MÔ HÌNH HOÁ MÔ PHỎNG DI TẢN THÀNH MÔ HÌNH TUYẾN TÍNH DỰA TRÊN CHUỖI MARKOV

MODELING EVACUATION SIMULATION INTO LINEAR MODEL BASED ON MARKOV CHAIN

Lê Văn Minh

Trường Cao đẳng Công nghệ Thông tin, Đại học Đà Nẵng; lvminh@cit.udn.vn

Tóm tắt - Hiện nay, sóng thần là một trong những thiên tai nghiêm trọng nhất đối với con người. Di tản là cách hiệu quả nhất để đương đầu với sóng thần cũng như một số thiên tai nghiêm trọng tương tự. Từ đó, bài toán mô phỏng việc di tản được đặt ra để dự đoán số lượng thương vong cũng như để chuẩn bị các giải pháp cứu hộ. Cùng với sự phát triển của hệ thống mô phỏng theo hướng tác tử (agent-based simulation), ngày càng nhiều mô phỏng di tản được xây dựng theo hướng này. Tuy vậy, hướng tiếp cận này gặp phải một vấn đề về tốc độ thực thi bởi vì tại mỗi thời điểm hệ thống phải thực hiện việc mô phỏng hành vi của từng cá thể. Với mô phỏng này, hệ thống phải mô phỏng hành vi của con người vốn dĩ rất phức tạp. Điều này làm việc mô phỏng di tản có độ phức tạp quá lớn để thực hiện trên hệ thống máy tính hiện tại. Bài báo này trình bày việc mô hình hoá di tản thành mô hình tuyến tính dựa trên chuỗi Markov để tăng tốc độ xử lý. Việc thực nghiệm được thực hiện trên một kịch bản giả định trong tình huống xảy ra sóng thần.

Từ khóa - mô phỏng; mô hình hóa; hướng tiếp cận tác tử; chuỗi Markov; mô hình tuyến tính

Abstract - Nowadays, tsunami is one of the most dangerous natural disasters. Evacuation is the most effective way in order to face this disaster and other serious ones. Therefore, the problem of evacuation is proposed in order to predict the casualties and also to prepare rescue measures. Along with the development of agent-based simulation, more simulations are built based on this approach. However, this approach faces a problem of execution speed because the system must simulate every single agent. In this case, the system must simulate human behaviors which are surely complex, which makes the evacuation simulation infeasible because of high complexity. This paper presents a way to model the evacuation into a linear model which bases on Markov chain in order to speed up the execution. The experimentation is based on hypothesis scenario of tsunami.

Key words - simulation; modeling; agent-based approach; Markov chain; linear model

1. Đặt vấn đề

1.1. Di tản trong tình huống sóng thần

Hiện nay, sóng thần là một trong những thiên tai nghiêm trọng nhất đối với con người. Gần đây nhất là trận động đất diễn ra ở Nhật Bản năm 2011 [1] đã cướp đi hàng trăm sinh mạng và cùng theo đó là một hậu quả nghiêm trọng về vấn đề rò rỉ hạt nhân. Cho tới nay, di tản là cách hiệu quả nhất để bảo vệ người dân khỏi sóng thần. Tuy nhiên, trong quá trình di tản vẫn có một số người dân không biết đường đi để di tản (ví dụ như khách du lịch). Điều này dẫn đến giải pháp đó là đặt biển báo hướng dẫn người dân khi di tản. Một biển báo di tản là một tấm bảng đặt tại các ngã ba hoặc ngã tư và trên đó có ghi rõ hướng di chuyển cũng như những thông tin liên quan. Hình 1 trình bày một ví dụ về việc đặt biển báo hướng dẫn đã được chính quyền tỉnh Palabuhanratu, Indonesia [2] thực hiện. Bài toán đặt ra là làm thế nào để đánh giá độ hiệu quả của việc đặt biển báo này. Nói một cách khác, nếu chúng ta quyết định đặt một số lượng xác định các biển báo ở một số vị trí giao thông cụ thể, thì trường hợp có sóng thần xảy ra sẽ có bao nhiêu người đến được nơi trú ẩn trong trường hợp khẩn cấp.

Thực tế là chúng ta không mong muốn thiên tai xảy ra, nhưng chúng ta phải chuẩn bị cho những tình huống xấu nhất của thiên tai. Do đó, mô phỏng là một trong những giải pháp hiệu quả để dự đoán hoặc ít nhất cũng có thể đánh giá quá trình di tản. Nghĩa là mô phỏng này phải mô tả việc di chuyển của toàn bộ người dân. Dựa vào kết quả mô phỏng của việc di tản, chúng ta có thể ước lượng được một cách tương đối số lượng những người có thể đến nơi trú ẩn trước khi thiên tai ập đến.

Hình 1. *Ví dụ về biển chỉ dẫn ở Indonesia*

1.2. Mô tả vấn đề cần giải quyết

Mô hình hoá hướng tác tử (còn được gọi là Agent-Based Modeling) là một hướng tiếp cận tốt để giải bài toán mô phỏng việc di tản. Với hướng tiếp cận này, chúng ta chỉ cần đặc tả hành động của từng cá nhân cụ thể và hệ thống sẽ tạo ra tất cả tiến trình giả lập các hành động này để thực hiện. Vấn đề là bài toán mô phỏng hành vi con người có độ phức tạp quá lớn để có thể chạy trên hệ thống hiện nay. Độ phức tạp này đến từ 2 nguyên nhân chủ yếu:

1. Hành động của từng cá thể vốn dĩ phức tạp. Việc mô tả những hành động này sẽ tăng độ phức tạp của hệ thống.
2. Hệ thống phải thực hiện việc giả lập cho tất cả các tác tử (vốn đại diện cho mỗi cá thể trong mô phỏng). Điều này còn có thể làm tăng khối lượng tính toán theo cấp số nhân

trong trường hợp bộ nhớ tạm thời của hệ thống không đủ để có thể lưu trữ thông tin của tất cả các tác tử.

Trong bài này, tác giả đề xuất một giải pháp có thể tăng đáng kể tốc độ mô phỏng hướng tác tử bằng cách chuyển từ mô hình theo hướng tác tử thành mô hình theo hướng quyết định dựa trên chuỗi Markov. Bài báo được tổ chức như sau: trong phần tiếp theo, tác giả sẽ trình bày những ưu điểm và tồn tại của những công trình liên quan trến trường hợp nghiên cứu này; sau đó tác giả sẽ trình bày giải pháp mô hình hoá thành chuỗi quyết định dựa trên chuỗi Markov; cuối cùng sẽ là phần đánh giá và kết luận.

2. Kết quả nghiên cứu và khảo sát

2.1. Phương pháp mô hình hoá di tản

Để xây dựng được một mô phỏng, thông thường chúng ta theo một trong hai hướng tiếp cận chính. Hướng tiếp cận thứ nhất là mô hình toán học "equation-based modeling". Theo công trình nghiên cứu ở [3], chúng ta mô hình hệ thống dưới dạng một mô hình toán học mà mô hình này bao gồm nhiều phương trình toán học. Hướng tiếp cận thứ hai tập trung vào việc mô tả hành vi của từng thành phần cụ thể trong hệ thống (được mô tả ở [4]) được gọi là "agent-based modeling". Theo tổng hợp trong [5], mỗi hướng tiếp cận có điểm mạnh, điểm yếu riêng. Tuy nhiên, nghiên cứu cũng chỉ ra rằng hành vi con người vốn rất phức tạp, do đó, độ chính xác của các mô phỏng toán học hiện tại vẫn đang là vấn đề gây tranh cãi. Vì vậy, nhiều công trình tập trung vào hướng tiếp cận "agent-based modeling" để mô phỏng hành vi con người (các công trình tiêu biểu bao gồm [6], [7], [8]).

2.2. Mô hình hoá hướng tác tử việc di tán

Cách đơn giản nhất để mô hình việc di tản là mô tả các chuyển động của từng cá thể trên một lưới. Mỗi người dân được đặc tả bởi 1 tác tử (gọi là agent). Mỗi bước di chuyển, tác tử sẽ thay đổi vị trí từ ô này sang ô khác. Mặc dù hướng tiếp cận này đã gặt hái được nhiều thành công trong việc mô tả di tản trong một toà nhà (theo công trình của [9] và [10]), nhưng tác giả nghi ngờ rằng cách làm này sẽ không hợp lý khi mô tả di tản trong một thành phố vì diện tích của thành phố lớn hơn rất nhiều so với diện tích một toà nhà. Ví dụ cụ thể như sau, một toà nhà bình thường có diện tích trung bình khoảng 100m^2 (tương đương 10^2m^2) thì việc mô phỏng di tản của một người dân trong toà nhà đó cần phải có một lưới với 100 ô. Vấn đề là diện tích trung bình của thành phố rộng hơn 1.000km^2 (lớn hơn 10^9m^2). Vì vậy, để mô phỏng di tản cho thành phố, chúng ta cần phải có một lưới có 10^9m^2 ô, nghĩa là độ phức tạp của bài toán sẽ tăng lên 10^7 lần (10 triệu lần). Do đó, tác giả quyết định chọn hướng giải quyết khác có độ phức tạp ít hơn.

Hướng tiếp cận tiếp theo được trình bày bởi [11] để mô hình hoá di tản. Đây là công trình tiêu biểu nhất để mô hình việc di chuyển của tác tử (đại diện cho người di tản) thành mô hình petri-net. Người mô hình hoá có thể thêm các luật để các tác tử lựa chọn các đoạn đường ít đông đúc. Mặc dù hướng tiếp cận này có thể thích hợp để mô phỏng di tản của cả thành phố rộng lớn, nhưng nó không thể áp dụng được trong việc mô phỏng hành vi của từng cá nhân cụ thể trong di tản.

Một hướng tiếp cận khác được đưa ra đó là mô phỏng việc di tản thành một chuỗi quyết định. Nghĩa là tại một thời điểm xác định, mỗi người di tản sẽ quyết định "nên di chuyển về hướng nào". Tiêu biểu nhất cho hướng tiếp cận này là công trình [12]. Công trình này đã thành công trong việc xây dựng hàm hỗ trợ đưa quyết định cho người dân khi di tản, nhưng vẫn chưa hoàn toàn mô phỏng việc di chuyển của người dân, vốn là việc quan trọng nhất đối với bài toán mô phỏng.

Qua nghiên cứu về thực trạng của bài toán di tản, tác giả đề xuất mô hình hoá việc di tản thành một chuỗi quyết định. Vấn đề ở đây là làm sao để mô hình hoá việc di chuyển của người dân trong di tản. Phần tiếp theo, tác giả đề xuất mô hình chuỗi Markov để giải quyết triệt để bài toán này.

3. Đề xuất phương pháp

3.1. Trường hợp nghiên cứu cụ thể

Trường hợp nghiên cứu cụ thể xuyên suốt bài báo này là di tản khi xảy ra sóng thần ở thành phố Đà Nẵng, Việt Nam. Theo công trình nghiên cứu của [13] và [14] thì vẫn tồn tại nguy cơ sóng thần đối với nước Việt Nam nói chung và các tỉnh duyên hải miền Trung nói riêng. Tác giả của những công trình này đã đề ra những kịch bản được giả định, mà trong đó, kịch bản khẩn cấp nhất được đề xuất trong bài báo này như sau:

1. Ban đầu, một trận động đất diễn ra ngoài khơi biển Đông.
2. Trận động đất này gây ra sóng thần với độ cao của cơn sóng đầu tiên khi tiếp cận đất liền là 2 mét.
3. Thời gian lan truyền sóng tương ứng với thời gian di chuyển của đợt sóng đầu tiên được dự đoán là 30 phút.
4. Viện Vật lý Địa cầu sẽ thông báo cho các đơn vị phòng chống thiên tai địa phương để triển khai di tản qua tất cả các phương tiện thông tin đại chúng.
5. Khoảng thời gian để chính quyền trung ương và địa phương thông báo quyết định di tản đến người dân dự kiến khoảng 15 phút.
6. Như vậy, thời gian di tản của người dân bị rút ngắn còn 15 phút. Người dân được khuyến cáo di chuyển đến các toà nhà cao tầng và đủ kiên cố ngay gần nơi cư trú để tránh thiên tai.
7. Với một bộ tham số đầu vào là thông tin mô tả các biển chỉ dẫn (bao gồm vị trí và hướng của chúng), câu hỏi đặt ra là sẽ có bao nhiêu phần trăm người dân đến được nơi trú ẩn an toàn sau 15 phút.

Để trả lời cho câu hỏi này, trong phần tiếp theo sẽ trình bày hai mô hình mô phỏng. Mô hình thứ nhất gọi là mô hình hướng tác tử (agent-based model). Đây là mô hình thiên về đặc tả trong đó hành vi của mỗi người dân được mô tả cụ thể và các hành vi này sẽ được thực thi tạo thành mô phỏng di tản. Mô hình thứ hai là mô hình tuyến tính dựa trên chuỗi quyết định Markov (Markov chain decision). Đây là mô hình toán học mà trong đó hành vi của con người khi di tản được phân tích thành một chuỗi quyết định, chuỗi quyết định này được mô tả bằng một tập hợp các phương trình hoặc bất phương trình ràng buộc.

3.2. Mô tả mô hình di tản hướng tác tử

Tác giả xây dựng mô hình di tản cho kịch bản xấu nhất khi xảy ra sóng thần ở thành phố Đà Nẵng, Việt Nam. Kịch bản này do Viện Vật lý Địa cầu thuộc Viện Hàn lâm Khoa

học Công nghệ Việt Nam cung cấp. Với kịch bản này thì sóng thần từ một vụ động đất ngoài khơi biển đông sẽ tiếp cận bờ biển Đà Nẵng trong khoảng thời gian 15 phút. Người dân được thông báo di tản đến những toà nhà cao tầng và kiên cố gần vị trí của mình.

Trong mô phỏng này, môi trường di tản được biểu diễn bằng bản đồ của thành phố. Bản đồ này được mô hình hoá thành một đồ thị. Mỗi người dân trong mô phỏng di tản được mô hình hoá thành một điểm. Việc di chuyển của người dân được mô phỏng thành việc di chuyển của điểm đó trên các cạnh của đồ thị.

Vì đây là kịch bản xấu nhất nên trong mô hình này, tác giả chỉ mô phỏng những người không biết đường đi để làm nổi bật ý nghĩa của việc đặt biển chỉ dẫn. Mỗi người được mô hình thành một tác tử với các hành vi cụ thể sau: Khi gặp được biển chỉ dẫn ở ngã tư, người biết đường sẽ theo hướng của biển chỉ dẫn đó. Ngược lại, họ sẽ chọn các hướng đi ngẫu nhiên ở các ngã tư cho tới khi gặp được biển chỉ dẫn tiếp theo hoặc đến được nơi trú ẩn.

Nếu tác tử (đại diện cho một người di tản) đến được nơi trú ẩn trong vòng 15 phút trên mô phỏng, tác tử đó được xem như thoát nạn. Trong trường hợp này, nơi trú ẩn là các nhà cao tầng có vị trí được mô tả ngay từ đầu. Đầu vào của mô phỏng là một bộ tham số mô tả các biển chỉ dẫn bao gồm vị trí và hướng của các biển chỉ dẫn này. Đầu ra là tỉ lệ phần trăm những người thoát nạn.

3.3. Mô hình hoá hành vi con người thành chuỗi Markov

Trước hết, tác giả trình bày một góc nhìn khác đối với mô hình di tản. Hành vi quan trọng nhất của mỗi cá thể trong mô hình này là việc lựa chọn hướng đi. Hay nói một cách khác, các cá thể này phải đưa ra quyết định là đi về hướng nào. Do đó, quá trình di tản trở thành một chuỗi các quyết định. Việc mô hình hoá quá trình di tản trở thành mô hình hoá chuỗi quyết định. Ở đây, tác giả chọn chuỗi Markov để thực hiện việc mô hình hoá.

1. Gọi G = (V, E) là đồ thị biểu diễn bản đồ thành phố với các mô tả cụ thể như sau:
2. V = {1, 2,...,n} là tập hợp các đỉnh. Mỗi đỉnh đại diện cho một nút giao thông (ngã ba hoặc ngã tư, ...).
3. $E \subseteq V \times V$ là tập hợp các cung. Mỗi cung đại diện cho đoạn đường nối các nút giao thông.
4. Mỗi cung (i,j) có trọng số c_{ij} đại diện cho thời gian cần thiết để một người đi từ đỉnh i đến đỉnh j.
5. N(i) = {j: (i, j) ∈ E} là tập hợp các đỉnh lân cận của đỉnh i.
6. Tập hợp $X \subseteq V$ đại diện cho toạ độ của những nơi trú ẩn.

Một chuỗi Markov trong tình huống này được đặc tả bởi một ma trận chứa xác suất chuyển dịch và một tập hợp phân bố ban đầu của dân cư. Tập hợp phân bố dân cư được ký hiệu $\mu = \{\mu_i: i \in V\}$ trong đó μ_i là tỉ lệ phần trăm dân cư ở đỉnh i ngay thời điểm bắt đầu mô phỏng. Ma trận xác suất chuyển dịch P có kích thước n x n và được mô tả như sau:

1. Giá trị p_{ij} là xác suất để một tác tử ở đỉnh i quyết định rẽ sang đỉnh j.
2. Nếu $(i, j) \notin E$ thì $p_{ij} = 0$.
3. Tổng tất cả xác suất chuyển dịch của một đỉnh luôn bằng 1, $\sum_{j \in V} p_{ij} = 1$
4. Nếu có một biển chỉ dẫn ở đỉnh i và chỉ tới đỉnh j thì tất cả sẽ quyết định chọn hướng đi (i,j) do đó $p_{ij} = 1$ và $p_{ik} = 0$, $\forall k \neq j$.
5. Nếu không có biển báo nào ở đỉnh i thì xác suất của việc chọn các hướng đi là bằng nhau, $p_{ik} = 1/|N(i)|$, $\forall k \in N(i)$.

Cuối cùng, toàn bộ việc di tản được mô hình hoá trong bộ tứ các tập hợp (G, X, μ, P).

3.4. Mô hình hoá chi tiết việc di tản thành mô hình tuyến tính

Trong công trình nghiên cứu [15], tác giả đã trình bày một ý tưởng tính thời gian di tản trung bình của toàn bộ người dân dựa trên chuỗi Markov. Dĩ nhiên là thời gian di chuyển trung bình hoàn toàn khác với tỉ lệ phần trăm số người di tản thành công. Điều này làm giảm đáng kể tính tin cậy của mô hình này. Tuy vậy, mô hình toán học này đã cung cấp cho tác giả ý tưởng để xây dựng một mô hình chính xác hơn. Mô hình của tác giả sẽ tính được trực tiếp tỉ lệ phần trăm những người đã di tản thành công. Mô hình được mô tả như sau.

Gọi $q_{i,k}$ là xác suất để một người xuất phát từ đỉnh i và đến được nơi trú ẩn với thời gian t > k. Định nghĩa $[x]+$ có giá trị là x nếu x > 0 và có giá trị 0 nếu ngược lại. Các phương trình ràng buộc của biến $q_{i,k}$ được mô tả như sau:

1. Tất cả những người di tản sớm muộn gì cũng đến được nơi trú ẩn. Do đó xác suất để người đó đi đến nơi trú ẩn luôn bằng 1 với thời gian lớn hơn 0. Ta có các phương trình ràng buộc:
$$\forall i \in V, \qquad q_{i,0} = 1$$
2. Những người đã ở nơi trú ẩn thì không cần phải di chuyển. Do đó xác suất để người đó di chuyển đến nơi trú ẩn khác luôn bằng 0. Các phương trình được mô tả như sau:
$$\forall i \in X, \forall k \geq 1, \qquad q_{i,k} = 0$$
3. Với một người ở đỉnh i quyết định chọn đỉnh j (j là đỉnh lân cận của i) để đi thì xác xuất để người đó đến được đích sẽ được nhân thêm xác suất dịch chuyển p_{ij} (trình bày ở phần trước). Do đó, các phương trình ràng buộc trở thành

$$\forall i \in V \backslash X, \forall k \geq 0, \qquad q_{i,k} = \sum_{j \in N(i)} p_{ij} q_{j,[k-c_{ij}]+}$$

Với sự phân bố dân cư μ_i là tỉ lệ phần trăm số người ở đỉnh i ngay thời điểm bắt đầu di tản thì tỉ lệ phần trăm những người đến được nơi trú ẩn trong thời gian lớn hơn K (thời gian di tản có độ dài 15 phút hoặc 900 giây) được tính theo biểu thức sau:

$$\sum_{i \in V} \mu_i q_{i,K}$$

Nói một cách khác, những người chỉ đến được nơi trú ẩn với thời gian t > K, nghĩa là họ không thể đến được nơi trú ẩn trong thời gian K, đây chính là những người không thể di tản thành công. Vậy, tỉ lệ phần trăm những người đến

được nơi trú ẩn an toàn trong thời gian K được tính theo hệ phương trình sau:

$$1 - \sum_{i \in V} \mu_i q_{i,K}\,, với\ ràng\ buộc:$$

$$\forall i \in V, \qquad q_{i,0} = 1$$

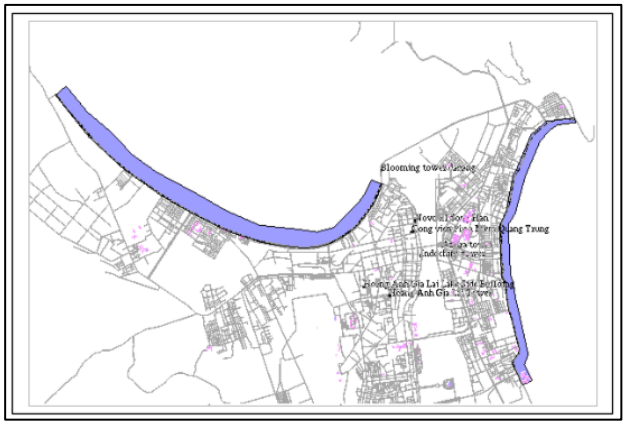
$$\forall i \in X, \forall k \geq 1, \qquad q_{i,k} = 0$$

$$\forall i \in V \backslash X, \forall k \geq 0, \qquad q_{i,k} = \sum_{j \in N(i)} p_{ij} q_{j,[k-c_{ij}]+}$$

4. Thực nghiệm và đánh giá

4.1. Trường hợp nghiên cứu cụ thể

Trường hợp nghiên cứu cụ thể xuyên suốt bài báo này là di tản khi xảy ra sóng thần ở thành phố Đà Nẵng, Việt Nam. Hình 2 trình bày bản đồ mô phỏng. Thông tin về bản đồ và vị trí địa lý của những toà nhà cao tầng làm nơi trú ẩn được Viện Vật lý Địa cầu cung cấp. Đầu vào của mô phỏng một bộ tham số đầu vào gồm vị trí và hướng của các biển chỉ dẫn. Đầu ra là tỉ lệ phần trăm người dân đã di tản đến nơi trú ẩn thành công.



Hình 2. *Bản đồ môi trường di tản Đà Nẵng (nguồn từ Viện Vật lý Địa cầu)*

4.2. Quy trình thực nghiệm

Trong quá trình thực nghiệm, tác giả đã xây dựng hai mô hình. Với mỗi lần thực nghiệm, cả hai mô hình này đều nhận những tham số đầu vào giống nhau và chạy trên cùng một hệ thống máy tính (Mac Mini, Mid-2011 version, Intel Core i7, 8Gb Ram). Một số tham số tiêu biểu là số lượng người dân được mô phỏng là 10.000 người. Kết qủa ghi nhận từ hai mô hình này bao gồm: tỉ lệ phần trăm những người đến được nơi trú ẩn và thời gian thực thi mô hình trên máy tính.

Mô hình thứ nhất được xây dựng theo hướng tác tử. Trong mô hình này, các tác tử sẽ đại diện cho người dân di tản và được lập trình với các hành vi đã được mô tả trong phần trước đó. Mô hình này được chạy trên nền tảng mô phỏng GAMA [16].

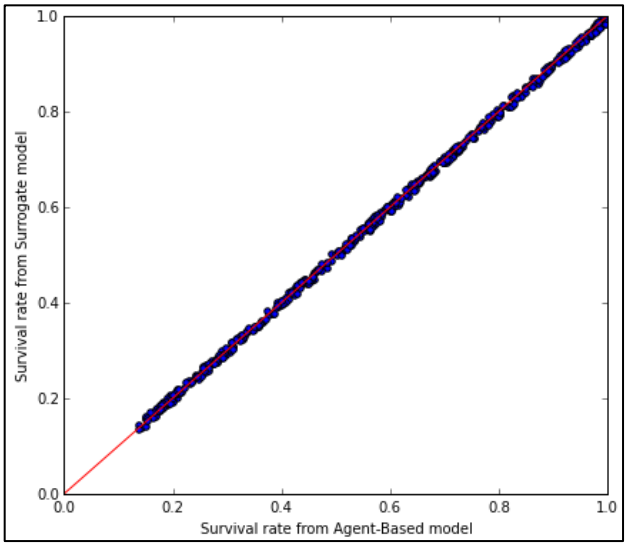
Mô hình thứ hai là mô hình tuyến tính. Trong mô hình này, việc di tản được mô hình hoá thành một chuỗi các quyết định. Mô hình này được chạy trên nền tản Quy hoạch toán học IBM CPLEX [17].

4.3. Đánh giá

Trong bài báo này, tác giả đề xuất mô hình mới để thay cho mô hình hướng tác tử. Để đánh giá đề xuất này, hai câu hỏi được đặt ra: 1. Liệu mô hình mới có thể chạy ra cùng một kết quả giống mô hình có sẵn hay không; 2. Mô hình mới sẽ nhanh đến mức nào.

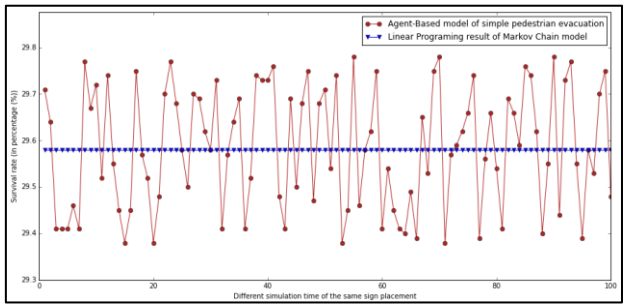
4.3.1. Đánh giá tính đồng nhất của hai mô hình

Phần thực nghiệm này đánh giá xem liệu hai mô hình có cho ra kết quả giống nhau. Tác giả thực nghiệm cả hai mô hình đối với 1.000 bộ tham số khác nhau. Các bộ tham số này được tạo ra một cách ngẫu nhiên.



Hình 3. *Sự đồng nhất về kết quả của hai mô hình*

Kết quả cả hai mô hình được ghi lại và biểu diễn trên biểu đồ trong Hình 3. Trong hình, mỗi điểm đại diện cho kết quả mô phỏng của một bộ tham số trên cả hai mô hình. Trục ngang thể hiện kết quả thu được trên mô hình tác tử (Survival rate from Agent-Based model). Trục đứng thể hiện kết quả thu được từ mô hình tuyến tính dựa trên chuỗi Markov (Survival rate of surrogate model). Các điểm được phân bố dọc theo đường chéo thứ hai của biểu đồ chứng minh rằng trong kết quả từ hai mô hình là giống nhau.

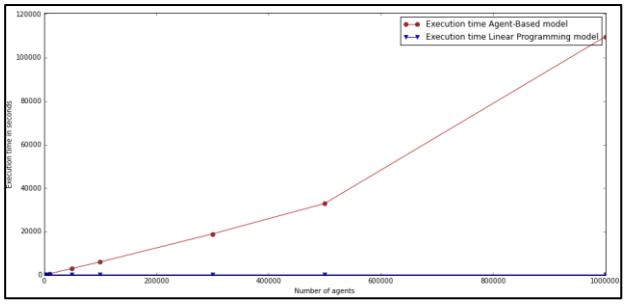


Hình 4. *Chi tiết kết quả của một bộ tham số*

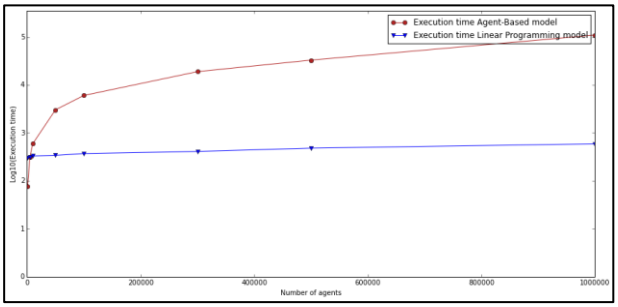
Trong Hình 4, tác giả trình bày thêm một phân tích chi tiết cho một bộ tham số cụ thể. Trong trường hợp này, mô phỏng được thực hiện 100 lần với cùng một bộ tham số. Việc thực hiện mô phỏng nhiều lần này để đảm bảo tính tin cậy của kết quả thu được. Kết quả cuối cùng chính là trung bình cộng của 100 kết quả thu được. Trục ngang thể hiện số lần mô phỏng trong khi đó trục đứng thể hiện tỉ lệ phần trăm những người di tản thành công đến nơi an toàn. Trong hình này, chúng ta nhận thấy kết quả từ mô hình hướng tác tử là không ổn định trong khi đó kết quả từ mô hình tuyến tính là rất ổn định.

4.4. Đánh giá tốc độ

Trong phần này, tốc độ của cả hai mô hình sẽ được so sánh. Tác giả thực hiện mô phỏng cả hai mô hình với số lượng tác tử khác nhau và ghi lại thời gian thực thi của từng mô hình. Hình 5, 6 trình bày kết quả so sánh cả hai mô hình. Trong Hình 5, vì thời gian thực thi của mô hình tuyến tính rất nhỏ so với mô hình tác tử nên đường biểu diễn mô hình này có thể sẽ rất gần với trục ngang. Do đó, tác giả đã thực hiện tính logarit cơ số 10 đối với tất cả các kết quả thu được (Hình 6). Trong Hình 5 và 6 này, trục đứng sẽ thể hiện thời gian thực thi mô phỏng sau khi đã thực hiện logarit cơ số 10. Với kết quả thu được, ta thấy tốc độ thực thi của mô hình tuyến tính do tác giả đề xuất rất ổn định và nhanh hơn hẳn mô hình tác tử. Trong trường hợp tốt nhất, mô hình tuyến tính có thể nhanh hơn mô hình tác tử 1.000 lần.



Hình 5. *Chi tiết kết quả của một bộ tham số*



Hình 6. *Chi tiết kết quả của một bộ tham số*

5. Kết luận

Trong bài báo này, tác giả đã trình bày một cái nhìn khác về việc mô phỏng di tản trong tình huống xảy ra sóng thần. Thay vì tìm cách mô phỏng hành vi của từng cá thể, tác giả trình bày việc mô phỏng quyết định của họ. Với hướng tiếp cận này thì mô hình di tản được biểu diễn thành mô hình tuyến tính của chuỗi quyết định Markov.

Kết quả thực nghiệm cho thấy mô hình đề xuất cho ra cùng một kết quả giống mô hình tác tử có sẵn và tốc độ nhanh hơn đáng kể. Điều này dẫn đến kết luận rằng chúng ta có thể sử dụng mô hình đề xuất này thay cho mô hình tác tử có sẵn để giải bài toán khó hơn. Bài toán này chính là việc tìm ra bộ tham số tối ưu của mô hình. Hay nói cách khác, chúng ta sẽ tìm ra những vị trí để đặt biển chỉ dẫn sao cho số người di tản đến được nơi trú ẩn là nhiều nhất.

Hướng phát triển cơ bản của bài toán là tìm bộ tham số tối ưu cho mô phỏng. Ý tưởng cơ bản của bài toán tối ưu này là sử dụng thuật toán meta heurisics để thực hiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] A. SUPPASRI, F. IMAMURA, and S. KOSHIMURA, "Tsunami Hazard and Casualty Estimation in a Coastal Area That Neighbors the Indian Ocean and South China Sea", *Journal of Earthquake and Tsunami*, vol. 06, no. 02, Jun. 2012, pp. 1–25.

[2] Y. TANIOKA, H. LATIEF, H. SUNEDAR, A. R. GUSMAN, and S. KOSHIMURA, "Tsunami Hazard Mitigation at Palabuhanratu, Indonesia", *Journal of Disaster Research*, vol. 7, no. 1, 2012, pp. 19–25.

[3] S. G. HENDERSON and B. L. NELSON, *Handbooks in Operations Research and Management Science: Simulation*, Elsevier, 2006, vol. 13.

[4] E. Bonabeau, "Agent-based modeling: Methods and techniques forsimulating human systems", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 99, no. suppl 3, 2002, pp. 7280–7287.

[5] H. PARUNAK, R. SAVIT, and R. RIOLO, "Agent-based modeling vs equation-based modeling: A case study and users' guide", in Sichman, J., S., Conte, R., Gilbert, N. (eds.) Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation, Lecture Notes in Artificial Intelligence, 1998, pp. 10–25.

[6] N. PELECHANO, K. OBRIEN, and N. BADLER, "Crowd simulation incorporating agent psychological models, roles and communication", *in In Proc. the 1st International Workshop on Crowd Simulation*, 2005, pp. 21–30.

[7] J. TSAI, N. FRIDMAN, E. BOWRING, M. BROWN, S. EPSTEIN, G. KAMINKA, S. MARSELLA, A. OGDEN, I. RIKI, A. SHEEL, M. TAYLOR, X. WANG, M. TAMBER, and A. ZILKA, "Escapes - evacuation simulation with children, authorities, parents, emotions, and social comparison", *in In Proc. of 10th Int. Conf. on Autonomous Agents and Multiagent Systems AAMAS 2011*, 2011, pp. 457–464.

[8] O. BELTAIEF, S. HADOUAJ, and K. GHEDIRA, "Multi-agent simulation model of pedestrians crowd based on psychological theories", *in In Proc. the 4th International Conference on Logistics*, 2011, pp. 150–156.

[9] J. L. SMITH and J. T. BROKOW, "Agent Based Simulation of Human Movements during Emergency Evacuations of Facilities", in Structures Congress 2008. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, Oct. 2008, pp. 1–10.

[10] K. CHRISTENSEN, "Agent-Based Emergency Evacuation Simulation with Individuals with Disabilities in the Population", *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol. 11, no. 3, 2008.

[11] T. MINAMOTO, Y. NARIYUKI, Y. FUJIWARA, and A. MIKAMI, "Development Of Tsunami Refuge Petri-Net Simulation System Utilizable In Independence Disaster Prevention Organization", *in The 14th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17*, 2008, Beijing, China, 2008.

[12] Y. LIU, N. OKADA, and Y. TAKEUCHI, "Dynamic Route Decision Model-based Multi-agent Evacuation Simulation - Case Study of Nagata Ward, Kobe", *Journal of Natural Disaster Science*, vol. 28, no. 2, 2008, pp. 91– 98.

[13] T. C. VU and D. X. NGUYEN, "Tsunami risk along Vietnamese coast", *Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, no. 23, 2008, pp. 24–33.

[14] H. P. NGUYEN, H. P. VU, and T. T. PHAM, "Development of a tsunami evacuation plan for urban area of Nha Trang city using GIS", *Journal of Earth's sciences (in Vietnamese)*, 2012.

[15] T. N. A. NGUYEN, Y. CHEVALEYRE, and J. D. ZUCKER, "Optimizing the Placement of Evacuation Signs on Road Network with Time and Casualties in case of a Tsunami", *in 20th IEEE International Conference on Collaboration Technologies and Infrastructures (WETICE 2011)*, no. i, 2011, pp. 394–396.

[16] A. DROGOUL, E. AMOUROUX, P. CAILLOU, B. GAUDOU, A. GRIGNARD, N. MARILLEAU, P. TAILLANDIER, M. VAVASSEUR, D. A. VO, and J. D. ZUCKER, "GAMA: Multi-level and Complex Environment for Agent-based Models and Simulations (demonstration)", *in The 2013 International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 2013, pp. 1361–1362.

[17] C. D'AMBROSIO and A. LODI, "Mixed integer nonlinear programming tools: A practical overview", 4OR, vol. 9, no. 4, 2011, pp. 329–349.

(BBT nhận bài: 17/01/2017, hoàn tất thủ tục phản biện: 06/03/2017)