**ТЕМА 3. РОЗРОБКА ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА МОДЕЛІ, ГОЛОВНИХ ІДЕЙ, ПОЛОЖЕНЬ, ЩО ПОКЛАДЕНІ В ОСНОВУ ДОСЛІДЖЕННЯ**

***3.1. Наукове пізнання і моделювання. Модель як метод описування системи.***

***3.2. Прогнозування як метод наукового дослідження.***

***3.1. Наукове пізнання і моделювання. Модель як метод описування системи.***

Необхідність застосування кількісних методів та аналіз числової інформації в наукових економічних дослідженнях та практиці розробки економічних рішень у цій сфері обумовлені такими чинниками:

- збільшення складності та взаємозв’язків процесів, що відбуваються у сфері економічних відносин;

- збільшення невизначеності при прийнятті управлінських рішень; посилення дії непередбачуваних чинників;

- стрімка зміна умов діяльності на внутрішніх та зовнішніх ринках; виникнення ситуацій, які раніше ніколи не існували;

- як наслідок вищезазначених чинників суттєве підвищення вимог до ефективності та обґрунтованості управлінських рішень, до глибини та адекватності економічного аналізу.

Проте до другої світової війни кількісні методи використовувались у науці та практиці управління ще недостатньо. Під час війни в Англії для управління ефективною протиповітряною обороною від нальотів фашистських літаків було вперше застосовано кількісні методи, згруповані під загальною назвою «дослідження операцій». Пізніше ці методи виявилися ефективними у вирішенні інших проблем управління, а в самій математиці розвинувся окремий напрям досліджень, названий прикладною математикою.

Дослідження операцій за своїм змістом - це застосування методів наукового дослідження до операційних проблем організації. Послідовність застосування методів дослідження операцій така. На першому етапі фахівці-управлінці ставлять завдання, тобто структурують управлінські проблеми, формулюють перелік обмежень і вимоги до критеріїв ефективності розв'язку їх. Другий етап - фахівці розробляють модель ситуації. Модель, як правило, спрощує реальність, або подає її абстрактно, що дає змогу краще зрозуміти складнощі ситуації. Спрощення реальності за допомогою моделі відбувається скороченням кількості змінних після оцінки суттєвості впливу їх на кінцевий результат. Кількість змінних скорочують відкиданням несуттєвих і агрегуванням другорядних. Отже, у моделі залишаються найбільш суттєві змінні. Третій крок полягає у «випробуванні» моделі через надання змін кількісним значенням. Це дає змогу об'єктивно описати та порівняти кожну змінну і відношення між ними.

Перевагою кількісного підходу є заміна словесних міркувань та описового аналізу моделями, символами та кількісними значеннями. Звичайно, моделі ситуацій, проблем та процесів управління досить складні, тому поштовхом до застосування їх був винахід і вдосконалення комп'ютерів. Комп'ютери дали змогу дослідникам операцій сконструювати математичні моделі зростаючої складності, які досить наближені до реальності та зі значною точністю описують її. Отже, кількісні методи є ефективним знаряддям наукових досліджень в управлінні, у вирішенні практичних завдань його оптимізації.

Модель (від лат. modulus – «міра») – це певний умовний образ об’єкта дослідження, котрий замінює останній і перебуває з ним у такій відповідності, яка дозволяє отримати нове знання. Модель будується для того, щоб відобразити характеристики об’єкта (елементи, взаємозв’язки, структурні та функціональні властивості), суттєві з точки зору мети дослідження. Отже, моделювання пов’язане зі спрощенням узагальненням прототипу, абстрагуванням від низки його властивостей, ознак, сторін. Схема органу державного управління, наприклад, є її графічною моделлю, що відображує її структуру.

Характерною ознакою моделей можна вважати їх спрощеність стосовно оригіналу або реальної життєвої ситуації, яку моделюють. Спрощеність моделей є неминучою, тому що оригінал лише в обмеженій кількості відношень відображується в моделі. Надмірно спрощена модель, проте, може призвести до невідповідності з досліджуваним об’єктом, що унеможливлює його вивчення. З іншого боку, врахування в моделі якомога більшої кількості властивостей, ознак, сторін об’єкта призводить до ускладнення процесу дослідження.

Моделювання як метод наукового пізнання виникло в зв’язку з необхідністю вирішення завдань, які з тих чи інших причин не можуть бути вирішені безпосередньо. Вони виникають у випадках, коли об’єкт або недосяжний для дослідника, або він ще не існує і потрібно обрати оптимальний варіант його створення, або дослідження реального об’єкта вимагає багато часу та економічно невигідне тощо. При моделюванні використовується принцип аналогії, ґрунтуючись на якому в процесі наукового дослідження висуваються гіпотези, тобто передбачення, що будуються на невеликій кількості дослідних даних, спостережень, інтуїтивних припущень, перевірка правильності яких здійснюється шляхом експерименту. Таким чином, модель виконує функцію проміжної ланки між дослідником та об’єктом пізнання. Метод моделювання передбачає, що об’єкт вивчається не безпосередньо, а шляхом дослідження іншого об’єкта, який в певному відношенні є аналогом першого. Математичне моделювання як кількісний інструментарій дослідника по суті своїй належить не тільки математиці - воно має самостійне значення і свою історію. Примітно, що один і той же математичний апарат зустрічається в описі різних об'єктів в різних наукових дисциплінах. Тим самим математичне моделювання є міждисциплінарною категорією. Математичні методи, що зарекомендували себе в першу чергу у фізиці й інших природничо-наукових дисциплінах, згодом з розвитком самої математики набули успішного використання і в гуманітарних науках. Економіко-математичне моделювання являє собою наочний приклад плідного вживання математичної ідеї. Під математичним моделюванням розуміється, зазвичай, вивчення явища за допомогою його математичної моделі.

Отже, моделювання з точки зору наукового дослідження – це метод опосередкованого пізнання за допомогою штучних або природних систем, які зберігають певні особливості об’єкта і таким чином, заміщуючи його, дають змогу отримати нове знання про оригінал. У системному аналізі моделі є дуже важливим компонентом дослідження та проектування нових систем. Не менш важливий і прагматичний аспект моделювання, при якому модель розглядається як засіб керування системою, засіб організації практичних дій, спосіб представлення цілей діяльності.

Модель є цільовим відображенням об’єкта-оригінала, що виявляється у множинності моделей одного й того ж об’єкта, тобто для різних цілей або завдань дослідження можна будувати різні моделі, тому ціль або завдання дослідження визначають, які саме ознаки системи мають бути відображені в моделі. Отже, питання про якість такого відображення – адекватність моделі реальності – правомірно вирішувати лише стосовно поставленої мети. Процес дослідження реальних систем, що охоплює побудову моделі, дослідження її властивостей і перенесення одержаних відомостей на реальну систему, називають моделюванням.

Процес математичного моделювання поділяється на 4 етапи.

1. Формування закону, що пов’язує основні об'єкти моделі, що вимагає знання фактів і явищ, що вивчаються, - ця стадія завершується записом в математичних термінах сформульованих якісних уявлень про зв'язки між об'єктами моделі.

2. Дослідження математичних задач, до виникнення яких призводить математична модель. Основне питання цього етапу - розв’язання прямої задачі, тобто отримання через модель вихідних даних описуваного об'єкта, типові математичні задачі тут розглядаються як самостійний об'єкт.

Третій етап пов'язаний з перевіркою узгодження побудованої моделі критерію практики. У випадку, якщо вимагається визначити параметри моделі для забезпечення її узгодження з практикою, - такі задачі називаються зворотними.

Нарешті, останній етап пов'язаний з аналізом моделі і її модернізацією в зв’язку з накопиченням емпіричних даних.

Моделювання - циклічний процес. Це означає, що за першим циклом може піти другий, третій і т.д. При цьому знання про досліджуваний об'єкт розширюються й уточнюються, а вихідна модель поступово удосконалюється. Недоліки, виявлені після першого циклу моделювання, обумовлені малим знанням об'єкта і помилками в побудові моделі, можна виправити в наступних циклах. У методології моделювання закладені великі можливості саморозвитку.

Основна функція моделі – це її використання як засобу пізнання. До конкретизованих (похідних від основної) функцій належать:

• засіб наукового осмислення дійсності;

• засіб спілкування;

• засіб навчання і тренування;

• інструмент прогнозування;

• засіб постановки та проведення експерименту.

Експеримент (від лат. experimentum - «проба», «дослід») – це метод емпіричного дослідження, що базується на активному і цілеспрямованому впливі на об’єкт пізнання шляхом створення контрольованих і керованих штучних умов або використання природних умов, необхідних для виявлення відповідних властивостей і зв’язків. Експеримент як метод наукового дослідження має наступні особливості:

• більш активне, ніж при спостереженні, відношення до об’єкта аж до його зміни і перетворення;

• багатократне відтворення досліджуваного об’єкта за бажанням дослідника;

• можливість виявлення таких властивостей і зв’язків, які не спостерігаються в природних умовах;

• можливість “контролю” за поведінкою об’єкта і перевірка її результатів;

• спрямування експерименту певною гіпотезою, ідеєю, концепцією і використання його для їх перевірки.

Експерименти поділяються на природні та розумові. Природні відповідно поділяються на: натуральні – експерименти, при яких об’єкт дослідження знаходиться в природних умовах, які можна змінювати за бажанням експериментатора; модельні - експерименти, при яких об’єкт дослідження замінюється його моделлю; соціальні, котрі спрямовані на вивчення суспільних явищ. Розумовий (ідеалізований, уявний) експеримент є однією з форм розумової діяльності суб’єкта, у процесі якої в його уяві відтворюється структура реального експерименту, тобто засобами розумового експерименту є розумові моделі (чуттєві образи, образно-знакові моделі, знакові моделі).

Спостереження – це систематичне, цілеспрямоване, активне вивчення об’єкта дослідження, котрий перебуває в природному стані або в умовах наукового експерименту з метою отримання первинних даних як сукупності емпіричних тверджень. Основною проблемою, що виникає при використанні цього методу, є забезпечення об’єктивності та достовірності інформації.

Модель як засіб осмислення дійсності дає можливість впорядкувати та формалізувати початкові уявлення про об’єкт дослідження. У процесі побудови моделі виявляються суттєві взаємозв’язки та залежності, послідовність дій (алгоритм) і необхідні ресурси. Як засіб спілкування модель дає змогу точніше сформулювати основні поняття і стисло описати систему, дозволяє пояснити причиново-наслідкові зв’язки та загальну структуру системи, що досліджується та моделюється. Використання моделей для навчання і тренування сприяє підвищенню ефективності та скороченню тривалості навчання. Імітація різноманітних практичних ситуацій на моделі, особливо проблемних і критичних, інформація про дії попередників підвищує якість освіти. Одним із прикладів застосування моделей є ділові ігри, які використовуються адміністративним персоналом, менеджерами тощо. Для прогнозування використовуються так звані прогностичні моделі, що дають змогу передбачити поведінку системи в майбутньому на основі інформації про її ретроспективу.

Як засіб проведення наукового експерименту модель застосовується в тих випадках, коли проведення реального експерименту неможливе або недоцільне. При використанні моделі в сфері управління системою передбачається, зокрема, імітаційне моделювання для прийняття управлінських рішень, у плануванні, при підготовці персоналу тощо.

Основна проблема при моделюванні систем полягає в тому, що доводиться шукати компроміс між простотою описування та необхідністю врахування численних факторів і характеристик складної системи. Як правило, цю проблему вирішують через ієрархічне представлення системи, тобто система описується не однією моделлю, а кількома чи групою моделей, кожна з яких описує поведінку системи з погляду різних рівнів абстрагування. Для кожного рівня ієрархії існують характерні особливості та змінні, закони та принципи, за допомогою яких описується поведінка системи. Для того щоб таке ієрархічне представлення було ефективним, необхідна якомога більша кількість незалежних моделей для різних рівнів системи, хоча кожна модель має певні зв’язки з іншими.

Процес поділу системи на рівні, що характеризують технологічні, інформаційні, економічні та інші аспекти її функціонування, називають стратифікацією системи, а самі рівні – стратами. На кожній страті в ієрархії структур є власний набір змінних, які дають змогу обмежитися лише дослідженням одного аспекту системи, однієї страти. Незалежність страт дозволяє глибше та детальніше досліджувати системи, хоча припущення про їхню незалежність може призвести до неповного розуміння поведінки системи загалом.

Математичні моделі та методи, що є необхідним елементом сучасної економічної науки, як на мікро-, так і макрорівні, вивчаються в таких її розділах, як математична економіка й економетрика.

*Економетрика* - це розділ економічної науки, що вивчає кількісні закономірності в економіці за допомогою кореляційно-регресійного аналізу і широко застосовується при плануванні та прогнозуванні економічних процесів в умовах ринку.

Математична економіка займається розробкою, аналізом і пошуком рішень математичних моделей економічних процесів, серед яких виділяють макро- і мікроекономічні класи моделей.

Мікроекономічні моделі описують економічні процеси на рівні підприємств і фірм, допомагаючи вирішувати стратегічні й оперативні питання планування й оптимального керування в ринкових умовах. Важливе місце серед мікроекономічних моделей займають оптимізаційні моделі (задачі розподілу ресурсів і фінансування, транспортна задача, максимізація прибутку фірми, оптимальне проектування). Мікрорівневе моделювання системи пов’язане з детальним описом кожного компонента системи, дослідженням її структури, функцій, взаємозв’язків тощо. Практична реалізація найважливішого етапу мікромоделювання – виявлення елементів системи та взаємозв’язків між ними – пов’язана з необхідністю подолання суперечності між бажанням повного дослідження кожної з підсистем та елементів системи, реальною можливістю дослідити при цьому структуру системи загалом і принципи її функціонування.

Макроекономічні моделі вивчають економіку в цілому, спираючись на такі укрупнені показники, як валовий національний продукт, споживання, інвестиції, зайнятість і т.д. При моделюванні ринкової економіки особливе місце в цьому класі займають моделі рівноваги й економічного зростання.

Макрорівневе моделювання полягає в ігноруванні детальної структури системи та вивченні лише загальної поведінки системи як єдиного цілого. Метою тут є побудова моделі системи через дослідження її взаємодії із зовнішнім середовищем (моделі типу “вхід-вихід” або “чорна скриня”). Найпростішою моделлю системи є так звана модель “чорної скрині”, в якій акцент робиться на функціях і поведінці системи, а про її будову є лише опосередкована інформація, що відображається у зв’язках із зовнішнім середовищем. Зв’язки із середовищем, які йдуть у систему (входи), дають можливість впливати на неї, використовувати її як засіб, а зв’язки, що йдуть із системи (виходи), є результатами її функціонування, які або впливають на зміни в середовищі, або споживаються зовні системи. Як “чорна скриня” розглядається об’єкт дослідження, внутрішня структура якого невідома або не береться до уваги. Іноді достатньо змістовного опису входів і виходів системи. З такими моделями людина дуже часто має справу у повсякденному житті: наприклад, для роботи за комп’ютером не обов’язково досконало знати його внутрішню будову. Найчастіше для цього застосовують методи регресійного аналізу, математичної статистики і планування експерименту.

Класифікація моделей здійснюється за різними класифікаційними ознаками: ступінь визначеності, закономірності зміни параметрів моделі, фактор часу, засоби опису та оцінки, природа моделі. За ступенем визначеності моделі класифікуються наступним чином:

• детерміновані моделі, для яких характерним є те, що при певних значеннях вхідних параметрів на виході можна отримати лише один результат;

• стохастичні моделі, в яких змінні, параметри та умови функціонування, стан системи є випадковими величинами та пов’язані стохастичними залежностями;

• невизначені моделі, в яких розподіл ймовірностей певних параметрів може або взагалі не існувати, або ж бути невідомим.

За фактором часу розрізняють статичні та динамічні моделі. У статичні моделі всі параметри та залежності співвіднесено до одного моменту часу, тобто в явному вигляді відсутня залежність від часу. У динамічних моделях значення параметрів явно залежать від часу. Дуже часто динамічна модель отримується як певна послідовність статичних моделей.

За природою моделі можна виокремити два основних класи: предметні та знакові. Предметні моделі поділяються на природні та штучні, а знакові – на мовні (вербальні) та математичні (аналітичні та імітаційні). Безперечно, що за допомогою лише моделі типу “чорна скриня” неможливо вивчити внутрішню структуру системи. Для детальнішого опису систем використовують моделі складу та моделі структури. Модель складу системи відображає, з яких елементів і підсистем складається система, а модель структури застосовується для відображення відношень між елементами та зв’язків між ними.

На перший погляд здається, що описати склад системи – це просте завдання. Однак якщо різним експертам дати завдання побудувати модель складу однієї системи, то їхні результати можуть суттєво відрізнятися. Так, наприклад, Харківська національна академія міського господарства з погляду ректора, головного бухгалтера та начальника служби охорони буде складатись із різних підсистем.

Головна проблема при побудові моделі складу полягає в тому, що поділ цілої системи на частини відносний, залежить від мети дослідження (це стосується також визначення меж системи). Крім цього, відносним є поняття елемента: те, що з одного погляду є елементом, з іншого – може бути підсистемою.

***3.2. Прогнозування як метод наукового дослідження.***

Люди завжди прагнули і прагнуть до зменшення впливу неконтрольованих ними факторів на результати діяльності за рахунок отримання додаткової інформації про те, що їм невідомо взагалі або відомо неточно. Цим, напевно, якісно пояснюється широка поширеність в нашому житті всіляких прогнозів - погоди, стану ринку, економічного розвитку, науково-технічного прогресу і т.д.

В енциклопедичному словнику наводиться таке визначення прогнозу:

«Прогноз (від грецького prognosis - передбачення, пророкування) – це конкретне передбачення, судження про стан якого-небудь явища в майбутньому».

Етапи (стадії) наукового аналізу об’єкта прогнозування наступні:

1. *Ретроспекція -* дослідження історії розвитку об’єкта прогнозування для забезпечення його систематизованого опису:

- визначення джерел прогнозної інформації;

- збирання, зберігання й обробка інформації;

- з'ясування й уточнення кількісних та якісних характеристик об’єкта прогнозування, методів виміру i представлення інформації.

*2. Діагноз -* визначення нинішнього стану об’єкта прогнозування (науковий опис основних характерних ознак):

- аналіз об’єкта прогнозування, що становить основу прогнозної моделі;

- розробка моделі прогнозування;

- вибір адекватного методу прогнозування.

3. *Проспекція -* розробка самого прогнозу (за даними діагнозу складається прогноз розвитку національної економіки):

- верифікація (оцінка достовірності, точності та обґрунтованості прогнозу);

- синтез (систематизація окремих прогнозів);

- оцінка повноти інформації, уточнення;

- коригування прогнозної моделі відповідно до нової інформації, що надходить.

Відомо три групи методів прогнозування, призначених для практичного застосування. Це методи екстраполяції, експертних оцінок і логічного моделювання.

*Методи екстраполяції* пов'язані з аналізом тенденцій розвитку науки, техніки, форм організації праці та виробництва. Дані про історію виникнення і розвитку різних галузей знання, зроблених відкриттях і винаходах, виниклі проблеми і т.п., вивчаються, зіставляються, переводяться на мову чисел, після чого виявлені закономірності відображаються в майбутнє. Тобто екстраполяція - це збирання інформації про розвиток об’єкта у минулому i перенесення закономірностей цього розвитку на майбутнє.

*Методи експертних оцінок*. Необхідна для прогнозування інформація ґрунтується на думках кваліфікованих експертів з тих чи інших питань. Думки формулюються незалежно один від одного, збираються фахівцями і піддаються статистичній обробці. В результаті вимальовується усереднена картина майбутнього, а також можливі її варіанти.

*Методи логічного моделювання* припускають побудову логічних моделей, в яких проводяться аналогії між різними за своєю природою явищами, процесами, узагальнюються дані науково-технічного, економічного і соціального розвитку.

Виділяються пошуковий і нормативний прогнози. Під пошуковим прогнозом розуміється визначення можливих станів об'єкта прогнозування в майбутньому. Прикладом може служити прогноз розвитку можливостей використання різних видів енергії - які нові джерела енергії можуть з'явитися, як будуть використовуватися відомі джерела і т.д. через певну кількість років. Завдання нормативного прогнозу полягає у визначенні шляхів і термінів досягнення бажаних станів прогнозованого об'єкта в майбутньому. Іншими словами нормативний прогноз - передбачення, «мета яких полягає в тому, щоб викликати інтерес і спонукати до дії».