

## ГЛАВА 10

### КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

#### ОСНОВИ АЛГОРИТМІЗАЦІЇ ТА ПРОГРАМУВАННЯ

##### § 53. Модель і моделювання. Етапи комп'ютерного моделювання

**Вивчивши цей параграф, ми:**

*дізнаємося, що таке модель і для чого потрібне моделювання;*

*осмислимо переваги комп'ютерного моделювання;*

*познайомимося з етапами створення комп'ютерної моделі.*

##### 53.1. Модель

Спостерігаючи й вивчаючи навколишній світ, ми формуємо свої уявлення про нього. Наші уявлення, безумовно, відрізняються від реальності, тому що світ є нескінченним для пізнання. Проте вони дозволяють нам жити й діяти, розкривати закономірності, які існують у природі, і застосовувати їх у своїх цілях.

Вивчаючи певний предмет, явище чи процес, ми не розглядаємо всієї повноти його особливостей і властивостей, а завжди звертаємо увагу лише на те, що нас наразі цікавить. Таке умисне спрощення призводить до того, що ми, по суті, маємо справу з дещо іншим об'єктом, який має багато спільного з нашим, але все ж таки від нього відрізняється.

**Об'єкт**, який зберігає суттєві риси того об'єкта, що вивчається, і заміщає його під час дослідження, називається моделлю.

Слово «модель» походить від латинського «modulus», що означає «міра», «взірець», «норма».

Для кожної моделі існує її **прототип** або **оригінал** — той об'єкт, для заміщення якого вона призначається. Процес створення моделі називається *моделюванням*.

Моделювати можна не тільки існуючі предмети, явища та процеси, але й абстракції, яких немає в реальності; об'єкти, що тільки плануються для створення; явища, які можуть і не відбутися. Моделювання здійснюється з метою пізнання властивостей об'єкта, тому термін **моделювання** застосовується ще й в іншому значенні: як *дослідження* об'єктів за допомогою побудови й вивчення їхніх моделей.

Модель завжди є штучно створюваним людиною об'єктом, який дає ідеалізоване уявлення про об'єкт-оригінал. **Ідеалізація** об'єкта є неодмінним етапом створення моделі. *Сутність ідеалізації* полягає у визначенні, які саме риси та властивості об'єкта є важливими для розв'язання поставленого завдання й мають бути відтвореними в моделі, а які риси та властивості є несуттєвими й при побудові моделі можуть не враховуватися. Таке спрощене подання об'єкта в його моделі дозволяє знизити рівень складності завдання, зробити її придатною для дослідження, позбавитися зайвих витрат праці та часу на врахування не впливових факторів.

Наприклад, типовою задачею для балістики є моделювання траєкторії руху тіла, яке в початковий момент з певною швидкістю розпочало рух під певним кутом до горизонту. Якщо тіло — це ядро, випущене зі старовинної гармати, то для побудови його траєкторії достатньо буде врахувати лише початкову швидкість ядра і кут, під яким випущено ядро. Силу тяжіння Землі можна вважати сталою, поверхню Землі — плоскою, опір повітря — відсутнім. Це проста модель, яка спирається на відомі вам закони фізики. Для побудови траєкторії снаряда, випущеного із сучасної гармати, потрібно буде врахувати кривизну земної поверхні, рельєф місцевості, опір повітря, залежність сили тяжіння від висоти над поверхнею Землі і т. ін. Якщо ж нас цікавитиме траєкторія польоту космічної станції після відділення від неї ракети-носія, то модель зазнає подальшого ускладнення — потрібно буде врахувати вплив сил тяжіння Місяця і багато інших чинників.

Ступінь ідеалізації моделі визначає межі її *адекватності*, тобто відповідності оригіналу в межах поставленої задачі. Оскільки значущими і потрібними можуть бути тільки надійні результати, які відповідають реальності, то визначення меж адекватності моделі є надзвичайно важливим.

## ====53.2. Види моделей=====

Моделі поділяються на види різними способами: в залежності від призначення, фактора часу, способу реалізації тощо.

*За призначенням* розрізняють моделі навчальні, дослідні, науково-технічні, імітаційні та інші.

*Навчальні* моделі застосовуються для демонстрації та вивчення властивостей об'єкта-оригіналу. Так, наприклад, ви зустрічалися на шкільних уроках географії з моделлю земної кулі — глобусом, на уроках фізики — з моделлю парового двигуна тощо. У підготовці водіїв транспортних засобів, машиністів, льотчиків використовуються спеціальні моделі — тренажери, на яких вони відпрацьовують навички управління.

*Дослідні* моделі широко застосовуються у практиці проектування механізмів, споруд тощо. Вивчення поведінки чи властивостей моделі дає можливість виявити й усунути помилки у проекті. Так, наприклад, архітектор створює макет майбутньої споруди, щоб уточнити всі її деталі, перш ніж розпочати реалізацію проекту.

*Науково-технічні* моделі створюються для дослідження явищ і процесів. Моделювання дозволяє перенести їх вивчення з реальних умов у лабораторні. Наприклад, шарову блискавку відтворюють за допомогою штучно створених електричних розрядів високої напруги.

*Імітаційні* моделі (імітувати — означає підроблювати, наслідувати) застосовуються у тих випадках, коли треба перевірити дію певних чинників непрямим способом. Наприклад, перед тим як запровадити у вжиток новий лікарський препарат, його випробовують на тваринах. Це імітаційний експеримент.

*За фактором часу* розрізняють моделі статичні й динамічні.

*Статична* модель відбиває стан об'єкта в певний фіксований момент часу. Статичні моделі називають також структурними, тому що вони характеризують будову й параметри об'єкта. Прикладами статичних моделей є моделі внутрішніх органів людини, які застосовуються при вивченні анатомії; моделі розподілу економічних ресурсів між країнами світу.

*Динамічна* модель відтворює зміни об'єкта, які відбуваються з плином часу, або особливості функціонування об'єкта, тому динамічні моделі називають також функціональними. Прикладом динамічної моделі є модель броунівського руху молекул газу, яка дозволяє спостерігати їх переміщення й зіткнення в обмеженому просторі.

*За способом реалізації* моделі поділяються на два види — матеріальні та інформаційні.

*Матеріальні* моделі називають також предметними, натурними, фізичними, тому що вони завжди мають певне реальне втілення. Прикладами матеріальних моделей є зменшена копія літака, чучело птаха, макет архітектурного ансамблю тощо.

*Інформаційні* моделі являють собою сукупність інформації, що характеризує властивості та стан об'єкта, його взаємозв'язки із зовнішнім світом. За способом подання інформації розрізняють вербальні (від лат. *verbalis* — усний) і знакові моделі. *Вербальні* моделі — це інформаційні моделі, створювані засобами усної мови (наприклад, усний опис явища). *Знакові* моделі створюються за допомогою умовних знаків і символів — літер, цифр, умовних позначень тощо. Прикладами знакових моделей є хімічні формули, нотний запис музики, географічна карта тощо. Окремий вид інформаційних знакових моделей складають *математичні моделі*, які являють собою сукупність математичних формул, що відбивають взаємозалежності між параметрами об'єкта.

### 53.3. Комп'ютерна модель та її переваги

Інформаційну модель, реалізовану на комп'ютері, називають *комп'ютерною*.

Комп'ютерні моделі дозволяють спостерігати й досліджувати явища й процеси в динаміці їх розгортання, здійснювати багаторазові випробування моделі, одержувати різноманітні кількісні показники в числовому або графічному вигляді, зокрема такі, які вимагають виконання складних, численних або трудомістких розрахунків.

За допомогою комп'ютерного моделювання вивчаються об'єкти та явища, які неможливо, дорого або небезпечно відтворювати в реальних умовах. Це дозволяє не тільки економити матеріальні ресурси, а й зберігати екологічні умови існування людини, уникати можливих шкідливих або руйнівних наслідків проведення натурних випробувань.

Комп'ютерне моделювання є унікальним інструментом пізнання швидкоплинних і, навпаки, надзвичайно повільних процесів. Їх можна досліджувати на комп'ютері, розтягуючи чи стискаючи час або навіть зупиняючи його для вивчення певних фаз процесу. Моделювати й вивчати за допомогою комп'ютера можна й такі явища, які не відбувалися, й невідомо, чи відбудуться коли-небудь у реальному житті, — наприклад, зустріч нашої планети з іншим космічним об'єктом.

Комп'ютерне моделювання застосовується для вирішення безлічі наукових, технічних, економічних та інших проблем. Наприклад, для встановлення причин технічних і природних катастроф, дослідження біологічних і соціальних процесів, прогнозування зміни клімату нашої планети тощо. Так, після того як космічна станція «Мир» випрацювала свій ресурс, її необхідно було спустити на Землю, точніше приводнити. Задача ускладнювалася тим, що 130-тонна станція при вході в атмосферу мала розпастися на тисячі уламків різної ваги. Досить крупні з них могли пробити бетонну плиту у два метри завтовшки. За допомогою комп'ютерного моделювання було визначено той момент, коли станції потрібно дати імпульс для спуску в заданий район акваторії Тихого океану. Всім морським і повітряним суднам, жителям навколишніх островів Того було надіслано попередження. Точність моделювання повністю підтвердилася: у запрограмований час станція увійшла у воду в заданому районі. Після приводнення станції газети писали про черговий триумф науки.

### 53.4. Етапи створення комп'ютерної моделі

Для створення комп'ютерної моделі застосовується певна технологія. За цією технологією процес моделювання розбивається на п'ять основних етапів. Кожний етап має визначену мету, яка досягається шляхом виконання відповідних дій.

**Основні етапи комп'ютерного моделювання.**

Етап 1. Постановка задачі та її аналіз.

Етап 2. Побудова інформаційної моделі.

Етап 3. Розробка методу й алгоритму дослідження моделі.

Етап 4. Розробка комп'ютерної моделі.

Етап 5. Проведення комп'ютерного експерименту.\

Розглянемо сутність цих етапів на прикладі задачі Робіна Гуда.

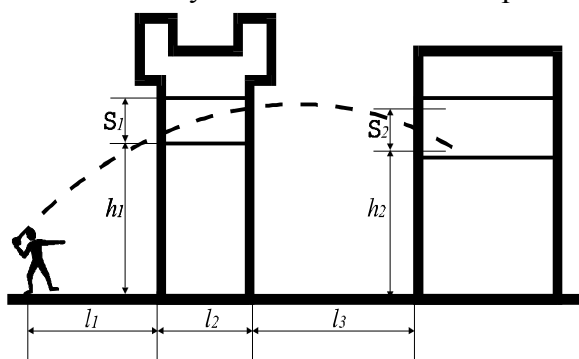


Рис. 53.1. Задача Робіна Гуда.

Робіну Гуду потрібно передати записку другу, якого заточили у в'язницю замку Ноттінгем. Замок оточений високою стіною. Записку можна тільки закинути разом із каменем у вікно в'язниці, але кидати камінь потрібно так, щоб він пролетів крізь бійницю в стіні (рис. 53.1).

### ====53.5. Постановка задачі та її аналіз=====

Метою етапу є конкретизація й уточнення задачі моделювання. Для цього виконуються такі дії:

- з'ясовується, з якою метою створюється модель;
- уточнюється, які саме результати і в якому вигляді потрібно одержати;
- визначається, які дані потрібні для створення моделі;
- встановлюється, чи є обмеження на вхідні дані, тобто за яких умов можна одержати потрібні результати, а за яких — ні.

Для нашої задачі метою складання моделі є визначення, чи можна закинути камінь до в'язниці, а якщо так, то як має діяти Робін Гуд. Результатом моделювання повинна бути відповідь на поставлене запитання і, якщо вона позитивна, — рекомендації для Робіна Гуда. Для побудови моделі потрібні дані про геометрію споруд (відстань стіни від замку, товщина стіни, висота й розміри бійниці, висота й розміри вікна в'язниці) і про Робіна Гуда — який він на зріст, з якою найбільшою силою може кинути камінь. Що саме ми будемо моделювати? Траєкторію каменя на тлі споруд.

### ====53.6. Побудова інформаційної моделі=====

Метою етапу є встановлення та опис взаємозалежностей між параметрами моделі. На цьому етапі:

- визначаються параметри моделі й виявляються взаємозв'язки між ними;
- оцінюється, які з параметрів є впливовими і мають бути враховані при побудові моделі, а якими можна нехтувати. Такий аналіз здійснюється з огляду на поставлену задачу і має на меті максимальне спрощення моделі. Разом з тим, це спрощення не може бути надмірним, щоб модель не втратила адекватності;
- уводиться система умовних позначень, і в цих позначеннях здійснюється опис залежностей між параметрами моделі. У результаті отримується знакова інформаційна модель.

Побудуємо інформаційну модель для нашої задачі. Геометричні параметри споруд позначимо, як показано на рис. 53.1. Вважатимемо, що рух каменя відбувається в одній площині. Позначимо її  $XOY$  з початком координат в основі зовнішньої сторони стіни. Силу, з якою Робін Гуд кидає камінь, подамо через початкову швидкість каменя  $v_0$ . Кут до горизонту, під яким робиться кидок, позначимо через  $\alpha$ . Будемо нехтувати опором повітря і залежністю прискорення вільного падіння  $g$  від висоти. Камінь вважатимемо матеріальною точкою, його траєкторію будемо визначати як залежність координат  $x$ ,  $y$  від часу  $t$ .

Робін Гуд кидає камінь з висоти свого зросту  $r$ , знаходячись на відстані  $l_1$  від стіни. На траєкторію каменя впливають початкова швидкість каменя  $v_0$  і кут  $\alpha$ . Як відомо із фізики,

$$x = -l_1 + V_0 t \cos \alpha; \quad y = r + V_0 t \sin \alpha - gt^2/2$$

Це і є математична модель нашої задачі.

### ====53.7. Розробка методу й алгоритму дослідження моделі=====

Метою етапу є складання алгоритму дій для одержання потрібних результатів. З поняттям алгоритму ми далі познайомимося детальніше.

На цьому етапі:

- з огляду на інформаційну модель добирається або розробляється метод одержання потрібних результатів;
- за вибраним методом складається детальний план розв'язання задачі, розробляється алгоритм одержання результатів.

Модель нашої задачі є простою, координати каменя обчислюються за формулами. Траєкторію каменя будемо будувати на тій самій площині, де відображено і споруди. Висновки про результат кидання каменя визначатимемо візуально.

### ====53.8. Розробка комп'ютерної моделі=====

Метою етапу є одержання комп'ютерної моделі, придатної для дослідження. Для цього здійснюються:

- вибір засобів реалізації моделі на комп'ютері. Серед багатства існуючих засобів добираємо найбільш зручні з огляду на поставлену задачу та її інформаційну модель;
- створення комп'ютерної моделі;
- перевірка правильності створеної комп'ютерної моделі.

Ця перевірка здійснюється для знаходження і вилучення помилок, що були допущені у процесі розробки моделі. Іноді може з'ясуватися, що помилку було припущено не на даному етапі, а раніше. Наприклад, невдало вибрано метод, припущено надмірні спрощення при моделюванні тощо. У такому разі треба повернутися до відповідного етапу, внести потрібні корективи й повторити наступні етапи побудови моделі.

Для нашої задачі комп'ютерну модель найбільш зручно побудувати в середовищі електронних таблиць Excel або засобами мови програмування, наприклад Паскаль, з якою ми познайомимося пізніше.

### ====53.9. Проведення комп'ютерного експерименту=====

Метою етапу є дослідження моделі та з'ясування на цій основі властивостей об'єкта моделювання.

Етап складається з таких дій:

- розробка плану дослідження;
- проведення комп'ютерного експерименту на базі створеної моделі;
- аналіз отриманих результатів.

Результати проведеного експерименту характеризують властивості комп'ютерної моделі. Проте її адекватність об'єкту дослідження дає підставу для того, щоб вважати ці властивості притаманними самому об'єкту.

У ході експерименту може виникнути потреба скоригувати план дослідження, наприклад, поглибити його в деякому напрямку. Іноді отримані результати можуть виявитися сумнівними, що вимагатиме вибору іншого методу дослідження, або уточнення моделі, або навіть внесення змін у постановку задачі, і тоді весь процес починається знову.

Для нашої задачі ми маємо спланувати і провести серію спроб для різних відстаней від стіни й різних початкових швидкостей каменя. Одержані результати дадуть нам підстави для висновку, чи має Робін Гуд шанс влучити у вікно, і якщо так, то як йому це зробити.

## ВИСНОВКИ

Моделювання є потужним методом пізнання дійсності. Модель дає спрощене відтворення об'єкта, проте її можна досліджувати й у такий спосіб вивчати об'єкт. Моделі бувають різних видів — статичні й динамічні, предметні та інформаційні тощо. Моделі, відтворені на комп'ютері, називаються комп'ютерними. Такі моделі дають змогу досліджувати різні явища, не витрачаючи матеріальних ресурсів, без загрози для здоров'я людини, і встановлювати причини минулих подій, прогнозувати майбутні. Комп'ютерне моделювання відбувається в декілька етапів, на кожному з них вирішуються певні завдання. Останнім етапом є проведення комп'ютерного експерименту, за результатами якого одержується нова інформація про об'єкт дослідження.

---



---

### Контрольні питання та вправи

1. Об'єкт, який зберігає суттєві риси того об'єкта, що вивчається, і заміщає його в дослідженнях, називають:

- а) оригіналом; б) прототипом; в) моделлю; г) ідеалом; д) копією.



2. Модель, яка відтворює процес у його розвитку, називається:

- а) статичною;                      б) фізичною;
- в) рухомою;                        г) динамічною.

3. Матеріальну модель називають також:

- а) предметною;                    б) реальною;
- в) фізичною;                        г) математичною;
- д) дійсною;                         е) натурною.

4. Модель броунівського руху є:

- а) статичною;                      б) динамічною;
- в) імітаційною;                    г) навчальною.

5. Які з наведених нижче тверджень стосовно моделі, на вашу думку, є правильними?

- а) Модель дає ідеалізоване уявлення про об'єкт.
- б) Модель точно відтворює властивості об'єкта.
- в) Модель може застосовуватися для дослідження об'єкта тільки в межах її адекватності.
- г) Модель дає спрощене уявлення про об'єкт і тому не може давати кількісної інформації про його властивості або поведінку.

6. Інформаційна модель — це ..., математична модель — це ... Вставте пропущені слова, виберіть їх із запропонованих:

- а) модель інформації про об'єкт;
- б) модель, подана на екрані комп'ютера;
- в) сукупність математичних формул, що описують властивості об'єкта;
- г) сукупність інформації про об'єкт.

7. Наведіть приклади застосування у навчанні:

- а) матеріальних моделей;
- б) інформаційних моделей.

8. Назвіть етапи комп'ютерного моделювання, наведіть характеристику дій, які виконуються на кожному з них. Як впливає постановка задачі на всі наступні етапи моделювання?

9. Наведіть приклади, коли комп'ютерне моделювання:

- а) дозволило встановити причину минулої події;
- б) було застосоване для прогнозування майбутніх подій.

10. Схарактеризуйте комп'ютерне моделювання як сучасний потужний метод пізнання.

11. Проаналізуйте моделі будови світу, які застосовувалися людством на різних етапах його розвитку. Охарактеризуйте пізнання як процес уточнення моделі.

12. Як ви вважаєте, чи є справедливим вислів про те, що комп'ютер сприяє комфортному, успішному й безпечному життю людини? Аргументуйте свою думку.

адекватність моделі, етапи комп'ютерного моделювання, інформаційна модель, комп'ютерна модель, математична модель, модель, моделювання, оригінал, прототип