

MÔ HÌNH ĐA TÁC TỬ ĐA MỨC GIÁM SÁT VÀ ĐIỀU PHỐI Đám ĐÔNG TRONG TÌNH HUỐNG CÓ CHÁY

A MULTI-LEVEL MULTI-AGENT MODEL FOR MONITORING AND COORDINATING A CROWD IN A SITUATION OF A FIRE

Đinh Thị Hồng Huyền^{1*}, Hoàng Thị Thanh Hà², Michel Ocelllo³

¹Trường Đại học Quy Nhơn, Việt Nam

²Trường Đại học Kinh tế - Đại học Đà Nẵng, Đà Nẵng, Việt Nam

³Trường Đại học Grenoble Alpes, Pháp

*Tác giả liên hệ / Corresponding author: dinhthihonghuyen@qnu.edu.vn

(Nhận bài / Received: 05/3/2023; Sửa bài / Revised: 05/5/2023; Chấp nhận đăng / Accepted: 22/5/2023)

Tóm tắt – Hành vi của con người ở những nơi công cộng thường rất phức tạp, luôn thay đổi và chịu tác động của nhiều yếu tố. Trong trường hợp khẩn cấp như hỏa hoạn, hành vi của con người trở nên hỗn loạn và không kiểm soát được. Có nhiều lĩnh vực nghiên cứu về hành vi của đám đông như: Cellular Automata, Social Force, Fluid-dynamic, dựa vào tác tử, lý thuyết trò chơi. Tuy nhiên, mỗi lĩnh vực đều có ưu và nhược điểm riêng. Trong bài báo này, nhóm tác giả đề xuất phương pháp mô hình hóa hành vi đám đông dựa vào mô hình đa tác tử MAS-GiG [1]. Nhóm tác giả dựa trên nền tảng mô phỏng MASH [2] để thiết kế và xây dựng framework cho ứng dụng. Áp dụng phương pháp đề xuất [3] hướng dẫn hành khách sơ tán khi có cháy. Để đánh giá phương pháp đề xuất, nhóm tác giả so sánh phương pháp thực hiện và kết quả thực nghiệm giữa phương pháp đề xuất và phương pháp sơ tán tự động. Môi trường thực nghiệm gồm phòng chờ số 5 và 6, sảnh khởi hành, tầng 1, sân bay quốc tế Đà Nẵng, Việt Nam.

Từ khóa – Mô hình hóa và mô phỏng; hành vi đám đông; hệ thống đa tác tử; đám đông khẩn cấp; hành vi con người.

1. Đặt vấn đề

Hành vi đám đông hay hành vi tập thể được sử dụng để chỉ một tập hợp các hành vi trong đó số lượng lớn người tham gia. Theo bài báo [4], các tác giả đã đề xuất một thuật toán lập kế hoạch sơ tán theo giai đoạn được áp dụng cho các tòa nhà có nhiều lối thoát hiểm. Theo [5], các tác giả đã đề xuất một cách tiếp cận mới cho hệ thống kiểm soát và sơ tán hỏa hoạn trong tòa nhà thông minh dựa trên IoT để hướng dẫn các cá nhân di chuyển theo tuyến đường sơ tán khi xảy ra hỏa hoạn một cách hiệu quả. Theo bài báo [6], trong một đám đông khẩn cấp, hành vi của những người cư ngụ được thể hiện dưới nhiều hình thức như: Di chuyển ngẫu nhiên đối với những người không biết lối ra. Một số người không tự quyết định di chuyển theo hướng nào do họ có thể xác định vị trí lối ra bằng kiến thức cá nhân nhưng không chắc chắn. Một số người biết rõ về các lối ra nên họ có thể định hướng di chuyển của bản thân. Một số người không biết lối ra ở đâu, vì vậy họ đi theo đám đông. Điều này thường tạo ra các dòng di chuyển ngược chiều gây tắc nghẽn. Một số người dễ bị ảnh hưởng tâm lý, họ quyết định chạy, đối với hành vi này thường gây hoảng loạn, tắc nghẽn v.v. Các nghiên cứu về mô hình hóa hành

Abstract – Human behavior in public places is often very complex, always changing, and affected by many factors. In an emergency such as a fire, the behavior of the human becomes chaotic and uncontrollable. There are many fields of research on crowd behavior such as Cellular automata, Social Force, Fluid-dynamic, Agent-based model, Game theoretic. However, each field has its own advantages and disadvantages. In this paper, the authors proposed the method of modeling crowd behaviors based on the multi-agent model MAS-GiG [1]. The authors based on the simulation platform MASH [2] to design and make the framework for the application. Apply the proposed method [3] guiding the evacuation passengers when there is a fire. To evaluate the proposed method, The authors compared the implementation method and experimental results between the proposed method and the Auto method. The experimental environment is lounge 5 and 6, in the departure hall, 1st floor, Danang International Airport, Vietnam.

Key words – Modeling and simulation; crowd behavior; multi-agent system; emergency crowd; human behavior.

vi đám đông theo hướng tiếp cận đa tác tử như: Nghiên cứu các thuộc tính cá nhân về tính cách và cảm xúc [7], tránh va chạm vào nhau giữa các cá nhân và tránh va chạm vào các chướng ngại vật [8], nghiên cứu nhóm các cá nhân trong đám đông [9, 10], ra quyết định tập thể [11], phân tích hành vi tập thể giữa những người di tản phản ánh tương tác xã hội giữa họ [12]. Phần lớn những nghiên cứu về mô hình hóa hành vi đám đông là sơ tán khẩn cấp, cần giải quyết vấn đề tắc nghẽn và sự chậm trễ trong quá trình sơ tán. Trong [13], tác giả đề xuất hướng tiếp cận lập kế hoạch điều hướng tác tử trong môi trường đông đúc, tránh chướng ngại vật, sử dụng tuyến đường được tính toán và cung cấp kết nối toàn hệ thống. Tìm đường đi của từng người đi bộ tránh chướng ngại vật và người đi bộ khác trong môi trường [14]. Nghiên cứu nhóm các cá nhân trong đám đông [15, 16, 17]. Hành vi tập thể [18].

Phần lớn những nghiên cứu về mô hình hóa hành vi đám đông là sơ tán khẩn cấp, những vấn đề cần giải quyết trong lĩnh vực này như tắc nghẽn, thiếu thông tin dẫn đến sự chậm trễ trong quá trình sơ tán. Sự tắc nghẽn xảy ra khi một số lượng lớn các cá nhân cố gắng đi qua một lối thoát và họ thiếu kiên nhẫn trong khi chờ đợi. Để hạn chế rủi ro

¹ QuyNhon University, Vietnam (Đinh Thi Hong Huyền)

² The University of Danang - University of Economics, Danang, Vietnam (Hoang Thi Thanh Ha)

³ Grenoble Alpes University, France (Michel Ocelllo)

xây ra khi bị tắc nghẽn trong quá trình sơ tán, nhiều nghiên cứu đưa ra giải pháp như điều phối, lập kế hoạch hướng dẫn sơ tán.

Trong phạm vi bài báo này, nhóm tác giả nghiên cứu và xây dựng những tác tử thông minh, tự chủ, kết hợp với thuật toán tìm đường đi ngắn nhất để di chuyển từ vị trí của mỗi cá nhân/ nhóm đến một lối thoát, tính toán để dòng di chuyển không bị tắc nghẽn khi qua các cửa thoát hiểm dựa vào kích thước cửa thoát hiểm và kích thước của mỗi cá nhân. Đặc biệt xây dựng cơ chế điều phối theo mức sơ tán đảm bảo đồng trong trường hợp có cháy.

2. Phương pháp đề xuất

2.1. Mô hình đa tác tử MAS-GiG

Theo tài liệu [1], mô hình đa tác tử đa mức MAS-GiG là một mô hình được kết hợp giữa kiến trúc AEIO và mô hình nhóm đa mức.

2.1.1. Kiến trúc AEIO

Mô hình đa tác tử theo kiến trúc AEIO [19], gồm 4 thành phần: A (Agents) - tác tử trong hệ thống; E (Environment) - môi trường bao gồm không gian chung của các tác tử trong hệ thống; I (Interactions) - các tương tác trong hệ thống; O (Organizations) - cơ chế tổ chức trong hệ thống hay chính là tập các mối quan hệ giữa các tác tử với nhau.

Bốn thành phần AEIO trong ứng dụng gồm:

- Tác tử: Một tác tử đại diện cho một cá nhân trong đám đông. Mỗi tác tử có thuộc tính, kiến thức, trạng thái, vai trò khác nhau do vậy nó có thể đưa ra quyết định độc lập.

- Môi trường: Môi trường là không gian hai chiều, trong đó sử dụng lý thuyết đồ thị để mô hình hóa các đường đi có thể di chuyển được.

- Tương tác: Các tác tử tương tác với nhau và tác tử tương tác với các đối tượng của môi trường. Tương tác giữa các tác tử được thực hiện bằng việc gửi/nhận tin nhắn. Tác tử tương tác với các đối tượng môi trường gồm: Chọn lối đi, tránh chướng ngại vật, tránh khi gặp tác tử khác đi ngược chiều nhau,...

- Tổ chức: Theo mỗi quan hệ hai chiều gồm chiều dọc và chiều ngang. Tổ chức theo chiều ngang bao gồm cấu trúc nhóm và mỗi quan hệ trong nó. Tổ chức theo chiều dọc bao gồm cấu trúc và mỗi quan hệ giữa các mức.

2.1.2. Mô hình nhóm đa mức

Theo [20], mô hình nhóm đa mức được hình thành theo cơ chế từ dưới lên và được mô tả như sau:

- Mức 0: Các tác tử ở mức 0 được gọi là các tác tử cơ sở, nó đại diện cho một cá nhân trong ứng dụng. Ở mức này, không có tổ chức và cấu trúc nhóm.

- Mức 1: Mức 1 là mức nhóm đầu tiên trong mô hình. Nhóm ở mức 1 được hình thành từ các tác tử ở mức 0. Sự hình thành nhóm dựa vào các mối quan hệ xã hội của những tác tử. Mỗi nhóm bao gồm một đại diện nhóm và các thành viên trong nhóm.

- Mức n (n≥2): Mức n là mức nhóm thứ n, mỗi tác tử ở mức này là đại diện của một nhóm ở mức (n-1). Các tác tử ở mức n thuộc cùng một nhóm khi chúng hiện diện trong

cùng một phạm vi. Cấu trúc nhóm ở mức n cũng bao gồm một đại diện nhóm và các thành viên trong nhóm.

2.1.3. Sự hình thành các mức

Sự hình thành các mức trong mô hình MAS-GiG thực hiện như sau:

Mức 1 là mức nhóm đầu tiên, nhóm ở mức này được hình thành từ những cá nhân ở mức 0 sao cho chúng có mối quan hệ xã hội như bạn bè, gia đình. Mức 1 được hình thành theo công thức 1.

$$G_{1k(k=1..g)} = \{(I_{i(i=1..o)}, I_{j(j=1..o)}): I_i \mathfrak{R} I_j\} \quad (1)$$

Trong đó, \mathfrak{R} là mối quan hệ xã hội; g: số tự nhiên bất kỳ đại diện cho số nhóm; o là số tự nhiên bất kỳ đại diện cho số tác tử ở mức 0; i, j là các số tự nhiên nằm trong khoảng từ 1 đến o.

Mức thứ n (n≥2), mỗi cá nhân ở mức n là đại diện của một nhóm ở mức (n-1). Nhóm ở mức n được hình thành theo công thức 2.

$$\begin{cases} G_{(n-1)i(i=1..g)} \xleftarrow{\text{Representatives}} I_{ni(i=1..m)} \\ G_{nk(k=1..g)} = \{(I_{ni(i=1..m)}, I_{nj(j=1..m)}): I_{ni} r I_{nj}\} \end{cases} \quad (2)$$

Trong đó, r là phạm vi mà các cá nhân cùng một nhóm hiện diện. Mỗi I_{ni} , I_{nj} là đại diện của các nhóm $G_{(n-1)l}$ ở mức (n-1), m là số tự nhiên bất kỳ đại diện cho số cá nhân ở mức (n-1).

2.1.4. Chọn đại diện nhóm

Đại diện của một nhóm được chọn dựa vào điểm nhận thức của mỗi tác tử. Điểm nhận thức bao gồm kiến thức về môi trường – a_{ek} , kinh nghiệm của bản thân trong việc sơ tán khẩn cấp – a_{pe} , thời gian ra quyết định – a_{dt} . Ví dụ, sự hiểu biết của một tác tử về môi trường như: Các lối thoát ở vị trí nào, lối đi nào đến lối thoát gần nhất. Kinh nghiệm cá nhân trong sơ tán khẩn cấp như chọn đường đi nào đến lối thoát gần nhất, giữ vững tâm lý để trấn an những người xung quanh. Thời gian ra quyết định là yếu tố rất quan trọng trong sơ tán khẩn cấp, nó liên quan đến tâm lý, sự hiểu biết của bản thân về môi trường và kinh nghiệm cá nhân trong sơ tán khẩn cấp. Tác tử nào có điểm nhận thức lớn nhất trong nhóm được chọn làm đại diện nhóm. Điểm nhận thức của mỗi tác tử được tính theo công thức 3.

$$K_a = a_{ek} + a_{pe} + a_{dt} \quad (3)$$

2.2. Các bài toán hỗ trợ việc lập kế hoạch sơ tán

Phương pháp lập kế hoạch sơ tán bao gồm áp dụng mô hình MAS-GiG mô hình hóa đám đông kết hợp với việc chọn tuyến đường tối ưu nhất để hướng dẫn sơ tán hành khách đến nơi an toàn đạt thời gian ngắn nhất và số người sơ tán an toàn nhiều nhất.

2.2.1. Xác định đường đi ngắn nhất

Để xác định đường đi ngắn nhất, nhóm tác giả sử dụng lý thuyết đồ thị để mô hình hóa không gian 2 chiều và tìm đường đi ngắn nhất trên đồ thị $G=\langle V,E \rangle$, với V là tập các đỉnh, E là tập các cạnh của đồ thị. Dựa vào đồ thị G, nhóm tác giả áp dụng thuật toán tìm đường đi ngắn nhất Dijkstra để chọn đường đi ngắn nhất trong số các tuyến đường có thể di chuyển từ một vị trí trong không gian đến một lối thoát.

2.2.2. Phân chia không gian

Không gian để thực nghiệm ứng dụng (gọi là không gian) được chia thành nhiều không gian nhỏ hơn dựa vào cấu trúc của nó và các lối thoát. Việc phân chia không gian với mục đích xác định phạm vi của mỗi mức trong ứng dụng. Không gian là một không gian giới hạn và được ký hiệu là SE. Các không gian con đề cập đến là không gian độc lập và chúng có mối quan hệ tô pô với nhau, được ký hiệu là Sai ($i = 1, 2, 3, \dots, n$). Các không gian con Sai thỏa mãn các điều kiện sau:

$$SE = S_{a1} \cup S_{a2} \dots \cup S_{ai} \dots \cup S_{an}, n \geq 0 \quad (4)$$

$$\text{Với } S_{ai}, S_{aj} \subset SE, \text{ sao cho } S_{ai} \cap S_{aj} = \emptyset, \quad (5)$$

Trong đó, $i \neq j$ và $i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$.

Điều này có nghĩa là các không gian con Sai là tập con của không gian SE (4) và các không gian con này không giao nhau (5).

3. Thực hiện ứng dụng

Nhóm tác giả chọn bài toán ứng dụng cho mô hình đề xuất là lập kế hoạch sơ tán hành khách khi có cháy tại phòng chờ bay, sảnh khởi hành, tầng 1, sân bay quốc tế Đà Nẵng.

3.1. Mô tả bài toán ứng dụng

Thông thường, hành khách sau khi check in, qua cửa an ninh họ sẽ vào phòng chờ bay. Ứng dụng mô hình được thực hiện trong một tiến trình theo thời gian từ khi sân bay ở trong trạng thái hoạt động bình thường đến khi có cháy tại một vị trí nào đó trong dãy các phòng chờ bay, đến khi tất cả hành khách được sơ tán đến nơi an toàn. Thời điểm bắt đầu tiến trình là khi hành khách sau khi qua cửa kiểm tra an ninh và họ vào phòng chờ chuyển bay của họ.

Tiến trình được mô tả theo dòng thời gian như sau:

- Tại thời điểm bắt đầu (t_0): Đã có một lượng hành khách trong phòng chờ, một số hành khách đang làm việc riêng như đang ngồi trên ghế đợi hay đang đi tìm ghế; hoặc đang đi đến shop/ nhà hàng...

- Tại thời điểm sân bay hoạt động bình thường (t_1): Có thêm hành khách vào phòng chờ. Hành khách bắt đầu xuất hiện và đi vào phòng chờ từ lối vào, họ sẽ di chuyển đến khu vực tương ứng với cửa máy bay mà họ sẽ đi, sau đó họ đi tìm ghế ngồi để ngồi chờ, một số đi vệ sinh, một số đi tới nhà hàng ăn/uống...

- Tại thời điểm có cháy ở một vị trí nào đó (t_j): Tín hiệu cháy phát ra, lan truyền thông tin cháy.

- Tại thời điểm (t_i): Các cấp điều hành trong hệ thống quản lý khẩn cấp thực hiện kế hoạch hướng dẫn hành khách sơ tán.

- Tại thời điểm (t_m): Đã có một lượng hành khách đến nơi an toàn.

- Tại thời điểm (t_n): Tất cả hành khách đã đến nơi an toàn.

3.2. Đề xuất mô hình MAS-GiG cho ứng dụng

Theo tài liệu chuyên ngành cháy nổ hướng dẫn sơ tán khẩn cấp tại sân bay trong trường hợp hỏa hoạn [21], mỗi sân bay đều có sẵn một hệ thống quản lý khẩn cấp. Nhóm tác giả đề xuất mô hình MAS-GiG cho hệ thống này là **manage-MAS-GiG**. Ngoài ra, tại các phòng chờ bay được bố trí một lượng hành khách cư ngụ, đề xuất mô hình MAS-

GiG cho hệ thống hành khách là **base-MAS-GiG**.

Dựa vào cấu trúc không gian của sảnh khởi hành, nhóm tác giả đề xuất số mức cho mô hình manage-MAS-GiG. Có ba mức: mức khu vực (Area), mức phòng chờ (Lounge) và mức điều hành (AirportOperator).

Dựa vào dữ liệu phân bố hành khách tại các phòng chờ, nhóm tác giả đề xuất số mức của mô hình base-MAS-GiG. Có hai mức là mức cá nhân (Indie) và mức nhóm (Group). Số mức của hệ thống này được mô tả như sau:

- Mức 0 là mức cá nhân (Indie), mỗi cá nhân đại diện cho một hành khách.

- Mức 1 là mức nhóm, mỗi nhóm ở mức này gồm các cá nhân có mối quan hệ xã hội, đại diện nhóm là GroupLeader.

Trên thực tế, hai hệ thống base-MAS-GiG và manage-MAS-GiG có sự kết hợp tự nhiên với nhau. Cụ thể, các cá nhân/nhóm hành khách được phân bố trong mỗi khu vực của phòng chờ. Mỗi khu vực trong một phòng chờ được bố trí một người trong hệ thống quản lý khẩn cấp giám sát hành khách. Người này được gọi là đại diện khu vực và anh ta thuộc hệ thống quản lý khẩn cấp. Như vậy, trong một phòng chờ có bao nhiêu khu vực thì có bấy nhiêu người được bố trí giám sát các khu vực trong phòng chờ. Đại diện khu vực được bố trí từ hệ thống quản lý khẩn cấp.

Tương tự như mỗi khu vực có một người đại diện quản lý, giám sát thì mỗi phòng chờ cũng có một người đại diện để giám sát phòng chờ.

Trong hệ thống quản lý khẩn cấp có bộ phận điều hành hệ thống. Bộ phận này giám sát toàn bộ hệ thống. Áp dụng mô hình MAS-GiG cho hệ thống quản lý khẩn cấp có tên manage-MAS-GiG, số mức của hệ thống này gồm:

- Mức 2 là mức khu vực (Area), đại diện khu vực trong ứng dụng là Guide.

- Mức 3 là mức phòng chờ (Lounge), đại diện phòng chờ trong ứng dụng là GuideLeader.

- Mức 4 là mức điều hành (AO), đại diện cho bộ phận điều hành hệ thống quản lý khẩn cấp là AirportOperator.

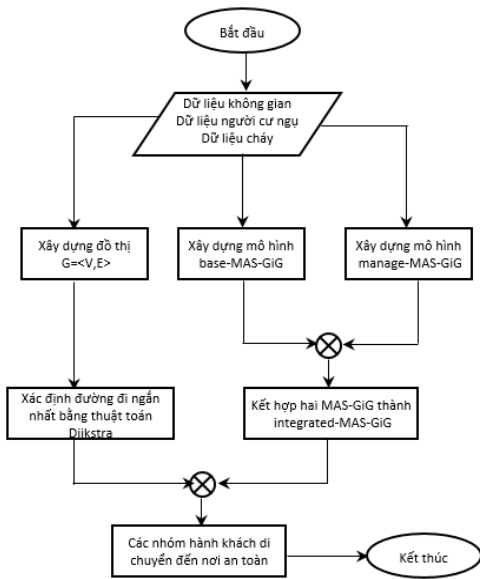
Mô tả các mức và đại diện các mức trong ứng dụng thể hiện ở Hình 1.



Hình 1. Mô tả các mức của mô hình MAS-GiG cho ứng dụng

3.3. Phương pháp đề xuất cho việc lập kế hoạch sơ tán

Từ thông tin về không gian các phòng chờ và sự phân bố hành khách tại các phòng chờ, thông tin cháy, nhóm tác giả đề xuất phương pháp lập kế hoạch sơ tán hành khách đến nơi an toàn. Phương pháp đề xuất cho bài toán lập kế hoạch sơ tán được mô tả trong Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ tổng quát cho bài toán lập kế hoạch sơ tán (Nguồn [3])

4. Thiết kế ứng dụng

4.1. Công cụ mô phỏng MASH [2]

MASH (MultiAgent Hardware Software simulator) là một công cụ mô phỏng do giáo sư Michel Occello và cộng sự phát triển, với mục đích thực nghiệm các nghiên cứu liên quan đến mô phỏng các hệ thống đa tác tử khác nhau. Điểm khác biệt ở MASH so với các công cụ mô phỏng khác là nó cho phép cả việc mô phỏng và thực thi những hệ thống đa tác tử nhúng (embedded multi-agent systems). MASH hỗ trợ bốn loại tác tử sau:

- **Tác tử mềm** (software agents) là tác tử mà có thể nhận biết, quan sát và tương tác trên môi trường ảo.

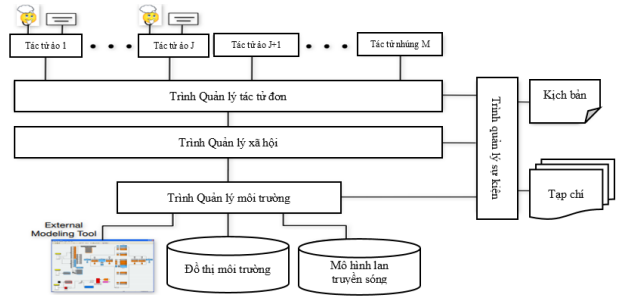
- **Tác tử ảo** (virtual agents) là loại tác tử mềm nhưng được dùng để mô phỏng hành vi của tác tử nhúng trong thế giới thực (real-world).

- **Tác tử nhúng** (embedded agents) là tác tử được nhúng trong thế giới thực, nó có thể nhận biết, quan sát và tương tác trên môi trường vật lý. Nó thường được cấu thành bởi sự kết hợp giữa một phần phần mềm và một phần phần cứng. Như robot bóng đá, xe tự lái và cảm biến thông minh là thuộc loại tác tử nhúng.

- **Tác tử đại diện** (avatar agents) là tác tử đại diện cho tác tử nhúng trong môi trường ảo. Hay nói cách khác, thông qua tác tử đại diện mà tác tử nhúng có thể tương tác được với tác tử mềm trong môi trường ảo. Hành vi của chúng trên môi trường mô phỏng được tính toán trên thiết bị vật lý thực.

Hình 3 mô tả kiến trúc tổng quát của công cụ mô phỏng MASH. Trình Quản lý tác tử đơn (Individual Agent Manager) cho phép việc tích hợp tác tử ảo và tác tử nhúng chung trong cùng một mô phỏng thông qua tác tử đại diện. Một tác tử có thể được hiện thực bởi một tác tử mềm (như một class java) hoặc hành vi của tác tử có thể được tính trên tác tử nhúng ở thế giới thực. Ngoài ra, trình Quản lý xã hội (Society Manager) và trình Quản lý môi trường (Environment Manager) sẽ quản lý, giám sát và cho phép

các tác tử tương tác với nhau và tương tác với môi trường xung quanh chúng.



Hình 3. Kiến trúc của công cụ mô phỏng MASH []

4.2. Thiết kế framework cho ứng dụng

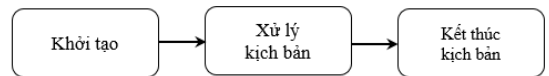
Một chương trình mô phỏng luôn có một kịch bản được xây dựng ban đầu, đây là dữ liệu bắt buộc. Nó có thể được định dạng và cấu hình theo một cấu trúc nhất quán để chương trình có thể đọc và phân tích. Nhóm tác giả đã lưu thông tin kịch bản này trong một tệp JSON (Javascript Object Notation). Kịch bản này chứa toàn bộ thông tin về môi trường như phòng chờ, lối vào, lối ra, cửa hàng, v.v.; thông tin các chuyến bay như chuyến bay có sức chứa bao nhiêu, thời gian bay, xuất phát từ phòng chờ nào, nó có bị trễ không và trễ bao lâu, v.v.; thông tin về hỏa hoạn như khi nào xảy ra, mức độ lan truyền, vị trí xuất hiện, v.v.

Luồng mô phỏng một kịch bản thông qua ba giai đoạn (xem Hình 4):

- **Khởi tạo kịch bản** (Initialization): Chương trình sẽ tải kịch bản từ tệp kịch bản để lưu vào cấu trúc dữ liệu tương ứng và khởi tạo toàn bộ đối tượng trong chương trình như một tình huống thực tế tại thời điểm bắt đầu (t0).

- **Xử lý kịch bản** (Scenario Process): Chương trình sẽ xử lý kịch bản theo các sự kiện, tình huống diễn ra theo thời gian và trình chiếu kết quả lên cửa sổ mô phỏng.

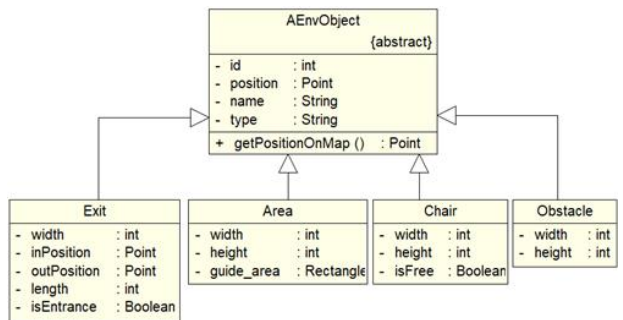
- **Kết thúc kịch bản** (Scenario End): Kịch bản đã kết thúc, chương trình sẽ thống kê lại các thông số, biểu đồ cần khảo sát.



Hình 4. Ba giai đoạn mô phỏng kịch bản

4.3. Thiết kế chi tiết

4.3.1. Thiết kế các đối tượng thuộc môi trường



Hình 5. Sơ đồ lớp các đối tượng môi trường

Hầu hết đối tượng thuộc môi trường là những đối tượng tĩnh và chúng có những thuộc tính chung liên quan tới môi trường, như: Vị trí, không gian chiếm giữ. Ngoài ra, mỗi

loại đối tượng sẽ có những thuộc tính đặc trưng riêng, như một ghế ngồi nó có thuộc tính để cho biết nó có đang trống hay đã có người ngồi, trong khi đó một lối thoát có thuộc tính cho biết nơi an toàn của lối thoát đó nằm ở đâu, v.v. Từ những đặc điểm chung và riêng đó, nhóm tác giả sẽ thiết kế một lớp trừu tượng chung đại diện cho đối tượng môi trường và mỗi loại đối tượng cụ thể sẽ có một lớp riêng và kế thừa lớp trừu tượng chung. Hình 5 sơ đồ lớp của một số đối tượng môi trường trong ứng dụng.

4.3.2. Thiết kế các tác tử

Công cụ mô phỏng MASH đã cung cấp một phương tiện để mô phỏng các tác tử và các mối quan hệ ràng buộc giữa chúng. Mỗi tác tử trong ứng dụng phải được thiết kế là một lớp con của lớp tác tử trong MASH nhằm kế thừa các thuộc tính và hành vi chung của một tác tử. Ngoài ra, chúng ta phải thiết lập các thuộc tính và hành vi riêng biệt cho từng loại tác tử tùy vào logic của ứng dụng cụ thể.

Trong ứng dụng gồm có những tác tử sau:

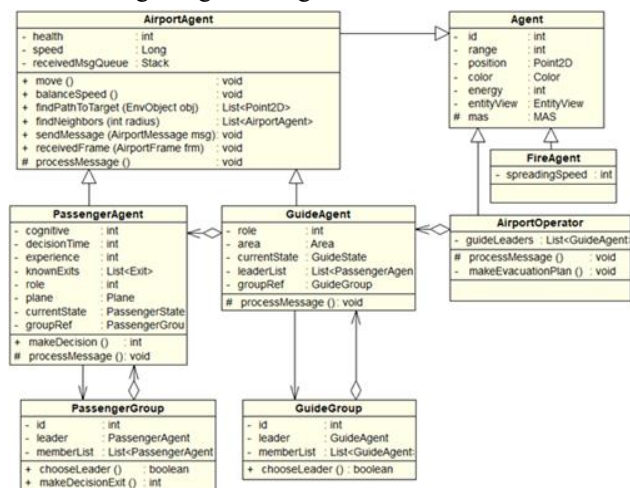
- **PassengerAgent**: Đại diện cho hành khách. Tác tử này có những đặc tính riêng của một hành khách như điểm nhận thức, thời gian ra quyết định, đi chuyến bay nào, các mối quan hệ xã hội như đi một mình hay theo nhóm, vai trò trong nhóm, v.v. và các hành vi của một hành khách như ngồi đợi, đi mua sắm, đưa ra quyết định, trao đổi với hành khách khác, v.v.

- **GuideAgent**: Đại diện cho nhân viên an ninh, quản lý an ninh một khu vực trong phòng chờ và hướng dẫn hành khách trong khu vực đó khi có tình huống khẩn cấp. Nó có những đặc tính như quản lý khu vực nào, vai trò gì, v.v. và các hành vi của một nhân viên an ninh như đi xung quanh khu vực mình quản lý, hướng dẫn di tản, trao đổi với đồng nghiệp hoặc với cấp trên, v.v.

- **AirportOperatorAgent**: Đại diện cho cơ quan quản lý khẩn cấp ở sân bay. Ngoài những đặc tính và hành vi chung của một tác tử, nó có những hành vi riêng như lập kế hoạch sơ tán chi tiết khi có tình huống khẩn cấp xảy ra, trao đổi với cấp dưới, gửi thông báo khẩn cấp, v.v.

- **FireAgent**: Đại diện cho một đám cháy. Nó có đặc tính riêng như tốc độ lan truyền.

Hình 6 mô tả sơ đồ lớp các loại tác tử và các mối quan hệ của chúng trong hệ thống.

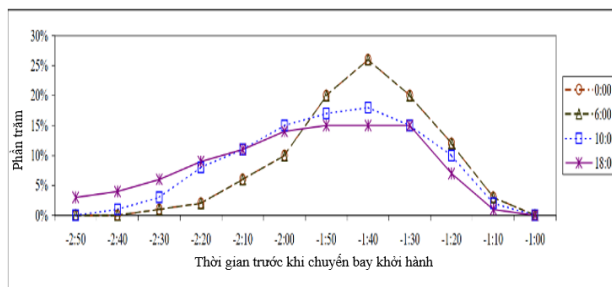


Hình 6. Sơ đồ lớp các tác tử trong hệ thống

5. Thực nghiệm ứng dụng và đánh giá kết quả

5.1. Dữ liệu hành khách

Theo tài liệu [22], dữ liệu phân bố hành khách vào phòng chờ dựa vào tỷ lệ phân bố trong Hình 7. Sự phân bố hành khách vào phòng chờ bay theo thời gian tại ba thời điểm 6 giờ, 10 giờ và 18 giờ. Trong khoảng thời gian trước khi máy bay cất cánh 2 giờ 50 phút đến 1 giờ.



Hình 7. Tỷ lệ phân bố hành khách vào phòng chờ bay (Nguồn IATA 1989) [22]

Giả sử, nhóm tác giả chọn thời điểm máy bay cất cánh là 6 giờ sáng, với số lượng hành khách là 500, tỷ lệ phân bố hành khách thể hiện Bảng 1.

Bảng 1. Minh họa phân bố hành khách vào phòng chờ bay

Thời gian còn lại trước khi máy bay cất cánh (phút)	Tỷ lệ theo IATA (%)	Số lượng hành khách
170	0	0
160	0	0
150	1	5
140	2	10
130	6	30
120	10	50
110	20	100
100	27	135
90	20	100
80	12	60
70	2	10
60	0	0

5.2. Các tham số môi trường

Theo tài liệu về các chuẩn trong sơ tán khẩn cấp của viện Tiêu chuẩn và Công nghệ Quốc gia Hoa Kỳ [23], nhóm tác giả chọn kích thước cửa thoát hiểm 3m, rộng kích thước lối thoát khẩn cấp là 130cm. Giả sử 100% số người sơ tán bình thường, họ có khả năng nhận thức và khỏe mạnh. Tốc độ di chuyển của mỗi hành khách trong phòng được chọn là 1,12 m/s và tốc độ di chuyển của hành khách xuống cầu thang là 0,8m/s và lên cầu thang là 0,5 m/s.

5.3. Thực nghiệm

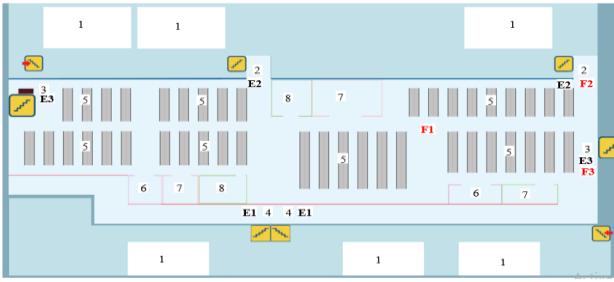
Áp dụng phương pháp đề xuất vào thực nghiệm ứng dụng sơ tán hành khách trên phạm vi phòng chờ số 5 và phòng chờ số 6.

5.3.1. Mô tả chung

Dựa vào cấu trúc của phòng chờ số 5 và số 6 sảnh khởi hành, sân bay quốc tế Đà Nẵng [24], nhóm tác giả thiết kế ứng dụng và thiết kế các kịch bản cho kế hoạch sơ tán.

Các kịch bản được thiết kế dựa vào cấu trúc thực của phòng chờ như lối vào, cửa ra máy bay, lối ra hành lang chung, hành lang, khu vực phân bố ghế ngồi, nhà hàng, cửa hàng, nhà vệ sinh,... Từ đó nhóm tác giả xây dựng một bản đồ 2D có cấu

trúc tương tự như cấu trúc thực của phòng chờ (xem Hình 8).



Hình 8. Bản đồ 2D cho phòng chờ số 5

Mỗi phòng chờ có cấu trúc tương tự nhau. Sau đây là các ký hiệu: (1): Khu vực an toàn; (2): Cửa ra máy bay; (3): Lối vào phòng chờ từ tầng hai; (4): Lối ra để đi xuống tầng trệt (lối thoát khẩn cấp của phòng chờ); (5): Khu vực chờ; (6): Cửa hàng; (7): Nhà hàng; (8): Nhà vệ sinh, giữa các hàng ghế trong khu vực chờ là lối đi. Trong ba kịch bản thử nghiệm, lối xuống tầng trệt (4), cửa ra máy bay (2) và lối vào phòng chờ (3) được sử dụng làm ba lối thoát E1, E2, E3. Ba vị trí cháy là F1, F2, F3 tại phòng chờ số 6 (xem Hình 8).

Có ba kịch bản, mỗi kịch bản gồm một vị trí cháy khác nhau. Kịch bản 1 cháy tại một vị trí không trùng với lối thoát nào của phòng chờ; Kịch bản 2 cháy tại một vị trí gần với lối vào phòng chờ; Kịch bản 3, cháy tại một vị trí gần với cửa ra máy bay. Mỗi phòng chờ có kế hoạch sơ tán riêng.

Tham số để đánh giá phương pháp đề xuất là tổng thời gian sơ tán (total evacuees time).

5.3.2. Các kịch bản

Nhóm tác giả giả sử cháy xảy ra tại ba vị trí F1, F2, F3 trong phòng chờ số 6. Kịch bản 1, cháy ở vị trí F1 của phòng chờ số 6. Cả hai phòng chờ số 5 và số 6 đều sử dụng cả ba lối thoát E1, E2, E3 của mỗi phòng để hướng dẫn sơ tán. Nếu cháy ở vị trí F2, kế hoạch sơ tán của phòng chờ số 5 vẫn sử dụng cả ba lối thoát E1, E2, E3 của phòng chờ số 5 để hướng dẫn sơ tán. Đối với phòng chờ số 6 chỉ sử dụng 2 lối thoát E1 và E3 của phòng chờ số 6 để hướng dẫn sơ tán. Nếu cháy ở vị trí F3, kế hoạch sơ tán của phòng chờ số 5 vẫn sử dụng cả ba lối thoát E1, E2, E3 của phòng chờ số 5 để hướng dẫn sơ tán. Đối với phòng chờ số 6 chỉ sử dụng 2 lối thoát E1 và E2 của phòng chờ số 6 để hướng dẫn sơ tán.

5.3.3. Kết quả thực nghiệm



Hình 9. Giao diện mô phỏng cho kịch bản 1

Hình 9 hiển thị giao diện kết quả mô phỏng của kịch bản 1 khi cháy tại vị trí F1 ở phòng chờ số 6. Giao diện cho thấy, cả hai phòng chờ cùng thực hiện kế hoạch sơ tán trong

cùng thời điểm khi cháy xảy ra tại vị trí F1 ở phòng chờ số 6. Mỗi phòng chờ có kế hoạch sơ tán riêng, trong trường hợp này tất cả ba lối thoát của mỗi phòng chờ đều được sử dụng để sơ tán hành khách đến những nơi an toàn tương ứng. Tổng thời gian sơ tán của phòng chờ số 5 là 169 giây. Tổng thời gian sơ tán của phòng chờ số 6 là 173 giây. Vậy tổng thời gian sơ tán của hai phòng chờ là 173 giây.

Tương tự như kịch bản 1, nhóm tác giả thử nghiệm cho kịch bản 2 và kịch bản 3 trong phạm vi 2 phòng chờ.

Nhóm tác giả tiến hành thử nghiệm 10 lần cho ba kịch bản và lấy bình quân Tổng thời gian sơ tán của mỗi phòng chờ. Với số lượng tác tử phân bố trong mỗi phòng chờ khoảng 500 tác tử. Tổng thời gian sơ tán của hai phòng chờ cho 10 lần thử nghiệm với ba kịch bản F1, F2, F3 hiển thị ở Bảng 2.

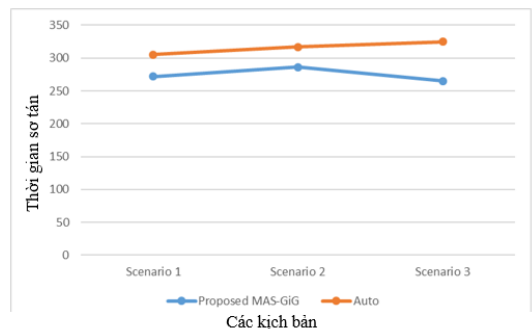
Bảng 2. Tổng thời gian sơ tán của ba kịch bản

Thử nghiệm	Phòng chờ số 5 (Lounge 5)			Phòng chờ số 6 (Lounge 6)			Sảnh (Lounge 5 và Lounge 6)		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
Lần 1	253	235	235	293	283	269	293	283	269
Lần 2	245	285	281	275	293	189	275	293	281
Lần 3	267	251	267	288	281	268	288	281	268
Lần 4	251	233	277	233	285	271	251	285	277
Lần 5	256	267	289	281	297	217	281	297	289
Lần 6	231	365	257	275	297	287	275	365	287
Lần 7	213	255	277	293	281	205	293	281	277
Lần 8	241	264	269	273	292	264	273	292	269
Lần 9	237	299	201	274	280	259	274	299	261
Lần 10	256	256	237	233	271	281	256	271	281

5.3.4. So sánh phương pháp đề xuất với sơ tán tự động

Để đánh giá phương pháp đề xuất, nhóm tác giả tiến hành so sánh kết quả thực nghiệm của phương pháp đề xuất với phương pháp sơ tán tự động trong cùng môi trường mô phỏng, cùng các tham số đầu vào. Cụ thể: Mỗi phương pháp nhóm tác giả tiến hành thử nghiệm 10 lần, lấy bình quân kết quả thu được để so sánh.

Đối với phương pháp tự động, nhóm tác giả chọn tỷ lệ di chuyển ngẫu nhiên của hành khách ra ba lối thoát của phòng chờ. Riêng đối với lối thoát là cửa vào tỷ lệ 40%. Đối với kịch bản 2 và kịch bản 3. Nếu những hành khách di chuyển đến lối thoát có cháy thì họ sẽ quay lại vị trí ban đầu và di chuyển ngẫu nhiên trong hai lối thoát còn lại với tỷ lệ 50%.



Hình 10. So sánh tổng thời gian sơ tán giữa hai phương pháp

Tổng thời gian sơ tán của phương pháp đề xuất và phương pháp tự động hiển thị trong Hình 10. Tổng thời gian sơ tán của phương pháp tự động cao hơn phương pháp đề xuất.

6. Kết luận

Nghiên cứu đã đạt được một số kết quả như: Áp dụng mô hình MAS-GiG [1] vào ứng dụng lập kế hoạch hướng dẫn sơ tán hành khách. Thiết kế, xây dựng, cài đặt ứng dụng và đánh giá kết quả. So sánh kết quả bằng định lượng với phương pháp sơ tán Tự động.

Một ưu điểm nổi bật trong nghiên cứu này là áp dụng mô hình MAS-GiG vào việc lập kế hoạch hướng dẫn sơ tán theo thứ bậc. Cụ thể, trong phạm vi hai phòng chờ, mỗi phòng đều có kế hoạch sơ tán riêng do đại diện phòng chờ điều phối kế hoạch sơ tán. Trong phạm vi một phòng chờ, mỗi phòng chờ có nhiều khu vực, mỗi khu vực có một kế hoạch sơ tán riêng.

Tuy nhiên, nghiên cứu vẫn còn một số hạn chế như: Môi trường thử nghiệm chưa lớn, nhóm tác giả mới thử nghiệm phạm vi hai phòng chờ. Một số tham số còn đồng nhất giữa các tác tử.

Hướng nghiên cứu trong tương lai, nhóm tác giả tiếp tục nghiên cứu, mở rộng phạm vi ứng dụng mô hình và phương pháp đề xuất. Áp dụng mô hình MAS-GiG ứng dụng vào mạng xã hội.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D. T. H. Huyen, H. T. T. Ha, and M. Ocelllo, "Navigating emergency crowd evacuation using MAS-GiG model", in *Fundamental and Applied Information Technology 2021 (FAIR2021)*, 2021, pp 59-68.
- [2] J. -P. Jamont and M. Ocelllo, "A multiagent tool to simulate hybrid real/virtual embedded agent societies", in *International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology*, vol. 2, 2009, pp. 501–504.
- [3] D. T. H. Huyen, H. T. T. Ha, and M. Ocelllo, "Design and experimental evaluation of mas-gig model for crowd evacuation planning in case of fire", in *Artificial Intelligence in Data and Big Data Processing*, 2022, p. 615–626.
- [4] L. Han, H. Guo, H. Zhang, Q. Kong, A. Zhang, and C. Gong, "An efficient staged evacuation planning algorithm applied to multi-exit buildings", *International Journal of Geo-Information*, vol. 9, no. 1, 2020.
- [5] A. Mohammadiounotikandi, H.F. Fakhruideen, M.N. Meqdad, B.F. Ibrahim, N.J. Navimipour, M. Unal, "A Fire Evacuation and Control System in Smart Buildings Based on the Internet of Things and a Hybrid Intelligent Algorithm", *Fire* 2023, vol. 6, no. 4, p. 171, 2023.
- [6] S. Jafer and R. Lawler, "Emergency crowd evacuation modeling and simulation framework with cellular discrete event systems", *Transactions of the Society for Modeling and Simulation International*, vol. 92, no. 8, pp. 795–817, 2016.
- [7] A. Zoumpoulaki, N. Avradinis, and S. Vosinakis, "A Multi-Agent Simulation Framework for Emergency Evacuations Incorporating Personality and Emotions", *Artificial Intelligence: Theories, Models and Applications*, vol 6040, pp 423–428, 2010.
- [8] A. Soriano, E. J. Bernabeu, A. Valera, and M. Vallés, "Multi-agent systems platform for mobile robots collision avoidance", in *Advances on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems*, 2013, pp. 320–323.
- [9] I. Karamouzas and M. Overmars, "Simulating and evaluating the local behavior of small pedestrian groups", *Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 18, no. 3, pp.394–406, 2012.
- [10] V. Murino, "Groups and crowds: Detection, Tracking And Behavior Analysis of People Aggregations", in *11 th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications*, VISIGRAPP 2016.
- [11] D. T. H. Huyen, H. T. T. Ha, and M. Ocelllo, "Investigating the emergence phenomenon in complex systems based on agents", in *The 20th National Conference on Selected Topics in Information Technology and Communication (VNICT 2017)*, 2017, pp 259-264.
- [12] A. Cuesta, O. Abreu, and D. Alvear, "Methods for measuring collective behaviour in evacuees", *Safety Science*, vol. 88, pp. 54–63, 2016.
- [13] J. v. d. Berg, S. Patil, J. Sewall, D. Manocha, and M. Lin, "Interactive navigation of multiple agents in crowded environments", in *Proceedings of the 2008 symposium on Interactive 3D graphics and games*, 2008, pp. 139–147.
- [14] S. J. Guy, J. Chhugani, C. Kim, N. Satish, M. Lin, D. Manocha, and P. Dubey, "Clearpath: highly parallel collision avoidance for multi-agent simulation", in *Proceedings of the 2009 ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer Animation*, 2009, pp. 177–187.
- [15] L. He, J. Pan, S. Narang, and Dinesh Manocha, "Dynamic Group Behaviors for Interactive Crowd Simulation", in *Proceedings of the ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer Animation*, 2016, pp. 139–147.
- [16] Y. Mao, X. Fan, Z. Fan, and W. He, "Modeling Group Structures With Emotion in Crowd Evacuation", *National Natural Science Foundation of China under Grant*, IEEE Access, vol. 7, pp. 40010-140021, 2019.
- [17] J. Patrix, A.-I. Mouaddib, and S. Gatepaill, "Detection of primitive collective behaviors in a crowd panic simulation based on a multi-agent approach", *International Journal of Swarm Intelligence Research*, vol. 3, no. 3, pp 50-65, 2013.
- [18] Y. Demazeau, "From Interactions to Collective Behavior in Agent-Based Systems", in *European Conference on Cognitive Science, Saint-Malo France*, 1995.
- [19] D. T. H. Huyen, H. T. T. Ha, and Michel Ocelllo, "Detect the formation of groups in a crowd based on social relations", in *The 10th Conference on Information Technology and Its Application, CITA 2021*, 2021, pp 32-44.
- [20] M. Tesser, "Emergency In Airports: How Is An Evacuation From The Airport Provided?", Jul 21, 2020, [Online] Available: <https://www.emergency-live.com/of-interest/emergency-in-airports-how-is-an-airport-building-evacuation-carried-on/>, [Accessed March 01, 2023].
- [21] International Air Transport Association (IATA), *Airport Terminal Reference Manual, 7th ed.*; International Air Transport Association (IATA): Montreal, QC, Canada, 1989.
- [22] E. D. Kuligowski *et al.*, "Movement on Stairs During Building Evacuations", *NIST Technical Note 1839*, 2015. <http://dx.doi.org/10.6028/NIST.TN.1839>
- [23] Da Nang International Terminal, "Maps", danangairportterminal.vn, [Online] Available: <https://danangairportterminal.vn/vi/maps/> [Accessed March 01, 2023]