

Nghiên cứu về khả năng ứng dụng của một số mô hình logit trong phân bổ nhu cầu giao thông

■ TS. BÙI TIẾN THIÊM

Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT: Bài báo nghiên cứu khả năng ứng dụng của một số mô hình logit để giải quyết bài toán phân bổ nhu cầu giao thông trong đô thị. Kết quả của việc ứng dụng sẽ giúp cho việc dự báo nhu cầu giao thông và phục vụ cho việc đưa ra các quyết định về các chính sách giao thông và quy hoạch giao thông.

TỪ KHÓA: Mô hình logit, mô hình phân bổ nhu cầu giao thông.

ABSTRACT: This paper conducted a study on the applicability of the logit-based model on solving the traffic assignment problem. The results of using the traffic assignment model are important bases for forecasting the transport demand in urban and deciding the transport policies and transport planning.

KEYWORDS: Logit-based model, traffic assignment

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với mục đích xây dựng một mạng lưới giao thông tối ưu với sự di chuyển hiệu quả của các luồng giao thông và tối thiểu hóa tình trạng tắc nghẽn giao thông, khoa học nghiên cứu về luồng giao thông được phát triển, trong đó việc phân tích dự báo nhu cầu đi lại là khâu quan trọng nhất. Mô hình dự báo sẽ là công cụ hiệu quả để hỗ trợ cho việc ra các quyết định tối ưu đối với hệ thống GTVT, đặc biệt là giao thông đô thị. Để làm được điều đó, mô hình bốn bước được áp dụng, bao gồm phát sinh chuyến đi (Trip generation), phân phối chuyến đi (Trip Distribution), phân chia phương thức (Mode choice) và phân bổ nhu cầu giao thông (Traffic Assignment). Trong quy trình này, phân bổ nhu cầu giao thông liên quan đến việc phân bổ nhu cầu đi lại từ điểm xuất phát điểm đích trên mạng giao thông. Những kết quả của bước cuối cùng này từ lâu đã được công nhận là thành phần quan trọng cho các phương án quy hoạch trong tương lai như thiết kế nút giao thông, để xuất các chính sách giao thông để giảm thiểu ùn tắc, dự đoán sự thay đổi của nhu cầu đi lại và thời gian đi lại...

Một mạng giao thông được biểu diễn một cách trừu tượng bởi các nút giao thông và các liên kết kết nối các nút. Nhu cầu đi lại của người tham gia giao thông được thể hiện bởi ma trận chuyến đi. Mô hình phân bổ nhu cầu giao thông sẽ giúp cho việc dự đoán lượng di chuyển trên mỗi liên kết trên mạng theo mức nhu cầu đi lại. Với mục đích làm cho mô hình này sát với thực tế, nó đã được nghiên cứu trong sự kết hợp với mô hình hành vi để xem xét hành vi lựa chọn tuyến đường. Rất khó để xây dựng một mô hình tổng quát vì người tham gia giao thông luôn lựa chọn các tuyến bằng nhận định chủ quan. Do đó, nguyên tắc phân bổ đã được đưa ra.

Về cơ bản, có hai hướng nghiên cứu chính là cân bằng người dùng xác định (User Equilibrium-UE) và cân bằng người dùng ngẫu nhiên (Stochastic User Equilibrium-SUE). Dựa trên sự cân bằng giữa cung và cầu được phát triển trong lĩnh vực kinh tế học, Wardrop [1] đã cố gắng làm rõ khái niệm UE về cung và cầu của lưu lượng giao thông trên mạng lưới giao thông. Mô hình phân bổ UE giả định rằng, tất cả người tham gia giao thông đều có cùng nhận thức, về chi phí đi lại và thông tin hoàn hảo về tình hình mạng giao thông. Vì vậy, họ sẽ chỉ chọn con đường ngắn nhất. Tuy nhiên, trên thực tế, chi phí đi lại đối với mỗi người là khác nhau hoặc họ không có đủ thông tin về tình hình mạng giao thông. Việc lựa chọn tuyến đường thực tế sẽ là khác nhau tùy thuộc vào mỗi người. Vì lẽ đó, mô hình cân bằng ngẫu nhiên SUE đã được phát triển như một mô hình có thể tính đến sự thay đổi trong hành vi lựa chọn tuyến đường và có thể tính đến hiện tượng tắc nghẽn giao thông. Trong trạng thái cân bằng SUE, mỗi người tham gia giao thông chọn tuyến đường dường như có chi phí đi lại thấp nhất cho mình. Các tuyến đường có chi phí cao hơn tuyến đường ngắn nhất cũng sẽ được sử dụng vì sự khác biệt trong nhận thức về chi phí đi lại. Trong mô hình SUE, một thuật ngữ sai số được đưa vào chi phí đi lại trong nhận thức của người tham gia giao thông. Điều này tương tự với mô hình lựa chọn rời rạc dựa trên lý thuyết thỏa dụng ngẫu nhiên. Mô hình SUE có thể được chia thành: mô hình logit và mô hình probit. So với mô hình probit, mô hình logit được sử dụng nhiều hơn trên thực tế, trong đó mô hình logit đa thức được sử dụng phổ biến. Tuy nhiên, việc sử dụng mô hình logit đa thức có một số điểm yếu. Để giải quyết vấn đề này, có một số mô hình dựa trên mô hình logit đã được đề xuất. Bài báo sẽ tổng quan về mô hình logit đa thức và một số mô hình logit mở rộng phổ

biến trong việc giải quyết bài toán phân bổ nhu cầu giao thông. Kết quả nghiên cứu của bài báo sẽ giúp cho các nhà nghiên cứu về GTVT, hoạch định chiến lược và vận dụng các mô hình logit đa thức có cái nhìn tổng quan và có khả năng lựa chọn được mô hình phù hợp.

2. MÔ HÌNH LOGIT ĐA THỨC TRONG VIỆC GIẢI QUYẾT BÀI TOÁN PHÂN BỐ NHU CẦU GIAO THÔNG

Trong nghiên cứu này, một mạng lưới giao thông với $N = \{ 1,2,...,ij,...,gh,...,mn \}$ điểm nút giao thông, $A = \{ 1,2,...,i,j,...,m,n \}$ liên kết và $W = \{ 1,2,...,rs...uv \}$ cặp điểm đi - điểm đến (O-D) sẽ được giả sử. Nhu cầu giao thông và tập hợp các đường đi cho mỗi cặp O-D được ký hiệu là Q_0^{rs} và k^{rs} . Lưu lượng giao thông và chi phí di chuyển (quy đổi thành thời gian) cho mỗi đường đi k giữa các cặp O-Drs được ký hiệu là f_k^{rs} và C_k^{rs} . Theo điều kiện bảo toàn lưu lượng giao thông, ta có:

$$\sum_{k \in K^{rs}} f_k^{rs} = Q_0^{rs}, f_k^{rs} \geq 0 \forall k \in K^{rs}, rs \in W \quad (1)$$

Xác suất để tuyến đường được lựa chọn trong tập hợp các tuyến đường giữa một cặp O-D được thể hiện như sau [2]:

$$p_k^{rs} = \frac{\exp(-\theta c_k^{rs})}{\sum_{k \in K^{rs}} \exp(-\theta c_k^{rs})} \quad (2)$$

Trong đó: θ - Tham số phân tán dương thể hiện sai số chi phí đi lại cảm nhận.

Do đó:

$$f_k^{rs} = Q_0^{rs} p_k^{rs} = Q_0^{rs} \frac{\exp(-\theta c_k^{rs})}{\sum_{k \in K^{rs}} \exp(-\theta c_k^{rs})} \quad (3)$$

$$x_{ij} = \sum_{rs \in W} \sum_{k \in K^{rs}} f_k^{rs} \delta_{ij,k}^{rs}, \forall ij \in A, k \in K^{rs}, rs \in W \quad (4)$$

$$\mathbf{x} = \Delta \mathbf{f}, \quad (5)$$

Trong đó:

x_{ij} - Lưu lượng giao thông trên liên kết ij ;

$\delta_{ij,k}^{rs}$ - Biến liên thuộc liên kết - tuyến đường, là 1 nếu liên kết tồn tại trên tuyến đường giữa cặp O-D rs , và 0 nếu không tồn tại;

$\mathbf{x} = (x_{12}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{mn})^T$ - Vector của lưu lượng giao thông liên kết;

$\mathbf{f} = (f_1^{12}, \dots, f_{|K^{rs}|}^{rs}, \dots, f_{|K^{uv}|}^{uv})^T$ - Vector của lưu lượng giao thông tuyến đường;

$\Delta = \{ \delta_{ij,k}^{rs} \}$ - Ma trận liên thuộc liên kết-tuyến;

T - Chuyển vị.

Tiếp theo, thời gian di chuyển sẽ được xem xét, ta có:

$$c_k^{rs} = \sum_{ij \in A} t_{ij} \delta_{ij,k}^{rs}, \forall ij \in A, k \in K^{rs}, rs \in W \quad (6)$$

Trong đó:

- Thời gian di chuyển trên liên kết (thay đổi đối tùy thuộc vào lưu lượng đi qua liên kết). Nó được coi là một hàm số của x_{ij} :

$$t_{ij} = t_{ij}(x_{ij}), \forall ij \in A \quad (7)$$

Từ phương trình (1) đến (7), lưu lượng giao thông trên

các tuyến đường sẽ đạt tới trạng thái cân bằng SUE khi bài toán điểm cố định sau đây được giải quyết:

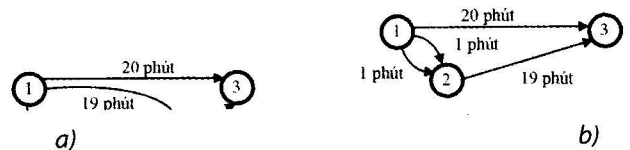
$$f_k^{rs} = Q_0^{rs} \frac{\exp(-\theta c_k^{rs}(f))}{\sum_{k \in K^{rs}} \exp(-\theta c_k^{rs}(f))} \quad (8)$$

Phương pháp trung bình liên tiếp (the method of successive averages) [3] được sử dụng rộng rãi để giải quyết bài toán này.

3. MỘT SỐ MÔ HÌNH LOGIT PHỔ BIẾN KHÁC PHỤC NHỮNG HẠN CHẾ CỦA MÔ HÌNH LOGIT ĐA THỨC TRONG GIẢI QUYẾT BÀI TOÁN PHÂN BỐ NHU CẦU GIAO THÔNG

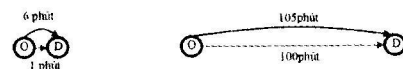
Mặc dù được sử dụng phổ biến, các giả định về phân bổ nhu cầu giao thông dựa trên mô hình logit đa thức bao gồm phân phối độc lập và phương sai giống hệt nhau đã bị chỉ trích.

Hạn chế đầu tiên gây ra kết quả sai lầm đáng kể trên các tuyến đường chổng chéo hoặc tương quan. Lưu lượng giao thông trên các tuyến chổng chéo được phân bổ quá cao vì cấu trúc mạng giao thông đã không được xem xét. Ví dụ, xét mạng đơn giản được thể hiện trong Hình 3.1. Có ba tuyến đường, hai trong số chúng có một liên kết chung. Giả sử thời gian di chuyển trên mỗi tuyến đường này là 20 phút. Lưu lượng giao thông được phân bổ trên tất cả các tuyến đường sẽ bằng nhau nếu mô hình logit đa thức được sử dụng. Không có vấn đề gì nếu số lượng trùng lặp giữa hai tuyến đường dưới cùng là tương đối nhỏ (Hình 3.1a), trong đó hầu hết người dùng coi ba tuyến đường là ba lựa chọn riêng biệt. Tuy nhiên, nếu số lượng chổng chéo lớn (Hình 3.1b), hai tuyến đường dưới cùng có thể được coi là một phương án lựa chọn. Do đó, xác suất lựa chọn hai tuyến đường này trên thực tế là nhỏ hơn nhiều so với kết quả tính toán.



Hình 3.1: Mạng giao thông 3 nút và 4 liên kết

Hạn chế thứ hai có thể gây ra vấn đề chiều dài tuyến đường. Ví dụ, hãy xem xét hai tuyến đường của một cặp O-D, trong đó sự khác biệt về thời gian di chuyển giữa các tuyến đường là 5 phút được thể hiện trong Hình 3.2.



Hình 3.2: Mạng giao thông 2 nút và 2 liên kết

Mô hình logit đa thức giả định rằng, người tham gia giao thông có thể nhận thấy sự khác biệt trong 5 phút đi lại giữa hai tuyến đường độc lập với độ dài của tuyến đường. Sự giả định này có thể gây ra vấn đề khi tính toán xác suất của việc lựa chọn tuyến đường. Ví dụ: khi thời gian di chuyển của hai tuyến đường là 1 phút và 6 phút, hầu hết người tham gia giao thông có thể sử dụng tuyến đường ngắn hơn. Tuy nhiên, khi thời gian di chuyển là 100 phút và 105 phút, có thể không có sự khác biệt giữa xác suất lựa

chọn của hai tuyến đường.

Để có thể khắc phục nhược điểm thứ nhất của mô hình logit đa thức, một số cách tiếp cận đã được sử dụng: Cách tiếp cận dựa trên việc thay đổi cấu trúc của mô hình logit đa thức, tuy nhiên các mẫu nghiên cứu rất giống với mô hình logit đa thức đã được hiển thị. Cách tiếp cận dựa trên việc giả định phần sai số ghi lại sự giống nhau giữa các tuyến đường, tuy nhiên các cách này đã dựa trên giả định về các tuyến đường - một giả định không hiệu quả. Một số cách tiếp cận khác dựa vào lý thuyết về phân bố giá trị cực trị suy rộng bao gồm: mô hình logit phân tổ, mô hình logit phân tổ chéo, mô hình logit phân tổ tổng quát, mô hình logit tổ hợp ghép đôi. Trong khi số lượng cặp tuyến đường (tổ) trong mô hình logit tổ hợp ghép đôi là rất lớn, trường hợp mỗi tuyến thuộc đúng một tổ trong mô hình logit phân tổ là không thể xảy ra trong một số mạng lớn, mô hình logit phân tổ tổng quát yêu cầu một số lượng lớn tham số, mô hình logit phân tổ chéo với cấu trúc linh hoạt sẽ được chú ý. Mô hình logit phân tổ chéo [4] đưa ra giả định về xác suất lựa chọn tuyến đường như sau:

$$p_k^{rs} = \frac{\sum_{ij \in A} \left\{ \alpha_{ij,k}^{rs} \exp(-\theta c_k^{rs}) \right\}^{\frac{1}{\mu}} \left[\sum_{k \in K_{ij}^{rs}} \left\{ \alpha_{ij,k}^{rs} \exp(-\theta c_k^{rs}) \right\}^{\frac{1}{\mu}} \right]^{\mu}}{\sum_{ij \in A} \left[\sum_{k \in K_{ij}^{rs}} \left\{ \alpha_{ij,k}^{rs} \exp(-\theta c_k^{rs}) \right\}^{\frac{1}{\mu}} \right]^{\mu}} \quad (9)$$

Trong đó:

$\alpha_{ij,k}^{rs}$ - Hệ số bao hàm của tuyến của mỗi cặp O-D rs trong tổ (liên kết): $\alpha_{ij,k}^{rs} = \frac{L_{ij}^{rs}}{L_k^{rs}} \delta_{ij,k}^{rs}$;

L_{ij}^{rs} - Độ dài vật lý (hoặc thời gian di chuyển tự do) cho liên kết ij;

L_k^{rs} - Chiều dài vật lý (hoặc thời gian di chuyển tự do) cho tuyến của cặp O-D;

μ - Mức độ của việc phân tổ, $0 < \mu \leq 1$;

K_{ij}^{rs} - Tập hợp các tuyến đường được bao gồm trong tổ (liên kết) của cặp O-D rs .

Bên cạnh đó, để khắc phục nhược điểm thứ hai của mô hình logit đa thức, một số cách tiếp cận như mô hình Weibit (phương sai nhận thức đã được xác định trước, không linh hoạt) và mô hình logit - tổng quát (một biểu thức dạng đóng duy nhất; kết hợp mô hình logit và Weibit; phân tích hành vi đi lại linh hoạt hơn) đã được sử dụng. Với những ưu điểm của mình, mô hình logit - tổng quát đang nhận được sự quan tâm của nhiều nhà nghiên cứu. Xác suất lựa chọn tuyến đường trong mô hình này [5] được thể hiện như sau:

$$p_k^{rs} = \frac{\exp_{2-q}(-\theta c_k^{rs})}{\sum_{k \in K^{rs}} \exp_{2-q}(-\theta c_k^{rs})} \quad (10)$$

Trong đó:

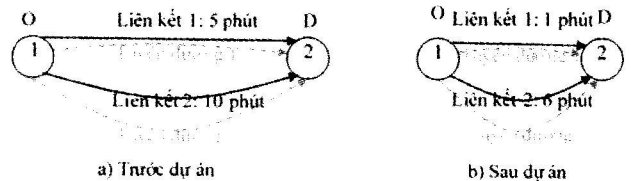
q - Tham số ($0 \leq q \leq 1$): $\exp_q(x) = (1 + [1 - q]x)^{\frac{1}{1-q}}$.

4. SO SÁNH KẾT QUẢ CỦA VIỆC SỬ DỤNG MỘT SỐ MÔ HÌNH LOGIT PHỔ BIẾN TRONG VIỆC GIẢI QUYẾT BÀI TOÁN PHÂN BỐ NHU CẦU GIAO THÔNG

Việc sử dụng các mô hình khác nhau sẽ giúp cho việc giải quyết bài toán phân bố nhu cầu giao thông trong các

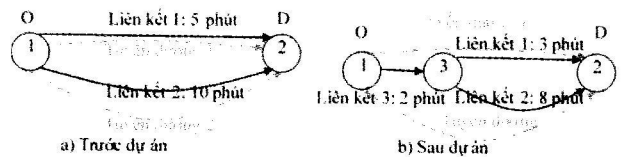
tình huống khác nhau. Mô hình logit đa thức sẽ là phương án lựa chọn phổ biến. Tuy nhiên, theo phân tích ở trên mô hình này có một số nhược điểm. Do đó, việc sử dụng các mô hình khác cụ thể là mô hình logit phân tổ chéo và mô hình logit - tổng quát sẽ giúp xem xét hiệu quả của các phương án phân bổ nhu cầu giao thông mà mô hình logit đa thức không thể tính đến. Ví dụ, lưu lượng giao thông được phân bổ trong một số trường hợp sau sẽ là khác nhau khi các mô hình khác nhau được sử dụng.

- Trường hợp 1: Rút ngắn thời gian di chuyển mà không thay đổi sự khác nhau về thời gian di chuyển giữa hai liên kết.



Hình 4.1: Cấu trúc mạng lưới giao thông trước và sau rút ngắn thời gian di chuyển liên kết

- Trường hợp 2: Hợp nhất một số phần của các liên kết.



Hình 4.2: Cấu trúc mạng lưới giao thông trước và sau khi dự án hợp nhất các liên kết

Một số tham số được đặt ($= 0,5, = 0,5, = 0,5$) để hiển thị sự khác biệt về kết quả trong các trường hợp. Kết quả được tính toán như bảng sau:

Bảng 4.1. Kết quả của xác suất lựa chọn các tuyến đường trong các trường hợp khác nhau

Các trường hợp	Mô hình Tuyến đường 1	Xác suất lựa chọn các tuyến đường		
		Tuyến đường 2		
1	Logit đa thức	Trước dự án	0,924	0,076
		Sau dự án	0,924	0,076
	Logit phân tổ chéo	Trước dự án	0,924	0,076
		Sau dự án	0,924	0,076
	Logit - tổng quát	Trước dự án	0,632	0,368
		Sau dự án	0,727	0,273
2	Logit đa thức	Trước dự án	0,924	0,076
		Sau dự án	0,924	0,076
	Logit phân tổ chéo	Trước dự án	0,924	0,076
		Sau dự án	0,938	0,062
	Logit - tổng quát	Trước dự án	0,632	0,368
		Sau dự án	0,632	0,368

Đối với trường hợp 1, việc sử dụng mô hình logit đa thức mang lại kết quả không thay đổi vì sự khác nhau về thời gian di chuyển giữa hai liên kết trước và sau dự án là khác nhau. Việc sử dụng mô hình logit phân tổ chéo cũng mang lại kết quả tương tự vì vấn đề chống chéo tuyến không xảy ra. Trong khi đó, việc sử dụng mô hình logit -

tổng quát đã cho thấy xác suất lựa chọn tuyến đường 1 sẽ tăng lên sau dự án. Điều này là sát thực tế bởi sự cảm nhận về khác biệt giữa thời gian đi lại của 2 tuyến đã trở nên rõ ràng hơn. Trong trường hợp 2, việc sử dụng mô hình logit đa thức vẫn mang lại kết quả không khác biệt vì thời gian di chuyển giữa hai tuyến đường trước và sau dự án là giống nhau. Trong khi việc sử dụng mô hình logit - tổng quát cũng mang lại kết quả tương tự vì vấn đề độ dài tuyến không xảy ra, việc sử dụng mô hình logit phân tổ chéo cho kết quả khác nhau và sát thực tế hơn do sự chổng chéo giữa hai tuyến đường đã xảy ra và sự khác biệt về thời gian đi lại giữa hai tuyến trong cảm nhận của người tham gia giao thông cũng thay đổi.

Từ những trường hợp này có thể thấy rằng, việc sử dụng mô hình logit phân tổ chéo và các mô hình - tổng quát sẽ giúp xem xét kết quả của công tác dự báo lưu lượng giao thông ở các khía cạnh khác nhau mà việc sử dụng mô hình logit đa thức không thể tính đến.

5. KẾT LUẬN

Khoa học phân tích và dự báo nhu cầu đi lại có vị trí rất quan trọng trong công tác quy hoạch giao thông. Mô hình quy hoạch 4 bước đã và đang được áp dụng trong nhiều dự án để có thể ước tính được nhu cầu vận tải trong tương lai. Tuy nhiên, ở Việt Nam hiện nay chưa có nhiều nghiên cứu phát triển các lý thuyết về quy hoạch GTVT và dự báo nhu cầu đi lại. Bài báo đã chú trọng đến việc phân tích bước quan trọng nhất trong công tác dự báo nhu cầu vận tải là phân bổ nhu cầu giao thông, trong đó tập trung vào phân tích về khả năng ứng dụng của một số mô hình logit. Tính ứng dụng của mô hình logit đa thức vào giải quyết bài toán phân bổ nhu cầu giao thông là rất cao, tuy nhiên nó có một số điểm yếu nhất định. Việc sử dụng các mô hình logit mở rộng sẽ giúp giải quyết các điểm yếu đó và xem xét các khía cạnh khác nhau tùy thuộc vào tình huống thực tế của mạng lưới giao thông. Việc áp dụng các mô hình này vào thực tế còn đòi hỏi một lượng lớn dữ liệu đầu vào với sự đầu tư chi phí lớn. Do đó, trong giới hạn nghiên cứu bài báo chỉ dừng lại ở việc nghiên cứu khả năng áp dụng của một số mô hình thông qua một số giả định. Việc áp dụng cụ thể sẽ được xem xét trong các nghiên cứu tương lai.

Tài liệu tham khảo

- [1]. J. G. Wardrop (1952), *Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research*, Proc. Inst. Civ. Eng., vol.1, no.3, pp.325-362.
- [2]. Y. Sheffi (1985), *Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods*.
- [3]. H. X. Liu, X. He, and B. He (2009), *Method of Successive Weighted Averages (MSWA) and Self-regulated Averaging Schemes for Solving Stochastic User Equilibrium Problem*, Networks Spat. Econ., vol.9, pp.485-503.
- [4]. P. Vovsha and S. Bekhor (Jan. 1998), *Link-Nested Logit Model of Route Choice: Overcoming Route Overlapping Problem*, Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board, vol.1645, no.1, pp.133-142.

[5]. S. Nakayama and M. Chikaraishi (2015), *Unified Closed-form Expression of Logit and Weibit and its Application to a Transportation Network Equilibrium Assignment*, Transp. Res. Part B, vol.81, pp.672-685.

Ngày nhận bài: 20/3/2021

Ngày chấp nhận đăng: 19/4/2021

**Người phản biện: TS. Dương Hữu Tuyền
TS. Nguyễn Cao Ý**