

ЗНАЧЕННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВИПАДКОВИХ ВЕЛИЧИН ДЛЯ РОЗВИТКУ НАУКОВОЇ МЕТОДОЛОГІЇ (Тези)

© Тетяна Марусенкова, 2011

Методи та підходи, які застосовуються у кожній конкретній галузі знань, повинні бути предметом зацікавленості філософії, бо основною метою всіх наукових методів є одержання нових знань, а необхідною вимогою до знань є їхня істинність, а істинність – це поняття гносеологічне.

Філософи намагалися розробити універсальні алгоритми продукування знань (згадаймо Декарта!), однак кожна галузь знань має характерні риси, які накладають обмеження на допустимі методи пізнання. Скажімо, в математиці панує теоретизування (і справді, нелегко експериментувати з чистими абстрактними поняттями). У фізиці теоретичні положення випробовують дослідно (згадаймо Айнштейна: істина – це те, що витримує перевірку практикою), а тому без експериментального методу в науці неможливо обійтись. Однак підтвердити чи спростувати теоретичні положення на практиці вдається далеко не завжди, оскільки експеримент повинен відбуватися у чітко детермінованих лабораторних умовах, а такі природні явища, як виверження вулкану чи цунамі, неможливо запросити в лабораторію. Подекуди “проти дослідника” виступає закон, етичні норми та час. Неможливе пряме експериментування на людях (апробують ліки на мишах, а закони генетики, як відомо, вивчали передовсім на дрозофілах завдяки їхньому короткому життєвому циклу та швидкому темпу зміни поколінь). Крім того, експериментування подекуди потребує дорогих матеріалів та обладнання і значних трудових ресурсів, і з економічним чинником доводиться рахуватися. Конфлікт між жорсткою необхідністю здобування нових надійних знань та неможливістю безпосереднього експериментування можна розв’язати за допомогою особливого наукового методу – моделювання.

Ідейна суть моделювання геніально проста. Вибирають об’єкт (модель), що найкраще віддзеркалює сукупність тих характеристик досліджуваного об’єкта (оригінала), які цікавлять дослідника. Дослідник вивчає сукупність саме цих характеристик моделі та одержані знання переносить на оригінал. Із самої суті моделювання випливає, що одержане знання не є і в принципі не може бути істинним сповна, оскільки модель є спрощеним уявленням про об’єкт, його “неповноцінним” замінником, а тому таке опосередковане вивчення об’єкта вносить похибки у здобуті знання. Під час вибору моделі постають, насамперед, два важливі питання: наскільки модель повинна бути подібна на оригінал та з яким ступенем достовірності властивості, виявлені в моделі в ході її вивчення, можна вважати притаманними і самому оригіналу? Певна річ, два крайні випадки – коли об’єкт в усьому збігається з оригіналом та коли він цілком відмінний від нього – одразу слід визнати непридатними “претендентами на моделі” за визначенням самого поняття “модель”. Вибираючи модель, треба пам’ятати, що “гносеологічним ядром” моделювання постає аналогія. Коротко зміст аналогії можна пояснити так: якщо об’єкт X володіє властивостями a, b, c, d , а об’єкт Y – властивостями a, b, c , то існує ймовірність того, що об’єкт Y теж володіє властивістю d . І знову ж, ймовірнісна природа висновків за аналогією обмежує їхню істинність.

Останнім часом все поширенішим стає математичне моделювання, і це не дивно, адже зі зростанням обчислювальних можливостей комп’ютерної техніки та розвитком числових методів уможливорюються складні інженерні та наукові розрахунки і статистична обробка величезних масивів даних. Серед методів математичного моделювання на особливу увагу заслуговує метод Монте-Карло, що з’явився у 1949 р., коли була опублікована стаття Метрополіса та Улама “Метод Монте-Карло”. Основна ідея методу, на перший погляд, парадоксальна і вражає – вона полягає у використанні ймовірностей для розв’язання таких задач (зокрема, і математичних), що за своєю

природою можуть не мати зовсім нічого спільного з випадковими величинами (зазвичай сучасна наука прагне математизувати речі, які не надто піддаються формальному опису та максимально звести залежності до аналітичного вигляду, а ось розв'язувати строгі математичні задачі з позиції ймовірностей – це революційно).

Метод Монте-Карло оперує з випадковими величинами. Способи генерації випадкових чисел пройшли складну еволюцію. Вершиною розвитку сьогодні є програмні реалізації складних алгоритмів (“генератори псевдовипадкових чисел”). Історично першим механізмом для генерації випадкових чисел дотепні вчені називають ...шапку (в яку поміщають скручені папірці з записаними на них числами, щоб їх можна було витягнути “наосліп”). Проте найвідомішим генератором випадкових чисел залишається рулетка, а найтиповішою асоціацією з рулетками є місто Монте-Карло, що і породило назву сім’ї наукових методів математичного моделювання [W. M. C. Foulkes, L. Mitas, R. J. Needs and G. Rajagopal Quantum Monte Carlo simulations of solids, — Reviews of Modern Physics 73 (2001) 33].

Ось простий приклад застосування ймовірностей для знаходження площі деякої області складної форми. Звісно, площу можна шукати як визначений інтеграл деякої функції. Але ж аналітичну функцію з заданим графіком підібрати нелегко або ж нелегко знайти інтеграл? І тоді застосовується такий підхід: площу оточують прямокутником (його площу знайти просто) та “кидають” точки всередину цього прямокутника випадковим способом. Відношення точок, що потрапили в область, площу якої необхідно знайти, до загальної кількості “кинутих” точок з певною точністю характеризує відношення шуканої площі до площі прямокутника. Точність залежатиме від кількості “кинутих” точок (чим більша кількість, тим кращий результат) та від закону розподілу цих точок (потрібно, щоб вони насправді розміщалися випадково та рівномірно). Очевидно, що метод Монте-Карло ідеально підходить для оцінювання випадкових похибок. Наприклад, якщо обчислювана величина залежить від сотні вимірюваних величин, то достатньо за допомогою ЕОМ n -разів “провести експеримент”, генератором псевдовипадкових чисел імітувавши допустимі похибки вимірюваних величин, а тоді статистичними методами визначити це відхилення реальної величини від номінальної, що відзначатиметься на практиці. Одержана за лічені секунди оцінка похибки характеризується високою точністю і заміняє копіткі фізичні вимірювання, виконання яких могло б зайняти години та дні.

Результати моделювання можуть бути успішними лише тоді, коли математична модель адекватно описує досліджувані фізичні процеси та явища. Доведення ефективності аналітичних моделей та одержання результатів у символічному поданні вимагає від дослідника значних інтелектуальних зусиль, витрат часу, досвіду та натхнення. І тоді може знадобитись такий підхід: взяти один чи більше наборів абсолютно випадково згенерованих вхідних даних та на них перевірити адекватність математичної моделі. Якщо частинний приклад не спростовує адекватності моделі, то цей факт з наукового погляду некоректно вважати доказом ефективності моделі, навіть за умови достатньо великої кількості використаних наборів тестових даних, але він вказує на те, що витрата зусиль на аналітичне доведення з високою ймовірністю буде результативною. Зате якщо хоч один набір випадкових тестових даних спростовує адекватність моделі, дослідник має відмовитися від цієї моделі та шукати інші шляхи розв’язання.

Отже, завдяки застосуванню числових методів та генераторів псевдовипадкових величин у сучасній обчислювальній техніці можна швидко встановити хибність роздумів дослідника, а відтак і наблизити його до істини. На практиці встановлено, що використання ймовірнісного підходу та моделювання в електроніці є результативним способом одержання нових знань. Надійно продумані та перевірені математичні моделі доцільно випробувати експериментом, якщо це можливо.

Як підсумок, можна зазначити, що моделювання в електроніці, хоч йому і не властива абсолютна істинність, є економічно виправданим, оскільки запобігає невдалому експерименту. Якщо ж кінцеві позитивні результати моделювання додатково перевіряються експериментом, то в такому разі одержуємо такі самі істинні знання, як за експериментальним методом, але зберігши час, трудові ресурси та дорогі матеріали.