



## ПРО ЗАСТОСУВАННЯ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПІДХОДУ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ПОВЕДІНКИ НАТОВПУ

*Лановий О. Ф., Лановий А. О.*

*Харківський національний університет радіоелектроніки*

Аналізуючи роботи, що присвячені проблемі математичного моделювання натовпу [1-3], можна дійти до висновку, що домінують два основних підходу: побудова мікро- та макро-моделей. У мікро-моделях окремі елементи натовпу (люди) описують індивідуально за допомогою базових примітивів, а рух визначають за допомогою рівнянь з набором обмежень. Частіш за все вони розташовуються на двовимірних поверхнях, які об'єднують доступну для пересування область та перепони в границях цієї області.

Принцип побудови макро-моделі натовпу складається у використанні для опису окремих елементів натовпу часткових диференціальних рівнянь, які дозволяють відобразити динаміку пересування людей у часі та просторі. При застосуванні такого підходу натовп представляє собою систему стійких формувань (угруповань елементів), що мають спільні властивості. Цей метод у своїй більшості базується на максимально сформованій системі обмежень, саме яка і дозволяє наблизити поведінку моделі до реальних умов.

Виходячи з цих двох підходів, слід зазначити, що узагальнена модель натовпу складається з двох частин: навколишнього середовища (або простору станів) та сукупності окремих автономних елементів системи (агентів), які взаємодіють як між собою, так і з навколишнім середовищем. При побудові математичних моделей, які орієнтовані на відображення соціальної взаємодії між агентами, необхідно враховувати той факт, що індивідуальна поведінка агентів у своїй більшості визначається соціальними факторами, які формують систему соціальних обмежень. Така поведінка (або конформність) – це властивість агента деякої мультиагентної системи приймати рішення «так» або «ні» у тих випадках, коли аналогічне рішення приймається деякою частиною агентів, з якими у нього встановлено довірчі відношення. Одним з напрямів дослідження конформності є побудова моделей критичної маси [4]. Ці моделі характеризуються наступними ознаками:

1. Агенти здійснюють дискретний (або бінарний) вибір;
2. Агенти гомогенні у своїх перевагах, тобто їх поведінку можна описати однією цільовою функцією;
3. Функція корисності агента зростає зі збільшенням долі інших агентів, що складають його оточення, які зробили такий саме вибір.

В [5] при дослідженні конформної поведінки було запропоновано моделі, які є варіантами мереж Кауфмана. Відповідно до умов розв'язання поставленої задачі, вагові функції моделі визначимо наступними відношеннями:



$$a_i(t+1) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \sum_{v_j \in V_i} a_j(t) > \theta_i \square V_i \\ 0, & \text{якщо } \sum_{v_j \in V_i} a_j(t) \leq \theta_i \square V_i, \end{cases}$$

де  $\theta_i$  – поріг конформності  $i$ -го агента;  $V_i$  – найближче оточення  $a_i$ . Іншими словами, в  $(t+1)$ -й момент часу агент  $a_i$  приймає рішення «1» («так» або «діяти»), якщо більш за  $\theta_i \square V_i$  агентів з множини  $V_i$  приймають рішення «1», у протилежному випадку  $a_i$  приймає рішення «0» («ні», «не діяти»).

Відповідно до умов задачі дослідження, введемо в модель ряд деталізацій. У натовпі перебувають деякі агенти, які завжди знаходяться у стані дії, та агенти, що завжди знаходяться у стані бездіяльності. В термінах [5] перших назвемо агітаторами, а других – лоялістами. Комбінаторні задачі, що впливають з цього контексту, складаються у наступному: необхідно знайти таке розташування  $A$  агітаторів у натовпі ( $A < K$ ,  $K$  – чисельність натовпу), при якому за відносно невелику кількість контактів агітатори переведуть всіх простих агентів-конформістів, які не є агітаторами або лоялістами, у стан дії. Тоді зворотною по відношенню до неї буде задача розміщення в моделі, в рамках якої діють агенти,  $L$  лоялістів таким чином, щоб вони за відносно невелику кількість контактів перевели всіх простих агентів у стан бездіяльності. Рішення такого роду задач зводиться до розв'язання задач виконуваності булевих формул (SAT).

1. Шамионов, Р. М. Психология социального поведения личности: Учеб. пособие [Текст] / Р. М. Шамионов. – Саратов: Издательский центр «Наука», 2009. – 186 с.

2. Piccoli, B. Time-evolving measures and macroscopic modeling of pedestrian flow [Electronic resource] / B. Piccoli, A. Tosin // Arch. Ration. Mech. Anal. – 2011. – Vol. 199, Issue 3. – P. 707–738. – Available at: <http://arxiv.org/pdf/0811.3383v2>. doi:10.1007/s00205-010-0366-y

3. Helbing, D. Dynamics of crowd disasters: An empirical study [Electronic resource] / D. Helbing, A. Johansson, H. Z. Al-Abideen // *Physical Review E*. American Physical Society. – 2007. Vol. 75, Issue 4. – Available at: <http://arxiv.org/pdf/physics/0701203>.

4. Cristiani, E. Multiscale modeling of granular flows with application to crowd dynamics [Electronic resource] / E. Cristiani, B. Piccoli, A. Tosin // *Multiscale Model. Simul.* – 2011. – Vol. 9, Issue 1. – P. 155–182. – Available at: <http://arxiv.org/pdf/1006.0694v1>.

5. Семенов, А. А. О дискретно-автоматных моделях конформного поведения [Электронный ресурс] / А. А. Семенов, С. Е. Кочемазов // *Управление большими системами*. – 2013. – № 46. – С. 266–292. – Режим доступа: <http://www.mtas.ru/upload/library/UBS4610.pdf>