

Дмитро Жерліцин

Доктор економічних наук, доцент, професор кафедри економічної кібернетики
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ
ORCID: 0000-0002-2331-8690
dzherlitsyn@gmail.com

НАПРЯМИ ЗАСТОСУВАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ

Анотація. Визначено особливості застосування інструментів імітаційного моделювання для управління складними соціально-економічними системами. Проведено класифікацію сучасних підходів до імітаційного моделювання економічних систем. Визначено переваги та недоліки у використанні різних підходів щодо імітаційного моделювання соціально-економічних систем. Уточнено сферу застосування інструментів системно-динамічного та агентного моделювання у вирішенні практичних проблем мікро- та макроекономічного розвитку. Здійснено порівняльний аналіз програмних та інструментальних засобів імітаційного моделювання.

Ключові слова: імітаційне моделювання, соціально-економічна система, системна динаміка, агентне моделювання

Одним із універсальних методів підтримки прийняття управлінських рішень для економічних систем різної природи є метод імітаційного моделювання, що поєднують у собі переваги інструменти побудови автоматизованих моделей реальних економічних процесів з можливістю оцінити результати виявлених причинно-наслідкові зв'язки у динаміці. Виокремлюються три ключові різновиду імітаційних моделей [1; 2; 3; 4]: дискретно-подієві; системно-динамічні; агентні.

Дискретно-подієві моделі здебільше зорієнтовані на визначення вузьких місць у ланцюгах постачань та пов'язаних логістичних системах. Сутність дискретно-подієвих моделей полягає у формалізацію основної події системи, що досліджується [3]. Класичні приклади таких систем, це системи «очікування», «обробки замовлень», «руху вантажів», «розвантаження», «перевантаження» тощо. Цей вид моделювання більш за все підходить для моделювання процесів основної діяльності промислових, агро-промислових, торговельних, транспортних підприємств, зокрема, для оцінки ефективності вантажно-розвантажувальних робіт, послуг складування тощо.

Метод агентного імітаційного моделювання використовується для дослідження децентралізованих систем, динаміка функціонування яких визначається не глобальними правилами і законами, а навпаки, коли ці глобальні правила і закони є результатом індивідуальної активності членів групи. Мета агентних моделей – отримати уявлення щодо цих глобальних правил, загальної поведінки досліджуваної системи, виходячи з припущень щодо індивідуальної, приватної поведінки її окремих активних об'єктів і взаємодію цих об'єктів у системі. Агент може представляти: компанію на ринку, покупця, проект, ідею, транспортний засіб, контрагента або конкурента тощо [2; 5]. У межах управління мікроекономічними системами агентні імітаційні моделі дочерно застосовувати під час прогнозування поведінки щодо залучення клієнтів та роботи з контрагентами. На сучасному етапі вказані моделі не набули широкого поширення як у вітчизняній, так і у світовій практиці, але мають значний потенціал розвитку.

Метод системної динаміки став універсальним при дослідженні поведінки складних динамічних систем, які важко формалізуються, та систем, динаміка яких визначається переважно зворотними зв'язками. Системна динаміка є сукупністю принципів і методів аналізу динамічних систем із зворотним зв'язком та їх застосування для вирішення виробничих, організаційних і соціально-економічних завдань. Ключовими перевагами моделей системної динаміки є можливість формалізувати та

досліджувати слабкоформалізуємі події та процеси, коли відсутня можливість застосування чітких аналітичних методів або їх трудомісткість перевищує економічний ефект від їх застосування; динамічне комп'ютерне моделювання надає простий та наочний інструмент дослідження поведінки системи та виявлення можливих проблем у її функціонуванні; забезпечується можливість моделювання поведінки систем в ситуаціях, які раніше не зустрічалися але є ймовірними з урахуванням визначених причинно-наслідкових зв'язків; з'являється можливість генерувати нові завдання на базі результатів реалізації імітаційних експериментів, попередньої перевірки нових стратегічних орієнтирів перед їх впровадженням у практичну діяльність тощо [4].

Залежно від типу економічних задач, які необхідно розв'язати методами імітаційного моделювання, може бути доцільним застосування будь-якого із запропонованих вище підходів. Проте вказані моделі мають специфічні сфери застосування. Так, системно-динамічне та дискретно-подієве моделювання розглядають систему зверху – вниз; на відміну від агентного моделювання – це підхід знизу-вгору, оскільки у цьому випадку основна увага приділяється поведінці індивідуальних об'єктів. Дискретно-подієвий підхід використовується в основному на операційному та тактичному рівнях. Системно-динамічне моделі передбачають більш високий рівень абстракції, що у значній мірі притаманно процесам управління укрупненими макроекономічними процесами, динамікою фінансово-господарською діяльністю підприємств тощо.

Завдяки створенню об'єктно-орієнтованих та мультипарадигмальних високорівневих мов програмування стало можливим створювати досить складні імітаційні моделі. Наприклад значного поширення набули інструменти високорівневих мов програмування моделювання Java, Python, R для постановки економічних задач та їх моделювання. Проте, широкий розвиток саме системно-динамічного підходу пов'язано з розробкою специфічних, орієнтованих на користувача нетехнічних спеціальностей, програмних продуктів. До таких відносяться пакети прикладних програм для системно-динамічного моделювання iThink та Stella, PowerSim та VenSim, а також універсальний мультипарадигмальний продукт – AnyLogic. Саме мультипарадигмальний продукт AnyLogic поєднує у собі переваги кожного з підходів до імітаційного моделювання та можливості мови програмування Java.

ПОСИЛАННЯ

- [1] B. K. Bala, F. M. Arshad, and K. M. Noh, "System Dynamics Modelling and Simulation Introduction," in *System Dynamics: Modelling and Simulation*, (Springer Texts in Business and Economics. Singapore: Springer-Verlag Singapore Pte Ltd, 2017, pp. 3-14.
- [2] R. Bookstaber, "Agent-Based Models for Financial Crises," in *Annual Review of Financial Economics*, Vol 9, vol. 9, A. W. Lo and R. C. Merton Eds., (Annual Review of Financial Economics. Palo Alto: Annual Reviews, 2017, pp. 85-100.
- [3] A. Borshchev, "Multi-method modelling: AnyLogic," in *Discrete-Event Simulation and System Dynamics for Management Decision Making*, S. Brailsford, L. Churilov, and B. Dangerfield Eds., (Wiley Series in Operations Research and Management Science. Oxford: Blackwell Science Publ, 2014, pp. 248-279.
- [4] M. O., Kuzheliev, D. M., Zherlitsyn and M. O., Zhytar. "FORMALIZATION OF DYNAMIC RELATIONS BETWEEN ENTERPRISE FINANCIAL INDICATORS," *Practical Science Edition "Independent Auditor"*, Article vol. 2, no. 16, pp. 18-26, 2016.
- [5] S. F. Wu, S. Y. Wei, J. L. Zhang, and U. Alfred, "A multi-agent-based workflow model for virtual enterprise," (in English), *Sixth Wuhan International Conference on E-Business*, Vols 1-4: MANAGEMENT CHALLENGES IN A GLOBAL WORLD, Proceedings Paper pp. 931-934, 2007.