

## **Розподілені гібридні симуляції соціально-економічних процесів використання ігрових підходів**

**Богдан Бойко**

*викладач, кафедри комп'ютерних наук,  
ВНЗ «Університет економіки та права «КРОК», м. Київ, Україна,  
e-mail: bogdanbv@gmail.com,  
ORCID: 0000-0003-3329-8870*

**Віктор Гаркуша**

*доцент кафедри інформаційного менеджменту,  
математики та статистики,  
ВНЗ «Університет економіки та права «КРОК», м. Київ, Україна,  
e-mail: GarkushaVV@krok.edu.ua*

У сучасних умовах, коли глобалізація, цифровізація й постійні внутрішні та зовнішні виклики призводять до зростання складності соціально-економічних систем, критично важливим стає використання деталізованих моделей для вивчення явищ, процесів або систем, що одночасно мають: соціальні аспекти [1] (поведінка людей, взаємодія груп, культура, освіта, цінності тощо) та економічні аспекти (виробництво, розподіл, споживання ресурсів, економічна політика, прибутки, витрати тощо) нового покоління. Ці моделі мають виступати не лише як аналітичні інструменти для моніторингу поточних процесів, а й як стратегічна платформа для прогнозування майбутніх тенденцій, визначення точок впливу, а також для виявлення прихованих структурних проблем, серед яких – корупційні схеми, латентні зовнішньополітичні впливи та динамічні зміни культурних установок.

В умовах зростаючої неоднорідності суспільних процесів, коли регіональні відмінності стають усе більш значущими, створення моделей, що включають як макроекономічні, так і мікроекономічні аспекти, дозволяє здійснювати детальний аналіз:

- виявлення структурних аномалій та точок централізації впливу на економіку та політичну стабільність;
- діагностику корупційних зв'язків через аналіз розподілу ресурсів на різних рівнях управління;
- вивчення зовнішніх впливів, де вплив інших держав або транснаціональних корпорацій може бути змодельований як латентна змінна у системі.

Таке моделювання відкриває перспективи для розробки оптимізованих управлінських стратегій, що здатні враховувати комплексний вплив внутрішніх і зовнішніх факторів, а також сприяють прийняттю ефективних рішень у сфері державного регулювання.

Сучасні соціально-економічні моделі повинні враховувати специфічні демографічні та культурні чинники, зокрема:

- зниження народжуваності у розвинутих країнах, яке обумовлено поєднанням економічних, соціальних та культурних причин, зокрема, змінами на трудовому ринку, зростанням кар'єрних орієнтацій у жінок, а також трансформацією

сімейних цінностей і ролей;

- зміни у системі освіти, яка повинна включати механізми адаптивного навчання та інтеграції міждисциплінарних знань, а також доцільно використання гейміфікації, що сприятиме максимальному розкриттю індивідуальних талантів і творчого потенціалу.

Моделювання таких процесів потребує врахування, як традиційних економічних параметрів, так і параметрів культурних індикаторів, що дозволяє оцінити можливості інформаційної інтервенції з різними напрямках результатів моделювання [2].

Один із інноваційних підхід до реалізації моделювання соціально-економічних процесів є використання ігрових підходів (ігрове моделювання, симуляції на основі ігор, ігровий аналіз та інше) на базі розподілених обчислювань гібридного характеру (кластера різних архітектурних і технічних рішень). Тут важливо відмовитися від моделювання на базі абстрактних віртуальних машин, що обчислюють ізольовано, та перейти до систем, де:

- кожен обчислювальний модуль або вузол відповідає окремому кластеру – це може бути географічно визначена одиниця (місто, регіон) чи функціональний сектор (освіта, економіка, демографія);

- взаємодія між кластерами відбувається через асинхронну обробку повідомлень, подієву синхронізацію або гібридні схеми (такі підходи забезпечують не тільки ефективно управління великими об'ємами даних, але й дозволяють зберігати локальний контекст і враховувати специфіку кожного субсистемного регіону);

- інтеграція мобільних агентів (торговців, інформаційних потоків, творчих лідерів) через міжкластерну синхронізацію, що сприяє більшій гнучкості системи, дозволяючи моделювати адаптивні та евристичні реакції на змінні зовнішні умови;

Однією з ключових інноваційних ідей є використання моделі у форматі багатокористувацької симуляції на основі гри, що відкриває нові горизонти для:

- нестандартного підходу до вирішення соціальних проблем (взаємодія між користувачами, які представляють різні ролі в симульованому суспільстві, дозволяє генерувати альтернативні сценарії, що можуть бути невідомими для традиційного аналітичного підходу);

- створення фентезійних світів із гіперболізованими рисами для аналізу граничних станів суспільства, наприклад, при повній автоматизації праці чи максимальній концентрації фінансової влади, такі симуляції дозволяють експериментувати з політиками, що спрямовані на перехід від культури споживання до культури творення;

- залучення громадськості та фінансування через ігровий формат, що стимулює інтерес інвесторів, громадських організацій та освітніх установ до розробки інноваційних рішень у сфері державного управління та соціального моделювання.

Розповсюдження та спрощення застосування розподілених соціально-

економічних моделей відкриває можливості для розробки стратегій, які впливають на:

- *державне управління* – реалістичне моделювання допомагає у розробці політик, спрямованих на стабілізацію економіки, зменшення соціальних диспропорцій та боротьбу з корупцією за допомогою системного аналізу довгострокових ефектів;

- *підтримку трансформації освітньої системи* – перехід від традиційної моделі виробництва кадрів до системи, що стимулює максимальний розкритий когнітивний потенціал особистості, може стати базою для впровадження інноваційних програм у вищій освіті, що відповідають викликам сучасної економіки знань;

- *соціокультурних змін* – моделі дозволяють аналізувати й передбачати вплив культурних установок на демографічні процеси, наприклад, зниження народжуваності, та розробляти рекомендації щодо підтримки сімейних цінностей у поєднанні з інноваціями у соціальній політиці;

- *інтеграції штучного інтелекту (ШІ) та інших сучасних технологій* – розробка інтерактивних платформ із застосуванням ШІ сприятиме не лише точнішій симуляції, а й створенню систем, що адаптуються до нових викликів, дозволяючи здійснювати оперативне втручання у випадках критичних змін.

Попри наявність великої кількості економіко-математичних моделей [3], існуючі симуляційні підходи часто залишаються:

- надто абстрактними, централізованими або відірваними від реального середовища;

- не враховують культурну варіативність, освітні впливи чи семантичну валідність поведінки агентів;

- не забезпечують масштабованого розподіленого виконання з урахуванням особливостей архітектури (кластерів, гетерогенних вузлів, окремих інтерфейсних шарів);

- не підтримують часову керованість симуляції (уповільнення, прокручування, дослідження каузальних зв'язків) або ведення архіву подій;

- не дозволяють реального навчання агентів (наприклад, як наслідок доступу до знань, культури чи медіа);

- не враховують важливості етичності та прозорості результатів — делегуючи тлумачення користувачам, які працюють із моделлю.

Запропонована концепція полягає у створенні розподіленої симуляційної системи нового покоління, один з режимів якої багатокористувацьке середовище з елементами гри та має такі характеристики:

- гібридний підхід до моделювання, який поєднує: агентно-орієнтовану поведінку, системну динаміку, мережеві взаємодії, економіко-математичні блоки;

- семантична валідність моделей на основі верифікації поведінки агентів через сценарії;

- калібрування та валідація параметрів відбуваються в ігровому режимі, за участі користувачів через відтворення подій та перевірку гіпотез;

- можливість навчання агентів, що дозволяє досліджувати вплив освіти, культури, соціального капіталу на поведінкові зміни;
- збереження варіантів початкових умов, включаючи культурні ідентичності, поведінкові патерни, моделі цінностей, що дозволяє проводити експерименти з історичними сценаріями;
- інтеграція з потоками реальних даних – для оновлення стану моделі та порівняння симуляцій з актуальною статистикою;
- механізм часової синхронізації, що забезпечує контроль симуляційного часу, можливість "перемотки", повторного програвання подій і глибинного каузального аналізу;
- інтерфейс аналітики функціонує на окремих вузлах (аналітичних модулях), отримуючи агреговані дані з обчислювальних вузлів симуляції – що дозволяє масштабувати та візуалізувати динаміку у режимі реального часу;
- гейміфікований режим, у якому користувачі можуть "грати" сценарії: наприклад, відтворити або змінити хід історичних подій, поділитися результатом та ініціювати повторне моделювання на його основі.

Таким чином, створення та впровадження розподіленої соціально-економічної моделі не лише сприятиме глибшому розумінню існуючих проблем, але й відкриє нові можливості для ефективного управління державою, трансформації освітньої системи і стимулювання соціальної та технологічної еволюції. Це, в свою чергу, може стати потужним інструментом у розробці політики, спрямованої на створення умов для сталого розвитку, соціальної інновації та інклюзивності, що відповідають глобальним викликам сучасності.

Моделювання соціально-економічних процесів з ігровими підходами доцільно використовувати, як основу, для гейміфікованого навчального середовища або цифрового інкубатора політик, залучаючи як гравців-дослідників, так і інституції для моделювання майбутнього.

**Ключові слова:** економіко-математичне моделювання, агентно-орієнтоване моделювання, розподілені обчислювальні системи.

### Список використаних джерел

1. Хаханова А., Абдулаєв В., *ЦИФРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ* Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика. 2023. № 5. С. 47-56 – URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2023/nov/32208/6.pdf>.
2. Басенко Ю.В. *МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ КРАЇНИ* // *Розвиток європейського простору очима молоді: економічні, соціальні та правові аспекти. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції докторантів, молодих учених та студентів: [Електронне наукове видання], м. Харків, 17 травня 2019 року. – Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019 – URL: <https://cdn.hneu.edu.ua/rozvitok19/thesis05-02.html#thesis05-02>*
3. Barykin S., Bochkarev A., Evseeva O., Kalinina O., Sergeev S. *Agent-Based Modeling of Urban Industrial Infrastructure: Digital Twins and Sustainable Development. Systems. 2023. Vol. 11, No. 11. Article 530. DOI: <https://doi.org/10.3390/systems11110530>.*