

Мультиагентні симуляції з LLM-агентами як інструмент дослідження соціальної та електоральної динаміки

Дмитро Литвиненко¹, магістр (ORCID: 0009-0008-0657-3009)
Ілля Саченко¹, канд. техн. наук, доц. (0000-0002-3716-0249)

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

АНОТАЦІЯ

У роботі розглянуто можливості мультиагентних систем на основі штучного інтелекту для моделювання соціальної динаміки у віртуальних середовищах. Особливу увагу приділено агентам, керованим великими мовними моделями (LLM), здатним відтворювати складні когнітивні процеси та взаємодіяти у природномовному форматі. Окреслено основні переваги такого підходу порівняно з класичними rule-based моделями та наведено приклад сучасних досліджень у сфері виборчих симуляцій. Робота підкреслює перспективність використання ШІ-агентів для аналізу політичних і соціальних процесів, виявлення механізмів поляризації та прогнозування поведінкових сценаріїв у цифрових суспільствах.

Ключові слова: мультиагентні системи, соціальні симуляції, LLM-агенти, ElectionSim, вибори, штучний інтелект.

1. ВСТУП

Сучасні цифрові платформи, такі як соціальні мережі та ігрові середовища, поступово перетворюються на своєрідні лабораторії для дослідження суспільних процесів. Традиційні мультиагентні моделі (rule-based agents) забезпечували базові можливості для моделювання колективної поведінки, однак їхня обмежена когнітивна складність не дозволяла відтворювати повноцінні соціальні сценарії. Поява агентів, керованих великими мовними моделями (LLM), відкрила новий етап у розвитку соціальних симуляцій. Такі агенти здатні оперувати природною мовою, формувати динамічні стратегії та демонструвати поведінку, ближчу до реальної. Це робить їх перспективним інструментом для аналізу соціальної динаміки, вивчення поляризації та прогнозування електоральної поведінки у віртуальних суспільствах. Для України подібні методи можуть стати корисними у дослідженні виборчих кампаній та інформаційних процесів у цифровому просторі.

2. МЕТА

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування використання мультиагентних симуляцій на основі LLM-агентів для аналізу соціальної динаміки у віртуальних середовищах, із акцентом на можливості моделювання виборчих процесів та прогнозування електоральної поведінки.

3. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНОЇ ДИНАМІКИ ІЗ ШІ-АГЕНТАМИ

Моделювання соціальних процесів традиційно здійснювалося за допомогою rule-based агентів, які діяли відповідно до наперед визначених правил та параметрів [1, 2]. Такі моделі дозволяли аналізувати базові механізми колективної поведінки, однак залишалися обмеженими у відтворенні складних когнітивних процесів.

З появою агентів, керованих великими мовними моделями (LLM-агентами), відкрилися нові можливості для створення більш реалістичних симуляцій. LLM-агенти здатні взаємодіяти у природномовному середовищі,

демонструвати адаптивність, формувати динамічні стратегії та відтворювати варіативність поведінки, притаманну реальним соціальним групам [3, 4].

На рис. 1 представлено схему порівняння rule-based агента та LLM-агента. У той час як перший працює на основі статичних правил і обробки числових параметрів, другий включає складніші модулі — демографічний профіль, пам'ять, здатність до інтерпретації текстів і адаптивної поведінки. Це суттєво розширює дослідницькі можливості соціальних симуляцій у віртуальних середовищах.

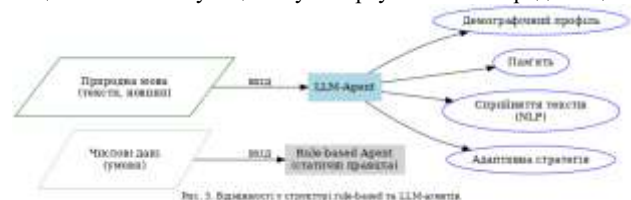


Рис. 1. Порівняння rule-based агента та LLM-агента.

Таким чином, сучасні симуляції із застосуванням ШІ-агентів демонструють якісно новий рівень відтворення соціальної динаміки. Вони дозволяють аналізувати не лише структурні характеристики суспільства, але й процеси формування політичних уподобань, поширення норм та еволюції комунікативних мереж, що підтверджується останніми роботами у сфері computational social science [3, 5].

4. ЗАСТОСУВАННЯ ШІ-АГЕНТІВ У ВИБОРЧИХ СИМУЛЯЦІЯХ.

Одним із найсучасніших прикладів соціальних симуляцій є система ElectionSim [4], що моделює динаміку виборчих процесів на основі багатомільйонної популяції агентів. Кожен агент формується на основі демографічних та поведінкових характеристик, отриманих із відкритих даних, та керується великою мовною моделлю. Це дозволяє відтворювати варіативність електоральної поведінки, вплив інформаційних факторів і колективну динаміку під час виборчих кампаній.

Таблиця 1: Точність на рівні виборців (Voter-wise simulation)

Модель	Micro-F1 (Overall)	Macro-F1 (Overall)	Micro-F1 (Voting subset)	Macro-F1 (Voting subset)
GPT-4o	76,16	55,97	81,20	61,03
GPT-4o-mini	75,39	58,18	80,26	74,72
Claude-3,5-Sonnet	73,65	58,70	77,52	71,95
Qwen2-7b-Instruct	67,53	43,31	76,39	65,65
Qwen2-72b-Instruct	74,77	58,71	78,39	77,95
Qwen2,5-72b-Instruct	74,97	57,81	80,41	79,27
Llama3-70b-Instruct	74,86	59,96	80,16	79,17

Як видно з табл. 1, моделі GPT-4o та Qwen2.5-72b-Instruct забезпечують найвищі значення Micro-F1 у підмножині виборців, тоді як GPT-4o-mini та Llama3-70b-Instruct демонструють кращі результати за Macro-F1. Це свідчить, що різні архітектури мають специфічні переваги: одні краще відтворюють загальну картину відповідей, інші — забезпечують більш збалансовану точність між різними групами виборців.

Представлені у таблиці дані отримані в межах voter-wise simulation ElectionSim [4], де оцінювалася здатність агентів на базі різних LLM коректно відтворювати відповіді на опитування. Для цього було сформовано вибірку агентів із демографічними та поведінковими профілями, після чого кожен агент взаємодіяв із запитаннями у природномовній формі. Далі результати відповідей зіставлялися з очікуваними розподілами, а якість симуляції оцінювалася за метриками Micro-F1 (точність на рівні всіх прикладів) та Macro-F1 (середня точність по групах). Таким чином, таблиця відображає не лише загальну якість моделювання, але й здатність різних моделей відтворювати варіативність відповідей серед окремих соціальних груп.

На рис. 2 подано результати оцінки точності відтворення відповідей агентів ElectionSim на питання опитувань. Для порівняння використано різні архітектури LLM, де найвищі значення Micro-F1 та Macro-F1 досягнуто на моделях GPT-4o та Qwen2.5-72b. Це свідчить про здатність системи відтворювати не лише загальні тенденції, але й індивідуальні патерни поведінки виборців.

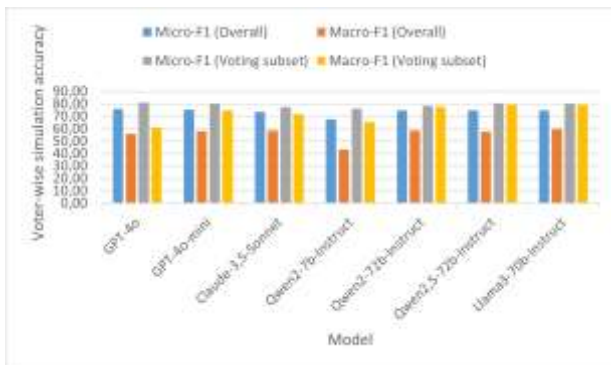


Рисунок 2. Загальна точність передбачення відповідей на питання опитування ElectionSim[4].

Згідно до наведених даних, ElectionSim демонструє переваги підходу з використанням ШІ-агентів у

моделюванні виборів, забезпечуючи вищу точність відтворення відповідей на опитування та більш реалістичну імітацію електоральної поведінки порівняно з традиційними методами. Система показує здатність враховувати не лише загальні демографічні характеристики, але й контекстуальні фактори, які впливають на прийняття рішень виборцями, зокрема інформаційні впливи, поляризацію у соціальних мережах та регіональні особливості. Це робить ElectionSim цінним інструментом для дослідників політичних процесів, адже він дозволяє тестувати гіпотези щодо виборчої поведінки у контрольованому віртуальному середовищі. Отримані результати підтверджують перспективність застосування LLM-агентів не лише для прогнозування результатів виборів, але й для аналізу ширших соціальних явищ, таких як формування політичних коаліцій, поширення дезінформації чи зміни у громадській думці [4, 5].

5. ВИСНОВКИ

У роботі показано, що мультиагентні симуляції із застосуванням ШІ-агентів відкривають нові можливості для дослідження соціальної динаміки у віртуальних середовищах. Перехід від rule-based моделей до агентів, керованих великими мовними моделями, забезпечує вищу когнітивну складність та реалістичність поведінки. Приклад ElectionSim (2024) демонструє ефективність такого підходу у моделюванні виборчих процесів і підтверджує потенціал LLM-агентів для аналізу політичних і соціальних явищ. Подальші дослідження у цьому напрямі є перспективними як для глобальної науки, так і для практичного застосування в українському контексті.

Список літератури

- [1] Steinbacher, M., Troitzsch, K., Gilbert, N. Advances in the agent-based modeling of economic and social systems. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*. 2021.
- [2] Nugroho, S., et al. A Systematic Review of Agent-Based and System Dynamics Modeling Applications in Complex Socio-Ecological Systems. *Sustainability*. 2023; 15(2): 1532. DOI:10.3390/su15021532.
- [3] Waldherr, A. Worlds of Agents: Prospects of Agent-Based Modeling for Computational Communication Research. *Studies in Communication and Media*. 2021; 10(2): 151–178.
- [4] Zhang, C., Xu, W., et al. ElectionSim: Massive Population Election Simulation Powered by Large Language Model Driven Agents. *arXiv preprint arXiv:2410.20746*. 2024.
- [5] Wang, H., Li, Z., et al. Democracy-in-Silico: Simulating Political Systems with Autonomous AI Agents. *arXiv preprint arXiv:2508.19562*. 2025.