

Лекція №3

Розділ 1. Основні поняття. Технології побудови моделей.

КЛАСИФІКАЦІЯ МОДЕЛЕЙ

Ідеальне моделювання

Ідеальне моделювання поділяють на два основні типи: інтуїтивне та наукове.

Інтуїтивне моделювання – це моделювання, засноване на інтуїтивному (не обґрунтованому з позицій формальної логіки) уявленні про об'єкт дослідження, що не піддається формалізації або не потребує її.

Як найбільш яскравий приклад інтуїтивної моделі навколишнього світу можна вважати життєвий досвід будь-якої людини. До цього типу моделювання можна віднести вміння та знання, накопичені багатовіковим досвідом і передаються від покоління до покоління (наприклад, вміння лікувати хвороби з використанням трав та прийомів народної медицини). Будь-яке емпіричне (тобто отримане з експерименту або в процесі спостереження) знання без пояснення причин і механізмів явища, що спостерігається, також слід вважати інтуїтивним.

Слід підкреслити надзвичайно важливу роль інтуїції, інтуїтивних моделей у науці, без них не обходиться не одне нове знання. Останнє недосяжне лише методами формальної логіки.

Наукове моделювання – це завжди логічно обґрунтоване моделювання, що використовує мінімальну кількість припущень, прийнятих як гіпотези на підставі спостережень за об'єктом моделювання.

Головна відмінність наукового моделювання від інтуїтивного полягає не тільки в умінні виконувати необхідні операції та дії щодо власне моделювання, а й у знанні “внутрішніх” механізмів, які використовуються при цьому. Можна сміливо сказати, що наукове моделювання як знає, як потрібно моделювати, а й знає, чому треба робити.

Слід зауважити, що в основі будь-якого логічного міркування лежать гіпотези або аксіоми, які приймаються на віру і не суперечать досвіду чи експерименту. Тому можна говорити про інтуїтивну першооснову будь-якого наукового знання. У результаті пізнання людина знається на причинах тих чи інших явищ, відсуваючи межі своїх інтуїтивних уявлень про навколишній світ. Враховуючи нескінченність цього процесу, можна припустити, що інтуїтивна першооснова у будь-якого наукового знання буде присутня завжди. Про міру інтуїтивності знання можна судити за кількістю використаних гіпотез та аксіом. У цьому сенсі розподіл моделювання на інтуїтивне та наукове слід визнати відносним.

Знаковим називають моделювання, що використовує як моделі знакові зображення будь-якого виду: схеми, графіки, креслення, ієрогліфи, руни, набори символів, що включає також сукупність законів та правил, за якими можна оперувати з обраними знаковими утвореннями та

елементами. Як приклади таких моделей можна назвати будь-яку мову. Наприклад, мова усного та письмового людського спілкування, алгоритмічна мова, мова хімічних формул, мова живопису та мова нот для запису музики. Моделювання за допомогою математичних співвідношень є прикладом знакового моделювання.

Говорячи про наукове моделювання, слід пояснити зміст таких термінів, як "модель" та "теорія". У сучасній науковій літературі дані поняття трактуються неоднозначно, а межа з-поміж них розмита. У методології науки визнано нині таке трактування:

Модель – Це інструмент, орієнтований насамперед на дослідження поведінки та властивостей конкретного об'єкта з метою управління цим об'єктом або передбачення його властивостей.

Теорія – абстрактніше, ніж модель, засіб, основною метою якого є пояснення поведінки чи властивостей не конкретного об'єкта, а деякого класу об'єктів. Можна сміливо сказати, що теорія містить кінцеву і навіть нескінченну сукупність конкретних моделей.

Наприклад, для опису течії ньютонівської або нелінійно-в'язкої рідини в каналі заданої форми розробляється відповідна модель. При створенні конкретної моделі використовуються закони та рівняння відповідної теорії, в даному випадку – механіки рідин. Можна сміливо сказати, що модель дає відповіді питання: "Яким чином?" і чому?" для конкретного об'єкта, а теорія – для цілого сімейства об'єктів, які мають подібними якостями. Слід, однак, відзначити, що при розробці моделей складних процесів і явищ найчастіше доводиться використовувати поняття та співвідношення кількох теорій, що належать до різних розділів, дисциплін і навіть галузей знань.

Інтуїтивне та наукове (теоретичне) моделювання жодною мірою не можна протиставляти один одному. Вони добре доповнюють один одного, розділяючи сфери свого застосування. Звична буквенно-цифрова (знакова) форма уявлення наукового знання історично склалася як технологія "переділу" готового знання. Створення ж якісно нового знання, народження принципово нових наукових ідей може бути зведено до процесу чистої дедукції, до процесу формально-логічного висновку наслідків із безлічі вже відкритих, готових фактів, гіпотез і теорій, що становлять інформаційну базу даних сучасної науки.

Навіть у абстрактній галузі фундаментальної науки — математики — інтуїція грає визначальну роль.

Отже, інтуїтивне знання є генератором нового знання. Однак далеко не всі припущення та ідеї витримують подальшу перевірку експериментом та методами формальної логіки, властивими науковому підходу, що виступає у вигляді своєрідного фільтра для виділення найбільш цінних знань.

Когнітивні, концептуальні та формальні моделі

Як зазначалося вище, під час спостереження об'єктом-оригіналом у голові дослідника формується певний уявний образ об'єкта, його ідеальна модель, що у наукову літературу прийнято називати когнітивної (думкою, що сприяє пізнанню) моделлю. Формуючи таку модель, дослідник, як правило, прагне відповісти на певні конкретні питання, тому від нескінченно складного пристрою об'єкта відсікається все непотрібне з метою отримання більш компактного і лаконічного опису.

Подання когнітивної моделі природною мовою називається змістовною моделлю.

Когнітивні моделі суб'єктивні, тому що формуються умоглядно ("в голові" дослідника) на основі всіх його попередніх знань та досвіду. Отримати уявлення про когнітивну модель можна лише описавши її у знаковій формі. Не можна стверджувати, що когнітивні та змістовні моделі еквівалентні, оскільки когнітивна модель може містити елементи, які дослідник не може чи не хоче сформулювати. З іншого боку, якщо змістовна модель сформульована кимось іншим або є продуктом колективної творчості, її інтерпретація, рівень розуміння, ступінь довіри можуть істотно змінюватися від людини до людини. У природно – наукових дисциплінах та у техніці змістовну модель часто називають концептуальною чи технічною постановкою проблеми.

За функціональною ознакою та цілями змістовні моделі поділяються на описові, пояснювальні та прогностичні.

Описовою моделлю можна назвати будь-який опис об'єкта.

Пояснювальні моделі дозволяють відповісти питанням, чому щось відбувається. Нарешті, прогностичні моделі мають описувати майбутню поведінку об'єкта. Можна зауважити, що прогностична модель не повинна включати пояснювальну.

Концептуальною моделлю прийнято називати змістовну модель, при формулюванні якої використовуються поняття та уявлення предметних галузей знань, що займаються вивченням об'єкта моделювання.

У ширшому розумінні під концептуальною моделлю розуміють змістовну модель, що базується на певній концепції чи точці зору. Виділяють три види концептуальних моделей: логіко-семантичні, структурно-функціональні та причинно-наслідкові.

Логіко-семантична модель є описом об'єкта в термінах та визначеннях відповідних предметних галузей знань, що включає всі відомі логічно несуперечливі твердження та факти. Аналіз таких моделей здійснюється засобами логіки із залученням знань, накопичених у відповідних предметних галузях.

При побудові структурно-функціональних моделей об'єкт зазвичай сприймається як цілісна система, яку розчленовують окремі елементи чи підсистеми. Частини системи пов'язуються структурними відносинами, що описують підпорядкованість, логічну та

тимчасову послідовність розв'язання окремих завдань. Для представлення подібних моделей зручні різноманітні схеми, карти та діаграми.

Причинно-наслідкові моделі часто використовують для пояснення та прогнозування поведінки об'єкта. Дані моделі орієнтовані переважно на опис динаміки досліджуваних процесів, у своїй час які завжди враховується у вигляді.

Формальна модель є представленням концептуальної моделі за допомогою однієї чи кількох формальних мов (наприклад, мов математичних теорій чи алгоритмічних мов).

У гуманітарних науках процес моделювання зазвичай закінчується створенням концептуальної моделі об'єкта. У природничо-наукових дисциплінах, як правило, вдається побудувати формальну модель. Таким чином, когнітивні, змістовні та формальні моделі складають три взаємопов'язані рівні моделювання.

Перелічені вище різновиди моделей не можна розглядати ізольовано один від одного. "Взаємини" моделей між собою представлені на рис.2.

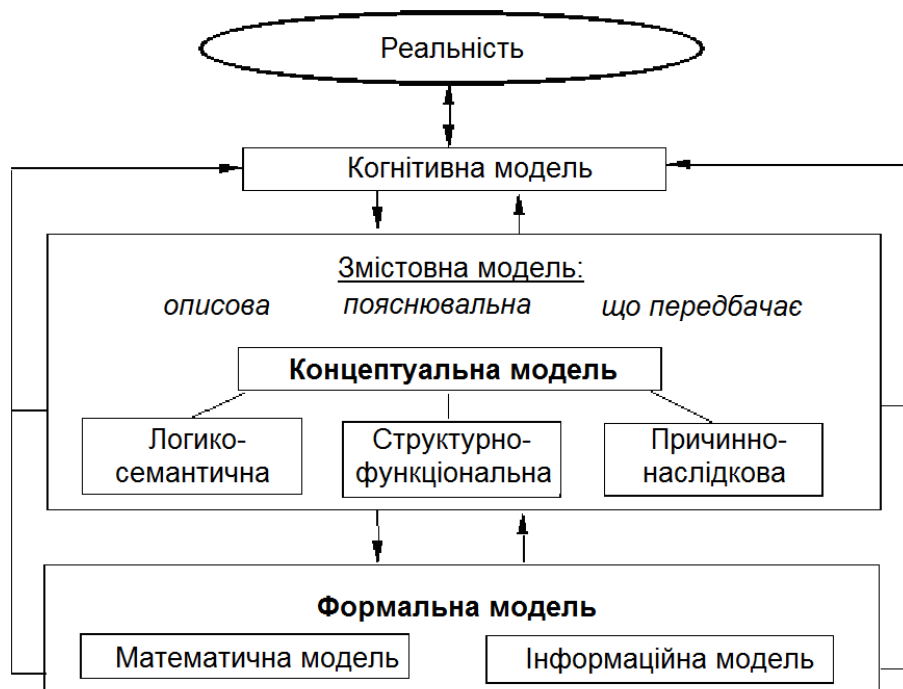


Рис. 2 Взаємозв'язок моделей

Взаємовплив рівнів моделювання друг на друга пов'язані з властивістю потенційності моделей. Створення будь-якої моделі пов'язане з появою нових знань про об'єкт, що досліджується, що призводить до переоцінки та уточнення концепцій і поглядів на об'єкт моделювання. Ця обставина призводить, своєю чергою, до необхідності перегляду відповідних змістовних і когнітивних моделей, реалізуючи спіральний розвиток всіх рівнів моделювання об'єкта, що досліджується.

Слід звернути увагу на той факт, що якщо значення змістовних і формальних моделей для процесу пізнання більш менш зрозуміло, то роль когнітивних моделей часто недооцінюється. Це з суб'єктивністю цих моделей і прихованістю процесу мислення. Однак існують об'єкти та процеси, для яких роль когнітивних моделей особливо велика. Наприклад, оператор чи особа, яка приймає рішення, здійснює управління об'єктом або процесом головним чином на підставі власних когнітивних моделей. Велика роль цього типу моделей й у соціальних науках. В даний час вивченням властивостей і особливостей когнітивних моделей займається нова дисципліна, що швидко розвивається - когнітологія.

Як зазначалося, однією з видів знакового моделювання є математичне моделювання.

Математичне моделювання – Це ідеальне наукове знакове формальне моделювання, при якому опис об'єкта здійснюється мовою математики, а дослідження моделі проводиться з використанням тих чи інших математичних методів.

Як приклад математичного моделювання можна назвати класичну механіку точки І. Ньютона, з допомогою якої можна описати рух будь-якого матеріального об'єкта, розміри якого малі проти характерними відстанями. Фактично всі сучасні розділи фізики присвячені побудові та дослідженню математичних моделей різних фізичних об'єктів та явищ. Так, фізики-"ядерники" до проведення експериментальних досліджень виконують серйозні дослідження із застосуванням математичних моделей. При цьому на підставі результатів теоретичного моделювання розробляється та уточнюється методика натурних експериментів, з'ясовується, які ефекти, де і коли слід очікувати, коли та що реєструвати. Такий підхід дозволяє значно зменшити витрати на проведення експерименту, підвищити його ефективність. Аналогічні зауваження можна зробити про інші сучасні дисципліни.

Як правило, значні успіхи в біології та хімії останнім часом були пов'язані з розробкою та дослідженням математичних моделей для біологічних систем та хімічних процесів. В даний час широким фронтом йдуть роботи зі створення математичних моделей в екології, економіці та соціології. Не можна переоцінити використання математичних моделей у медицині та промисловості. З'явилася можливість на науковій (тобто логічно обґрунтованій) основі підходити до багатьох екологічних та медичних проблем: імплантації та заміни різних органів, прогнозування розвитку епідемій, обґрунтованої розробки планів ліквідації наслідків великих аварій та катастроф. Дуже часто методи математичного моделювання єдино можливі. Наприклад, всебічне математичне моделювання та "програвання" різних варіантів на ЕОМ дозволило у найкоротші терміни (1-2 тижні) обґрунтовано спланувати та розпочати реалізацію плану ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи. Унікальні результати були отримані за проектом "Гея", пов'язаним з математичним моделюванням наслідків ядерної війни. Було з'ясовано, що в результаті сильного запилення атмосфери можливе значне глобальне

похолодання (ядерна зима) і пов'язане з цим вимирання практично всього живого. Подібних прикладів ефективного використання математичних моделей можна наводити дуже багато. В даний час це один з результативних та найбільш часто застосовуваних методів наукового дослідження.

Наведене вище визначення математичного моделювання не можна вважати єдиним можливим. Враховуючи, що сама математика підрозділяється (звісно, з більшою мірою умовності) на “чисту” та “прикладну”, можна навести кілька варіантів такого визначення.

Приклад визначення математичної моделі, характерного для “чистої” математики, можна знайти у відомому довіднику Т.Корн та Г.Корн, де під математичною моделлю розуміється “клас абстрактних та символічних математичних об'єктів, таких, як числа чи вектори, та відносини між ними”. Під математичним ставленням розуміється “гіпотетичне правило, що пов'язує два або більше символічних об'єктів”. Вводиться абстрактне та конструктивне визначення математичної моделі. При абстрактному визначенні нова модель задається “несуперечливим набором правил (що визначають аксіом), що вводять операції, якими можна користуватися, та встановлюють спільні відносини між їхніми результатами. Конструктивне визначення вводить нову математичну модель, користуючись вже відомими математичними поняттями (наприклад, визначення додавання та множення матриць у термінах додавання та множення чисел)”.

З одного боку, недоліком наведеного визначення “чистих” математиків вважатимуться зайвий формалізм, оперування абстрактними поняттями. З іншого боку, абстрактність понять підвищує спільність визначення моделі, робить його застосовним до моделей різних за природою, не схожих один на одного об'єктів і явищ. Крім того, безперечною перевагою цього визначення є його суворість та логічність. Для “прикладних” математиків характерна менша відірваність від реального життя, коли математичні співвідношення пов'язують не просто абстрактні математичні об'єкти, а певні параметри реальних фізичних, хімічних, біологічних чи соціальних явищ чи процесів. Бажано мати визначення математичної моделі, що зберігає строгість і логічність визначення “чистої” математики і, водночас, придатне для класифікації існуючих та створюваних моделей, порівняння їх між собою. Варіант такого визначення можна сформулювати з таких міркувань.

Будь-яка математична модель, призначена для наукових досліджень, дозволяє за заданими вихідними даними визначити значення дослідника, що цікавлять параметрів модельованого об'єкта або явища. Тому можна припустити, що суть будь-якої подібної моделі полягає у відображенні деякої заданої множини Ω_x значень “вхідних” параметрів X на множину значень Ω_y “вихідних” параметрів Y . Дана обставина дозволяє розглядати математичну модель як деякий математичний оператор A та сформулювати наступне визначення.

Під математичною моделлю розумітимемо будь-який оператор A , що дозволяє за відповідними значеннями вхідних параметрів X встановити вихідні значення параметрів Y об'єкта моделювання:

$$A: X \rightarrow Y, X \in \Omega_x, Y \in \Omega_y,$$

де Ω_x та Ω_y - безліч допустимих значень вхідних і вихідних параметрів для об'єкта, що моделюється. Залежно від природи об'єкта, що моделюється, елементами множин Ω_x і Ω_y можуть бути будь-які математичні об'єкти (числа, вектори, тензори, функції, множини тощо).

Поняття оператора у наведеному визначенні може трактуватись досить широко. Це може бути як деяка функція, що зв'язує вхідні та вихідні значення, так і відображення, що представляє символічний запис алгебраїчних, диференціальних, інтегро-диференціальних або інтегральних рівнянь. Зрештою, це може бути деякий алгоритм, сукупність правил або таблиць, що забезпечують визначення вихідних параметрів за вихідними значеннями.

Визначення математичної моделі через поняття оператора є конструктивнішим з погляду побудови класифікації таких моделей. З іншого боку, подібне визначення включає все різноманіття математичних моделей, що є в даний час.

З розвитком обчислювальної техніки широкого поширення набули інформаційні моделі, що представляють по суті автоматизовані довідники, реалізовані за допомогою систем управління базами даних. Отримуючи на вході деякий запит на пошук необхідної інформації, подібні моделі дозволяють знайти всю наявну в базі даних інформацію з питання, що цікавить. Однак дані моделі не можуть генерувати нове знання, яке відсутнє в базі даних. Можна сміливо сказати, що це моделі з нульовим потенціалом. Так як як вхідні або вихідні параметри моделей можуть виступати математичні об'єкти, а саму процедуру пошуку даних можна представити у вигляді деякого оператора, то інформаційні моделі можна вважати специфічним різновидом математичних моделей. У цьому посібнику інформаційні моделі та особливості їх побудови не розглядатимуться.