

УДК 338

DOI: <https://doi.org/10.32782/business-navigator.75-36>

Грідін В.О.

слухач

*Інститут інформаційно-комунікаційних технологій та кібероборони
Національного університету оборони України*

Кулинич І.І.

старший науковий співробітник наукового дослідного відділу
розробки моделей операцій та бойових дій
Національний університет оборони України

Войтех К.Р.

старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії
розробки моделей видів забезпечення операцій та бойових дій
науково-дослідного відділу розробки моделей операцій та бойових дій
Національний університет оборони України

Hridin Volodymyr

Student

*Institute of Information and Communication Technologies and Cyber Defense
National Defence University of Ukraine*

Kulynych Ihor

Senior Researcher of the Scientific Research Department
for the Development of Models of Operations and Combat Operations
National Defence University of Ukraine

Voitek Kateryna

Senior Researcher of the Research Laboratory
for the Development of Models of Operations and Combat Support Types of the Research
Department of the Development of Operations and Combat Models
National Defence University of Ukraine

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

THE ESSENCE OF SIMULATION MODELING

У статті досліджено питання імітаційного моделювання складних систем, яке є актуальним для України через можливості допомогти зрозуміти та оптимізувати складні системи, підтримати рішення та стратегічне планування, стимулювати інновації та оптимізацію, а також адаптуватися до глобальних викликів, освіту та науку. Зазначено про те, що імітаційне моделювання, зокрема машинна імітація, широко використовується при дослідженні складних систем через ряд переваг. Ці переваги включають можливість швидко отримати інформацію на ранніх етапах попереднього проектування систем, дослідження умов, що не піддаються натурним експериментам, прогнозування поведінки системи, скорочення часу випробувань імітаційних моделей, отримання великого обсягу інформації про реальні процеси та вирішення завдань оптимізації економічних систем. Такий підхід дозволяє значно ефективніше вирішувати завдання, які часто неможливо або дуже важко виконати за допомогою інших методів дослідження.

Ключові слова: моделювання, складна система, імітація, машинна імітація, імітаційне моделювання.

The article examines simulation modeling of complex systems. Simulation modeling offers a means to replicate real-world processes in a controlled virtual environment, providing insights into system dynamics, interactions, and behaviors that may be difficult or impractical to observe directly. With the rapid advancement of computational technologies, simulation models have become increasingly sophisticated, allowing for more accurate and detailed representations of complex systems. In today's interconnected and rapidly changing world, decision-makers in business, healthcare, finance, environmental science, and many other sectors rely on simulation modeling to analyze scenarios, evaluate strategies, and make informed decisions. It serves as a valuable tool for forecasting outcomes, optimizing processes, and identifying potential risks and opportunities. Moreover, simulation modeling plays a crucial role in innovation and research by providing a platform for hypothesis testing, data analysis, and validation of theoretical concepts. It facilitates the exploration of new ideas, designs, and strategies in a risk-free virtual envi-

ronment before implementation in the real world. Additionally, the educational significance of simulation modeling cannot be overstated. It offers students and researchers a hands-on approach to learning complex concepts, enhancing their understanding and practical skills in various disciplines. By engaging with simulation models, learners can develop critical thinking, problem-solving, and analytical skills essential for success in today's competitive landscape. It is noted that simulation modeling, in particular machine simulation, is widely used in the study of complex systems due to a number of advantages. These advantages include the ability to quickly obtain information at the early stages of the preliminary design of systems, the study of conditions that are not amenable to full-scale experiments, the prediction of system behavior, the reduction of time for testing simulation models, the acquisition of a large amount of information about real processes, and the solution of optimization tasks of economic systems. This approach makes it possible to solve tasks that are often impossible or very difficult to perform with the help of other research methods.

Key words: simulation, complex system, simulation, machine simulation, simulation simulation.

Постановка проблеми. Імітаційне моделювання, також відоме як машинна імітація, представляє собою особливий підхід до проведення експериментів на електронних обчислювальних машинах з використанням математичних моделей. Ці моделі з певною ймовірністю відтворюють закономірності функціонування реальних систем і об'єктів.

Як інструмент для експериментального дослідження складних систем, імітаційне моделювання включає в себе методологію створення системних моделей, методи алгоритмізації, програмні засоби для реалізації імітаторів, планування та проведення комп'ютерних експериментів з використанням імітаційних моделей, а також обробку даних та аналіз результатів.

Імітаційне моделювання є ефективним методом системного аналізу, але варто відзначити, що це лише один інструмент для вирішення складних завдань. Важливо враховувати роль і значення інших видів моделювання, таких як фізичне, макетне, математичне (аналітичне), аналогове, а також ситуаційне моделювання, що включає в себе елементи імітаційних моделей.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблематиці сутності імітаційного моделювання складних систем були присвячені праці таких вчених як Кравець І.О., Кучеренко Є.І. та інших.

Кравець І. О. – автор навчального посібника "Імітаційне моделювання: навчальний посібник до виконання практичних робіт із дисциплін «Моделювання систем» та «Ситуаційні моделі». У цій роботі він систематизує та пояснює основні принципи імітаційного моделювання, які використовуються в практичних завданнях з дисциплін, пов'язаних з моделюванням систем і ситуацій.

Кучеренко Є.І. є автором навчального посібника з назвою «Сіткові моделі в задачах аналізу складних систем», який призначений для використання у вищих навчальних закладах. У своїй роботі він розглядає застосування сіткових моделей у складних системах і надає студентам необхідний теоретичний матеріал та методи аналізу для вивчення цієї теми.

Формулювання завдання дослідження. Мета статті є всебічне дослідження та аналіз імітаційного моделювання складних систем.

Вклад основного матеріалу дослідження. У традиційних імітаційних моделях для відтворення реальних подій використовують випадкові величини. При реалізації таких моделей на комп'ютері виникає потреба в точній генерації випадкових процесів. З цією метою застосовують різноманітні процедури генерації

випадкових величин, такі як машинні алгоритми, що представляють собою модифікації мультиплікативного конгруентного методу.

Застосування цих методів призводить до створення послідовностей випадкових чисел з рівномірним розподілом, які можуть послужити вихідною точкою для послідовностей випадкових величин, що підпорядковані іншим законам розподілу, за допомогою методів, таких як перетворення, композиція, пряма вибірка, компенсація і т.д.

Використання методу імітації для аналізу моделей економічних систем порівнюється із застосуванням традиційних аналітичних методів, таких як диференціальне і варіаційне числення, математичне програмування. Це обумовлено потребою в пошуку наукових знань щодо поведінки економічних систем, які часто є недоцільними або неможливими для експериментів у традиційному розумінні [1].

В ході спостережень за економічною системою може виявитися, що для аналітичного дослідження відсутня необхідна інформація. Однак цією недолікою може бути компенсовано шляхом побудови гіпотез про імовірність розподілу показників чи трендів за певний період часу на основі обмеженої інформації. Генеровані показники дозволяють аналізувати поведінку економічної системи на основі обраних гіпотез та їх імовірнісного розподілу, надаючи можливість проведення аналізу, навіть коли детальні спостереження системи відсутні.

Дослідження динамічних економічних систем, що діють у умовах невизначеності, представляє великий виклик. Створення математичної моделі та проведення експериментів можливі тільки за допомогою імітаційних методів, які дозволяють експериментально досліджувати внутрішні взаємодії у системі та вплив зовнішнього середовища на неї. Для визначення реакції системи на конкретні інформаційні та організаційні зміни до її моделі вносять відповідні зміни і вивчають їх вплив на поведінку системи. Спостереження та вивчення системи за допомогою моделі дозволяє глибше зрозуміти її та робити пропозиції щодо поліпшення структури та функціонування, що без використання імітаційних методів було б складно досягти.

Узагальненою концепцією «системи» ми розуміємо функціонально завершену групу елементів та їх взаємозв'язків, чії властивості відрізняються від суми характеристик окремих елементів, утворюючи їх. Функціональна завершеність вказує на здатність системи виконувати конкретні завдання або виконувати певну функцію.

Дослідження функціонування великих промислових комплексів із здійсненим автоматизованим управлінням, інформаційно-керуючих систем породжує концепцію складної системи [2]. Це призвело до виникнення численних математичних і технічних проблем, які останнім часом привертають увагу вчених.

При формальному підході до складних систем елемент розглядається як об'єкт, який не піддається подальшому розчленуванню на частини (в межах даного розгляду системи). Внутрішня структура елемента не є предметом дослідження. Лише ті властивості елемента є значущими, які визначають його взаємодію з іншими елементами системи або впливають на властивості системи в цілому.

– Будь-який набір елементів у даній системі може розглядатися як її підсистема, яка, зазвичай, представляє собою самостійну функціонуючу частину системи.

Ключові характеристики складних систем включають:

– Велика кількість елементів, які взаємодіють між собою, але не обов'язково взаємодіють безпосередньо.

– Складні функції, що виконуються системою, орієнтовані на досягнення конкретної мети функціонування.

– Можливість розбиття системи на підсистеми, при цьому ці підсистеми мають спільну мету функціонування всієї системи.

– Існування системи управління, часто із ієрархічною структурою, а також розгалуженої інформаційної мережі та інтенсивних потоків інформації.

– Взаємодія з зовнішнім середовищем та функціонування в умовах впливу випадкових факторів [3].

Класифікація реальних систем як «складних» чи «простих» має умовний характер і визначається завданнями їх дослідження. Система вважається складною, якщо властивості самої системи та характер завдань вимагають урахування великої кількості взаємно пов'язаних і взаємодіючих елементів, які виконують складні функції.

Для фахівців інформаційного профілю технічна система визначається як система, реалізована технічними засобами. Інформаційна система, у свою чергу, є технічною системою, спрямованою на обробку інформації або вплив на інформацію.

В телекомунікаціях основним терміном є «інформація». У загальному розумінні, інформація – це будь-яка сукупність відомостей про матеріальний світ. Однак у технічних додатках частіше використовується суб'єктивний підхід, де інформація – це сукупність відомостей, які суб'єкт отримує з проявів матеріального світу.

Суб'єктивний підхід полегшує розуміння поняття інформації в технічних задачах. Вводиться поняття інформаційного середовища, як частини матеріального світу, яка розглядається суб'єктом з точки зору вилучення необхідної інформації, а сам суб'єкт стає користувачем цього інформаційного середовища.

Системи зв'язку, які використовують електричні сигнали для передачі повідомлень, отримують назву електрозв'язку або телекомунікаційних систем. У подальшому тексті розглядатимуться саме такі системи [4].

У вузькому сенсі, зв'язок – це процес передачі повідомлення, а електрозв'язок (телекомунікації) – це сукупність пристроїв і умов, які використовуються для передачі повідомлень за допомогою електричних сигналів.

Прикладами складних телекомунікаційних систем є телефонна мережа міста, мобільна мережа оператора та мережа послуг Інтернет-провайдера. Термін «елемент системи» та розчленування на елементи виявляються відносними при розгляді складної системи, наприклад, мережі мобільного оператора [5].

Розділення складних систем на підсистеми полегшує розуміння та розрахунки. Наприклад, мережа Інтернет-провайдера складається з різних підсистем, таких як зовнішня телекомунікаційна система, зовнішня мережа доставки трафіку, мережа розподілу трафіку тощо [6].

Реальні складні системи функціонують в умовах великої кількості випадкових факторів, таких як вплив зовнішнього середовища та внутрішні помилки і шуми. Важливе значення мають випадкові коливання навантаження, які впливають на режими роботи системи. Урахування випадкових факторів є важливим при дослідженні та оптимізації складних систем.

Висновки. У висновку слід відзначити, що імітаційне моделювання, зокрема машинна імітація, широко використовується при дослідженні складних систем через ряд переваг.

Ці переваги включають можливість швидко отримати інформацію на ранніх етапах попереднього проектування систем, дослідження умов, що не піддаються натурним експериментам, прогнозування поведінки системи, скорочення часу випробувань імітаційних моделей, отримання великого обсягу інформації про реальні процеси та вирішення завдань оптимізації економічних систем.

Такий підхід дозволяє значно ефективніше вирішувати завдання, які часто неможливо або дуже важко виконати за допомогою інших методів дослідження.

Список використаних джерел:

1. Кравець І.О. Імітаційне моделювання: навчальний посібник до виконання практичних робіт із дисциплін «Моделювання систем» та «Ситуаційні моделі». Миколаїв : В ид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2010. 108 с.
2. Творошенко І.С. Конспект лекцій з дисципліни «Основи моделювання складних систем» (для студентів 2 курсу заочної форми навчання напряму підготовки 6.080101. Геодезія, картографія та землеустрій). Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 67 с.
3. Кучеренко Є.І. Сіткові моделі в задачах аналізу складних систем : навч. посібник для вузів. Харків : ХТУРЕ, 1999. 99 с.
4. Неруш В.Б., Курдеча В.В. Імітаційне моделювання систем та процесів : Електронне навчальне видання. Конспект лекцій. Київ : НН ІТС НТУУ «КПІ», 2012. 115 с.
5. Велика О.Т., Ляковська С.Є., Смотров О.О., Бойко М.В. Імітаційне моделювання технологічного процесу виготовлення виробів у середовищі FlexSim. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2021. Т. 31. С. 108–113.
6. L'Ecuyer P. Good Parameter Sets for Combined Multiple Recursive Random Number Generators. *Operations Research*. 1999. Vol. 47. No. 1. P. 159–164.

References:

1. Kravets I. O. (2010) Simulation modeling: a tutorial for practical work in the disciplines "System Modeling" and "Situational Models". Mykolaiv: Type of ChSU named after Peter's Mohyla, 108 p.
2. Tvoroshenko I. S. (2015) Outline of lectures on the discipline "Fundamentals of modeling of complex systems" (for students of the 2nd year of the correspondence form of training in the field of training 6.080101. Geodesy, cartography and land management). Kharkiv. national city university farm named after O. M. Beketova. Kharkiv: XNUMG named after O. M. Beketova, 67 p.
3. Kucherenko E. I. (1999) Grid models in problems of analysis of complex systems: ed. a guide for universities. Kharkiv: Khture, 99 p.
4. Nerush V. B., Kurdecha V. V. (2012) Simulation modeling of systems and processes: Electronic educational edition. Synopsis of lectures. Kyiv: NN ITS NTUU "KPI", 115 p.
5. Velyka O. T., Lyaskovska S. E., Smotr O. O., Boyko M. V. (2021) Simulation modeling of the manufacturing process of products in the FlexSim environment. *Scientific bulletin of NLTU of Ukraine*, vol. 31, pp. 108–113.
6. L'Ecuyer P. (1999) Good Parameter Sets for Combined Multiple Recursive Random Number Generators. *Operations Research*, vol. 47, no. 1, pp. 159–164.