## МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**РЕФЕРАТ**

**На тему «МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ»**

Київ 2010

**ЗМІСТ**

ВСТУП

1 Наукове дослідження та його методологія

2 Методи наукових досліджень

3 Гіпотези в наукових дослідженнях, їх доведення

4 Експеримент в наукових дослідженнях

5 Планування експерименту

Література

**ВСТУП**

Новим явищем ринкової конкуренції є становлення мережевої економіки внаслідок витіснення з початку 80-х рр. ХХ ст. четвертого технологічного укладу п`ятим, в якому домінуючі позиції посідають новітні комп`ютерні та інформаційні технології, засоби космічного зв`язку, волоконна оптика, біотехнології тощо. П`ятий, а тепер і шостий уклади базуються на результатах глибоких наукових досліджень.

Україна має потужний науковий потенціал, але використовує його вкрай незадовільно, обсяги державного фінансування науки не забезпечують її розвитку, кадри науковців старіють, багато молодих дослідників від`їхали за кордон. Одним з напрямків реалізації курсу України на інноваційний розвиток економіки є підготовка кадрів науковців, які володіють сучасними методами наукових досліджень, докорінне оновлення наукової бази, залучення значних інвестицій у науку.

1 Наукове дослідження та його методологія

Основною формою здійснення і розвитку сучасної науки є наукове дослідження - вивчення явищ і процесів, аналіз впливу на них різноманітних чинників, а також вивчення взаємодії між явищами з метою отримання переконливо доведених і корисних для науки і практики рішень з максимальним ефектом.

Кожне наукове дослідження має свій об'єкт і предмет. Якщо об'єктом наукового пізнання, як вже зазначалося, є весь матеріальний світ і форми його відображення у свідомості людей, то об'єктом наукового дослідження є певна частина дійсності - досить конкретний предмет або явище, на яке спрямована пізнавальна діяльність дослідника з метою пізнання його суті, закономірностей розвитку і можливостей наступного використання в практичній діяльності.

Процес вибору об'єктів дослідження є складною і трудомісткою частиною дослідження, оскільки здійснює суттєвий вплив на цілеспрямованість та результативність наукового дослідження. Відокремимо чотири особливості об'єктів дослідження, які безпосередньо впливають на організацію та ефективність науково-дослідних робіт.

1. Обов'язковість наявності непізнаних якостей об'єкта на момент виникнення "проблемної ситуації".

2. Динамічність об'єкта дослідження. Ця особливість полягає в тому, що жодне наукове дослідження не може привести до кінцевого виявлення і вивчення властивостей об'єкта у зв'язку з імовірнісним характером добутих в процесі дослідження знань і безперервною мінливістю умов проявлення цих властивостей у сфері експлуатації. До одних і тих самих об'єктів і навіть до одних і тих самих властивостей дослідники можуть повертатися багато разів.

3. Подільність об'єкта дослідження. Будь-яке науково-дослідницьке завдання відповідно до наявності багатьох властивостей об'єкта, може бути розчленоване на окремі порівняно самостійні завдання, що вирішуються тими чи іншими методами і засобами дослідження в певному порядку, тобто за певними стадіями та етапами.

4. Наступність об'єктів дослідження. Дослідник не обмежується описом вивчених об'єктів. Він формулює нові проблеми, що випливають з виконаного дослідження. У будь-якому науковому дослідженні обов'язково виникає не тільки можливість, а й необхідність переходу до вивчення нових властивостей. Це означає, що результати будь якої виконаної науково-дослідної роботи повинні оцінюватися не тільки за повнотою і глибиною рішення конкретної наукової проблеми згідно з визначеними умовами дослідження, а й з обов'язковим урахуванням складу нових сформульованих проблем і вимог до умов їх вирішення.

Предметом наукового дослідження можуть бути причини виникнення цього процесу або явища, закономірності його розвитку різноманітні властивості, якості тощо. Так, наприклад, об'єктом дослідження всіх суспільних наук є суспільство, але предмет дослідження у кожної науки свій: у політичної економії - система виробничих відносин; в економічної статистики - кількісний аспект економічних явищ тощо. А окреме наукове дослідження, наприклад з політичної економії, має своїм об'єктом систему виробничих відносин або певний елемент цієї системи, а предметом обирає конкретну характеристику або закономірність існування чи розвитку об'єкта дослідження.

Виходячи з цього, мету наукового дослідження можна сформулювати як визначення конкретного об'єкта і всебічне достовірне вивчення його структури, характеристик з метою отримання і впровадження в практику корисних для людини результатів.

Кожен об'єкт дослідження оточений певним середовищем, з яким він так чи інакше взаємодіє. Під середовищем розуміють все те, що оточує об'єкт дослідження або його елементи і певною мірою на них впливає. Завдання дослідника полягає в тому, щоб визначити конкретні чинники, що впливають на об'єкт дослідження і відібрати найбільш істотні з них. Це має велике практичне значення, оскільки впливає на ступінь достовірності результатів дослідження: якщо не врахований який-небудь істотний чинник, результати дослідження і зроблені на їхній основі висновки можуть бути неповними або хибними.

Виконуючи наукове дослідження, тобто пояснюючи характер тих чи інших процесів дійсності, дослідник спирається на певні наукові методи. Під методом розуміють спосіб дослідження явищ, планомірний підхід до їх вивчення, послідовність дій під час проведення теоретичного дослідження або практичного здійснення якогось явища або процесу. Таким чином, метод - у найзагальнішому значенні - це спосіб, певним чином впорядкована діяльність і своєрідний інструмент для досягнення конкретної мети. Свідоме використання науково обґрунтованих методів є найсуттєвішою умовою отримання нових знань, бо в основі всіх методів пізнання лежать об'єктивні закони дійсності.

Сума окремих методів, які застосовуються для проведення наукових досліджень у межах тієї чи іншої науки, становить її методологію. Це поняття може мати два значення. По-перше, як вже сказано, методологія - це сукупність пізнавальних засобів, методів, прийомів, що застосовуються в певній науці, а по-друге - це галузь знань, що вивчає засоби, передумови і принципи організації пізнавальної і практично-перетворювальної діяльності людини. Таким чином, можна дати найбільш загальне визначення: методологія - філософське вчення про методи пізнання і перетворення дійсності, використання принципів світогляду в процесі пізнання і практиці.

Розвиток методології - один із шляхів розвитку науки в цілому. Традиційно проблеми методології розроблялися в межах філософії, але у зв'язку з диференціацією сучасного наукового пізнання, ускладненням понятійного апарату, підсиленням теоретизації наукового мислення, удосконаленням пізнавальних засобів і методів диференціюється і сфера методології. Методологія, заснована на законах окремих наук, особливостях пізнання окремих явищ, обумовлена і пов'язана з принципами конкретних наук, з окремими методами досліджень, становить окрему методологію. Під загальною методологією розуміють сукупність правил визначення понять, виводу одних знань з інших, методів, прийомів, операцій наукового дослідження у всіх сферах науки і на всіх етапах дослідження.

Нині методологія може існувати і як окрема наукова дисципліна. Серед проблем, які вона вивчає, опис і аналіз етапів наукового дослідження, аналіз мови науки, виявлення сфери застосування окремих процедур і методів, аналіз дослідницьких принципів, підходів і концепцій, обґрунтованість отриманих за їхньою допомогою результатів тощо. У цьому випадку методологія розробляє власні і використовує вже наявні методи наукових досліджень, які й становлять її методологію.

2 Методи наукових досліджень

Загальноприйнята сучасна класифікація наукових методів, що застосовуються в наукових дослідженнях наведена в табл. 1.

Таблиця 1

**Класифікація наукових методів досліджень з економіки**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Загальнонауковий метод | Конкретно-наукові (емпіричні) методи | |
| теоретичні | методичні прийоми |
| Аналіз | Формалізація | Розрахунково-аналітичні |
| Синтез | Гіпотетичний метод | Органолептичні |
| Індукція | Аксіоматичний метод | Документалістики |
| Дедукція | Створення теорії | Спостереження |
| Аналогія |  | Експерименту |
| Моделювання |  |  |
| Абстрагування |  |  |
| Конкретизація |  |  |
| Системний аналіз |  |  |

Однак такий розподіл методів певною мірою умовний, бо будь-який з них може переходити з категорії в категорію в міру розвитку пізнання.

Аналізом називають такий метод пізнання, за якого виконують практичне або розумове розчленування об'єкта дослідження на його складники. Це дає змогу виявити структуру об'єкта, відокремити суттєве від несуттєвого, звести складне до простого. Аналіз явища в процесі розвитку дає змогу виділити в ньому окремі етапи, суперечливі тенденції тощо. Мета аналізу - пізнання окремих частин об'єкта як елементів складного цілого. Умовою всебічного пізнання об'єкта дослідження є багатогранність його аналізу.

Аналіз нерозривно пов'язаний із синтезом - процесом об'єднання в одне ціле частин, ознак, властивостей об'єкта, визначених за допомогою аналізу.

Аналіз і синтез багато важать у процесі пізнання і здійснюються на всіх його етапах. Існує багато видів аналізу і синтезу, а саме прямий (емпіричний) метод використовують для виділення окремих частин об'єкта, виявлення його властивостей, простіших змін тощо; поворотний (елементарно-теоретичний) метод базується на уявленнях про причинно-наслідкові зв'язки різноманітних явищ, структурно-генетичний метод виділяє в складному явищі ті елементи, що найбільше впливають на всі інші характеристики об'єкта. Кожен вид аналізу і синтезу має власні відмінності, але всі вони базуються на принципах розчленування цілого на складники з наступним відтворенням цілого з частин.

Індукцією називають такий метод дослідження, за якого загальний висновок про характеристики множини елементів роблять на підставі вивчення цих характеристик якоїсь частини елементів цієї множини. Таким чином, індукція забезпечує можливість переходу від поодиноких фактів до загальних положень.

У реальному пізнанні індукція завжди виступає в єдності з дедукцією, коли висновок про характеристики будь-якого елемента множини робиться на підставі пізнання загальних характеристик всієї множини.

Загальнонаукові методи індукції і дедукції широко використовують окремі методи формальної логіки: єдиної схожості (припускається, що єдина схожа обставина є причиною досліджуваного явища), єдиної відмінності (припускається, що єдина різниця обставин е причиною явища); супутніх змін (зміна в одному явищі приводить до зміни в іншому, бо ці явища перебувають у причинному зв'язку); залишків (коли відомо, що деякі із сукупності окремих обставин є причиною частини явищ, то залишок цього явища зумовлений рештою обставин).

* Одним із загальнонаукових методів дослідження є метод аналогії, за якого висновок про предмет або явище робиться на підставі його схожості з іншими, вже відомими. Звичайна схема умовиводу за аналогією: об'єкту **А** притаманні ознаки **а**, **b**, **с**, **d**, **е**; об'єкту **В** притаманні ознаки **b**, **с**, **d**, **е**; отже, об'єкту **В**, ймовірно, притаманна ознака **а.** Аналогія, якщо розглядати її ізольовано, не має значної доказової сили не тільки тому, що висновок її може бути лише імовірнісним, але й тому, що ступінь цієї ймовірності може бути дуже низьким у результаті випадкової схожості або фіксації несуттєвих ознак об'єктів порівняння.

У сучасній науці розвиненою галуззю систематичного застосування аналогії є так звана теорія подібності, що широко використовується в моделюванні.

Моделювання - відтворення характеристик об'єкта дослідження на іншому об'єкті, створеному для їх вивчення. Цей останній називають моделлю. Потреба в моделюванні виникає тоді, коли дослідження безпосередньо самого об'єкта неможливе, ускладнене, дороге, потребує дуже тривалого часу тощо. Модель повинна мати суттєві ознаки оригіналу. Модель може виконувати свою роль тоді, коли ступінь її відповідності об'єкту визначена досить чітко. Це може проявлятися в схожості фізичних характеристик моделі і об'єкта або в схожості функцій, або в тотожності математичного опису "поведінки" об'єкта і його моделі. Залежно від природи моделі і тих ознак оригіналу, які в ній втілено, розрізняють моделі фізичні і математичні. Математична модель, на відміну від фізичної, може бути здійснена у вигляді характеристик іншої, ніж в об'єкта моделювання, фізичної природи. Обов'язково лише, щоб відомі сторони моделі описувалися тією самою математичною формулою, що й ознаки об'єкта.

* Абстрагування - розумове відокремлення від низки несуттєвих властивостей, зв'язків, відносин предметів і виділення окремих ознак об'єкта для дослідження. Процес абстрагування здійснюється двома етапами. На першому етапі вивчають характеристики об'єкта і поділяють на суттєві і несуттєві. На другому - об'єкт дослідження заміняють іншим, простішим, що становить спрощену модель, яка зберігає головне в складному.

Конкретизація, на відміну від абстрагування, дає змогу вивчати предмети або явища в усій якісній різнобічності реального їх існування. Досліджується стан об'єктів у зв'язку з певними умовами їх існування та історичного розвитку.

Методи абстрагування і конкретизації не є взаємовиключними, а, навпаки, тісно взаємопов'язані між собою і доповнюють один одного.

Ідеалізація базується на створенні певних абстрактних об'єктів, що принципово не можуть бути здійсненими в досліді та реальності. Ідеалізовані об'єкти є граничними випадками тих чи інших реальних об'єктів і виступають як засоби їхнього наукового аналізу, основою для побудови теорії цих реальних об'єктів, вони, таким чином, є відображенням об'єктивних предметів, процесів, явищ. Прикладами ідеалізованих об'єктів можуть слугувати поняття пряма, ідеальний розчин, ідеальний газ, абсолютно чорне тіло тощо.

Узагальнення є одним з основних засобів для створення нових наукових понять, формулювання законів і теорій. Воно становить логічний процес переходу від окремого до загального, виділення поняття, яке визначає те загальне, що характеризує об'єкти певного класу. Отримання узагальненого знання означає глибше відображення дійсності, проникнення в її суть.

Системний аналіз - вивчення об'єкта дослідження як сукупності елементів, що утворюють систему У наукових дослідженнях він передбачає оцінку поведінки об'єкта як системи з усіма чинниками, які впливають на його функціонування. Системний аналіз виник у 60 х роках XX століття і досить швидко розвивається. Єдиної процедури проведення системного аналізу в наукових дослідженнях поки що немає, в ньому широко використовують методи системної динаміки, теорії ігор, евристичного програмування, імітаційного моделювання, програмно-цільового управління тощо.

3 Гіпотези в наукових дослідженнях, їх доведення

Одним із найважливіших структурних елементів науки є гіпотеза. Гіпотезою називають систему умовиводів, наукових припущень, за допомогою якої на підставі низки фактів робиться висновок про існування об'єкта, зв'язку або причини явища, причому виведення це не є абсолютно достовірним. Потреба в гіпотезі виникає в науці тоді, коли незрозумілий зв'язок між явищами, причина їх, хоча відомо багато обставин, що передують або супроводжують його, коли за деякими характеристиками сучасного треба встановити картину минулого, на підставі минулого і сучасного треба зробити висновок про майбутній розвиток явища. Однак висування гіпотези на основі певних фактів лише перший крок. Сама гіпотеза має ймовірнісний характер і потребує перевірки, доведення. Після такої перевірки гіпотеза або стає науковою теорією, або видозмінюється, або відкидається зовсім, якщо перевірка дає негативний результат.

Перевірка, або доведення гіпотези, її розвиток передбачають кілька можливостей. Гіпотеза може розвиватися, уточнюватися, доповнюватися новими положеннями і залишатися при цьому гіпотезою. Розвиток гіпотези може привести до її відкидання. Якщо в процесі обґрунтування гіпотези буде виявлено факти і закономірності, що відхиляють основний зміст гіпотези, постає питання про заміну її новою, з іншими принципами так званою робочою гіпотезою. Робоча гіпотеза в процесі розвитку або знову відкидається або перетворюється в теорію. Це відбувається в тому разі, коли істинність принципу, покладеного в основу гіпотези, доведено не окремими фактами, а сукупністю практичних результатів. Окремі факти тільки підтверджують гіпотезу, роблять її імовірнішою, але не доводять повністю. Вирішальним критерієм перетворення гіпотези на теорію є практика. Це можливо в двох випадках: описана гіпотезою суть явища або стає доступною для прямого спостереження, або положення, що становить основний зміст гіпотези, можна вивести як наслідок із достовірних посилань.

У процесі розвитку гіпотези М.Білуха відокремлює 4 стадії (рис. 3.1).

Гіпотеза має бути гранично простою, тобто такою, яка не потребує введення нових гіпотез і припущень. Простота є своєрідним критерієм, який дає можливість вибирати між кількома різними гіпотезами.

Гіпотеза повинна на основі узагальнення вже наявних знань виходити за їхні межі, тобто формулювати нові положення, істинність яких ще не доведено. Крім того гіпотеза повинна:

* бути достовірною (безпосередньо пов'язаною з проблемою, що вирішується дослідженням, випливати з її суті);
* передбачуваною (не тільки пояснювати, а й слугувати основою для вирішення проблеми);
* мати можливість формалізації (викладення основних положень не тільки логічно, а й за допомогою математичного апарату).

**Рис. 1. Процес висування і розвитку гіпотези**

**Гіпотези в наукових дослідженнях**

* Вивчення об'єкта дослідження
* У виробничих умовах
* За літературними джерелами
* Передбачення можливості отримання нових даних

Висування

* Висування і обґрунтування гіпотез
* Визначення методів дослідження гіпотез
* Відбір методів доведення

Формулювання

* Дослідження гіпотез
* Експериментальна перевірка результатів дослідження гіпотез
* Уточнення і корегування гіпотез

Доведення

* Доповнення висунутих гіпотез
* Відсіювання попередньо висунутих гіпотез
* Висування нових гіпотез
* Отримання нових знань

Результати

доведення

Висування гіпотези, фундаменту майбутніх досліджень, - складний творчий процес у результаті якого окреслюються межі і визначаються основні напрями всієї розробки. Водночас гіпотеза є основою для визначення тієї системи показників що необхідні для цього дослідження.

Процедуру, за допомогою якої встановлюють істинність гіпотези або будь-якого іншого твердження, в логіці називають доведенням. У доведенні використовують два способи встановлення істини: безпосередній та опосередкований.

Безпосередній спосіб полягає в тому, що в процесі практичних дій відбувається зіставлення деякого припущення з фактичним станом об'єкта дослідження. Видами таких практичних дій можуть бути спостереження, експеримент, демонстрація, вимірювання, розрахунки, облік та інші емпіричні процедури. Наприклад, у практиці економічних досліджень найчастіше застосовують саме цей спосіб доведення, оскільки існує реальна можливість вимірювати та зіставляти показники економічних процесів на основі статистичних і бухгалтерських звітів та інших даних, зібраних за допомогою емпіричних методичних прийомів дослідження.

Однак у практиці досить часто істинність гіпотези може бути доведена шляхом умовиводів на основі вже наявних знань у вигляді різних законів і положень. Наприклад, у дослідженнях з математики, теоретичної фізики, астрономії та інших, особливо де є можливість значної формалізації та широкого застосування математичного апарату. Такий спосіб встановлення істини називають опосередкованим.

4 Експеримент в наукових дослідженнях

Найважливішим складником наукового дослідження є експеримент. Це один з основних способів отримання нового знання. Понад дві третини трудових ресурсів науки витрачають на експерименти. В основі експериментального дослідження лежить експеримент, що є науково поставленим дослідом або спостереженням явища в чітко витриманих конкретних умовах, які дають змогу досліджувати його перебіг, керувати ним, відтворювати його щоразу при відтворенні цих умов. Від звичайного пасивного спостереження експеримент відрізняється активним впливом дослідника на явище або процес, що вивчається.

Таким чином, експеримент - це один з аспектів суспільно історичної практики людства, і тому він є джерелом пізнання і критерієм істинності гіпотез і теорій. Він містить:

* визначення об'єкта дослідження;
* створення необхідних умов;
* матеріальний вплив на об'єкт або умови;
* акти спостереження та вимірювання із застосуванням відповідних технічних приладів.

Основною метою експерименту є перевірка теоретичних положень (підтвердження робочої гіпотези), а також ширше та глибше вивчення теми наукового дослідження.

Експеримент повинен бути проведений у найкоротший термін з мінімальними витратами і гарантувати найвищу якість отриманих результатів.

Розрізняють експерименти природні та штучні.

Під природним експериментом розуміють такий експеримент, коли дослідник не обирає і не готує заздалегідь незалежну змінну, а також не здійснює активного втручання в звичний перебіг досліджуваного процесу або явища, а тільки спостерігає за ним і чекає, доки в ньому самостійно виникне така ситуація, що відіграє роль незалежної змінної. Такі експерименти характерні для процесу вивчення соціальних явищ, наприклад в обстановці виробництва побуту та ін., але застосовуються і в інших сферах діяльності людини. Вони мають ту перевагу, що всі зв'язки та відношення досліджуваного процесу або явища - і внутрішні і зовнішні - залишаються без будь-яких змін. Якщо підготовка до такого експерименту проводиться досить ретельно, чистота і достовірність висновків у його проведенні мають максимальний рівень, бо весь експеримент по суті є своєрідним, добре підготовленим спостереженням за природним розвитком події.

Великою вадою природного експерименту є рідкісність виникнення відповідної ситуації і відсутність попередньої інформації про можливість її виникнення, що дуже ускладнює організацію експерименту. Не менш суттєвою вадою є складність визначення чинників, які можуть впливати на перебіг процесу, і практична неможливість маніпулювання ними. Ці вади по суті зводять нанівець таку важливу перевагу експериментального дослідження, як виграш часу для перевірки гіпотез. Однак природний експеримент посідає чільне місце в арсеналі дослідників, особливо у сфері вивчення складних суспільних і природних явищ, що потребують врахування великої кількості чинників.

Штучні експерименти широко використовують у багатьох природонаукових дослідженнях. Штучний експеримент націлений на вивчення явищ, ізольованих необхідною мірою для того, щоб оцінити їх у кількісних та якісних відношеннях.

З-поміж штучних експериментальних досліджень вирізняють лабораторні та виробничі.

Лабораторні експерименти становлять дослідження в штучному середовищі, для чого об'єкт дослідження переносять зі свого природного середовища в обстановку, яка дає змогу досягти вищого ступеня точності в спостереженні за його поведінкою. У техніці лабораторні досліди виконують із застосуванням типових приладів і пристроїв, спеціального моделюючого устаткування, стендів, обладнання та ін. Стабільність лабораторної обстановки, використання спеціальної апаратури дають можливість вивчити вплив одних характеристик у варіюванні інших найбільш повно і доброякісно з великою повторюваністю. Лабораторні досліди в разі достатньо повного наукового обґрунтування експерименту дають змогу отримати якісну наукову інформацію за мінімальних витрат. Однак такі експерименти не завжди повністю моделюють реальний плин процесу або явища, що вивчається. У такому разі виникає потреба в проведенні виробничого експерименту.

Виробничі експериментальні дослідження мають за мету вивчення процесу в реальних умовах з урахуванням впливу різних випадкових чинників виробничого середовища.

Одним з різновидів виробничих експериментів є збирання матеріалів в організаціях та установах, що займаються накопичуванням тих чи інших даних за стандартними формами (наприклад статистичні бюро або управління). Ці матеріали впродовж багатьох років систематизуються за єдиною методикою; інформація, яку вони містять, добре піддається обробці методами статистики і теорії ймовірності. У низці випадків виробничий експеримент ефективно проводиться за допомогою методу анкетування виробничих організацій за чітко продуманою методикою. Це дає змогу зібрати велику кількість даних вимірів або спостережень досліджуваного явища, виконаних іншими підприємствами чи установами.

Однак більшість явищ і процесів у природі та суспільстві є погано організованими - так званими дифузними - системами, в яких провести розмежування дії чинників різної природи не уявляється можливим. У вивченні таких систем дослідник повинен враховувати вплив багатьох різноманітних чинників, що зумовлюють різні за своєю природою процеси, які тісно взаємодіють між собою. Наприклад, у хіміко-технологічних процесах треба одночасно враховувати взаємний вплив факторів, які не підлягають у реальних умовах розмежуванню аеродинамічні та гідродинамічні процеси, кінетику множини одночасних реакцій тощо. Ще більше зростають труднощі у вивченні систем для яких навіть елементарні процеси, що в них протікають невідомі. Прикладом такої системи може бути інтелект людини.

Такі дослідження потребують застосування статистичних методів на всіх етапах роботи: і перед постановкою досліду, і в процесі експериментування, і після експерименту, на стадії прийняття рішень про наступні дії. Такий експеримент називають активним, а схему його, за якої ефект впливу будь-якого фактора на досліджуваний процес оцінюється за результатами всіх дослідів називають багатофакторною схемою.

**5 Планування експерименту**

Планування експериментальних досліджень спрямовано на отримання максимуму інформації за мінімальних витрат на експериментування. Методи оптимального планування експерименту дають змогу використовувати математичний апарат не тільки на стадії опрацювання результатів, як було раніше, а й у підготовці і проведенні дослідів.

У сучасній математичній теорії оптимального планування експерименту існують два основні розділи:

1. Планування експерименту для вивчення механізму складних процесів і властивостей багатокомпонентних систем.

2. Планування експерименту з метою оптимізації технологічних процесів і властивостей багатокомпонентних систем.

Переважна більшість експериментальних робіт виконується саме з метою вирішення задач оптимізації; такі експерименти називають екстремальними. Ця назва пов’язана з аналогією між рішенням задачі оптимізації та пошуком екстремуму функції, тому задачу, метою якої є пошук екстремуму, називають екстремальною. Як приклади задач оптимізації можна навести пошук оптимального складу багатокомпонентної суміші, підвищення продуктивності діючої установки, підвищення якості продукції тощо.

Як вже згадувалося, експеримент може проводитися безпосередньо на об’єкті або на його моделі. Останнім часом поряд з фізичними моделями дедалі ширше застосування знаходять абстрактні математичні моделі. Для опису такого об’єкта дослідження можна використати уявлення про кібертичну систему, яку схематично зображено на рис. 2. Таку кібертичну систему ще називають «чорною скринькою».

Х1 y1

**Чорна**

**скринька**

Х2 y2

Хі yi

Хк yk

**Рис.2. Схема «чорної скриньки»**

Стрілки справа зображують чисельні характеристики, які треба отримати відповідно до мети дослідження. Вони позначаються буквою y і називаються вихідними параметрами, або параметрами оптимізації (вихід «чорної скриньки»), а також відгуками . Для проведення експерименту необхідно впливати на поведінку «чорної скриньки». Всі способи впливу позначають буквою х і називають вхідними параметрами, або факторами (вход «чорної скриньки»). Під час проведення експерименту кожний фактор може приймати одне або кілька значень, які називаються рівнями фактора. За допомогою множини факторів визначають один із можливих станів модельованої системи («чорної скриньки») і задають умови проведення одного з можливих експериментів. Існує певний зв’язок між рівнями факторів і відгуками системи, характер якого заздалегідь невідомий. Цей зв’язок можна визначити як



де yl – l-й відгук; n – число відгуків, що аналізуються; хі – і-й фактор; m – число факторів.

Функція ψ називається функцією відгуку або реакцією. Її геометричний образ – поверхня відгуку. Враховуючи те, що функція ψ заздалегідь невідома, використовують іншу наближену функцію



Якщо в процесі експерименту перебрати всі можливі набори рівнів факторів, отримаємо повну множину різних станів модельованої системи («чорної скриньки»). Разом з тим це буде кількість різних можливих дослідів.

Однак використання для моделі всіх можливих дослідів призводить до абсурдно великих експериментів. З огляду на це і виникає потреба планування експерименту. Таким чином, планування екстремального експерименту – це вибір кількості та умов проведення дослідів, мінімально необхідних для пошуку оптимальних умов.

Планування експерименту - це розроблення такого плану експерименту, який дає можливість за мінімальної кількості прогонів моделі і за мінімальних затрат ресурсів зробити статистичне значимі висновки або знайти оптимальні рішення щодо функціонування системи. Під час планування експериментів, як правило, визначають:

* вхідні дані для кожного експерименту і кількість прогонів імітаційної моделі;
* тривалість одного прогону моделі і перехідного процесу моделювання;
* стратегію збирання даних під час кожного прогону моделі;
* методи оцінювання точності вихідних даних і побудови довірчих інтервалів;
* чутливість моделі до вхідних даних, різних видів розподілів випадкових величин, сценаріїв поведінки модельованої системи;
* умови і сценарії проведення експерименту;
* умови генерування потоків випадкових чисел у системі моделювання та імовірнісних вхідних даних;
* стратегію досягнення мети експерименту (наприклад, порівняння альтернативних варіантів системи або оптимізація цільової функції).

Кінцева мета проведення експериментів - це одержання статистичної інформації, достатньої для прийняття рішень відповідно до результатів моделювання.Моделювання здебільшого провадиться з метою визначення деяких екстремальних значень характеристик модельованої системи (рптимізуючий експеримент) або для виявлення важливих факторів, які впливають на модельовану систему (висівний експеримент). Під час експериментів обох типів використовують факторні плани. Для пошуку екстремальних значень застосовуються числові методи оптимізації. Під час таких експериментів визначається функціональна залежність вихідної змінної (функції відгуку, чи просто відгуку) від вхідних змінних, або факторів; ця залежність відображає критерій ефективності модельованої системи. Таким чином, пошук найкращого рішення характеризується числовим значенням цього критерію, і для знаходження екстремальних значень необхідно досліджувати поверхні відгуку (провадити експерименти) у різних точках факторного простору.

Планування експерименту можливе тільки за умов:

* керованості об'єкта дослідження;
* можливості відтворення результатів експерименту.

Опишемо послідовність дій, які необхідно виконувати під час планування експериментів.

1. Визначення відгуків (вихідних змінних) системи.

2. Визначення факторів, які впливають на відгук системи. Більшість систем підпорядковуються принципу Парето - з огляду на характеристики системи істотними є лише деякі з множини факторів. У більшості систем 20 факторів визначають 80 % властивостей системи.

3. Визначення рівнів факторів. Мінімальна кількість рівнів для кожного фактора два - нижня і верхня межі значення фактора. У разі використання цього числа рівнів можна визначити тільки лінійні ефекти.

Дамо визначення факторного експерименту.

Факторний експеримент - це план, згідно з яким всі рівні кожного фактора зустрічаються в сполученні з усіма рівнями всіх інших факторів. Рівні визначають кількісні значення факторів. Різні рівні деякого фактора можуть відповідати якісним значенням (наприклад, різні дисципліни обслуговування вимог пристроєм) або кількісним значенням (наприклад, число пристроїв для обслуговування). Якщо деякий фактор f, (f = 1,…, k) має Lf рівнів, то загальне число комбінацій рівнів визначається добутком:



Якщо число рівнів для кожного з факторів однакове, то загальним числом комбінацій буде Lk.

Схема планування експерименту наведена на рис. 3.

Якщо необхідно знайти екстремум процесу або оптимальну технологію достатньо виконати 1-4 пункти схеми, а якщо відомі всі фактори, що впливають на процес, що вивчається, то пункт 3 можна вилучити з виконання.

Щоб описати процес математичною моделлю для використання в алгоритмах або для систематизації результатів великої кількості досліджень, можна запланувати виконання 1-3, 5 пунктів схеми, або 1, 2, 5 за раніше відомих факторів.

Якщо необхідно дослідити процес, описати його математично і зробити технологічні висновки, виконують пункти 1, 3, 5, 6 або 1, 2, 5, 6.

1. Вибір параметрів оптимізації

2. Вибір факторів

3. Відсіювання факторів

4. Пощук області оптимізації

5. Вивчення області оптимуму

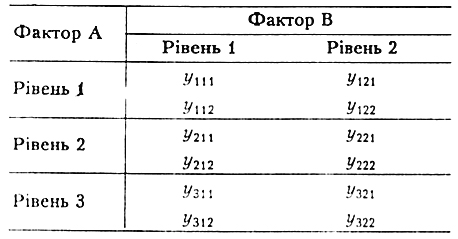
6. Інтерпретація отриманих

результатів

**Рис. 3. Схема планування експерименту**

Експеримент, в якому реалізуються всі можливі сполучення рівнів факторів, називається повніш факторним експериментом. Розглянемо простий двофакторний експеримент з одним фактором на двох рівнях, одним фактором на трьох рівнях і з двома спостереженнями в кожному досліді, тобто план 3х2. Запишемо в табл. 3. матрицю експерименту.

**Таблиця 3. Матриця двофакторного експерименту**



У загальному випадку: значення фактора yijg, де g – номер спостереження, і та j – номери рівнів факторів А та В відповідно. Нехай математичне сподівання вихідної змінної М( yijg ) = nij. Тоді очікувану функцію відгуку можна записати у вигляді:

; ;



де еijg - помилка досліду (або шум), яка вважається незалежною нормально розподіленою випадковою величиною з математичним сподіванням нуль і дисперсією σ2, або



Якщо знайти середнє значення відгуку для фактора А на рівні і з усіма рівнями фактора В, то



Тоді αАі - головний ефект фактора А на рівні і визначається як різниця між його середнім і загальним середнім:



Повніли факторний план передбачає всі комбінації факторів на двох рівнях і позначається 2k (k — кількість факторів) за кількістю необхідних дослідів. Для зменшення кількості дослідів використовують не повний план, а лише його частну (репліку), так званий дробний факторний план. Усі досліди з комбінацією факторів записують у вигляді таблиці (матриці), однакової (стандартної) для всіх досліджень. Щоб скористатися стандартною матрицею, значення (рівні факторів) кодують за формулою



де хі — кодоване значення фактора (1, -1, 0 і под.);

— натуральне значення фактора на якомусь рівні;



— натуральне значення фактора на нульовому рівні;



Іі – інтервал варіювання фактора ( в натуральному вигляді); найчастіше інтервал варіювання дорівнює 10-25% максимального значення фактора.

Добирають такі частки реплік, за яких кількість дослідів дорівнює або трохи перебільшує число факторів k. Наприклад, для 15 факторів (повний план 215 = 32 768 дослідів) можна скористатися 1/2048 репліки (215-11= 16 дослідів), для 7 факторів — 1/16 репліки (27-4 = 8 дослідів) тощо.

Після цього складений план-матрицю реалізують — виконують досліди за планом. Результати у вигляді параметра оптимізації заносять до тієї самої таблиці.

Коефіцієнти, що визначають ступінь впливу факторів на параметр оптимізації, розраховують за формулою



де bi — коефіцієнт регресії i-го фактора;

уi — значення параметра оптимізації в і-му досліді;

xij— кодоване значення i-го фактора в j-му досліді;

n — кількість дослідів у матриці.

Помилку експерименту розраховують за результатами дослідів, що повторються кілька разів за однакових умов. Рекомендується кожен дослід проводити двічі, а якщо результати різняться більш як на 10%, його повторюють ще раз. Одне з трьох значень відкидають як випадкове за критерієм Ст'юдента.

Після цього.підраховують середньоквадратичну помилку експерименту Sдослм і коефіцієнти регресії Sиш . Довірчий інтервал у разі наближених розрахунків визначають за формулою



де n — кількість дослідів із повторенням. Довірчий інтервал у разі наближених розрахунків визначають за формулою



де t - критерій Ст'юдента.

Фактори, що мають незначний вплив на параметр оптимізації, мають коефіцієнти регресії, менші за довірчий інтервал. Такі фактори треба вилучити (відсіяти) або зафіксувати на постійному рівні.

Якщо за даними експериментів і розрахунків відсіялося дуже багато факторів і серед них опинилися ті, що за логікою повинні були залишитися, дуже ймовірно, що інтервали варіювання обрано неправильно. Для цих факторів останні рекомендують збільшити і зробити нову серію дослідів за тим самим планом.

## Література

1. Пилюшенко В.Л., Шкрабак И.В. Методология и организация научного исследования – Донецк, 2009. – 285 с.
2. Пилюшенко В.Л., Шкрабак И.В. Славенко Е.И. Наукове дослідження: організація, методологія, інформаційне забезпечення: Навч. посібник. – Київ: Лібра, 2008. – 244 с.
3. Басков А.Я., Туленков Н.В. Методология научного исследования: Учеб. пособие. - К.: МАУП, 2009. - 124 с.
4. Білуха М.Т. Основи наукових досліджень. - К.: Вища шк., 2007. – 271 с.
5. Лудченко А.А., Лудченко Я.А., Примак Т.А. Основы научных исследований: Учеб. пособие / Под ред. А.А.Лудченко. - 2-е изд. - К.: О-во "Знання", КОО, 2007. - 113 с.