

Глава 1.

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

На шляху розвитку цивілізації виділяють такі етапи:

- механізація;
- автоматизація;
- інформатизація.

Кожному з цих етапів відповідала мета.

Метою механізації була розробка механізмів, які б замінили важку працю людини. Тобто замість людини мусив працювати механізм або машина.

Метою автоматизації було підвищення ефективності роботи машин та механізмів, звільнення людини від ролі постійного наглядача та керування їх функціонуванням.

Важливішою метою інформатизації є підвищення ефективності навчання. Зрозуміло, що з розвитком цивілізації зростає обсяг знань та умінь, які накопичують покоління. Для їх засвоєння потрібно все більше часу, а на подальший розвиток знань часу не залишається. Єдиним виходом із цього є підвищення ефективності, а отже, і обмеження часу на оволодіння знаннями.

Кожний наступний крок у науці потребує обробки інформації, отриманої в минулому, тобто потребує отримання необхідних і індивідуальних знань. Ці затрати зростають відповідно до зростання знань, накопичених людьми. Зрозуміло, що процес навчання та засвоєння вдосконалюється повільніше, ніж накопичуються знання.

Але кожне наступне покоління науковців мусить знати більше, ніж попереднє. Запас фізіологічних можливостей людини залишається незмінним. Тому все менше і менше залишається можливостей для руху вперед. Зростаючий

обсяг інформації, якщо не знайти нові засоби її обробки, призведе до безглуздя накопичення нових знань. Людина не в змозі буде їх використати.

Будь-яке знання, у тому числі й абстрактно-математичне, є відображенням реальності. Людина, крім цієї реальності, у своєму мозку нічого відобразити не може.

Сучасними зусиллями математиків та фізиків було створено досконале знання – сучасна система моделей фізики. Це утворення не просто сукупності моделей, а саме система. Сучасна фізика – це логічно зв'язана система математичних моделей. Але система моделей утворена поки що тільки у фізиці.

Моделюванням систем займається практично кожний з фахівців, хто має можливість та бажання планувати свою діяльність.

Для спеціальності “Інтелектуальні системи прийняття рішень” не висуваються будь-які обмеження за типом чи сферою діяльності, у якій потрібно буде приймати рішення майбутнім спеціалістам. Вважається, що спеціальність майбутнього фахівця полягає в умінні та ефективній адаптації до будь-якої проблемної галузі. Це стосується і соціально-економічної сфери, на яку спрямована діяльність Миколаївської філії Національного університету «Києво-Могилянська академія» шляхом навчання та формування кадрового потенціалу Причорноморського регіону.

Різноманіття та обсяг соціальних, політичних, економічних, екологічних та технічних систем обумовлює залучення перш за все математичних моделей саме для їх моделювання на ЕОМ. Мета моделювання визначає характеристики математичної моделі. Крім того, потреби життєдіяльності в умовах ринкової економіки обумовлюють також постійні зміни завдань, які вирішуються. Очевидна потреба у формуванні спектра математичного опису сучасних систем як головного компонента дослідження об'єкта шляхом моделювання.

Процес формування математичної моделі сучасної системи може укладатися в обмежений час лише за умови використання математичних моделей типових елементів. Подальше автоматизоване об'єднання їх у цілісну модель системи здійснюється шляхом використання теорії формування математичного опису структури системи.

Тобто завданням курсу “Моделювання систем” є засвоєння основ теорії формування математичного опису систем з динамічною структурою. Центральне місце у курсі відводиться структурі, фундаментальному поняттю, яке характеризує будь-яку систему.

Матеріал курсу викладається у формі, зорієнтованій на обговорення проблем, якими автор займався та займається особисто, починаючи з 1973 року. Обговорюється все те конкретне, що доводилося робити при проведенні наукових досліджень на математичних моделях технічних систем, використовуючи ЕОМ як експериментальну установку. Тільки на конкретному і добре знайомому матеріалі можливо більш чи менш ґрунтовно обговорювати тенденції розвитку наукової дисципліни.

Як приклад з соціально-економічної галузі розглядаються особливості формування математичної моделі системи університетської освіти, тобто її навчального плану. Вибір об'єкта дослідження та математичного опису системи університетської освіти не випадковий. При цьому вагомими критеріями виступають як практична, а не лише академічна, значимість цього прикладу, так і безпосередня зацікавленість студентів у знайомстві та розумінні цієї системи, в якій вони навчаються. Особливе значення має і той факт, що увага сконцентрована саме на побудові матричного опису без необхідності відволікатися на залучення інших чисельних методів. Запропонований приклад спрямований на розвиток абстрактного мислення, на роботу зі значними масивами даних, множинами, на здобуття практичних навичок та вмінь з формування матричної моделі як основи програмного продукту – інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень у близькій для них під час навчання галузі.

1.1. Моделі та моделювання

Для того, щоб використовувати математичні моделі для аналізу процесів, необхідний математичний опис цього процесу, тобто його опис на мові математики. Такий математичний опис також називають математичною моделлю. Будь-яка модель – це деяка абстракція, ланка у ланцюзі пізнання, – від досвіду до абстракції, до розуміння відкритих явищ і знову до практики, до використання отриманих знань.

Процес моделювання включає такі етапи, як утворення моделі, програмування, проведення експериментів з моделями, обробка та інтерпретація результатів моделювання.

У галузі природничих наук найбільш розповсюдженим є фізичне та математичне моделювання.

Процес фізичного моделювання передбачає дослідження систем шляхом аналізу макета, що зберігає фізичну природу системи.

Математичне моделювання засноване на тому, що різні досліджувані явища можуть мати однаковий математичний опис.

Математична модель концентрує в собі записану у вигляді математичних співвідношень сукупність наших знань, уявлень та гіпотез про об'єкти чи явища.

Моделі будують з метою проведення дослідження поведінки. Ускладнення досліджуваних об'єктів ускладнює використання для цього математичних методів. Тому здійснюють перехід до машинної реалізації математичних моделей.

Аналогове моделювання засноване на тому, що сформовані рівняння досліджуються за допомогою спеціальних електричних схем. Досліджувані характеристики для аналізованої системи отримуються шляхом вимірювання на аналоговій моделі відповідних електричних змінних. Переробка інформації в аналогових моделях носить паралельний характер та здійснюється у вигляді електричного процесу, що відбувається у зібраній схемі.

Цифрові моделі здійснюються на ЕОМ і являють собою алгоритми переробки вхідного потоку інформації у вихідний.

Однією з форм діяльності людини є моделювання, тобто побудова, використання та удосконалення моделей. Необхідно зрозуміти універсальність законів природи, всезагальність моделювання, тобто не просто можливість, але і необхідність представлення будь-яких наших знань у вигляді моделей. Модель – це спосіб існування знань.

В англійській мові до цих пір у поняття “наука” не входять галузі знань, яким в українській мові відповідає термін “гуманітарні науки”, – вони віднесені до категорії “мистецтво”. Тому термін “модель” досить довго відносили тільки до матеріальних об'єктів, наприклад, манекен, моделі суден, літаків, чучела та інші.

Будь-який процес праці є діяльністю, направленою на досягнення визначеної мети. Важливим, організуючим елементом цілеспрямованої діяльності є мета – образ бажаного майбутнього, тобто модель стану, на досягнення якого і спрямована діяльність. Системність діяльності проявляється в тому, що вона здійснюється по визначеному плану чи по визначеному алгоритму. Відповідно, алгоритм – образ майбутньої діяльності, її модель.

Як правило, людина мусить оцінювати результат минулих дій та вибирати наступний крок із числа можливих. Відбувається порівняння наслідків усіх можливих кроків, тобто не виконувати їх дійсно, а “грати” їх на моделі.

Саме тому моделювання є обов'язковим кроком у будь-якій цілеспрямованій діяльності і являє собою не частину, а аспект цієї діяльності. Сама мета вже є моделлю бажаного стану. Також алгоритм діяльності є моделлю цієї діяльності, котру ще належить реалізувати.

Таким чином, модель не є якимось відображенням, а є цільовим відображенням.

Пізнавальні моделі є формою організації і представлення знань, засобом поєднання нових знань з існуючими.

Прагматичні моделі є засобом керування, засобом організації практичних дій, тобто є робочим представленням цілей (мети).

Пізнавальні моделі відображають існуючі, а прагматичні моделі – не існуючі, але бажані і (можливо) здійснюючі.

Існують різні класифікації видів моделювання систем. Так, на рис. 1.1 зображена класифікація по [1, с. 5].

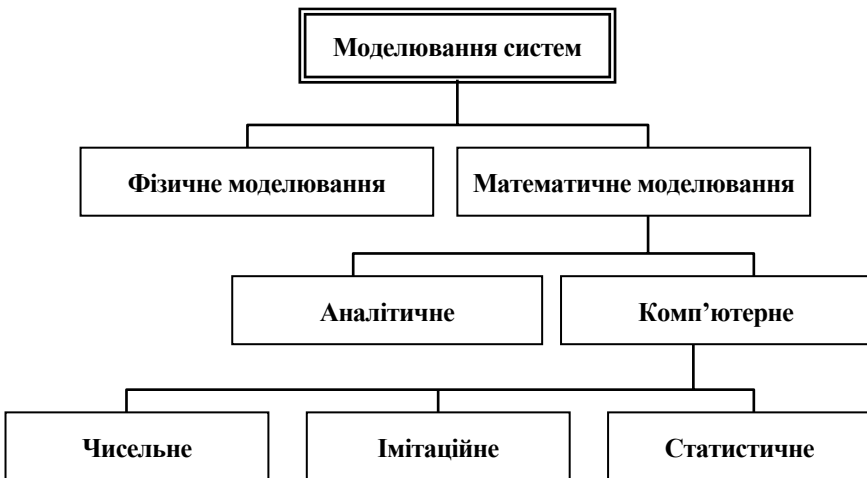


Рис. 1.1

Для аналітичного моделювання характерно те, що процеси функціонування елементів системи описуються у вигляді математичних рівнянь, а структура системи – у вигляді топологічних матриць. Таким чином, утворюється багаторівнева форма математичного опису: топологічні матриці, алгебраїчні та

інтегро-диференційні рівняння, логічні висловлювання та операції відношення.

Аналітична модель може досліджуватися методами:

- 1) аналітичним, коли розв'язують рівняння у явному вигляді відносно характеристик, які шукають;
- 2) чисельним;
- 3) якісним, коли можливо лише знайти деякі властивості рішення.

Для комп'ютерного моделювання притаманна реалізація математичного опису систем у вигляді програми для ЕОМ. Виокремлюють три види комп'ютерного моделювання:

Чисельне моделювання – коли використовують чисельні методи для розрахунків за математичним описом систем при заданих параметрах та початкових умовах.

Імітаційне моделювання – коли на ЕОМ імітується процес функціонування системи.

Статистичне моделювання – коли на ЕОМ отримують статистичні дані про процеси, що відбуваються у системі, яку моделюємо.

Досвід використання імітаційного моделювання в США [2] показує, що витрати часу на розробку навіть найпростішої моделі досягають, як правило, 5-6 людино-місяців і оцінюються в 30 тис. USD. Середня вартість розробки імітаційних моделей становить 100 тис. USD, а відповідний час – не менш як 6-12 місяців. Вартість складних імітаційних моделей досягає 5 млн. USD.

Імітаційне моделювання для розв'язання складних задач доцільно застосовувати за наступних умов [3, с. 14-15]:

- 1) відсутність аналітичних методів розв'язання задач;
- 2) існує повна впевненість в успішному створенні імітаційної моделі, яка адекватно описує досліджувану систему, наявність необхідної інформації;
- 3) коли при побудові імітаційної моделі її застосовують для попереднього дослідження систем, усвідомлення власних знань про процеси та режими функціонування.

Імітаційна модель – це комплексна математична і алгоритмічна модель системи, що досліджується.

Слово “імітація” походить від англійського “imitate” – наслідувати, або копіювати, а слово “моделювання” походить від французького “modeler” –

ліпити (копію), тобто фактично означає копіювати. Отже, словосполучення “імітаційне моделювання” – тавтологія (копіювальне копіювання). Тому в науковій літературі дедалі частіше як синонім терміна “моделювання” вживається термін “симуляція” [4].

Класифікація мов для програмування моделей систем наведена на рис. 1.2 за [5, с. 143]. Зазначимо, що нині використовується понад 500 мов моделювання [3, с. 21]. Їх прийнято поділяти на такі групи:

1. Мови моделювання неперервних процесів: DYNAMO, 360/SYSTEM, CSMP і таке інше.
2. Мови моделювання неперервно-дискретних процесів: НЕДІС, DISLIN і таке інше.
3. Мови моделювання дискретних процесів: GPSS, GPSS/PC і таке інше.

Для моделювання дискретних процесів, характерних систем організаційного управління, створено мови, що зорієнтовані на дії (CSL, ESP), події (SIMSCRIPT, SIMCOM, SIMPAK, GASP – базовою мовою програмування є FORTRAN), процеси (SIMULA, SOL, ASPOL, SIMULA-67 – базовою мовою програмування є АЛГОЛ), потоки повідомлень – транзакти (GPSS V, GPSS/PC, CSS, BOSS – вимагають власних мовних засобів), потоки вимог – активатори (SIMDIS, SMPL – базова мова програмування PL/1), агрегати (AIC, SAPAS – мають свої мовні засоби).

Існуючі мови імітаційного моделювання можна поділити на 3 групи, які відповідають 3 типам математичних моделей систем: безперервних, дискретних, комбінованих. У мовах імітаційного моделювання, призначених для моделювання безперервних систем, рух системного часу здійснюється з фіксованими кроками у часі, а моделювання зводиться до розв’язання систем диференціальних рівнянь, або рівнянь у скінчених різницях (мови MIMIC, DINAMO).

Мови моделювання дискретних та комбінованих систем здійснюють рух системного часу змінним кроком від однієї події до іншої. При цьому, в залежності від керуючого алгоритму, їх можна поділити на такі групи:

- Мови, які орієнтовані на пошук найближчої події і обробку її впливу на систему з визначенням моментів наступних подій, викликаних цією подією (мови SIMSCRIPT, GASP).
- Мови, орієнтовані на процеси, що є сукупністю подій, між якими є спеціальні відношення (використовуються для моделювання систем, у яких триває велика кількість паралельних процесів) (SIMULA, SOL).

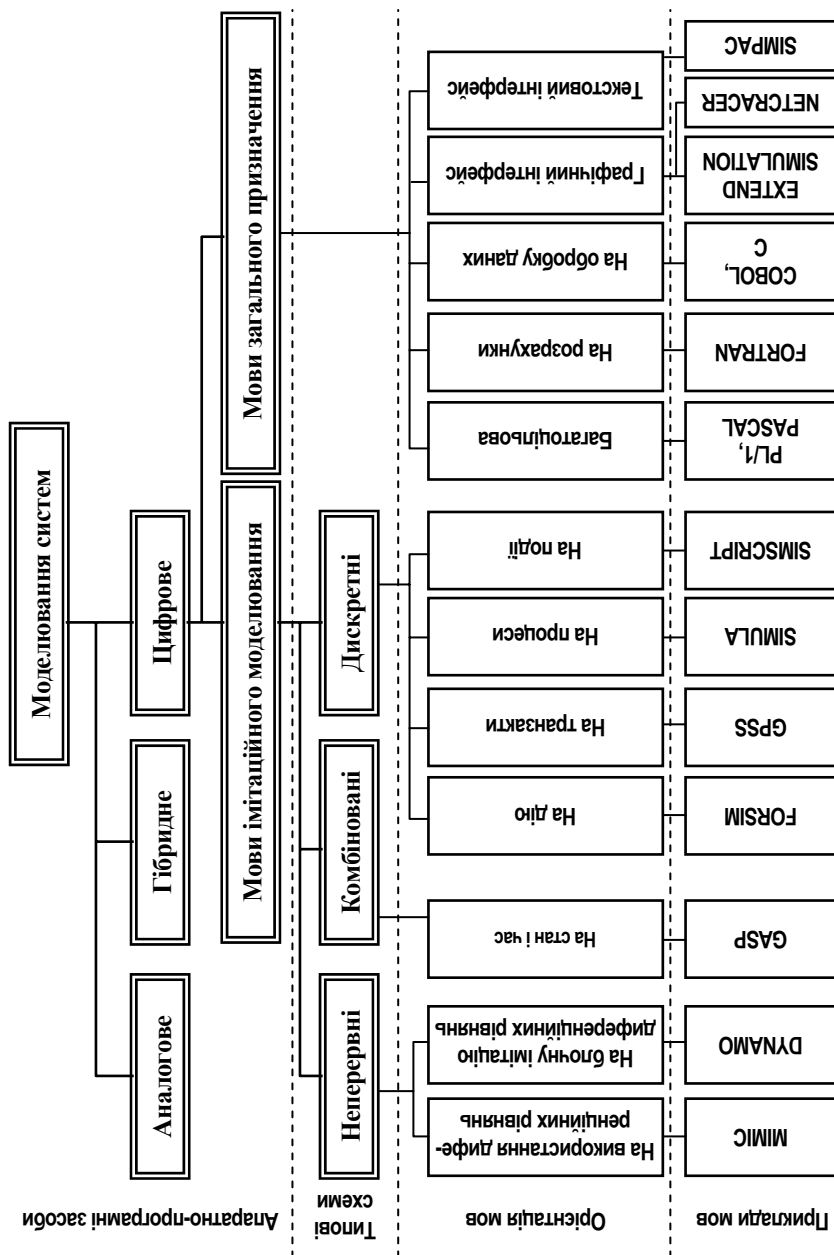


Рис. 1.2

- Мови імітаційного моделювання, орієнтовані на перегляд дій, з метою перевірки використання умов їх початку або закінчення (FORSIM, CSL).
- Мови імітаційного моделювання, орієнтовані на моделювання руху динамічних змінних – транзактів, які є замовленнями на подію (використовуються для моделювання систем із складною структурою, яку можна подати у вигляді схеми). Прикладом транзактних мов є GPSS, BOSS.

Крім того, використовуються програмні мови загального значення C, PASCAL, FORTRAN.

Останнім часом найбільш поширеним стає використання пакетів прикладних програм моделювання (ППМ), які побудовані за модульним принципом, охоплюють широку предметну область моделювання і мають спеціалізовані засоби системного забезпечення з використанням візуальних компонентів і різноманітного сервіса.

До найбільш відомих ППМ відносяться такі пакети, як EXTEND SIMULATION, Net Cracer (розробка фірм Imagin That Inc), і пакет SIMPAC (розробка MBTU ім. Баумана). Пакети EXTEND SIMULATION та Net Cracer реалізують транзактний підхід та написані на мові C. Вони мають графічний інтерфейс, великі бібліотеки візуальних компонентів. Пакет Extend Simulation має широку область використання: системи масового обслуговування, виробництво, бізнес, інформаційні мережі. Операційне середовище – Windows, Macintosh.

Пакет Net Cracer призначається для моделювання інформаційно-обчислювальних мереж. Операційне середовище – Windows, Macintosh.

Пакет SIMPAC має значно менші можливості, текстовий інтерфейс. Написаний на мові PASCAL, призначений для моделювання систем масового обслуговування, обчислювальних мереж. Операційне середовище – DOS, Windows.

1.2. Системи

Термін “система” виник у науковій літературі давно і є фактично тим же невизначеним, як “множина” або “сукупність”.

В наукових дослідженнях та технічних розробках, на виробництві, у соціальній сфері постійно використовуються поняття, які пов’язані з сукупностями об’єктів. Такі об’єкти прийнято називати складними системами. Їх особливість визначається тим, що це багатолічильні та різні за типами зв’язку між

окремими істотними елементами системи. Також з'являються нові функції та призначення у системі, які відсутні у складових її частинах.

Центральною концепцією теорії систем, кібернетики, системного підходу, усієї системології є поняття, визначення системи. Поняття чи визначення – мовна модель системи. Тому існує різноманіття цілей та вимог до моделі призвело до існування різноманіття визначень системи [7-9].

В інженерній діяльності момент постановки цілей (формулювання технічного завдання) – один з найважливіших етапів утворення систем.

Фахівці розуміють складність цього етапу та суцільно формально тлумачать його результати лише тоді, коли настає юридична відповідальність за невдачу. Тому частіше цілі уточнюються ітеративно, з багаторазовими змінами та доповненнями. Яскравим прикладом є процес формування навчальних планів на факультетах університету.

Проблемність існуючого стану визначається у декілька етапів: від почуття, що “щось не так”, до порозуміння, *потреби* до змін, потім до формування *проблеми* та, нарешті, до постановки *цілі (мети)*. Мета – це суб'єктивний зірець, чи абстрактна модель, неіснуючого, але бажаного стану середовища, яке вирішило б проблему, що виникла.

Саме тому *система є засобом досягнення мети*. Цільове призначення системи – її головна властивість.

Можна сформулювати ще і таке визначення: *система – це тінь цілі (мети) на середовищі*.

Для більш визначеної та точної характеристики конструкції системи слід розвивати її модель, перетворюючи існуючі відомості так, щоб сформулювати більш зручну форму моделі, додаючи у модель, у міру потреби, додаткові знання.

Існуюча практика виділяє такі моделі системи:

1. “Чорний ящик”.
2. Модель складу системи.
3. Модель структури системи.
4. “Білий ящик”, чи структурна схема системи.

Назва “чорний ящик” виразно підкреслює повну відсутність знань про внутрішні складові “ящика”. В цій моделі задаються тільки вихідні та вхідні зв'язки системи з середовищем.

Модель “чорного ящика” буває не тільки дуже корисною, але іноді є унікальною моделлю для дослідження систем.

При вивченні будь-якої системи перш за все виявляється те, що її цілісність та відокремленість існують як зовнішні якості, властивості. Внутрішні властивості “ящика” виявляються неоднорідними, що дозволяє розрізнити деякі складові самої системи. Ті складові системи, які виступають як цілісні, будемо називати елементами. Складові системи, які містять більш ніж один елемент, будемо називати підсистемами. Можна ввести термін, який визначає ієрархію складових, тому як результат отримуємо модель складу системи, яка описує, з яких підсистем та елементів вона складається. Головною проблемою у побудові моделі складу системи є те, що розподіл цілісної системи на складові являється відносним, залежним від цілей моделювання.

Модель структури системи відображає зв'язки між компонентами моделі її складу, тобто сукупність зв'язаних між собою моделей “чорного ящика” для кожної з частин системи. Тому труднощі побудови моделі структури такі ж, як і при побудові моделі “чорного ящика”.

Сукупність необхідних та достатніх для досягнення цілі відношень між елементами називають *структурою системи*.

Перелік зв'язків між елементами, тобто структура системи, являється абстрактною моделлю: встановлені тільки відношення між елементами, але не встановлені самі елементи. На практиці говорити про зв'язки можна лише після того, як окремо розглянуті самі елементи, тобто розглянута модель складу системи. Теоретично модель структури системи можна досліджувати окремо.

Використовуючи поняття “відношення” та “властивості”, слід пам'ятати, що у відношеннях беруть участь не менше двох об'єктів, а властивості торкаються одного об'єкта.

Ця принципова різниця відображається і при їх математичному описі.

Можливо сформулювати ще і таке визначення: система є сукупність взаємозв'язаних елементів, яка відособлена від середовища і взаємодіє з нею як одне ціле.

Зрозуміло, що це визначення охоплює моделі “чорного ящика”, склад та структуру. Разом вони утворюють ще одну модель, яку будемо називати структурною схемою системи, чи “білим ящиком”. У структурній схемі вказують всі елементи системи, всі зв'язки між елементами всередині системи та зв'язки окремих елементів з навколишнім середовищем (входи та виходи системи).

Усі структурні схеми мають щось загальне, і це наштовхнуло математиків на те, щоб розглядати їх як особливий об'єкт математичних досліджень. Для цього потрібно абстрагуватися від змістовного погляду структурної схеми, залишивши лише у моделі, що аналізується, тільки загальне для кожної схеми. Як результат отримали схему, в якій визначається тільки наявність елементів та зв'язків між ними, а також, при потребі, різниця між елементами та між зв'язками. Така схема має назву “граф”.

Для дослідження систем за допомогою графів була побудована цікава теорія, яка має багато аплікацій. Різноманітність задач цієї теорії пов'язана з можливістю дослідження різних відносин на графах – ваги, ранги, кольори та інше. У зв'язку з тим, що множини вершин та ребер формально можливо поміняти місцями, отримуємо два різних представлення системи у вигляді *вершинного* або у вигляді *реберного* графа.

Графи можуть відображати будь-які структури. Окремі типи структури мають особливості, тому на практиці їх відокремлюють. Так, розрізняють лінійні, древовидні (ієрархічні) та матричні структури. У технічних системах частіше зустрічаються мережеві структури. Особливе місце у теорії систем займають структури зі зворотними зв'язками, які відповідають кільцевим шляхам в орієнтованих графах.

Системи, в яких відбуваються будь-які зміни з часом, мають назву *динамічних систем*, а моделі, що відображають ці зміни, називаються *динамічними моделями систем*.

Відокремлюють два типи динаміки систем: її функціонування та розвиток.

Процеси, які відбуваються у системі та навколишньому середовищі, що стабільно реалізують фіксовані цілі (функціонувати можуть, наприклад, годинники, канцелярія, верстати та інше), називаються *функціонуванням*.

Розвитком називають те, що відбувається у системі при зміні її цілей. Характерною рисою розвитку є той факт, що існуюча структура перестає відповідати новій меті. Для забезпечення нової функції відбувається зміна структури, а іноді й складу системи, потрібно перебудовувати таку систему. Тобто завданням більш високого рівня є побудова потрібної системи та керування нею. Провідною операцією при цьому є прийняття рішення, тобто формалізований або неформалізований вибір, що дозволяє досягти фіксованої часткової мети або просунути в її напрямку.

Слід окремо підкреслити, що утворення принципово нової моделі носить характер відкриття [6].

Досить традиційним виступає питання про те, хто повинен утворювати моделі. Фахівцю у конкретній практичній галузі частіш за все не вистачає математичних знань, відомостей та досвіду у моделюванні, для складних систем – знань системного аналізу. В свою чергу, математику важко орієнтувати у конкретній проблемній галузі. Їх сумісна праця над утворенням моделі буде мати сенс лише за умови повного розуміння один одного.

Досить часто використовують такі загальні типи моделей:

- вербальні – словесні, описуючі;
- природні – макети, фізичні моделі, масштабні моделі, моделі окремих властивостей об'єкта;
- знакові – хімічні та ядерні формули, графіки, схеми, креслення, топографічні карти, математичні.

Математична модель, як найважливіша, дає опис процесів, опис стану, зміни системи на мові алгоритмічних дій з математичними формулами та на мові логічних дій. Цілком зрозуміло, що неможливо дати досить строге та повне визначення, опис математичної моделі.

Використання математичної моделі обумовлює процес поповнення моделі конкретною інформацією, тобто перетворення загальної моделі у конкретну. Цей процес виділяють в окрему, орієнтовану на ЕОМ, галузь знань, яку називають організацією банків (баз) даних (знань).

Як правило, *даними* звичайно називають числовий або словесний матеріал, який окремо не несе смислового навантаження. В той же час *знаннями* називають смисловий матеріал типу програмних засобів, методик, опису математичних моделей. Саме тому *базою* частіше називають безпосереднє збереження даних або знань, а *банком* – збереження разом із вказівками засобів та форм виклику інформації, а також сукупність обслуговуючих первинних операцій по первинній обробці інформації.

Моделювання процесів з багаторазовим відслідкуванням характеру їх протікання за різних умов, частіше називають *імітаційним моделюванням*. При вдалій організації активності дослідника, впровадження діалогового режиму використання ЕОМ, імітаційне моделювання суттєво підвищує ефективність вивчення системи, тобто є науковою основою організації сучасного навчального процесу. Роль дослідника у процесі навчання активно відіграє

студент, а вивчення об'єкта відбувається шляхом вивчення поведінки його моделі.

Цікаво, що відсутність широкого спектра моделей у соціально-економічній сфері підводить студента до етапу формування саме їм відповідної моделі. Досліджуючи поведінку цієї моделі та передбачаючи очікуваний результат моделювання, студент, поки не доведе свої знання до рівня адекватності об'єкта, що вивчається, не в змозі обманути ЕОМ (тобто отримати бажаний результат). Це і є найефективніший спосіб розвитку власних знань та вмінь. Це і є природне об'єднання процесів наукового дослідження і навчання. Саме імітаційне моделювання і є основою процесу творчості. Процес творіння в собі містить і дослідження, і навчання. Більш того, використання понять “дослідження” і “навчання” носить умовний характер. Змістовний характер, на нашу думку, носить процес творіння, який має суб'єктивний зміст для кожної особи. Отримання, здобуття нового знання і є науковий процес і навчальний процес водночас.

Будь-яке знання для особистості є власним відкриттям, а процес отримання чи здобуття знань і є єдиний і нерозривний процес творіння, який, як звичайна монета, має дві сторони. Їх неможливо відділити, тому що вже не буде тієї монети, а будуть якісь окремі складові. Тобто не буде єдиної системи знань, що суперечить природній суті явища – творчості.

Системний аналіз виникає з потреби рішення багатомасштабних задач. Він дає загальний підхід, у підґрунті якого закладено розчленування та структурування. При цьому важливою задачею є вибір цілей та формування критерія оцінки. При цьому виникає проблема збереження та обробки величезного обсягу інформації. Тому широке розповсюдження отримали системи обробки інформації, які засновані на ідеях штучного інтелекту, в тому числі й системи представлення знань. Якщо на лекціях та з допомогою підручника студенту надається деяка інформація, то така інформація відповідає базам даних.

Все ж таки основна мета навчання – не запам'ятовування окремих фактів, а вміння їх використовувати, тобто засвоєння системи знань, яке відбувається на практичних заняттях. Програмні системи, які здатні отримати від людини знання, накопичувати їх та вживати при розв'язанні задач, отримали назву *бази знань*.

Аналіз статистичних даних про кількість професійних та непрофесійних програмістів, які займаються програмними системами, свідчить, що у 60-х

роках програмуванням займалися виключно професіонали. З початку 80-х років кількість професіоналів і непрофесіоналів зрівнялась та складає близько 3-4 млн. чоловік. Якщо в галузі програмування не відбудеться докорінних змін, то до кінця 2010 року майже все населення планети буде змушене займатися програмуванням. Саме тому докладаються величезні зусилля на розвиток діалогових програмних систем, виконуючих інтелектуальний інтерфейс ЕОМ з людьми.

Штучний інтелект – це об'єднання людини з системою моделей, яка імітує реальність. Мова йде про імітаційну систему замість людської імітації. Штучний інтелект – це лише додаткове обладнання інтенсифікації діяльності природного інтелекту.

Усі наведені причини дозволяють визначити процес побудови конкретних моделей як процес інтелектуальний, творчий. Але інтуїції експерта, який розробляє конкретну модель, багато допомагають формальна модель та рекомендації щодо наповнення конкретним змістом. Формальна модель є “вікном”, через яке експерт дивиться на реальну систему, будує конкретну модель.

Контрольні питання

1. Що таке модель?
2. Сучасна класифікація моделей.
3. Що таке моделювання?
4. Що таке симуляція?
5. Чим відрізняється модель від моделювання?
6. Різниця між моделюванням і симуляцією.
7. Що таке імітаційне моделювання?
8. Поясніть сутність моделі типу «білий ящик».
9. В чому сутність моделі типу «чорний ящик»?
10. Які ви знаєте етапи моделювання?
11. Що таке система?
12. Два незалежних аспекти системи.
13. Які ви знаєте типи систем?
14. Що таке структура?
15. Що таке динамічна структура?
16. Що являють собою елементи системи?