

## Передмова

Відомо, що статистичні методи є одним із прогресивних напрямів комп'ютерного моделювання функціонування складних систем. Вони поєднують числові методи розв'язування математичних задач, у яких шукані величини являють собою ймовірнісні характеристики якого-небудь випадкового явища, що наближено визначають методом статистичного опрацювання математичної моделі. Метод статистичного моделювання почав інтенсивно розвиватися у кінці 60-х років, коли широко впроваджувались і використовувались складні технічні системи в найрізноманітніших галузях людської діяльності (космос, транспорт, біологія, медицина, економіка, нові технології та виробництва тощо).

Розвиток методології статистичного аналізу стимулював вихід за межі соціально-економічних явищ завдяки працям Гальтона, Пірсона і Фішера. Якщо спершу статистичний метод повністю ототожнювався з індуктивним, то надалі, поєднавши його з дедукцією, заклали основи стохастичної теорії статистичного моделювання. Саме у працях Пірсона розроблено методологію дослідження закономірностей розподілів випадкових величин, найпопулярнішим серед яких став нормальний (гауссівський) розподіл. Для перевірки гіпотез почали використовувати критерії Пірсона, Фішера та Стьюдента, які пізніше стали базовими принципами статистики.

Метод прикладної статистики розроблено в працях Колмогорова і Смірнова. Вони запропонували статистичні критерії, основані на використанні різниці між емпіричною і теоретичною функціями розподілу, домноженої на корінь квадратний з обсягу вибірки. Згодом Вілконсон запропонував критерій зіставлення показників, одержаних за однією вибіркою, але у різних умовах. Тому одним із завдань прикладної статистики є оцінювання за вибірковими даними характеристик генеральної сукупності, таких як математичне очікування, медіана, дисперсія, середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт варіації. Статистичні підходи почали широко застосовувати з прогресом комп'ютерної математики та стрімким розвитком прикладних програмних продуктів – MS Excel, Statistica, SPSS, SAS, MathLab, MathCAD тощо. Вони

дають змогу здійснювати широкий спектр моделювань за допомогою диференціальних та інтегральних рівнянь; матричних обчислень; методів статистичного аналізу та багатьох інших. Сьогодні виконання лабораторних робіт у комп'ютерному класі стало стандартом навчання у технічному ВНЗ.

Розроблено спектр навчально-методичних курсів із застосуванням комп'ютерних та інформаційних технологій. Можна також стверджувати, що навчальні технології поєднують інтегральні ознаки застосування передових досягнень суміжних дисциплін. Однак наявність потужних обчислювальних засобів дещо знизил вимоги до фундаментальної підготовки зі статистичного моделювання. Через неналежне вивчення їхніх основ у дослідників виникають ілюзії щодо простоти застосування пакетів прикладних програм, що може привести до неправильних або необґрунтованих кінцевих результатів. Тому досягнення високого рівня навичок з практики статистичного моделювання, передовсім природничих процесів, повинно базуватися на фундаментальних поняттях фізики, хімії та обчислювальної математики разом з основами математичної статистики.

Специфіка комп'ютерного аналізу даних майже завжди полягає у наявності випадкового фактора, оскільки експеримент супроводжується шумами і похибками вимірювань. Тому відповідні обчислювальні методи прямо пов'язані з методами теорії ймовірностей та математичної статистики. Типовим об'єктом комп'ютерного моделювання є вибірка деякого випадкового процесу  $y(x)$  як сукупність пар чисел  $(x_i, y_i)$ , у вигляді дискретної  $y(x_i)$  або неперервної  $f(x)$  функції. Якщо задавати  $f(x)$  так, щоб її графік проходив через усі точки  $(x_i, y_i)$ , тобто  $f(x_i) = y_i$ , то це так звана інтерполяція даних функцією  $f(x)$  всередині між крайніми точками, або екстраполяція за межами інтервалу, що містить точки  $x_i$ . Можна подати функцію  $f(x)$  як аналітичну залежність, до  $y(x_i)$ , причому графік  $f(x)$  не обов'язково має проходити через точки  $(x_i, y_i)$  – це задача на предмет регресії. Якщо зі складнішої залежності виділити простіші, то йтиметься про так звану фільтрацію, частковим випадком якої є згладжування.

Перераховані підходи належать до методів статистичного опрацювання експериментальних результатів. Окремою гілкою статистичного моделювання є імітація випадкових процесів та випадкових величин, якими їх описують. Класичним методом цього моделювання є метод Монте-Карло, в основу якого покладено генерування випадкових чисел. Сьогодні метод Монте-Карло широко застосовується для моделювання задач, пов'язаних зі статистичними процесами в ядерних реакторах, турбулентними явищами в атмосфері, перенесенням електромагнітного випромінювання неоднорідними середовищами, процесами газової динаміки, задач фінансової математики, потоків масового обслуговування, виробничих і комп'ютерних мереж тощо. Методи Монте-Карло – це числові методи розв'язування систем алгебраїчних, диференційних та інтегральних рівнянь і пряме статистичне моделювання фізичних, хімічних, біологічних, економічних соціальних тощо процесів за допомогою генерування і перетворення випадкових чисел.

Отже, метод статистичного моделювання оснований на імітації досліджуваних явищ і процесів на ЕОМ за допомогою теоретичних залежностей з прямим моделюванням факторів, що впливають на хід явищ та процесів, випадкових факторів і на статистичне опрацювання одержуваних результатів. Метод статистичного моделювання виявився вдалим для розв'язування задач, не пов'язаних з теорією ймовірностей, та задач, ймовірнісними характеристиками яких є шукані величини завдяки розіграшу випадкових величин із заданим законом розподілу та випадкових подій із заданими ймовірностями. Універсальність застосування методів статистичного моделювання в різних народногосподарських сферах визначила основне завдання курсу – набуття магістрами базових навичок практичного опрацювання результатів, зокрема засобами програмування в пакеті прикладних програм MatCAD та закріпити їх, самостійно реалізувавши в лабораторному практикумі. Не заперечуючи широке використання для статистичного моделювання інших пакетів прикладних програм, вибрано MatCAD тому, що він побудований відповідно до принципу WYSIWYG (“What You See Is What You Get” – “що ви бачите, то і отримаєте”), простий у використанні, зокрема тому, що не потрібно спершу писати програму, а потім запускати її на виконання. Завдяки

простоті налагодження алгоритмів MatCAD активно впроваджується в навчальний процес.

Запропонований навчальний посібник складається з чотирьох розділів та переліку літератури. Перший – довідкового характеру з теорії ймовірностей. У другому розглянено основні способи генерування псевдовипадкових чисел та критерії перевірки їхньої якості, що важливо для прикладного статистичного моделювання. Теоретичні основи статистичного дослідження вибірки генеральної сукупності викладено в третьому розділі. В цьому розділі також висвітлено статистичне моделювання фізичних систем, ентропійний зміст статистичної вибірки, статистичне моделювання випадковими комплексними змінними та застосування статистичного моделювання у сучасних технологіях мікро- і нанoeлектромеханічних систем. Фундаментальні положення теоретичних основ ймовірностей та математичної статистики розглянено у багатьох підручниках і навчальних посібниках [1–6]. Четвертий розділ присвячений загальним основам імітаційного моделювання випадкових процесів у фізико-технічних системах, марковських процесів та простих потоків масового обслуговування. У кінці кожного розділу наведено задачі, розв’язані методами аналітичного і комп’ютерного моделювання. В додатку стисло викладено основні можливості MatCAD стосовно матеріалу посібника та подано основні довідкові таблиці значень основних функцій у статистиці.

Автори схильні до думки, що зміст спецкурсу “Статистичне моделювання” повинен відображати напрям предметної підготовки фахівців інженерних спеціальностей із комп’ютерного та інформаційного проектування мікроелектронних пристроїв ВНЗ III–IV рівня акредитації з урахуванням вимог сучасного рівня розвитку оптоелектронних мікро- і наносистем опрацювання інформації. Причому незаперечним залишається те, що кваліфіковану підготовку магістр може отримати лише тоді, коли одночасно опрацюватиме іншу навчально-методичну та наукову літературу, значну частину якої рекомендовано в списку літератури, хоч насправді кількість джерел набагато більша.

Зауваження і пропозиції щодо покращення рукопису просимо надсилати за адресою: 79053 Львів-53 а/с 4544 та [petkosob@polynet.lviv.ua](mailto:petkosob@polynet.lviv.ua).

*Автори*