

АГЕНТНО-БАЗОВАНІЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ КОЛЕКТИВНОЇ РОБОТИ

У роботі розглянуто використання агентно-базованого підходу для моделювання соціальних взаємодій у команді на прикладі розв'язання *Wilderness Survival: A Consensus-Seeking Task*. Змодельовано процес обговорення задачі та досягнення компромісу агентами. Проаналізовано, наскільки результати моделювання збігаються з гіпотезою про те, що на успіх роботи команди більший вплив мають соціальні здібності учасників, ніж інтелектуальні здібності окремих членів команди. Звернуто увагу на ситуацію, коли не всі агенти однаково зацікавлені в загальному успіху команди. Створено агентну платформу для проведення експериментів та аналізу того, як різні риси учасників команди впливають на її загальний результат.

Ключові слова: агентна парадигма, мультиагентна система, Python, Mesa.

Вступ

У світі високої конкуренції важливим фактором успіху проєкту є наявність команди, члени якої вміють якісно спілкуватись, надавати критичну оцінку дій, знаходити компроміси у розв'язанні проблем та продукувати нові ідеї й рішення. У команді мають бути правильно вибудовані внутрішні процеси, щоб дати членам команди змогу проявити свої найкращі якості. Щоб організувати ефективну роботу, потрібно розуміти глибинні соціальні процеси, що відбуваються всередині команди. Одним із методів дослідження є моделювання та аналіз за допомогою агентно-базованого підходу.

Агентно-базований підхід є природною абстракцією соціальних взаємовідносин, адже дає змогу представляти об'єкти реального світу (в цьому випадку членів команди) як агентів із певними характеристиками, діями, які вони можуть виконувати, та реакцією на зміну середовища, де вони перебувають. Цей підхід сформувався на перетині багатьох галузей, таких як штучний інтелект, соціологія, теорія ігор та інших. Його ключова перевага в тому, що він підходить для розв'язання задач, для яких не існує чіткого алгоритму [5].

У цій роботі буде досліджено важливість соціальних навичок та переваги командної роботи порівняно з індивідуальною, продемонстровано роботу ключових принципів агентно-базованого підходу на прикладі моделі, агенти якої разом розв'язують тест, намагаючись досягти максимального відсотка правильних відповідей. Також буде представлено інтерфейс, із допомогою якого можна досліджувати, як значення параме-

трів агентів впливають на загальний результат і як агенти з різним рівнем інтелекту та мотивації взаємодіють між собою.

Загальний опис системи

У цьому дослідженні команда агентів працювала над завданням, подібним до «*Wilderness Survival: A Consensus-Seeking Task*», розробленого Дональдом Т. Сімсоном [4]. В оригіналі кожен учасник отримує список критичних ситуацій, що можуть із ним трапитись, якщо він заблукає в безлюдній місцевості, та трьома варіантами дій у кожній зі них. Учасники самостійно вибирають найкращий, на їхню думку, варіант, після чого об'єднуються у команди для обговорення і побудови спільними зусиллями відповідей. Очікується, що результати команди мають бути кращими, ніж результати окремої людини. Варто зауважити, що для розв'язання цієї задачі не обов'язково володіти специфічними знаннями, особливість завдань полягає у тому, що до правильної відповіді можна дійти, спираючись лише на логіку і життєвий досвід.

Для того щоб представити людину як агента у моделі, було використано такі характеристики: **talkativeness** (tl) – ступінь того, наскільки агент готовий представити свої відповіді команді на певному кроці;

agreeableness (ag) – ступінь того, наскільки агент готовий сприймати і погоджуватись на ідеї інших членів команди;

knowledge_sharing (ks) – ступінь того, який відсоток спірних відповідей з тесту агент готовий обговорити за один крок;

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	talkativen	agreeable	knowledge	mimicry	critical	the	equal	loop	timeout	percent
22	0.1	0.1	0.9	0.1	0.9	3	47	0	100.0, 100.0, 100.0	
23	0.1	0.1	0.9	0.5	0.1	0	35	15		
24	0.1	0.1	0.9	0.5	0.5	0	41	9		
25	0.1	0.1	0.9	0.5	0.9	0	50	0		
26	0.1	0.1	0.9	0.9	0.1	0	30	20		
27	0.1	0.1	0.9	0.9	0.5	0	43	7		
28	0.1	0.1	0.9	0.9	0.9	1	49	0	100	
29	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1	0	12	38		
30	0.1	0.5	0.1	0.1	0.5	7	18	25	93.33, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0	
31	0.1	0.5	0.1	0.1	0.9	42	8	0	100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0	
32	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0	12	38		
33	0.1	0.5	0.1	0.5	0.5	12	25	13	100.0, 100.0, 100.0, 86.67, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 80.0, 100.0, 100.0, 93.33	
34	0.1	0.5	0.1	0.5	0.9	40	10	0	100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 93.33, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0	
35	0.1	0.5	0.1	0.9	0.1	0	16	34		
36	0.1	0.5	0.1	0.9	0.5	9	17	24	100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0	
37	0.1	0.5	0.1	0.9	0.9	39	11	0	100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0, 100.0	

Рис. 1. Приклад результатів роботи моделі

mimicry (mm) – риса, яка відповідає за те, чи схильний агент до того, щоб погодитись на варіант, на який погодилась більшість. Якщо це значення вказано, то означає відсоток узгодженості, який потрібен агентові, щоб змінити свою думку. Наприклад, агент змінить думку на користь варіанта іншого агента, якщо за нього голосують > 70 % інших агентів;

critical_thinking (cr) – визначає здатність агента критично мислити, а отже приймати правильні рішення [1].

Після запуску програми кожен агент самостійно «відповідає» на запитання. Відсоток правильних відповідей агента корелює із рівнем його **critical_thinking** із похибкою 15 % у більший чи менший бік. Після запуску моделі кожному агенту по черзі надається право ходу. Агент може або показати свій список відповідей іншим агентам, або відмовитись показувати його на поточному кроці взагалі. Якщо агент вирішив показати свій список, всі інші агенти вирішують, чи готові вони щось змінювати у своїх відповідях на поточному кроці. Якщо так, кожна пара агентів вирішує, скільки питань вони готові обговорити. Питання обирають випадковим чином із тих, щодо яких у агентів ще немає згоди. Агент може змінити свою відповідь на ту, що пропонується, або залишити свою. Деякі агенти можуть повністю погодитись на відповіді, які показує інший агент, не порівнюючи питання по одному, якщо бачать, що цей варіант підтримує значна частина інших агентів. Зупинка відбувається, якщо всі агенти досягли згоди (не обов’язково при цьому буде знайдено 100 % правильних відповідей), або якщо останні три кола (кожен агент мав змогу запропонувати свої відповіді тричі) не було жодних змін.

Аналіз результатів

Для аналізу впливу значень параметрів агента на загальний результат було проведено набір

тестів. Кожному з параметрів **talkativeness**, **agreeableness**, **knowledge_sharing** та **critical_thinking** по черзі надавали значення з набору [0.1, 0.5, 0.9], а для **mimicry** – з набору [None, 0.5, 0.9]. Для кожної комбінації параметрів здійснювали по 50 запусків моделі. Умовами зупинки були досягнення компромісу, відсутність змін протягом трьох циклів або якщо кількість циклів перевищувала 50. З повними результатами можна ознайомитись за посиланням у репозиторії проекту (<https://github.com/SandraRadz/Collaborative-Agents>).

Розглянемо кожен рису агента окремо, без урахування контексту у вигляді значення інших параметрів і порахуємо середнє значення ймовірності кожного з можливих результатів. У результаті отримаємо дані, зображені в таблиці на рис. 2.

equal	talkativeness	agreeableness	knowledge_sharing	mimicry	critical_thinking
0.1/None	44.27%	42.08%	66.42%	72.26%	58.49%
0.5	83.08%	83.84%	73.80%	73.63%	77.63%
0.9	92.19%	93.62%	79.32%	73.65%	83.42%
loop	talkativeness	agreeableness	knowledge_sharing	mimicry	critical_thinking
0.1/None	43.01%	33.57%	17.26%	15.72%	14.83%
0.5	4.12%	9.70%	15.48%	17.17%	16.28%
0.9	0.57%	4.44%	14.96%	14.81%	16.58%
timeout	talkativeness	agreeableness	knowledge_sharing	mimicry	critical_thinking
0.1/None	12.72%	24.35%	16.32%	12.02%	26.67%
0.5	12.80%	6.47%	10.71%	9.20%	6.08%
0.9	7.24%	1.94%	5.73%	11.54%	0.00%

Рис. 2. Імовірність результатів за певних значень параметрів

Відповідно до поданих розрахунків, важливими показниками у цьому алгоритмі виявилися **talkativeness** і **agreeableness**, тобто бажання агентів ділитися своєю думкою та сприймати варіанти інших агентів. Високе значення хоча б одного з цих параметрів гарантує 90 % імовірності досягнення компромісу, що майже вдвічі більше за умови низьких значень цього параметра. Тим не менш компроміс не завжди означає знаходження

100 % правильних відповідей. За точність результатів відповідає *critical_thinking*, хоча безпосередньо на шанс знаходження порозуміння в команді він майже не впливає. Значення *knowledge_sharing* здебільшого впливає на швидкість знаходження порозуміння, зокрема за низьких значень інших параметрів може призвести до таймауту. Параметр *mimicry* взагалі майже ніяк не впливає на загальний шанс отримати успішний результат, виграш від його наявності становить близько відсотка.

Також таблиця підтверджує й інтуїтивне припущення, що високі значення показників *talkativeness* та *agreeableness* зводять до мінімуму шанс на «зацікнення» – стан, коли агенти припиняють обговорювати і змінювати свої відповіді. До таймауту з великою долею ймовірності призведуть низькі показники *critical_thinking* агентів.

Оскільки в реальному житті значення рис членів команди буде різним, проаналізуємо, як взаємодіють між собою різні комбінації. Розглянемо команду, частина членів якої не зацікавлена в обговоренні. Представимо відповідних агентів за допомогою такого набору параметрів:

agent_type_1: *talkativeness*: 0.7, *agreeableness*: 0.7, *knowledge_sharing*: 0.7, *mimicry*: None, *critical_thinking*: 0.5

agent_type_2: *talkativeness*: 0.1, *agreeableness*: 0.1, *knowledge_sharing*: 0.1, *mimicry*: None, *critical_thinking*: 0.5.

Розглянемо, яка мінімальна кількість активних агентів необхідна, щоб команда з 15 членів досягла компромісу в більшості випадків. Для тестування запустили модель 100 разів. Виявилось, що за таких значень параметрів для досягнення компромісу принаймні половина агентів групи має мати бажання брати участь в обговоренні. При збільшенні значень параметрів першого агента на 20 % успіху досягають, якщо третина команди є проактивною.

Опис інтерфейсу

Для надання можливості експериментувати з різними налаштуваннями в ручному режимі було створено графічний інтерфейс.

Користувачеві пропонують декілька агентів за наперед заданими характеристиками. Умовно вони названі відповідно до класифікації Гіппократа: сангвініки, холеріки, флегматики, меланхоліки. Також можна додавати агентів із випадковим набором характеристик та змінювати налаштування наявних типів агентів.

Програма відображає поточні відповіді кожного агента, який агент зараз пропонує свої варі-

анти та як агенти змінюють при цьому свої відповіді.

Обґрунтування вибору технологій

Для створення моделі було обрано мову Python і фреймворк Mesa.

Фреймворк Mesa розповсюджується під Apache2 ліцензією і має базовий функціонал для реалізації агентів, що складається з окремих модулів: Modeling (логіка побудови агентів), Analysis (збирання інформації для аналізу), Visualization (візуалізації роботи моделі в браузері) [3].

Функціонал деяких із цих модулів можна перевизначити або взагалі використати для аналітики чи візуалізації інші інструменти, що наявні в Python. Зокрема в цій роботі для візуалізації було обрано стандартну Python бібліотеку Tkinter.

Перспективи та недоліки

Ця модель демонструє базові принципи взаємодії групи агентів при розв'язанні колективної задачі. Система дає можливість маніпулювати агентами з різними налаштуваннями, але запропонована базова класифікація потребує доопрацювання, адже поточні параметри для різних типів агентів були виставлені на основі загальних фактів (приміром, що сангвініки більш проактивні, ніж меланхоліки), а не підтверджених соціологічних досліджень. Отже, ця класифікація є радше демонстративним прикладом.

Також можна додати нові риси агентам, наприклад параметр лідерських якостей і красномовства, і зробити так, щоб значення *knowledge_sharing* (бажання продовжувати обговорення) змінювалось по мірі тривалості дискусії, а не визначалось наперед.

Отже, всі подальші зміни потребують досліджень із погляду соціології, щоб створена модель була максимально реалістичною.

Висновки

У статті досліджено важливість соціальних навичок людей у командній роботі за допомогою моделювання з використанням агентно-базового підходу. Було підтверджено тезу, що успіх команди більшою мірою залежить від уміння комунікувати, ніж від інтелектуальних здібностей окремих членів.

Було створено агентну платформу, що дає змогу експериментувати, зокрема власні типи агентів, що відрізняються за характером, інтелектуальними здібностями та мотивацією, та досліджувати, як склад команди впливає на результат.

Список літератури

1. Bergner Y. Agent-Based Modeling of Collaborative Problem Solving / Y. Bergner, J. J. Andrews, M. Zhu, J. E. Gonzales. – 2016.
2. Burrus J. Identifying the most important 21st century workforce competencies: An analysis of the occupational Information network (O* NET) (Research Report No. RR-13-21) / J. Burrus, T. Jackson, N. Xi, J. Steinberg. – Princeton, NJ: Educational Testing Service, 2013. <http://dx.doi.org/10.1002/j.2333-8504.2013.tb02328.x>
3. Mesa Overview. Mesa Documentation [Electronic resource]. – Mode of access: <https://mesa.readthedocs.io/en/master/overview.html>.
4. Simpson Donald T. Wilderness Survival: A Consensus-Seeking Task.
5. Wooldridge M. An introduction to multi-agent systems / M. Wooldridge. – Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2001.

References

- Bergner, Y., Andrews, J. J., Zhu, M., & Gonzales, J. E. (2016). *Agent-Based Modeling of Collaborative Problem Solving*.
- Burrus, J., Jackson, T., Xi, N., & Steinberg, J. (2013). *Identifying the most important 21st century workforce competencies: An analysis of the occupational Information network (O* NET) (Research Report No. RR-13-21)*. Princeton, NJ: Educational Testing Service. <http://dx.doi.org/10.1002/j.2333-8504.2013.tb02328.x>
- Mesa Overview. Mesa Documentation. Retrieved from <https://mesa.readthedocs.io/en/master/overview.html>.
- Simpson, Donald T. *Wilderness Survival: A Consensus-Seeking Task*.
- Wooldridge, M. (2001). *An introduction to multi-agent systems*. Chichester, UK: John Wiley & Sons.

S. Gorokhovskiy, O. Radziivska

AGENT-BASED MODELING OF COLLABORATIVE WORK

In the modern world, it is no longer enough to simply create a product that performs its function, but it should perform it better than thousands of competitors. However, the problem is that human intellectual abilities are limited and many complex tasks are beyond the capabilities of a single person. The natural way of raising our intellectual level is to build teams to share our experience, knowledge, and worldview to create something beyond the capacity of the individual.

Thus it is not surprising that according to a recent ranking, collaborative skills are considered most essential in the 21st century [2]. To cope with all challenges and create high-quality products, there should be a team whose members are experts in communication, discussion, problem-solving, and critical thinking. In addition, it is important to manage the team effectively. To do so, it is necessary to know more about the social processes which take place inside a team. Agent-based modeling can be an effective tool to gain such insights.

Agent-based modeling is a powerful instrument for simulating different processes, including social ones. This technology was formed under the influence of many other fields such as artificial intelligence, sociology, game theory, and so on.

In this article, a model which simulates human interaction in the framework of «Wilderness Survival: A Consensus-Seeking Task» is used to demonstrate the core principle of agent-based modeling. The group of agents complete a test by themselves and afterwards discuss their answers to reach a consensus and achieve the best score.

It will be analyzed which human character traits are more important for successful collaborative work. Situations in which some team members are not interested in the team success will be identified. Also, a user interface is provided to enable running custom experiments to better understand how specific character traits impact the team results.

Keywords: agent-based modeling, multiagent system, collaborative work, Python, Mesa.

Матеріал надійшов 14.06.2021



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)