Лекція №14

Розділ 3. Моделювання із застосуванням імітаційного підходу.

Етапи побудови імітатора

Процес побудови імітатора можна як технологічний процес, багато етапи якого аналогічні етапам, розглянутим у розділі 2. Однак є й певні відмінності. Усього в цьому випадку можна виділити вісім технологічних етапів:

1. ***Змістовний опис об'єкта моделювання***: формулюються основні питання щодо поведінки складної системи, відповіді на які потрібно отримати; визначається об'єкт імітації; встановлюються межі та обмеження моделювання; вибираються показники порівняння ефективності варіантів системи.
2. ***Концептуальна модель системи***: на основі змістовного опису визначається загальний задум моделі, висуваються основні гіпотези, фіксуються зроблені припущення. Концептуальна модель складної системи є спрощеним алгоритмічним відображенням реальної системи. Складна система розчленовується на кінцеве число частин (декомпозиція системи), зберігаючи при цьому зв'язки, що забезпечують їхню взаємодію. Отримані частини при необхідності знову розчленовуються до тих пір, доки не вийдуть елементи, зручні для математичного або алгоритмічного опису. Внаслідок цього складна система представляється у вигляді багаторівневої "конструкції" взаємопов'язаних елементів, об'єднаних у підсистеми (підмоделі) різних рівнів. При цьому прагнуть до того, щоб підмоделі, що отримуються, відповідали реально існуючим фрагментам системи. До складу концептуальної моделі входять: уточнений опис об'єкта моделювання, вільний від того, що не представляє інтересу для імітації поведінки системи; список параметрів та змінних моделювання; критерії ефективності функціонування варіантів системи; список використовуваних методів обробки результатів імітації та перелік способів подання результатів моделювання.
3. ***Формальний опис об'єкта моделювання***: побудова дослідником формального подання алгоритмів поведінки компонентів складної системи та відображення питань взаємодії компонентів між собою. Для складання формального опису використовується один із трьох видів формалізації: апроксимація явищ функціональними залежностями, алгоритмічний опис процесів у системі та змішане уявлення. Після складання формального опису виконують перевірку правильності функціонування імітатора,

використовуючи класичні моделі, достовірність яких доведена. При цьому з'ясовують такі питання: чи дозволяє імітатор вирішити поставлені завдання моделювання, наскільки сповнена запропонована схема моделі та чи вона відображає фактичну послідовність розвитку процесів у реальній системі. На цьому етапі виконується вибір обчислювальних засобів, які забезпечили б досліднику легкість програмування, мінімальні витрати на моделювання, доступність обраної ЕОМ, швидке отримання результатів.

4. ***Конструювання імітатора***: перетворення формального опису опис імітатора. Цей етап, як правило, вводиться для складних систем, які не можна уявити у вигляді агрегативної схеми або системи масового обслуговування. Тут же опрацьовуються питання, пов'язані із синхронізацією частин компонентів моделі один з одним у модельному часі, організацією збору статистики, завданням початкових умов моделювання, плануванням процесу імітації окремих варіантів системи, перевіркою умов закінчення моделювання, обробкою результатів імітації.
5. ***Програмування та налагодження моделі***: даний етап практично не відрізняється від відповідного етапу, розглянутого в розділі 2 для аналітичних та чисельних моделей. Відлагоджувальний процес обов'язково включає як незалежне налагодження окремих компонентів, так і комплексне налагодження програми для всієї моделі. Цей етап передбачає розробку технічної документації на програмну реалізацію моделі.
6. ***Випробування та дослідження моделі***: перевірка правильності алгоритму моделювання об'єкта, що досліджується, в ході імітації його поведінки; визначення ступеня адекватності моделі та об'єкта дослідження. Під адекватністю програмної реалізації імітатора розуміють ступінь збігу із заданою точністю векторів характеристик поведінки об'єкта та моделі. За відсутності адекватності проводять калібрування моделі, тобто уточнюють алгоритми як окремих компонентів, і алгоритми взаємодії компонентів друг з одним. Ця операція може містити і уточнення формального опису компонентів. Дослідження властивостей імітатора передбачає оцінку точності та стійкості результатів імітації явищ, а також визначення чутливості значень критеріїв якості до зміни параметрів моделі. Під точністю імітації явища розуміють оцінку впливу стохастичних елементів функціонування моделі складної системи. Стійкість результатів моделювання характеризується збіжністю контрольованих параметрів до певних величин зі збільшенням часу моделювання варіанта складної системи, що зазвичай спостерігається на практиці для систем з кінцевим числом станів. Стаціонарність режиму моделювання характеризує деяку рівновагу процесів, що встановилася, в моделі системи, коли подальше збільшення часу моделювання не призводить до отримання нової інформації.

Чутливість моделі визначається величиною мінімального збільшення значень обраного критерію якості, що обчислюється за статистиками моделювання, при послідовній зміні параметрів моделювання на всьому діапазоні їх зміни. Слід зазначити, що без оцінки точності, стійкості та чутливості імітатора не можна розраховувати на довіру до нього як з боку розробника, так і замовника.

7. ***Експлуатація імітатора***. Етап починається зі складання плану експериментів, що дозволяє досліднику отримати максимум інформації за мінімальних витрат на проведення обчислень та обробку результатів. У цьому необхідно виконати обов'язкове статистичне обгрунтування плану експериментів. Планування експерименту є процедурою вибору мінімального числа та умов проведення дослідів, необхідних і достатніх для вирішення поставленого завдання із заданою точністю. Після складання плану експериментів приступають до їхньої реалізації. Підсумком роботи є результати експериментів моделі.
8. ***Аналіз результатів моделювання***: всебічний аналіз одержаних результатів з метою отримання рекомендацій щодо проектування системи або її модифікації. На результати аналізу та його інтерпретацію істотний вплив може надавати спосіб представлення даних на ЕОМ. Так, використання засобів комп'ютерної графіки та мультиплікації можуть надати істотну допомогу на даному етапі.

Успіх чи невдача проведення імітаційних експериментів з моделями складних систем істотно залежить від інструментальних засобів, що використовуються для моделювання, тобто від набору апаратно-програмних засобів, що надаються користувачеві-розробнику або користувачеві-досліднику імітатора. Нині існує багато спеціальних мов створення імітаторів на ЕОМ, які називають мовами моделювання. Перед розробником постає проблема вибору мови, найефективнішого з метою моделювання конкретної системи. Мови моделювання заслуговують на пильну увагу, тому що, по-перше, кількість існуючих мов і систем моделювання перевищує кілька сотень і необхідно навчитися орієнтуватися в них. По-друге, майже кожна нова мова моделювання є не лише засобом, що полегшує доведення концептуальної моделі до готової машинної моделюючої програми, а й являє собою новий спосіб "бачення світу", тобто побудови моделей реальних систем. До найвідоміших мов моделювання систем із дискретними подіями відносять SIMULA, SIMSCRIPT, GPSS, SOL, CSL.

На закінчення ще раз зупинимося на перевагах та недоліках імітаційного підходу. При досить глибокому знанні поведінки реальної системи та правильному поданні в імітаторі феноменологічної інформації імітатори характеризуються, взагалі кажучи, більшою близькістю до реальної системи, ніж аналітичні та чисельні моделі. Значною мірою така близькість

зумовлена блоковим принципом побудови імітатора, який дозволяє виконувати верифікацію кожного блоку до його включення до загальної моделі, а також завдяки тому, що імітатор може включати залежності складнішого характеру, які важко (а іноді неможливо) врахувати за допомогою математичних співвідношень . У той самий час створити хороший імітатор поведінки складної системи, зазвичай, складніше, довше і дорожче, ніж аналітичну модель. Це пов'язано з обов'язковою присутністю в циклі створення імітатора етапу програмування, вартість, складність та тривалість якого може бути значною. Крім того, необхідність використання ЕОМ відповідного класу значною мірою ускладнює використання моделі. І, нарешті, термін життя імітатора, зазвичай, обмежений терміном використання ЕОМ, котрим було розроблено його програмна реалізація. Враховуючи, що час розробки досить складного імітатора становить кілька років, а період суттєвого оновлення обчислювальної техніки скоротився до 5-10 років, то це є серйозним недоліком моделей, заснованих на імітаційному підході. Швидкий розвиток засобів обчислювальної техніки, вдосконалення мов та технологій розробки імітаторів дозволяє сподіватися, що зазначені недоліки будуть згодом усунутися.