

**КОМП'ЮТЕРНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ В ЗАДАЧАХ
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

Моделювання є одним з найбільш поширених способів вивчення об'єктів, систем і явищ, які зустрічаються на практиці. Як метод наукового дослідження, з'явилося у зв'язку з необхідністю вирішувати такі завдання, які з яких-небудь причин, наприклад, внаслідок небезпеки або неможливості прямого експерименту не могли бути вирішені безпосередньо.

Метод дослідження явищ і процесів, що ґрунтується на заміні конкретного об'єкта досліджень (оригіналу) іншим, подібним до нього (моделлю) називається моделюванням.

Розрізняють фізичне і математичне моделювання. При фізичному моделюванні модель відтворює досліджувану систему із збереженням її фізичної природи. Переваги фізичного моделювання перед натурним експериментом полягає в тому, що умови реалізації процесу-моделі вибираються виходячи зі зручності й простоти дослідження, єдина вимога при цьому – збереження співвідношень подібності, що впливають із закономірностей фізичної природи. Це обмежує область застосування фізичного моделювання.

Більш широкі можливості надає математичне моделювання – спосіб дослідження об'єктів, систем та явищ шляхом вивчення процесів, що мають різний фізичний зміст, але описуються однаковими математичними відносинами.

При вивченні будь-якої системи методом математичного моделювання необхідно побудувати її математичну модель, тобто за допомогою математичних співвідношень описати функціонування системи.

Математична модель – є абстрактним формально описаним об'єктом, вивчення якого можливе математичними методами.

Виходячи зі способу подальшого використання математичної моделі для вивчення системи, моделі ділять на аналітичні та імітаційні. В аналітичних моделях процеси записуються у вигляді функціональних співвідношень та логічних умов. В імітаційних моделях замість аналітичної форми запису досліджуваного процесу використовується алгоритмічний опис.

Зазвичай спосіб дослідження вибирається після того, як математична модель реального об'єкта вже побудована.

Методика математичного моделювання зводиться до наступного етапам:

а) Складання рівняння (або системи рівнянь) для модельованого процесу:

$$F(y, x_j, q_i, t) = 0$$

б) Вибір відомої або створення нової математичної моделі, знаковий опис якої аналогічний опису оригіналу

$$F_M(y_M, x_{Mj}, q_{Mi}, t_M) = 0$$

Рівняння моделі зазвичай називають машинним рівнянням.

в) Забезпечення подібності рівнянь за рахунок відповідного вибору визначення масштабів моделей та розрахунку коефіцієнтів машинного рівняння:

$$M_y = \frac{y_M}{y}; \quad M_x = \frac{x_M}{x}; \quad M_t = \frac{t_M}{t}.$$

г) Рішення на моделі машинного рівняння $F_M = 0$.

Побудова математичної моделі полягає у визначенні зв'язків між тими чи іншими процесами і явищами, створенні математичного апарату, що дозволяє висловити кількісно і якісно зв'язок між тими чи іншими процесами і явищами, між фізичними величинами і факторами, що впливають на кінцевий результат.

Моделювання на електронній обчислювальній машині (ЕОМ) випадкових елементів підпорядковується двом основним принципам:

1) подібність між випадковим елементом-оригіналом і його моделлю на ЕОМ полягає в близькості імовірнісних законів розподілу або числових характеристик;

2) всякий випадковий елемент визначається ("конструюється") як деяка борелівська функція від найпростіших, так званих базових випадкових величин.

Під статистичним моделюванням розуміється відтворення за допомогою ЕОМ функціонування ймовірнісної моделі деякого об'єкта. Мета моделювання такого роду полягає в оцінюванні з його допомогою середніх характеристик моделі. Зазвичай це – математичне сподівання величин, що характеризують систему, їх дисперсії і коваріації.

Мистецтво статистичного моделювання полягає в тому, щоб при заданому рівні надійності цікавлять величин побудувати алгоритм, оптимальний у сенсі деякого критерію. Критерієм такого роду звичайно вважають кількість обчислювальної роботи, необхідне для досягнення заданої точності.

Метод статистичного моделювання (чи метод Монте-Карло) – це спосіб дослідження невизначених (стохастичних) економічних об'єктів і процесів, коли не повністю (до певної міри) відомими є внутрішні взаємодії в цих системах.

Нормально розподілена випадкова величина повністю характеризується своїми першими двома моментами – математичним сподіванням та дисперсією.

Цей метод полягає у модельному відтворенні процесу за допомогою стохастичної математичної моделі та обчисленні характеристик цього процесу. Одне таке відтворення можливого (випадкового) стану функціонування модельованої системи називають реалізацією.

Після кожної реалізації реєструють сукупність параметрів, що характеризують випадкову подію. Метод ґрунтується на багатократних випадкових реалізаціях на підставі побудованої моделі з подальшим статистичним опрацюванням отриманих даних з метою визначення числових характеристик досліджуваного об'єкта (процесу) у вигляді статистичних оцінок його параметрів. Процес моделювання економічної системи зводиться до машинної імітації досліджуваного процесу, котрий моделюється на ЕОМ з усіма суттєвими невизначеностями, випадковостями і породженим ними ризиком. Імітаційне моделювання нерідко має назву симулятивного моделювання

Для моделювання випадкової величини потрібно знати закон її розподілу. Найзагальнішим способом отримання послідовності випадкових чисел, що є послідовністю реалізацій випадкової величини, котра розподілена за довільним законом, є спосіб, в основі якого – процес формування їх з вихідної послідовності випадкових чисел.

Послідовність випадкових чисел з рівномірним законом розподілу можна отримати трьома способами:

- використанням таблиць випадкових чисел;
- застосуванням генераторів випадкових чисел;
- методом псевдовипадкових чисел.

Псевдовипадковими (випадковими) числами є числа, отримані за деяким правилом (формулою), що імітує значення випадкової величини. Розроблено низку алгоритмів для отримання псевдовипадкових чисел. Датчики псевдовипадкових чисел є складовими більшої частини програмних комплексів.

Перетворення Фур'є – інтегральне перетворення однієї комплекснозначної функції дійсної змінної на іншу. Це перетворення розкладає дану функцію на осциляторні функції. Використовується для того, щоби розрахувати спектр частот для сигналів змінних у часі (таких як мова або електрична напруга).

Від неправильного задання моделі експериментального матеріалу може спостерігатися значна втрата точності та достовірності результатів обробки.

Нормальний (гауссовський) розподіл займає центральне місце в теорії та практиці ймовірнісно-статистичних досліджень.

Будь-яка складна динамічна система створюється для вирішення певної теоретичного чи виробничого завдання. У зв'язку з погіршенням властивостей системи в процесі експлуатації виникає потреба в періодичному обслуговуванні, мета якого зберегти здатність системи виконувати свої функції.

При проектуванні технічних систем необхідно передбачити питання обслуговування в процесі передбачуваної експлуатації, а також: спроектувати і створити комплекс, що відповідає заданим технічним вимогам; дати економічну оцінку комплексу, з огляду на випробування і умови передбачуваної експлуатації; розробити технічні засоби обслуговування комплексу та математичне забезпечення до них (алгоритми контролю, обробки інформації та видачі рішення про технічний стан контрольованого комплексу); передбачити найкращу пристосованість комплексу для роботи в ланці "людина-машина".

Прикладами складних систем є: літак, окремий його комплекс, автоматична лінія обробки деталей, система енергопостачання і т. п. Характерною рисою технічного прогресу є об'єднання технічних пристроїв (ТП) в сукупності або великі системи, пов'язані спільністю розв'язуваної задачі, спільністю обслуговування і технології застосування або іншими ознаками спільності.

Основні ознаки складної системи або ТП:

1. Володіння певною єдністю мети і сприяння виробленню оптимальних виходів з наявної безлічі входів. Оптимальність виходів повинна оцінюватися за заздалегідь розробленим критерієм ефективності.

2. Виконання великої кількості різних функцій, які здійснюються безліччю частин, які входять до системи.

3. Складність функціонування (зміна однієї змінної тягне за собою зміну багатьох змінних і, як правило, нелінійним чином).

4. Високий ступінь автоматизації.

5. Неможливо передбачити точне значення зовнішніх навантажень, а застосування альтернативних методів визначення пікових навантажень досить складно.

Експлуатація складного ТП – це безперервний процес, який включає ряд заходів, що вимагають планового, безперервного впливу на ТП для підтримання його в робочому стані. До таких заходів належать: планове технічне обслуговування, відновлення працездатності після відмови, зберігання, підготовка до роботи та ін. Здійснення цих заходів у більшості випадків вимагає значних витрат сил, засобів і часу.

Наведене визначення експлуатації не охоплює всіх тих заходів, які складають процес експлуатації складних систем. Тому під експлуатацією в широкому сенсі слід розуміти процес використання ТП за призначенням і підтримання його в технічно справному стані.

Експлуатація ТП на сучасному етапі неможлива без чіткої організації процесу експлуатації, тобто без перспективного планування і управління. Для того щоб управляти процесом експлуатації, необхідно передбачити можливі стани ТП в майбутньому. Стан ТП визначається сукупністю значень його технічних характеристик. У загальному випадку можна вважати, що в процесі експлуатації технічні характеристики пристрою змінюються безперервно, тому і станів ТП може бути нескінченна безліч. Однак для організації експлуатації важливо розрізнити стани ТП, що відповідають крайнім або допустимим (граничним) значень технічних характеристик, які відповідають робочому стану, відмови, стану технічного обслуговування, зберігання, поновлення і т.п.

При вирішенні основного завдання експлуатації використовується ймовірнісно-статистичний підхід до прогнозування та управління станами складних систем і моделювання експлуатаційних процесів.

Сучасний період технічного розвитку характеризується масовим застосуванням складних систем технічних пристроїв і комплексів, технічні характеристики яких (швидкість, точність, міцність, жаростійкість і т. п.) дуже високі.

Однак навіть найдосконаліші початкові технічні характеристики ТП є хоч і необхідними, але ще недостатніми умовами високих експлуатаційних якостей ТП. Початкові

характеристики ТП показують лише його потенційні технічні можливості, які можуть бути повністю використані в процесі його експлуатації чи ні. Будь-який ТП має поряд з чудовими початковими технічними характеристиками володіти здатністю зберігати ці характеристики протягом усього терміну експлуатації.

Здатність будь-якого ТП зберігати свої початкові технічні характеристики в процесі експлуатації визначається його надійністю. Таким чином, фізичний зміст надійності (однієї з головних експлуатаційних властивостей) полягає в здатності ТП зберігати свої характеристики в часі.

Експлуатаційними характеристиками є також готовність до застосування, відновлюваність, параметри технічного обслуговування (обсяг і періодичність обслуговування, економічність та ін.). Надійність може визначатися як самостійна характеристика ТП, так і служити складовою інших експлуатаційних характеристик.

При моделюванні процесів експлуатації та застосування знову створюваних ТП часто немає необхідного вихідного статистичного матеріалу. Виникає необхідність моделювання процесів, що протікають всередині ТП. Передбачається наявність додаткового обчислювального блоку, що виробляє обробку одержуваних статистичних даних і визначення деяких параметрів експлуатації ТП (строків перевірок на працездатність, виконання робіт з технічного обслуговування і т. д.).

При вивченні випадкових процесів методом статистичних випробувань в обчислювальному пристрої спеціалізованої машини використовуються аналогові обчислювальні ланцюги, цифрові логічні та керуючі ланцюги. Управління швидкими аналоговими обчисленнями здійснюється за допомогою дискретної програми. У аналогову обчислювальну машину, наприклад при моделюванні системи управління, системи зв'язку і т.д., вводяться випадкові змінні, початкові умови та параметри. Використовуються генератори шумів, вихідні сигнали яких підпорядковуються гаусовському закону розподілу.

Сукупність формальних правил і математичних операцій, виконуваних у певному порядку при реалізації алгоритму, настільки велика, що необхідна спеціальна організація роботи системи обчислювальних машин.

Завдання, які вирішуються в процесі моделювання задачі характеризуються наявністю великої кількості різноманітної інформації, що підлягає обробці, і безліччю логічних операцій, які необхідно виконувати в процесі її обробки.

Висновок

Статистичне моделювання широко застосовується для вирішення на ЕОМ інтегральних рівнянь, наприклад, при дослідженні великих систем. Вони зручні своєю універсальністю, як правило, не вимагають великого обсягу пам'яті. Недолік – великі випадкові похибки, занадто повільно спадають при збільшенні числа експериментів.

Список літератури

1. Харин Ю.С., Степанова М.Д. Практикум на ЭВМ по математической статистике. Минск: Университетское, 1987.
2. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Курс статистического моделирования. М.: Наука, 1976.
3. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ. М.: Мир, 1977. Т. 2. Получисленные алгоритмы.
4. Дедков В. К., Северцев Н. А. Основные вопросы по эксплуатации сложных систем. М.: Высшая школа, 1976.