

## Лекція №13

### Розділ 3. Моделювання із застосуванням імітаційного підходу.

#### Особливості моделей, які використовують імітаційний підхід

Розвиток моделей, що використовують імітаційний підхід, пов'язаний з необхідністю дослідження дуже складних систем, що зустрічаються на практиці. Аналітичні та чисельні методи, що дозволяють провести найповніше дослідження математичної моделі об'єкта, застосовні далеко не для всіх систем. Для багатьох складних систем при побудові аналітичних моделей досліднику часто доводиться йти на серйозні спрощення, щоб отримати уявлення про деякі загальні властивості моделі, що моделюється, наприклад, оцінити стійкість системи. Моделювана система може бути настільки складна, а поведінка її - так різноманітно і непередбачувано, що прийнята система гіпотез може призводити не тільки до суттєвих кількісних, але й якісних відмінностей результатів моделювання від поведінки системи в реальних умовах. При цьому підвищення ступеня адекватності моделі може виявитися неможливим з багатьох причин: нерозвиненістю існуючих аналітичних та чисельних методів, неможливістю побудови аналітичного опису поведінки окремих елементів системи чи взаємодії між елементами тощо. Перелічимо ситуації, коли досліднику можна рекомендувати застосовувати моделі, що імітують поведінку реального об'єкта:

1. Якщо не існує закінченої постановки завдання дослідження та йде процес пізнання об'єкта моделювання або окремих його елементів.
2. Якщо аналітичні методи є, але математичні процедури важко реалізувати, складні і трудомісткі.
3. Коли, крім оцінки впливу параметрів складної системи, бажано здійснити спостереження за поведінкою окремих компонентів цієї системи протягом певного періоду часу.
4. Коли імітаційний підхід виявляється єдиним способом дослідження складної системи через неможливість спостереження явищ у реальному становищі.
5. Коли необхідно контролювати перебіг процесів у складній системі шляхом уповільнення чи прискорення явищ у ході імітації.
6. Під час підготовки фахівців та освоєння нової техніки, коли імітатор забезпечує можливість набуття необхідних навичок в експлуатації нової техніки.

7. Коли вивчаються нові ситуації у складних системах, про які мало відомо. У цьому випадку імітація служить для попередньої перевірки нових стратегій та правил прийняття рішень перед проведенням експериментів на реальній системі.
8. Коли основне значення має послідовність подій у складній системі, що проектується, і модель використовується для передбачення вузьких місць у функціонуванні системи та інших труднощів, пов'язаних з додаванням в систему нових елементів.

Імітаційний підхід виправданий, якщо питання, куди має відповісти модель, ставляться немає з'ясування фундаментальних законів і причин, визначальних динаміку реальної системи, а аналізу поведінки системи, зазвичай, виконуваному у суто практичних цілях.

Суть підходу, використовуваного розробки імітаторів, у тому, що процес функціонування складної системи представляється як певного алгоритму, реалізованого на ЕОМ. Для систем, що з безлічі елементів, доводиться будувати модель як всієї системи, а й моделі окремих елементів. Як і для аналітичного підходу, розробка моделі-імітатора ведеться з використанням певної сукупності гіпотез. Зміна навіть однієї гіпотези для одного з елементів системи може призвести до необхідності перегляду всієї моделі системи та пошуку нових методів дослідження (саме тому аналітичні та чисельні підходи до моделювання складних систем застосовують після тривалого та всебічного вивчення поведінки як усієї системи, так і окремих її елементів) . Імітаційний підхід дозволяє "максимально використовувати всю наявну у розпорядженні дослідника інформацію про систему".

Наприклад, нехай потрібно побудувати модель популяції живих істот з урахуванням взаємодії з видами, хижаками і навколишньою природою, що конкурують. Об'єктом моделювання у разі є складна система, що з живих істот різного виду, взаємодіючих друг з одним. За деяких обмежень можна описати зміну чисельності тварин за допомогою системи звичайних диференціальних рівнянь. Однак біологи, що спостерігають реальну біосистему, можуть описати поведінку окремих особин лише у вигляді сукупності правил і приблизно контролювати загальну чисельність різних тварин. Використовувати ці спостереження визначення констант, які входять у систему рівнянь, досить складно. У той самий час побудувати алгоритм, реалізує зазначену таблицю правил поведінки однієї особини, набагато простіше. Якщо відомі правила взаємодії з особами іншого виду та з навколишньою природою, то нескладно розробити алгоритм, що імітує поведінку всієї системи. Якщо в процесі подальшого спостереження за реальною біосистемою будуть уточнюватися або змінюватися деякі правила поведінки або взаємодії особин, їх облік можна виконати, змінивши відповідний алгоритм, без істотної модифікації всієї моделі. Таким чином, на ранньому етапі досліджень реальної системи можна отримати її робочу модель, яка буде досить легко вдосконалюватися в міру накопичення експериментального матеріалу.

Імітатори зазвичай використовуються для моделювання складних динамічних систем. У цьому доводиться моделювати як структуру системи, а й час її функціонування. При моделюванні зазвичай використовується три уявлення часу:

- *реальний час* модельованої системи;
- *модельний час*, яким організується синхронізація подій у системі;
- *машинний час* імітації, що відбиває витрати ресурсів часу ЕОМ на організацію імітації.

Для складних систем можлива ситуація, коли різні події у різних компонентах відбуваються одночасно з погляду реального часу. Однак переважна більшість сучасних обчислювальних пристроїв не підтримують розпаралелювання обчислень. Тому виникає необхідність запровадження модельного часу, за допомогою якого реалізується квазіпаралельна робота компонента імітатора. Приставка "квазі" в даному випадку вводиться для підкреслення послідовного характеру обробки подій в імітаторі одночасно виникають в різних компонентах реальної системи. На відміну від реального часу модельний час змінюється не безперервно, а покроково. При цьому величина кроку за часом може бути фіксованою або змінною. При фіксованому кроці зміна модельного часу відбувається завжди на одну й ту саму величину. У разі змінного кроку його величина відповідає інтервалу між сусідніми подіями в системі. Насправді більшого поширення набув метод змінного кроку.

Ще однією особливістю імітаційного підходу є відносна простота обліку стохастичної невизначеності вихідних параметрів моделювання. Метод Монте-Карло дуже добре підходить для моделювання параметрів імітатора. Використання перетворення випадкових величин дозволяє отримувати розподіл випадкових параметрів, що відповідають практично будь-якому закону розподілу випадкових величин. Робота з імітатором є обчислювальний експеримент, здійснюваний на ЕОМ, який багато в чому схожий на експеримент з реальною системою. У зв'язку з такою особливістю імітатор зазвичай дає відповіді на питання лише в статистичному сенсі, що слід визнати неминучим під час роботи зі складними системами та більш відповідним поведінці реальних об'єктів.