

ЗАСТОСУВАННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ЕКОНОМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Картава М.В., науковий керівник к.ф.-м.н., доцент Коваль Т. В.

Для досягнення успіху в роботі з будь-якою системою потрібно вивчити її поведінку. Те, як вона реагує на різнотипні внутрішні та зовнішні чинники, формує будову подальших заходів, спрямованих на необхідну видозміну їхнього впливу (тобто підсилення або мінімізацію). Відгук системи на ці зміни, в свою чергу, стає фундаментом для наступних впроваджень, тому дослідники працюють, постійно навчаючись на основі реакції та стану аналізованого середовища.

Обмеженість ресурсів, ринкова конкуренція та глобальні проблеми змушують всі складові національної економіки шукати оптимальні рішення для підтримки своєї дієздатності. Підприємства, компанії та уряди розроблюють стратегії, призначені для адаптації під умови, що постають перед ними, водночас намагаючись зберегти достатній рівень фінансового забезпечення та прибутковості. Після пандемії COVID-19 у 2020-му році та початку повномасштабного вторгнення у 2022-му році це набуло критичної актуальності для кожного, хто задіяний в економіці України.

У цих умовах вибір спиратися лише на дані, що вже були отримані з поточної та реальної системи, часто не дасть найкорисніший результат і не врахує всі можливості розвитку середовища. З емпіричних досліджень можна отримати лише частину інформації про конкретний варіант ходу роботи системи, а її ресурси (фінансові, матеріальні та людські) щоразу ставляться під ризик різної величини, який потенційно може завдати їй шкоди, інколи - непоправної. До того ж, вплив деяких заходів можна розпізнати лише через тривалий час, і не завідомо допустити прийняття шкідливого рішення може стати "бомбою сповільненої дії". Також у реальних системах часто неможливо допустити зміну лише конкретних потрібних факторів, що значно ускладнює аналіз зміненої системи і потенційно може викривити висновки про наслідки впроваджень.

Уникнути виникнення цих питань можна через створення моделі, що функціонує так, як би це робила реальна система, та даючи простір випробовувати її без ризиків для оригінальної. У цьому полягає суть імітаційного моделювання, яке зосереджене на експериментальному вивченні моделі, яка наслідує (звідси в назві "імітаційне", від лат. *imitatio* - наслідування) реальні процеси. Воно охоплює методологію власне побудови моделей, способи їхньої програмної реалізації та алгоритмізації. [1]

Роботу складної системи, на основі якої створюється модель, можна описати зміною її станів у n -вимірному просторі сукупності змінних $Z_1(t), Z_2(t), \dots, Z_n(t)$. Метою імітаційного моделювання (далі - ІМ) є побудова траєкторії цієї системи та обчислення показників, що характеризують її на основі вихідних сигналів. У методології побудови розглядаються два основні принципи створення моделі процесу роботи - принцип Δt і принцип δz .

За принципом Δt система аналізується з фіксованим кроком часу, тобто Δt . Знаючи значення на попередньому, можна обчислити наступний стан. Він є дієвим для широкого класу задач, але потребує значних обчислювальних ресурсів. Якщо вони обмежені, а події трапляються нерегулярно, краще застосувати принцип δz , або принцип особливих станів. За ним система матиме два стани - звичайний та особливий відповідно. У звичайному, в якому система знаходиться протягом більшого часу, значення $Z_i(t)$ ($i=1\dots n$) змінюються плавно. Перехід у особливий відбувається лише тоді, коли трапляються значні зміни, час між якими випадковий, і в ці моменти стан системи змінюється стрибкоподібно. Це ефективніше для використання там, де зміни трапляються нерегулярно - наприклад, системи масового обслуговування: особливі

стани з'являються в моменти надходження заявок, звільнення каналів тощо. На практиці комбінують обидва підходи для досягнення більшої точності та ефективності.

В економічних дослідженнях ІМ найчастіше використовується для вивчення об'єктів системи, які є **виробничими** (продуктивність, використання ресурсів, якість і час виробництва) або **фінансовими** (обсяг прибутку, рівень ризику та стійкості установи, грошові потоки, розмір інвестицій, витрати та ефективність), але не обмежуючись ними - ІМ важливе для установ із різною спеціалізацією, із яких його особливо часто використовують логістичні, торгівельні, енергетичні та телекомунікаційні підприємства. [2]

Для реалізації алгоритмів ІМ у програмному вигляді використовується широкий вибір ПЗ, який дає достовірно відтворити систему через врахування ключових її особливостей. Найбільший функціонал для ІМ в економічних дослідженнях зокрема мають MATLAB, Simul8, SPSS і Powersim Studio. **MATLAB** є розвиненим середовищем для моделювання та візуалізації, яке має власну мову програмування. **Simul8** є додатком для моделювання, який орієнтований на оптимізацію потоків роботи та ресурсів. **SPSS** є статистичним пакетом для аналізу даних, який часто застосовується для ринкових досліджень. **Powersim Studio** використовується для відтворення складних систем із фокусом на довгостроковість.

Саме його було використано українськими дослідниками для вивчення економічних процесів під час пандемії COVID-19. Автори розробили систему, що поєднує модель епідеміологічну (SIR, сприйнятливі-інфіковані-ті, що одужали) з моделлю економічного зростання для аналізу впливу політики щодо трудових мігрантів на економіку. Було розроблено дві гіпотези: або мігранти повинні залишити країну через вразливість до втрати роботи під час кризи, або мігранти повинні залишитися, бо економічна криза поглибитися без їхньої праці. У ПЗ була реалізована модель системної динаміки, де ВВП моделюється як функція робочої сили з використанням лінійної регресії. Проаналізовано 4 європейські країни (Італію, Нідерланди, Іспанію та Швейцарію) і виявлено, що без трудових мігрантів ВВП може знизитися до 43% в Італії, 45% у Нідерландах, 37% в Іспанії та аж 200% у Швейцарії. [3]

Результати доводять, що політика виїзду має більший вплив на зменшення ВВП, ніж смертність від COVID-19, а країни з більшою кількістю трудових мігрантів мають різкіше падіння ВВП за умови їхнього виїзду. Незважаючи на обмеження (не були враховані фактори безробіття та падіння попиту), ІМ проявилось як важливий метод аналізу економічних тенденцій та прийняття стратегічних рішень в умовах кризи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пономаренко І. В. Використання методів імітаційного моделювання при реалізації маркетингових стратегій. *Сучасні детермінанти розвитку бізнес-процесів в Україні : матеріали наук. практ. інтернет-конф. (24 травня 2017 р., м. Київ)*. К., 2017. С. 193–196. - Режим доступу: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/7129> (дата звернення: 20.04.2025).
2. Свірський Ю. В. Вектори застосування імітаційного моделювання в управлінні бізнес-процесами. *Економіка та суспільство*. 2024. № 61. - Режим доступу: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-61-71> (дата звернення: 20.04.2025).
3. Kozlovskiy, S.; Bilenko, D.; Kuzheliev, M.; Lavrov, R.; Kozlovskiy, V.; Mazur, H.; Taranych, A., (2020). The system dynamic model of the labor migrant policy in economic growth affected by COVID-19. *Global J. Environ. Sci. Manage.*, 6(SI): 95-106. - Режим доступу: <https://doi.org/10.22034/GJESM.2019.06.SI.09> (дата звернення: 20.04.2025).

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



**ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ
АСПЕКТИ РОЗРОБКИ
КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА МАТЕРІАЛАМИ
VII ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
СТУДЕНТІВ І АСПІРАНТІВ
*24 квітня 2025 року***

Київ 2025

УДК 004

Відповідальна за випуск: М.І. Лендел

Збірник наукових праць за матеріалами VII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів і аспірантів «ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ '2025», 24 квітня 2025 року, НУБіП України, Київ. – 452 с. (електронне видання)

Відповідальність за зміст публікацій несуть автори.

Передрук матеріалів, а також використання їх будь-якій формі допускається лише з дозволу авторів