моделі можуть виявитися придатними для дослідження однієї і тієї ж характеристики. Наприклад, один і той же реальний об'єкт можна описати за допомогою неперервної або дискретної, детермінованої або стохастичної моделей. Вибір типу моделі дослідження, що істотно впливає на вибір напрямку дослідження, може природно підказуватися реальною картиною стану досліджуваного об'єкта, явища або процесу (наприклад, зниження продуктивності праці на виробництві, погіршення екологічного стану довкілля тощо), або розумними традиціями чи аналогіями. У більш складних випадках порівняння результатів

дослідження, одержаних за допомогою моделей різного типу, може істотно збагатити пізнання досліджуваного об'єкта, а також значно підвищити їх достовірність. Відзначимо, що після вибору певної моделі для проведення дослідження, здебільшого можливі їх різноманітні модифікації.

Наприклад, суттєве значення може мати вибір системи виміру або системи координат, в яких описується модель; зберігання або відкидання у формулах чи рівняннях окремих членів; для спрощення – заміна нелінійних залежностей лінійними і т.д. Питання про загальні принципи і методи побудови економіко-математичної моделі досить складне і мало розроблене. Зазначимо лише, що вже після вибору схеми моделі часто виникає задача, яку іноді називають задачею про *ідентифікацію* моделі, тобто про визначення її параметрів, зокрема функціональних, уточнення структури і стану об'єкта тощо. Ця задача може бути розв'язана двома способами: – безпосередніми замірами й обчисленнями; – порівнянням окремих властивостей моделі з відомими даними. У прикладних дослідженнях, в яких застосовується математичний апарат, здебільшого будують декілька моделей. Ці моделі можуть відноситися до різних компонент або різних аспектів досліджуваного явища, можуть мати різний ступінь абстрактності, а їх аналіз може чергуватися з діями, що не мають математичного характеру. Крім того, можуть виникнути ланцюжки, в яких кожна наступна ланка служить моделлю для попередньої. Наприклад, реальну картину управління об'єктом можна умовно замінити на систему підрозділів (умоглядне моделювання), а потім записати систему рівнянь, що визначають оптимальні параметри системи управління (математичне моделювання). Далі можна спростити одержану систему рівнянь, відкидаючи після детального аналізу ті члени, які є менш істотними. Потім можна проводити інші спрощення задачі залежно від можливості одержання кінцевого розв'язку і точності розв'язування задачі. У процесі дослідження відбуваються переходи від одних моделей до інших, а іноді і паралельне вивчення декількох моделей. Поняття “вивчити модель” значно складніше, ніж це може здаватися на перший погляд. Лише у рідкісних випадках це вивчення приводить до короткої відповіді, яка є остаточною метою дослідження. Значно частіше вивчення моделі додає нову інформацію, Наприклад, суттєве значення може мати вибір системи виміру або системи координат, в яких описується модель; зберігання або відкидання у формулах чи рівняннях окремих членів; для спрощення – заміна нелінійних залежностей лінійними і т.д. Питання про загальні принципи і методи побудови економіко-математичної моделі досить складне і мало розроблене. Зазначимо лише, що вже після вибору схеми моделі часто виникає задача, яку іноді називають задачею про *ідентифікацію* моделі, тобто про визначення її параметрів, зокрема функціональних, уточнення структури і стану об'єкта тощо. Ця задача може бути розв'язана двома способами: – безпосередніми замірами й обчисленнями; – порівнянням окремих властивостей моделі з відомими даними. У прикладних дослідженнях, в яких застосовується математичний апарат, здебільшого будують декілька моделей. Ці моделі можуть відноситися до різних компонент або різних аспектів досліджуваного явища, можуть мати різний ступінь абстрактності, а їх аналіз може чергуватися з діями, що не мають математичного характеру. Крім того, можуть виникнути ланцюжки, в яких кожна наступна ланка служить моделлю для попередньої. Наприклад, реальну картину управління об'єктом можна умовно замінити на систему підрозділів (умоглядне моделювання), а потім записати систему рівнянь, що визначають оптимальні параметри системи управління (математичне моделювання). Далі можна спростити одержану систему рівнянь, відкидаючи після детального аналізу ті члени, які є менш істотними. Потім можна проводити інші спрощення задачі залежно від можливості одержання кінцевого

розв'язку і точності розв'язування задачі. У процесі дослідження відбуваються переходи від одних моделей до інших, а іноді і паралельне вивчення декількох моделей.

4.2. Класифікація моделей

Під класифікацією моделей розуміють їх поділ на види, групи, класи на підставі певних ознак (наприклад, функціональних можливостей, повноти охоплення предметної області, точності відображення об'єкта управління тощо), хоча чіткої межі між окремими ознаками не існує. Головні відмінні риси, притаманні різним моделям, можна простежити за класифікаційною схемою, що наведена на рис. 4.1.



Рисунок 4.1. Схема класифікації моделей

Матеріальна (речова) модель – це матеріальний об'єкт чи їх сукупність, які певним чином відображають властивості об'єкта моделювання. За способом і повнотою відображення властивостей об'єкта моделювання виділяють три типи матеріальних моделей: геометричну, фізичну і предметно-математичну.

1. **Геометрична** модель являє собою певний об'єкт, який подібний до свого оригіналу. Ця модель відображає зовнішній вигляд оригіналу і здебільшого використовується для демонстрацій, наприклад, навчальні стенди військових об'єктів, муляжі плодів і квітів, моделі деталей та вузлів машин тощо. Часто такі моделі створюють в іншому масштабі (макети споруд, суден, літаків тощо), або зі зміною просторового зображення (ескізи та фотографії тримірних предметів, двовимірні карти тримірної місцевості тощо). Здебільшого побудова таких моделей призначена для подання геометричної подібності, співвідношення розмірів окремих частин, і мало відображає процеси функціонування, які протікають у них.

2. **Фізична** модель відображає не тільки подібність моделі з оригіналом за формою та розмірами, але й з позиції певних фізичних процесів, які в них відбуваються. Наприклад; зменшена модель сонячної системи, яку використовують для демонстрації руху планет та їх супутників; модель аеродинамічної труби, яку використовують для демонстрації підйомної сили крила літака; модель двигуна внутрішнього згоряння, яку використовують для вивчення синхронізації тактів запалення в циліндрах тощо. Найбільш поширеним типом таких моделей є створення лабораторних установок для дослідження фізичних процесів, які протікають у природі. Основним недоліком такого методу моделювання є його низька універсальність, бо для кожного досліджуваного явища необхідно або суттєво переобладнати певну установку (змінювати фізичну модель), або створювати нову, що потребує значних фінансових затрат.

3. **Предметно-математична** модель являє собою матеріальну систему, в якій відбуваються інші фізичні процеси, ніж в оригіналі, але їх можна описати однаковими або подібними математичними співвідношеннями. Таку модель інколи розглядають як різновид

фізичної моделі, для якої відсутнє співпадіння фізичної природи моделі й оригіналу, бо фізичні процеси можуть відбуватися на різній матеріальній основі. Наприклад, подібними рівняннями математичної фізики описують коливання струни, маятника і струму в електричному контурі; подібними співвідношеннями теорії скінчених антагоністичних ігор описують процеси в економіці, біології та військовій справі і т.д.

Ідеальні (абстрактні) моделі бувають двох типів:

1. **Уявні** (інтуїтивні) моделі, які існують в уяві людини, тобто ці моделі відтворюють в уяві результати нашого мислення.

2. **Логіко-математичні** (формальні) моделі, які є втіленням уявних моделей в систему математичних співвідношень (рівнянь і нерівностей, логічних виразів, таблиць, матриць, схем тощо). Відзначимо, що створенню будь-якої моделі в уяві людини завжди передує відповідна уявна модель. За цільовим призначенням моделі поділяють на **теоретико-аналітичні** і **прикладні**.

Перші призначені для науково-теоретичного дослідження різних процесів, а другі – для розв’язування конкретних задач на різних рівнях. За характером часової залежності моделі поділяють на **статичні** й **динамічні**. У статичних моделях усі залежності охоплюють один період часу, а в динамічних моделях описується процес зміни об’єкта чи процесу в часі. За характером відображення причинно-наслідкових зв’язків моделі поділяють на **детерміновані** й **імовірнісні**.

Перші характеризуються тим, що виходи однозначно визначаються множиною входів і саму модель можна подати як певну функцію не випадкових параметрів і змінних, а другі відзначаються тим, що умови функціонування і характеристики станів змодельованого об’єкта є випадковими величинами, які описуються теорією ймовірності. За характером взаємозв’язків між параметрами, які характеризують досліджуваний об’єкт, моделі поділяють на **лінійні**, які описуються лінійними математичними залежностями, і **нелінійні**, які описуються нелінійними математичними залежностями. За ступенем повноти охоплення об’єкта дослідження моделі поділяють на **макро-** і **мікромоделі**. За співвідношенням вхідних (екзогенних) і вихідних (ендогенних) параметрів розрізняють моделі **закриті** та **відкриті**.

4.3. Етапи математичного моделювання

Математичне моделювання об’єктів управління передбачає чіткий план дій, який умовно можна поділити на три етапи: математична модель – алгоритм розрахунку – комп’ютерна програма (див. рис. 4.2).



Рисунок 4.2. Етапи математичного моделювання

На *першому етапі* будують або вибирають “еквівалент” об’єкта управління, який у математичній формі відображає найважливіші (ключові) його властивості – закони і закономірності, яким він підпорядковується, структурні та інформаційні зв’язки складових частин об’єкта управління і т.д. Математичну модель та її фрагменти досліджують теоретичними методами, що дає змогу отримати важливі (концептуальні) нові знання про досліджуваний об’єкт управління.

На *другому етапі* розробляють чи вибирають алгоритм реалізації математичної моделі за допомогою комп’ютерної техніки. Працюючи над моделлю, її приводять до форми, зручної для застосування наближених числових методів, визначають послідовність обчислюваних і логічних операцій, які необхідно виконати, щоб отримати з певною точністю шукані результати. Алгоритми не повинні спотворювати основні властивості моделі, а отже, об’єкта управління, бути економними та адаптивними щодо особливостей розв’язування різних варіантів задач та використання комп’ютерних засобів.

Третій етап полягає у створенні комп’ютерної програми реалізації алгоритму розв’язування задачі за допомогою використання алгоритмічних мов систем програмування чи мов конкретних прикладних пакетів програм. Такі програми можна назвати “електронним” еквівалентом досліджуваного об’єкта управління, придатних для безпосереднього експериментування за допомогою комп’ютера. Створивши тріаду “*математична модель – алгоритм розрахунку – комп’ютерна програма*”, дослідник отримує універсальний, гнучкий і відносно дешевий інструмент для дослідження поставленої задачі. Цю тріаду тестують на “пробних” обчислювальних експериментах, після чого проводять різноманітні й детальні дослідження (машинний експеримент). Унаслідок цього отримують нову інформацію про якісні та кількісні властивості й характеристики об’єкта управління. У процесі моделювання неодмінно відбувається поліпшення та уточнення всіх складових (ланок) тріади. Як *методологія* математичне моделювання не підміняє собою математику, економічну теорію, менеджмент, фінанси та інші дисципліни і не конкурує з ними. Навпаки, воно відіграє синтезуючу роль. Створення та застосування тріади можливе лише за умови використання різних методів, способів і підходів – від якісного аналізу нелінійних і стохастичних моделей до сучасних мов програмування, що дає додаткові стимули розвитку різних напрямів науки. Привнесення в економічну науку точних знань дає змогу обмежити інтуїтивне прийняття рішень і розширити межі застосування раціональних методів. Якщо ж аналізувати проблеми моделювання економічних систем, коли необхідно брати до уваги “людський чинник” (слабоформалізовані об’єкти), то до зазначених вимог необхідно додати вимоги про акуратне розмежування математичних і побутових термінів, завбачливе застосування математичного апарату до вивчення явищ і процесів, виходячи з пріоритетності шляху “від задачі до методу, а не навпаки”, та ін.

Лекція 5. Етапи і способи побудови моделей

Математичне моделювання є процесом побудови, вивчення та застосування моделей. Побудова моделей відбувається за такими основними етапами:

1-й етап. Передбачається наявність деяких знань про об'єкторигінал. Пізнавальні можливості моделі зумовлюються відображенням суттєвих рис об'єкта-оригіналу. Очевидно, модель втрачає сенс як і у випадку тотожності з оригіналом, бо тоді вона не перестає бути оригіналом, так і в разі надмірного її спрощення. Вивчення одних властивостей модельованого об'єкта відбувається за рахунок нехтування іншими. Через це будь-яка модель відповідає оригіналу тільки в строго обмеженому сенсі. Тому для вивчення деякого об'єкта може бути побудовано декілька “спеціалізованих” моделей, які відображають лише певні аспекти досліджуваного об'єкта або характеризують об'єкт з різним рівнем деталізації.

2-й етап. На цьому етапі модель постає як самостійний об'єкт дослідження. Однією з форм такого дослідження є проведення “модельних” експериментів, коли свідомо змінюють умови функціонування моделі і систематизують результати експериментів, унаслідок чого з'являється множина знань про модель.

3-й етап. Виконується перенесення знань з моделі на оригінал, тобто формується множина знань про об'єкт. Перенесення знань відбувається за певними правилами. Знання про модель мають бути скоригованими з урахуванням властивостей об'єкта, які не відображені в моделі, або були деформованими під час побудови моделі.

4-й етап. Практична перевірка одержаних за допомогою моделі знань (впровадження результатів) та використання їх для побудови узагальнюючої теорії об'єкта чи системи управління ним. Зазначимо, що моделювання є *циклічний процес*, тобто за першим чотирьохетапним циклом може настати другий, третій і т.д. Тоді знання про досліджуваний об'єкт або явище розширюються, поглиблюються й уточнюються, а вихідна модель поступово вдосконалюється.

Методично побудова моделей відбувається завдяки переходу від простого до складного. Загалом виділяють три підходи побудови моделей:

Перший – спрощення реальної ситуації. Значне спрощення досягається тоді, коли несуттєві властивості початкової емпіричної стадії пізнання досліджуваного об'єкта і впливу оточуючого середовища не враховуються. Отже, складну за своєю природою практичну ситуацію спрощують до такого ідеалізованого аналога, який піддається математичному опису.

Другий – побудова відносно простої моделі на підставі врахування найхарактерніших особливостей реальної ситуації, з наступним послідовним ускладненням початкової моделі, охоплюючи інші важливі чинники, аж до отримання відповідного варіанта моделі. *Третій* – уведення повної кількості чинників у їхніх взаємозв'язках і побудова та вивчення моделі засобами імітаційного моделювання. У кожному випадку модель розвивають та уточнюють у міру досягнення глибшого розуміння сутності об'єкта дослідження і поставленої задачі.

5.1. Принципи і форми моделювання

Під час математичного моделювання необхідно керуватися принципами щодо концепції “математична модель” деякого об'єкта. До цих принципів належать: 1. Діалектична пара “модель – об'єкт” завжди полярна, має два полюси – “модель” і “об'єкт”. 2. З двох взаємопов'язаних полюсів діалектичної пари “модель – об'єкт” один є первинним,

інший – похідний від нього. 3. У разі наявності полюса “об’єкт” полюс “модель” може бути відсутній, але наявність полюса “модель” зумовлює необхідність наявності полюса “об’єкт”. 4. Як “модель” для відповідного “об’єкта”, так і “об’єкт” для цієї “моделі” семантично та інтерпретаційно багатозначні: “модель відображає властивості не одного, а декількох “об’єктів”, “об’єкт” описується не однією, а багатьма “моделями”. 5. “Модель” має бути адекватною “об’єктові” і відображати з певною точністю основні його характеристики і властивості залежно від наявної інформації, прийнятої системи гіпотез та цілей дослідження. Будь-яка математична модель має певну *форму* свого зображення. Існують різні форми зображення математичної моделі. Їх різновид обмежується чотирма найтипівішими групами: інваріантною алгоритмічною, аналітичною і схемною.

Інваріантна форма – зображення математичної моделі безвідносно до методів, за допомогою яких можна розв’язувати поставлену задачу моделювання.

Аналітична форма – зображення математичної моделі у вигляді формул і співвідношень між математичними виразами, за допомогою яких шукані результати визначають через відомі дані.

Схемна форма – зображення математичної моделі у вигляді схем, таблиць даних, діаграм, графів, графіків.

5.2. Вимога адекватності моделі

Одною з важливіших вимог до математичної моделі є вимога її адекватності досліджуваному реальному об’єкту (явищу, процесу) відносно вибраної системи його характеристик. Під адекватністю розуміють: – правильне якісне описання об’єкта (явища, процесу) за вибраними характеристиками; – правильне кількісне описання об’єкта (явища, процесу) за вибраними характеристиками з певною допустимою мірою точності. Реально можна вести мову не просто про адекватність моделі, а про більшу чи меншу адекватність. Тому умовно будемо мати на увазі ту міру адекватності, під якою ніби розуміють частину істинності моделі відносно вибраної характеристики досліджуваного об’єкта. У деяких простих ситуаціях числова оцінка ступеня адекватності моделі не становить особливих труднощів. Так, у разі адекватного вибору степеня полінома, за допомогою якого апроксимують сукупність експериментальних точок, можна дати числову оцінку ступеня адекватності. Підкреслимо, що адекватність математичної моделі належить розглядати тільки за певними ознаками, характеристиками, які в конкретному дослідженні в силу їх впливу на досліджуваний об’єкт (явище, процес) прийняті за основні.

5.3. Вимога простоти і оптимальності моделі

З точки зору вимоги адекватності складні моделі мають певну перевагу над простими. Застосовуючи складну модель, можна врахувати більшу кількість факторів, які впливають на досліджувані

характеристики. Наприклад, під час складання системи обмежень оптимізаційної задачі для підвищення адекватності вигідніше брати якомога більше параметрів, які характеризують досліджуваний об’єкт. Проте це може призвести до такої громіздкості систем обмежень, які в кінцевому рахунку не піддаються вивченню. Таким чином приходимо до вимоги **достатньої простоти математичної моделі** для вибраної системи характеристик. До деякої міри ця вимога є протилежною до вимоги адекватності моделі. Модель є простою, якщо сучасні засоби дослідження (наприклад, фізичні, математичні або обчислювальні) дають можливість провести з достатньою точністю якісний і кількісний

аналіз вибраних характеристик (властивостей) досліджуваного об'єкта, явища чи процесу. Тому, чим модель більш адекватна, тим вона менш проста, тим трудніший її аналіз, а чим модель простіша, тим вона менш адекватна.

Оптимальність моделі полягає в тому, що модель має бути не дуже спрощеною, але й не дуже складною. Як наслідок цього виникає вимога наглядності моделі.

5.4. Емпіричні, феноменологічні і напівемпіричні закони

Емпіричні закони виникають, як уже зазначалося, внаслідок проведення наукового дослідження, пов'язаного з отриманням та первісним опрацюванням матеріалу, процесу накопичення фактів, опису мовою науки, класифікації за різними критеріями та виявлення основних залежностей між ними. Під час побудови математичної моделі, наприклад, у разі виведення систем обмежень оптимізаційної задачі, часто виникає потреба використовувати різноманітні співвідношення, які функціонально пов'язують досліджувані характеристики. Багато з цих співвідношень виводять у процесі побудови моделі, але частину з них за необхідністю приймають без виведення. Такі співвідношення називають **постулатами моделі**. Від їхньої якості та адекватності істотно залежить й адекватність всієї моделі.

Такі постулати можуть мати різне походження. Деякі постулати безпосередньо впливають з універсальних фізичних законів, наприклад, закон збереження енергії, закон вартості тощо. Повна адекватність таких законів не викликає сумнівів. Аналогічну роль відіграють фізичні чи суспільні закони з обмеженою можливістю дії, для яких доцільність застосування в досліджуваній задачі впливає з універсальних законів. Однак у переважаючій більшості досліджень застосування універсальних законів природи недостатньо і виникає потреба використання законів, що мають інший характер.

5.5. Ступені вільності

Доповнення, уточнення, побудова моделі, що сукупно сприяє підвищенню її адекватності, часто бувають пов'язані з розширенням набору величин, які мають кількісний або якісний характер. Такі розширення переважно супроводжуються збільшенням **ступенів вільності** (кількість змінних) у моделі. У переважній більшості реальних задач припущення про практично скінчену кількість ступенів вільності є ідеалізацією. А загалом, чим більше ступенів вільності в моделі, тим з більшою точністю можна описати досліджуваний об'єкт. Проте реально у разі дуже великої кількості ступенів вільності модель може виявитися настільки складною і ненаглядною, що дослідити певний процес чи явище може бути дуже важко, а часто просто неможливо. Оптимальною може виявитися невелика кількість ступенів вільності, яка залежить від характеристик, що підлягають вивченню, а також від самої схеми моделі.

5.6. Підпорядкованість (ієрархія) змінних

Добудова (уточнення) моделі може відбуватися переважно за рахунок уточнення якісної поведінки змінних у вихідній математичній моделі або за рахунок уведення нових змінних, якісно відмінних від основних. Частіше всього ці нові змінні належать до таких класів:

1) змінні, характерна протяжність зміни яких у часі або в просторі (залежно від класу розв'язуваної задачі або типу досліджуваного об'єкта) настільки мала, що у разі більш "грубого" розгляду моделі такі змінні приймають до уваги тільки за інтегральними або

середніми характеристиками; 2) змінні, характерна протяжність зміни яких настільки велика, що у разі більш “грубого” розгляду моделі такі змінні вважають сталими; 3) змінні, вплив яких на досліджувану характеристику настільки малий, що у разі більш “грубого” розгляду моделі такі змінні ігнорують. Якщо вести мову про часові масштаби зміни змінних, то змінні першого класу природно назвати *швидкими*, а змінні другого класу – *повільними* змінними порівняно зі змінними, прийнятих за основні у “грубій” моделі. Отже, залежно від того, які характеристики підлягають вивченню, спочатку приймають рішення про вибір масштабу часу, і лише після цього можна впевнено стверджувати, які змінні є швидким, які повільними, а якими змінними можна ігнорувати у випадку розв’язування поставленої задачі.

5.7. Про контроль моделі

Проблема перевірки адекватності моделі досить складна. Це найбільше стосується питань вибору законів та гіпотез, що лежать в основі моделі. Якщо ці етапи пройдені, то приступають до виведення співвідношень, які зв’язують використовувані величини. У цьому випадку зазвичай дотримуються певних правил самоконтролю для збереження адекватності моделі. До них належать:

1. **Контроль розмірностей.** Він полягає в застосуванні примітивного правила, згідно якого прирівнюватися і додаватися чи відніматися можуть величини однакової розмірності. Цим правилом належить користуватися якомога частіше і не тільки на кінцевій стадії, але й на проміжних стадіях виведення співвідношень, що описують досліджуваний об’єкт, процес чи явище.

У разі переходу до числових обчислень контроль розмірностей поєднується з контролем системи одиниць.

2. **Контроль порядків.** Він полягає у проведенні грубої оцінки величин, які використовуються у моделі. Наприклад, порівняння порядків доданих величин дає можливість виділити основні та уточнюючі компоненти моделей, а явно малозначні компоненти у разі потреби можна зовсім відкинути. Сюди також відносять контроль порядків поправочних компонент моделі, що здебільшого появляється у випадку заміни одних функціональних залежностей чи геометричних форм іншими (зокрема, під час лінеаризації функцій).

3. **Контроль характеру залежностей.** Цей контроль полягає у перевірці напрямку і швидкостей зміни одних величин, що входять у модель, від зміни інших.

4. **Контроль екстремальних ситуацій.** Часто надзвичайно корисно простежити за тим, який вигляд набувають кінцеві та проміжні співвідношення, а також розрахунки і висновки досліджуваної моделі, якщо параметри моделі або їхні характерні комбінації наближаються до крайніх допустимих для них значень, наприклад, до нуля чи безмежності. Здебільшого у таких екстремальних ситуаціях задача часто спрощується або вироджується. Тоді окремі співвідношення моделі або навіть вся модель набувають більш наглядного вигляду і можуть бути перевірені простими наглядними засобами.

5. **Контроль крайових умов.** Якщо в процесі дослідження математичної моделі має бути побудована деяка функція, то зазвичай вимагається, щоб вона на межі конкретної області об’єкта чи процесу задовольняла певним крайовим умовам, що впливають зі змісту задачі. Водночас виникає необхідність, щоб крайові умови були визначені й використані в процесі побудови шуканої функціональної залежності, а сама залежність задовольняла цим умовам.

6. **Контроль математичної замкнутості.** Цей вид контролю полягає у перевірці того, чи записані математичні співвідношення дають можливість однозначно розв'язати поставлену математичну задачу. Нехай, наприклад, задача зведена до пошуку

n невідомих деякої системи (алгебраїчних чи трансцендентних) рівнянь. Тоді контроль замкнутості полягає в перевірці того, що незалежних рівнянь у системі теж має бути n .

7. **Контроль фізичного сенсу** полягає в перевірці фізичного, економічного чи іншого (залежно від характеру задачі) сенсу проміжних співвідношень, що появляються в міру конструювання моделі.

5.8. Про аналіз розв'язку

Аналіз та інтерпретація результатів дослідження математичної моделі, яка за своєю суттю відображає конкретний об'єкт управління, становить один з основних етапів розв'язування будь якої прикладної задачі. Питання про те, що означає дослідити математичну модель, є далеко не таким простим, як це може виглядати на перший погляд. Здавалось би – чітке знання того, що саме шукаємо в процесі дослідження, значно його полегшує, допомагаючи організувати цілеспрямований пошук. Проте лише в рідкісних випадках на початку дослідження можна точно перелічити, які з його кінцевих результатів виявляться корисними. Значно частіше деякі результати, інколи самі важливі (цікаві), виявляються лише в процесі проведення дослідження, план якого у зв'язку з цим доводиться перебудовувати. Тому різносторонні обговорення проміжних і кінцевих результатів та аналіз побічних віток дослідження можуть виявитися дуже доцільними, хоча й надають цьому дослідженню певної аморфності, розумна ступінь якої визначається на підставі інтуїції, аналогій і досвіду. Аналіз результатів дослідження моделі є важливим методом контролю цієї моделі загалом та її елементів зокрема, наприклад, гіпотез та припущень, покладених в її основу. Це відбувається тому, що частина цих результатів може бути відома з інших джерел або доступна безпосередньому виміру. Підтвердження цих результатів підвищує довір'я до моделі, а непідтвердження заставляє змінювати модель.

Лекція 6. Вибір методу дослідження.

6.1. Зовнішня і внутрішня правдоподібність

У будь-якому прикладному дослідженні, в якому використовується математичний апарат, відразу після етапу побудови математичної моделі йде етап розроблення чи вибору методу реалізації моделі дослідження. Розроблення методу розв'язування науково практичної задачі відбувається тоді, коли відсутні методи розв'язування подібного класу задач, або застосування наявних методів не очевидне. Тоді потрібно доробляти або модифікувати такий метод, перш ніж застосовувати його для розв'язування поставленої задачі. Зазвичай перший етап завершується записом вихідних співвідношень, рівнянь (алгебраїчних, трансцендентних, різницевих, диференціальних, інтегральних, інтегро-диференціальних тощо) задачі. Наступні етапи полягають у розв'язуванні одержаної математичної задачі, яке може завершуватися як кількісними результатами, так і якісними висновками. Отже, для побудови розв'язку науково-практичної задачі одержуємо схему: *реальний об'єкт*® *математична модель*® *розв'язок*. Після розв'язування поставленої задачі настає етап інтерпретації розв'язку. Не завжди отримані результати дослідження співпадають з нашими попередніми сподіваннями. У цьому випадку великого значення набуває вміння дослідника зробити правильні висновки. Побудова моделі, як і всяка неформальна процедура, за необхідністю не може відбуватися чисто дедуктивно, а завжди спирається на раціональні міркування. Це приводить до того, що модель має для досліджуваної характеристики реального об'єкта лише деяку ступінь адекватності., яка тільки для самих найпростіших задач буває практично повною. Зазвичай ця ступінь адекватності наперед не відома, а виявляється лише після багатократних перевірок у досліджуваних і подібних задачах.

Частіше всього після вибору моделі дослідник має тільки деяку сподівану ступінь адекватності. Цю сподівану ступінь адекватності називають **зовнішньою правдоподібністю схеми**. Вона характеризує відповідність математичної моделі досліджуваному реальному об'єкту (явищу, процесу). Зовнішня правдоподібність здебільшого є тим ближчою до справжнього ступеня адекватності, чим більший досвід та інтуїція дослідника у заданій галузі науки, а також чим більше апробованим (на різних задачах) є тип застосовуваної моделі. Аналогічно можна ввести поняття **внутрішньої правдоподібності схеми**, яка характеризує сподівану ступінь адекватності для досліджуваних характеристик другого переходу, тобто визначає сподівану відповідність розв'язку відповідним співвідношенням (рівнянням), які описують поставлену задачу. Вибір методу дослідження розробленої математичної моделі безпосередньо пов'язаний із внутрішньою правдоподібністю цього дослідження.

6.2. Роль прикидок

Побудова розв'язку будь-якої прикладної задачі або її якісне вивчення тим ефективніші, чим більше ми маємо відомостей про цей розв'язок. Ця інформація дає змогу оцінити порівняльне значення окремих параметрів у вихідних співвідношеннях моделі, уточнити їхні взаємозв'язки і впливи, а інколи на підставі такої процедури вдається спростити і конкретизувати саму модель (наприклад, вибрати базисний розв'язок в оптимізаційній задачі), вибрати метод реалізації моделі, який би забезпечував її більшу адекватність. Часто ці відомості отримують завдяки інтуїції та набутого досвіду в попередні періоди діяльності дослідника у певній фаховій галузі знань. У багатьох випадках суттєві

відомості можна виявити завдяки попереднього прикидочного дослідження моделі або її елементів. Такі прикидки являють собою важливу складову частину прикладного дослідження. Вони можуть бути спрямовані, зокрема, на:

- ◆ спрощення вихідних співвідношень математичної моделі, уточнення їхньої структури, виходячи із запропонованого методу дослідження;
- ◆ одержання попередніх відомостей про розв'язок.

6.3. Вибір ступеня точності методу

Проблема вибору ступеня точності реалізації алгоритму розв'язування будь-якої прикладної задачі безпосередньо прилягає до проблеми, як уже зазначалося вище, погодження рівнів зовнішньої і внутрішньої правдоподібності математичної моделі. Ступінь точності обчислень, особливо комп'ютерних, має бути не меншою ступеня точності вихідних даних (результатів). Під ступенем точності вхідної інформації розуміють не тільки точність задання параметрів задачі (наприклад, вимірів), але й ступінь адекватності математичної моделі досліджуваному реальному об'єкту, явищу чи процесу. Моделі та розв'язки, які дуже наближено відображають досліджуваний реальний об'єкт (явище чи процес), називають грубими. На жаль, у літературі часто зустрічаються наукові праці, в яких до задалегідь відомої грубої математичної моделі застосовують громіздкі обчислювальні методи, що дають високий рівень точності розв'язку задачі і тим самим застосовні лише до точних моделей. Такі праці можуть скласти (імітувати) шкідливу ілюзію точності.

Не менша ілюзія точності розв'язування поставленої задачі може також скластися, коли враховують зайві значущі цифри у результатах обчислень. Це особливо виникає тоді, коли в проміжних наближених обчисленнях фігурують числа значно менші, ніж точність обчислення (випадок, який відомий програмістам під назвою “втрата точності”).

6.4. Дискретне і неперервне

Реальні об'єкти, явища і процеси мають риси як дискретного, так і неперервного. Вони можуть проявлятися у більшій чи меншій мірі залежно від специфіки досліджуваного об'єкта, явища чи процесу. Однак після переходу до математичної моделі відразу чітко проясняється, що вивчають – дискретне чи неперервне. У багатьох випадках у ході побудови математичної моделі, а також під час вибору методу розв'язування поставленої задачі належить враховувати можливості як дискретної так і неперервної методики незалежно від характеру самого об'єкта (явища, процесу), його властивостей та очікуваних результатів наукового дослідження. В економіці типова ситуація виникає в задачах про виробництво продукції. Питання про те, яким є виробниче середовище – дискретним чи неперервним, позбавлене точного сенсу і не допускає однозначної відповіді. Традиційна вихідна математична модель виробничого середовища є неперервна, тобто приймають, що властивості виробничого середовища описуються математичними полями. Типова дискретна модель виникає під час побудови методу сіток. У цьому випадку ніби замінюють математичний континуум на дискретну систему точок (вузлів сітки), керуючись чисто обчислювальними методами. Взаємозв'язок між дискретними і неперервними величинами широко використовують дослідники для перенесення понять і тверджень, одержаних для одного з цих класів величин, на інший клас.

6.5. Лінійність і нелінійність

Майже всі залежності є нелінійними. Звичайно, існують залежності, лінійність яких у розглядуваній галузі застосувань є практично достовірною з будь-яким розумним ступенем точності. Проте значно частіше твердження про лінійність має явно характер припущення, хоч і далеко не завжди формулюється як таке. Помилки (похибки чи неточності), які виникають через заміну нелінійної залежності лінійною можуть бути кількісними і (або) якісними. У першому випадку розв'язок поставленої задачі загалом правильно описує реальний процес у досліджуваному аспекті, хоча його числові значення можуть суттєво відрізнятись від справжніх. Якщо для прийнятих у моделі лінійних значеннях параметрів задачі отримують якісно неправильний результат досліджень, то може з'явитися надія на правильний опис досліджуваного процесу тоді, коли змінюють значення цих параметрів.

6.6. Детермінованість і випадковість

Детермінованими називають системи, які характеризуються одним варіантом поведінки (розвитку). Такий клас систем є найпростішим. Його динаміка однозначно визначається минулим, тобто прийнятний прогноз можна отримати тоді, коли динаміка процесів та явищ відбувається за законами найпростіших коливань з постійною, зростаючою або спадаючою амплітудою. Якщо поведінку системи можна передбачити з певною ймовірністю на основі дослідження її минулої поведінки, то її називають **ймовірнісною**. Будь-який суспільно-економічний процес, пов'язаний з діяльністю людини, у тому числі з виробництвом, потрібно розглядати як випадковий, тому що на його вхід практично завжди впливають численні випадкові фактори. Зважаючи на це, під час аналізу, моделювання, управління такими системами та їх прогнозування необхідно використовувати ймовірнісні методи теорії випадкових процесів. Реальним об'єктам і явищам притаманні риси як детермінованого, так і випадкового, які можуть проявлятися в тій чи іншій мірі. Тому питання "який є світ насправді?" у принципі не допускає однозначної відповіді. Отже, математичні моделі, які відображають реальний світ, можуть бути детермінованими і стохастичними.

6.7. Інтерполяція і екстраполяція

Латинське слово "інтерполяція" в перекладі означає "вставка всередину". У математиці *інтерполяцією* називають будь-який спосіб, за допомогою якого по таблиці, що містить сукупність деяких числових даних (статистичних, експериментальних, розрахункових тощо), можна знайти проміжні результати, які безпосередньо не задані в таблиці. Для проведення процесу інтерполяції будують інтерполяційні функції (лінійні, нелінійні, трансцендентні, спеціальні тощо), які б забезпечили певний рівень адекватності. Інтерполяція має зазвичай більш формальний характер. Проте і тут центральні питання, що полягають у виборі типу інтерполяційної функції та критерію якості інтерполяції, розв'язують на раціональному рівні. Водночас враховують обсяг вихідних даних, їх точність і достовірність, а також мету інтерполяції. Схема *екстраполяції*, частковим випадком якої є прогнозування (екстраполяція вперед у часі), має бути такою. На основі відомих даних на певному (вихідному) інтервалі зміни незалежних змінних будують інтерполяційні формули з врахуванням можливих похибок. Разом з тим створюють теорію, яка б по можливості точніше пояснювала одержані формули, вплив різних факторів, характер їхньої взаємодії, бо тільки маючи теорію, яка б задовільно пояснювала дійсність, можна вибрати з інтерполяційних формул таку, яка опише майбутнє з певним ступенем адекватності.

6.8. Уточнення

Прикладне математичне дослідження має структуру послідовного уточнення: спочатку будується самий “грубий” розв’язок, потім з його допомогою уточнюється модель або метод розв’язування математичної задачі, що приводить до більш точного розв’язку. Мета таких уточнень може бути різною. По-перше, може виявитися, що точність “грубого” розв’язку недостатня в якісному і кількісному відношенні для поставлених цілей дослідження. У цьому випадку грубий розв’язок має лише допоміжне значення для одержання більш точного розв’язку. Проте можливий й інший випадок, коли точність “грубого” розв’язку задовольняє, але не цілком зрозумілі межі його застосування. Тоді уточнення розв’язку служить не для того, щоб ним безпосередньо користуватися, а для виявлення меж застосування “грубої” теорії. А оскільки “грубі” моделі і формули мають перевагу в простоті, то така схема уточнення розв’язків виявляється в багатьох задачах дуже доцільною.

6.9. Приклади та еталонні задачі

Трудно перебільшити роль прикладів під час вибору методу дослідження деякого класу прикладних задач, під час аналізу та опрацювання цього методу і його елементів. Вони покликані відігравати роль допоміжних моделей для досліджуваної моделі реального явища чи процесу. Кожний приклад імітує досліджувану модель, взагалі кажучи, лише за деякими її властивостями, причому інколи тільки в процесі розгляду прикладу виявляється – за якими саме. Серія прикладів, що імітують різні властивості моделі, сприяють розумінню цих властивостей у більш загальному випадку.

Крім того, приклади часто вдається дослідити значно детальніше і з більшою точністю, ніж основну модель. Цим створюється правильна інтуїція для розгляду класу задач і методів їх розв’язування. Саме тому виявляється, що гіпотези часто корисно перевіряти на прикладах. Більше того, аналіз прикладів може підказати гіпотезу, що відноситься до більш загальної або аналогічної ситуації. З іншого боку, аналіз навіть окремого прикладу може спростувати гіпотезу і тим самим стримати від неправильних шляхів і спроб проведення досліджень. Відносно прикладів, в яких імітуються всі основні властивості розглядуваних моделей або класу моделей, використовується термін “еталонні задачі”. Глибоке дослідження еталонних задач дає змогу уточнити якісні властивості розв’язків, а на підставі порівнянь з іншими моделями або експериментами – встановити адекватність даної моделі. Апробація різних методів дослідження еталонної задачі дає можливість встановити, які з цих методів можуть виявитися корисними в більш загальному випадку, опрацювати ці методи, вияснити їхню точність.

Література

1. Кустовська О.В. Методологія системного підходу та наукових досліджень: Курс лекцій / Кустовська О.В. – Тернопіль: Економічна думка, 2005. – 124 с.
2. Лудченко А.А. Основы научных исследований: Учебное пособие / Лудченко А.А., Лудченко Я.А., Прима Т.А. / Под ред. А.А. Лудченко. – К.: О-ва “Знання”, КОО, 2000. – 114 с.
3. Макілвейн А. УДК – останні розробки та плани на майбутнє / Макілвейн А. // Бібліотеки та асоц. в світі, що змінюється: нові технології та нові форми співробітництва. – 1998. – т.2. – С. 454-459.
4. П’ятницька-Позднякова І.С. Основы научных исследований у вищій школі: Навч. посібник / П’ятницька-Позднякова І.С. – К.: 2003. – 116 с.
5. Юринець В.Є. Роль комп’ютерного забезпечення у формуванні фахівців з економіки / Юринець В.Є. // Національні інтереси. – Львів, 2004, серія – регіональна безпека держави, вип.11, – С.97-100.
6. Юринець В.Є. Інформаційні системи управління персоналом, діловодства і документообігу: Навч.посібник / Юринець В.Є., Юринець Р.В. – Львів: “Тріада плюс”, 2008. – 628 с.
7. Яблочник А.Л. Общая теория статистики. (Для программированного обучения) / Яблочник А.Л. / Под ред. проф. И.С. Пасхавера. Учебн. пособие. – М.: Статистика, 1976. – 344 с.