

УДК 004.9

О.К. Жигаревич

Луцький національний технічний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ ЗАСОБАМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

*Жигаревич О.К. Дослідження складних систем засобами імітаційного моделювання. В статті розглядаються питання становлення імітаційного моделювання в Україні. Досліджуються напрямки в області імітаційного моделювання. Описуються переваги використання імітаційного моделювання при побудові моделей.*

**Ключові слова:** моделювання, аналітичні методи, імітаційне моделювання, моделювання системи, концептуальна модель.

*Жигаревич О.К. Исследование сложных систем средствами имитационного моделирования. В статье рассматриваются вопросы становления имитационного моделирования в Украине. Исследуются направления в области имитационного моделирования. Описываются преимущества использования имитационного моделирования при построении моделей.*

**Ключевые слова:** моделирование, аналитические методы, имитационное моделирование, моделирование системы, концептуальная модель.

*Zhyharevych O.K. The study of complex systems by means of simulation. This paper deals with the establishment of simulation modeling in Ukraine. Researched areas in the field of simulation. Describe the benefits of using simulation modeling for building models.*

**Keywords:** modeling, analytical methods, simulation, modeling systems, conceptual model.

**Постановка проблеми.** Управління в сучасному світі стає все більш важкою справою, оскільки організаційна структура суспільства постійно ускладнюється. Ця складність пояснюється характером взаємних відносин між різними елементами організацій і фізичними системами, з якими вони взаємодіють. Хоча ця складність існувала давно, лише тільки зараз ми розуміємо її значення. Очевидно те, що зміна однієї з характеристик системи може легко привести до змін, або навіть створити проблему в інших частинах системи.

У зв'язку з цим одним з найбільш важливих і корисних засобів аналізу складних процесів і систем стало імітаційне моделювання. Імітувати, згідно словнику Вебстера, означає "уявити, проаналізувати зміст явища, не проводячи експериментів на реальному об'єкті". [1]

"Імітаційне моделювання", як інструментарій дослідження складних систем, наведене в монографії відомого американського фахівця Р. Шеннона "Імітаційне моделювання систем - мистецтво і наука": "імітаційне моделювання є експериментальною і прикладною методологією, яка передбачає наступні етапи становлення:

- опис поведінки системи;
- побудова теорії і гіпотези, які можуть пояснити спостережувану поведінку;
- використання цієї теорії для прогнозу майбутньої поведінки і оцінки (в рамках обмежень, що накладаються деяким критерієм або сукупністю критеріїв) різних стратегій, що забезпечують функціонування даної системи".

З погляду комп'ютерної реалізації імітаційне моделювання - це комплексний метод дослідження складних систем на ЕОМ, що включає побудову концептуальних, математичних і програмних моделей, виконання широкого спектру цілеспрямованих імітаційних експериментів, обробку і інтерпретацію результатів цих експериментів.

**Аналіз попередніх досліджень і публікацій.** Методологічною основою для розвитку імітаційного моделювання на Україні є роботи Бусленко Н.П., Глушкова В.М., Моїсеєва Н.Н., Марчука Т.И., Коваленко І.Н. Слід відмітити, що в минулому склалися чотири школи в області імітаційного моделювання.

Московська – Моїсеєв Н.Н., Емельянов С.В., Калашников В.В., Андріанов А.Н., Бичков С.П., Хорошилов А.І., Черненко В.М., Лутков В.І., Бусленко В.Н., Рівес Н.Я., - на чолі з Н.П. Бусленко.

Ленінградська - Фомін Б.Ф., Аврамчук Е.Ф. - на чолі з член-кореспондентом Вавіловим А.А..

Новосибірська – Нечипоренко М.И., Чинін Г.Д., Окольнішніков В.В., очолювана академіком Марчуком Г.І.

Київська - Т.П. Мар'янович, В.В. Літвінов, И.Н. Коваленко, Л.А. Калініченко, В.В. Гусев, Жук К.Д., Яровицький Н.В., Бакаєв А.А., А.И. Нікітін на чолі з академіком СРСР Глушковим В.М.

Вказані школи не мали офіційного статусу, але їх керівники мали високий науковий авторитет і публікації основоположних робіт з питань комп'ютерного імітаційного моделювання, а їх учні очолили наукові колективи, які виконали і продовжують виконувати великий об'єм досліджень по наступних традиційних напрямках в області імітаційного моделювання:

- розвиток методології, методів і технологій моделювання;
- розробка засобів і систем моделювання на базі універсальних алгоритмічних мов моделювання;
- розробка пакетів моделювання широкого призначення;
- розробка проблемно-орієнтованих пакетів моделювання.

Представники Київської школи імітаційного моделювання на чолі з академіком Глушковим В.М. вели розробки і дослідження по всіх вказаних напрямках в області імітаційного моделювання. Інститут кібернетики є першим в області розробки методів і засобів імітаційного моделювання на основі мов моделювання високого рівня для вітчизняних ЕОМ всіх поколінь.

Природно, що творці засобів і систем імітаційного моделювання в Україні використовували в міру можливості зарубіжний досвід розробки таких систем.

Історія становлення і розвитку імітаційного моделювання в Україні пов'язана з відповідними етапами в світовій практиці в даній області.

Визначальними чинниками в історії імітаційного моделювання були генерації мов моделювання. Проте впродовж більш, ніж 30-річній історії змінювалися концепції, парадигми програмування, платформи, що вплинуло на специфіку відповідних етапів.

Відомі фахівці в області імітаційного моделювання Р. Ненсі і Ф.Ківіат в своїх роботах визначали декілька етапів в практиці розвитку імітаційного моделювання.[1]

Імітаційне моделювання є дуже широким і недостатньо чітко визначеним поняттям, що має дуже велике значення для людей, відповідальних за створення і функціонування практично будь-яких систем. Разом з тим, сама ідея імітаційного моделювання проста і в той же час складна. Вона дає можливість експериментувати з системами (що існують або запропонованими) в тих випадках, коли робити це на реальному об'єкті практично неможливо або недоцільно. Кожен сучасний керівник, якщо хоче отримати максимальну ефективність роботи свого підприємства, повинен періодично звертатися до методів імітаційного моделювання, тому що вони є найбільш універсальними методами дослідження систем.

При імітаційному моделюванні динамічні процеси - системи-оригіналу замінюються процесами, імітованими в абстрактній моделі, але з дотриманням основних правил (режимів, алгоритмів) функціонування оригіналу. В процесі імітації фіксуються певні події і стани або вимірюються вихідні дії, по яких обчислюються характеристики якості функціонування системи.

Імітаційне моделювання дозволяє розглядати процеси, що відбуваються в системі, практично на будь-якому рівні деталізації. При цьому в імітаційній моделі можна реалізувати практично будь-який алгоритм управлінської діяльності або поведінки системи. Крім того, моделі, які допускають дослідження аналітичними методами, також можуть бути проаналізовані імітаційними методами. Отже імітаційні методи моделювання в даний час є основними методами дослідження складних систем.

Переваги імітаційного моделювання.[2]

Всі імітаційні моделі є моделі типу так званого чорного ящика. Це означає, що вони забезпечують видачу вихідних параметрів системи, якщо на її взаємодіючі підсистеми поступають вхідні дії. Тому для отримання необхідної інформації або результатів слід здійснити "прогін" (реалізацію, "репетицію") моделей, а не "вирішувати" їх. Імітаційні моделі не здатні формувати своє власне рішення в тому вигляді, в якому це має місце в аналітичних моделях, а можуть лише служити як засіб для аналізу поведінки системи в умовах, які визначаються експериментатором. Цей недолік, насправді є головною перевагою імітаційного моделювання, адже доцільність застосування імітаційного моделювання стає очевидним за наявності будь-якої з наступних умов:

- не існує закінченої математичної постановки завдання, або ще не розроблені аналітичні методи рішення сформульованої математичної моделі;
- аналітичні методи є, але математичні процедури такі складні і трудомісткі, що імітаційне моделювання дає більш простий спосіб рішення задачі;
- крім оцінки певних параметрів, бажано здійснити на імітаційній моделі спостереження за процесом протягом деякого часу;
- імітаційне моделювання може виявитися єдиною можливістю внаслідок труднощів постановки експериментів і спостереження явищ в реальних умовах;
- для довготривалої дії систем або процесів може бути доцільно стиснення тимчасової шкали. Імітаційне моделювання дає можливість повністю контролювати час вивчення системи, оскільки явище може бути сповільнене або прискорене за бажанням.

У одній з своїх статей Маккіні пише: "Коли керівник досягає справжнього розуміння проблеми і починає вільно управляти своєю моделлю, він знаходить здатність бачити зміст своєї роботи з інших точок зору. Він хоче перевірити на моделі безліч альтернативних варіантів, щоб оцінити що відкрили йому нові можливості. Отже, він використовує модель для підвищення своєї майстерності управління, що дозволяє йому на новому рівні чітко встановити всі істотні наслідки змін, що вносяться до системи. Можливо, він міг би виконати це і на реальній системі, але через її складність це було б важко і практично нереально. Саме тому він звертається до моделі як до засобу оцінки своїх нових інтуїтивних припущень і висновків." [2]

Ідею імітаційного моделювання можуть використовувати, як керівники так і дослідники систем. Тому метод імітаційного моделювання в даний час прагнуть застосувати для вирішення практично кожного завдання, з яким доводиться зустрічатися на практиці. За результатами досліджень 1000 найбільших фірм США (їх перелік постійно приводиться в журналі Fortune) встановлено, що методами, які найчастіше використовуються при аналізі їх діяльності, є методи імітаційного моделювання (табл.1).

Таблиця 1. Методи, які найчастіше використовуються при аналізі діяльності підприємств

МЕТОДИ	Частота використання	Відсоток
Імітаційне моделювання	60	29
Лінійне програмування	43	21
Мережеві методи планування і управління	28	14
Теорія управління запасами	24	12
Нелінійне програмування	16	8
Динамічне програмування	8	4
Цілочисельне програмування	7	3
Теорія масового обслуговування	7	3
Інші	12	6

Дані табл.1 говорять про те, що не дивлячись на недостатню математичну точність, імітаційне моделювання є одним з найкращих кількісних методів, які використовують при вирішенні проблем управління.[3]

Вибір засобів моделювання. Програмні і технічні засоби моделювання вибираємо за наступними критеріями. Неодмінна умова при цьому - достатність і повнота засобів для реалізації концептуальної моделі. Серед інших критеріїв можна назвати доступність, простоту і легкість освоєння, швидкість і коректність створення програмної моделі. Якщо вибір технічних засобів не викликає особливих труднощів, то вибір програмних продуктів є складним.

В даний час відомо більше 500 мов моделювання. Така кількість мов частково обумовлена різноманітністю класів модельованих систем, цілей і методів моделювання. Проте бажання спростити і прискорити процес створення моделей приводить до реалізації ідеї автоматизації програмування імітаційних моделей. Створений ряд систем, відокремлює дослідника від програмування. Програма створюється автоматично по одній з формалізованих схем на підставі параметрів системи, зовнішніх дій і особливостей функціонування, що задаються дослідником. Це найбільш перспективний напрям розвитку засобів імітаційного моделювання. Успішність проведення робіт на перших трьох етапах моделювання створює умови для успішного виконання всіх подальших заходів.

Процес створення загальної схеми імітаційного моделювання.

Для моделювання необхідно створити модель і провести її дослідження. Перед створенням моделі потрібно конкретизувати мету моделювання. Після дослідження потрібно виконати обробку і аналіз результатів моделювання.

Процес створення моделей проходить декілька стадій, починається із вивчення (обстеження) реальної системи, її внутрішньої структури і змісту взаємозв'язків між її елементами, а також зовнішніх дій і закінчується розробкою моделі. У збільшеному плані імітаційного моделювання припускаємо наявність наступних етапів:

1. Розробка концептуальної моделі;
2. Підготовка початкових даних;
3. Вибір засобів моделювання;
4. Розробка програмної моделі;
5. Перевірка адекватності і коректування моделі;
6. Планування машинних експериментів;
7. Власне моделювання;
8. Аналіз результатів моделювання і ухвалення рішення.

Для однієї і тієї ж системи можна скласти безліч моделей. Вони можуть відрізнятися ступенем деталізації і обліку тих або інших особливостей і режимів функціонування, відображати певну сторону системи, орієнтуватися на дослідження певних її властивостей. Тому всі етапи імітаційного моделювання викладені і сформульовані у меті дослідження. Важливу роль відіграють перші три етапи. Концептуальна модель системи. Після визначення мети моделювання будується концептуальна модель досліджуваної системи.[4]

Концептуальна модель (змістовна модель) - це абстрактна модель, що визначає склад і структуру системи, властивості елементів і причинно-наслідкові зв'язки, властиві аналізованій системі, характерні для досягнення мети моделювання. У концептуальній моделі зазвичай в словесній формі приводяться відомості про природу і параметри (характеристиках) елементарних явищ досліджуваної системи, про вигляд і ступінь взаємодії між ними, про місце і значення кожного елементарного явища в загальному процесі функціонування системи.

Наступним кроком на шляху створення концептуальної моделі служить вибір рівня деталізації моделі (стратифікація). Модель системи представляється у вигляді сукупності частин (підсистем, елементів). В сукупність включаються всі частини, які забезпечують збереження цілісності системи, з одного боку, а з іншої - досягнення поставленої мети моделювання.

Надалі проводиться остаточна деталізація, локалізація (виділення системи з навколишнього середовища), структуризація (вказівка і загальний опис зв'язків між виділеними елементами системи), укрупнений опис динаміки функціонування системи і її можливих станів.

При створенні концептуальної моделі практично паралельно формується область початкових даних (інформаційний простір системи). На даному етапі виявляються кількісні характеристики (параметри) функціонування системи і її елементів, чисельні значення яких складуть початкові дані для моделювання.

Очевидно, що значна частина параметрів системи - це випадкові величини. Тому особливе значення при формуванні початкових даних мають вибір законів розподілу випадкових величин, апроксимація функцій і т.д.

Серед методів прикладного системного аналізу імітаційне моделювання є сучасним і ефективним інструментом дослідження складних систем, управління якими пов'язане з ухваленням рішень в умовах невизначеності. В порівнянні з іншими методами таке моделювання дозволяє розглядати велику кількість альтернатив, покращувати якість управлінських рішень і точніше прогнозувати їх наслідки.

Цими обставинами по суті і визначається та область людської діяльності, в якій імітаційне моделювання по праву займає гідне місце.

#### Література:

1. Томашевський В.М. Імітаційне моделювання систем і процесів. – К.: ІСДО, 350 с. – 2005.
2. McKenney J. L., Clinical Study of the Use of a Simulation Model, The Journal of Industrial Engineering, N1, Jan. 1987.
3. Jacobson I. Object-Oriented Software Engineering. – s.l.:ASM press., 2004. – 528с.
4. Mental Model Musings. <http://www.outsights.com/systems/welcome.htm>
5. "CyberBest is a fast growing privately held company that focuses on Software Development and Technical Staffing Services" <http://www.simulationinformation.com/>
6. [http://www.tbm.tudelft.nl/webstaf/edwinv/SimulationSoftware/Review\\_Simple.htm](http://www.tbm.tudelft.nl/webstaf/edwinv/SimulationSoftware/Review_Simple.htm)