



ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI  
VIETNAM NATIONAL UNIVERSITY, HANOI

# TẠP CHÍ **KHOA HỌC**

VNU JOURNAL of SCIENCE

ISSN 0866-8612

*NATURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY*

*KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ*

Vol. 32, No. 2, 2016

TẠP CHÍ KHOA HỌC ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI  
Khoa học Tự nhiên và Công nghệ  
Tập 32, Số 2, 2016

**MỤC LỤC**

1. **Lương Văn Dũng, Nguyễn Thị Liễu, Trương Quang Cường, Nguyễn Trung Thành,** Đa tử trà lá nhỏ (*Polyspora microphylla* Luong, Nguyen et Truong) một loài mới thuộc họ Chè (Theaceae) ở Việt Nam 1
2. **Trần Thị Hằng, Trần Thị Quyên, Nguyễn Quang Huy, Lê Thị Phương Hoa,** Thành phần hợp chất thứ cấp, hoạt tính chống oxy hoá và ức chế tyrosinase, kháng khuẩn và kháng ung thư của dịch chiết *Balanophora laxiflora* 6
3. **Bùi Minh Hồng, Nguyễn Thị Huyền,** Nghiên cứu một số đặc điểm sinh học, sinh thái của một khuẩn đen *Alphitobius diaperinus* (Phanzer, 1797) và tìm hiểu sự gia tăng quần thể nuôi bằng thức ăn nhân tạo trong phòng thí nghiệm 15
4. **Phạm Thị Huệ, Nguyễn Thị Hồng Minh, Lê Hoàng Sơn, Phạm Văn Hải,** Ứng dụng logic mờ và đại số gia tử điều khiển đèn tín hiệu giao thông 22
5. **Ngô Thị Thúy Hoàng, Lê Thu Hà, Bùi Trọng Tấn, Nguyễn Trần Hưng,** Đánh giá mối liên hệ giữa các yếu tố lý hóa của môi trường nước và bùn đáy với sự tích tụ và biến động hàm lượng kim loại nặng trong bùn đáy lưu vực sông Nhuệ-Đáy 33
6. **Vũ Văn Liên,** Thành phần loài bướm (Lepidoptera: Rhoplocrea) ở Minh Hóa, Quảng Bình 47
7. **Đàm Đức Tiến,** Thành phần loài và phân bố của rong biển vùng triều ven biển một số tỉnh từ Quảng Ninh đến Quảng Bình 58
8. **Trương Thị Thảo, Đinh Thị Kim Dung,** Khảo sát khả năng ức chế ăn mòn thép CT3 trong dung dịch HCl 1M của caffeine bằng phương pháp tổng trở 65
9. **Nguyễn Đình Thắng,** Hiệu quả ức chế các đặc tính ung thư của PLX4720 trên dòng tế bào melanoma A375M. 71
10. **Nguyễn Huy Trí, Vũ Quang Mạnh,** Cấu trúc quần xã Ve giáp (Acari: oribatida) ở hệ sinh thái đất như yếu tố chỉ thị sinh học biến đổi khí hậu mùa ở Vườn Quốc Gia Cát Bà, thành phố Hải Phòng 78
11. **Dương Thị Anh Đào,** Khả năng sinh sản của gà rừng tai đỏ (*Gallus gallus spadiceus*) nuôi tại rừng quốc gia Cúc Phương 85



## CONTENTS

1. **Luong Van Dung, Nguyen Thi Lieu, Truong Quang Cuong, Nguyen Trung Thanh,** *Polyspora microphylla* Luong, Nguyen et Truong a New Species of Tea Family (Theaceae) in Vietnam 1
2. **Tran Thi Hang, Tran Thi Quyen, Nguyen Quang Huy, Le Thi Phuong Hoa,** Second Metabolite Composition, Antioxidative, Tyrosinase Inhibitory, Antibacterial and Anticancer Activity of *Balanophora laxiflora* Extract 6
3. **Bui Minh Hong, Nguyen Thi Huyen,** Study on Some Biological, Ecological Characteristics of the Darkling Beetle, *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) and the Increase in Population Fed Artificially in the Laboratory 15
4. **Pham Thi Hue, Nguyen Thi Hong Minh, Le Hoang Son, Pham Van Hai,** An Application of Fuzzy Logic and Hedge Algebra in Traffic Signal Controlling 22
5. **Ngo Thi Thuy Huong, Le Thu Ha, Bui Trong Tan, Nguyen Tran Hung,** Assessing the Relationship of Physico-chemical Parameters of Water and Sediment to the Accumulation and Variation of Heavy Metals in Sediment of Nhue-Day River Basin 33
6. **Vu Van Lien,** Species List of Butterflies (Lepidoptera: rhopalocera) in Minh Hoa, Quang Binh 47
7. **Dam Duc Tien,** Species Composition of Seaweeds at Some Provinces from Quang Ninh to Quang Binh 58
8. **Truong Thi Thao, Dinh Thi Kim Dung,** Investigate the Corrosion Inhibitive Ability of Caffeine for CT3 Steel in 1M HCl Solution by EIS Technique 65
9. **Nguyen Dinh Thang,** Study the Inhibition Effect of PLX4720 on Metastatic Ability of Melanoma A375M Cell Line 71
10. **Nguyen Huy Tri, Vu Quang Manh,** Soil Oribatid Mites (Acari: Oribatida) Community Structures as a Bioindicator of the Season Climatic Change in Cat Ba National Park, Hai Phong City 78
11. **Duong Thi Anh Dao,** Reproductive Ability of Red Ear Jungle Chickens (*Gallus gallus spadiceus*) Raising in Cuc Phuong National Park 85

## Ứng dụng logic mờ và đại số gia tử điều khiển đèn tín hiệu giao thông

Phạm Thị Huệ<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Hồng Minh<sup>2,\*</sup>, Lê Hoàng Sơn<sup>3</sup>, Phạm Văn Hải<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Công ty Hệ thống thông tin FPT

<sup>2</sup>Khoa Sau Đại học, Đại học Quốc gia Hà Nội, 144 Xuân Thủy, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

<sup>3</sup>Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

<sup>4</sup>Viện Công nghệ thông tin & Truyền thông, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

Nhận ngày 26 tháng 10 năm 2015

Chỉnh sửa ngày 8 tháng 01 năm 2016; Chấp nhận đăng ngày 28 tháng 6 năm 2016

**Tóm tắt:** Vấn đề ùn tắc giao thông đang xảy ra nghiêm trọng ở các thành phố lớn do sự gia tăng của các phương tiện giao thông quá nhanh. Để giảm thiểu sự ùn tắc này, tại hầu hết các nút giao nhau đều có lắp đặt hệ thống điều khiển đèn tín hiệu. Bài báo này đề xuất phương pháp điều khiển tín hiệu giao thông động theo thông tin về mật độ phương tiện tại nút và đang tới nút dựa trên logic mờ kết hợp với đại số gia tử. Thực nghiệm mô phỏng hệ thống với các kịch bản khác nhau chứng tỏ ưu điểm của mô hình đề xuất. Kết quả thực nghiệm cho thấy mô hình đề xuất sử dụng phương pháp logic mờ kết hợp với đại số gia tử cải tiến hơn phương pháp truyền thống và chính xác hơn phương pháp điều khiển logic mờ, góp phần giải quyết được một số vấn đề hạn chế của phương pháp điều khiển đèn tín hiệu giao thông theo phương pháp truyền thống hiện nay.

**Từ khóa:** Biến ngôn ngữ, đại số gia tử, điều khiển tín hiệu giao thông động, logic mờ, mô phỏng thực nghiệm.

### 1. Giới thiệu

Vấn đề ùn tắc giao thông đang xảy ra nghiêm trọng ở các thành phố lớn do sự gia tăng của các phương tiện giao thông quá nhanh. Để giảm thiểu sự ùn tắc này, tại hầu hết các nút giao nhau đều có lắp đặt hệ thống điều khiển đèn tín hiệu hoặc cảnh sát can thiệp. Nhiều nút giao thông có đặt camera quan sát hỗ trợ cho người điều hành giao thông giám sát từ xa. Điều khiển các nút giao thông bằng đèn tín hiệu cũng đã mang lại hiệu quả nhất định làm giảm

được phần nào ùn tắc giao thông. Tuy nhiên, điều khiển giao thông bởi các đèn tín hiệu giao thông như hiện tại vẫn còn nhiều nhược điểm, phương pháp điều khiển với chu kỳ đèn cố định cứng nên tại các nút có mật độ phương tiện quá lớn vẫn xảy ra ùn tắc vào giờ cao điểm. Điều khiển giao thông bởi cảnh sát rất mềm dẻo và linh hoạt nhưng tốn nhân lực và chi phí cao. Trên thế giới, có nhiều hệ thống điều khiển đèn giao thông minh được sử dụng như SURTRAC [1, 2], SwedishSOS [3] để thay đổi khoảng thời gian của tín hiệu đèn giao thông. Nhưng các hệ thống này đều đòi hỏi những điều kiện tích hợp hiện đại, phức tạp và chi phí cao [1, 3].

\* Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-904101065  
Email: minhnhth@gmail.com



Một số hướng tiếp cận giải quyết vấn đề này là sử dụng đại số gia từ kết hợp với giải thuật di truyền [4] hoặc logic mờ [5] vào việc điều khiển, thực hiện điều khiển chu kỳ đèn động dựa vào mật độ phương tiện hiện tại xung quanh nút. Giải pháp này đã đem lại hiệu quả cao hơn giải pháp điều khiển đèn theo chu kỳ cố định. Tuy nhiên, giải pháp này cũng có hạn chế như chỉ mới sử dụng các thông tin mang tính cục bộ về mật độ các phương tiện hiện tại xung quanh nút. Điều này dẫn đến thông tin điều khiển không hoàn toàn chính xác trong một số trường hợp.

Bài báo này đề xuất phương pháp điều khiển tín hiệu giao thông động theo thông tin về mật độ phương tiện tại nút và đang tới nút dựa trên logic mờ kết hợp với đại số gia từ. Trong điều khiển tín hiệu giao thông, có rất nhiều đại lượng không chắc chắn. Đầu vào của bài toán bao gồm nhiều yếu tố không thể xác định chính xác như thời gian chờ, số lượng phương tiện đang đợi. Đầu ra được dùng làm tín hiệu điều khiển phải thỏa mãn nhiều mục tiêu như tối thiểu thời gian chờ, tránh ùn tắc, tránh xung đột. Các đặc điểm này của bài toán phù hợp với điều khiển mờ. Tuy nhiên, lý thuyết tập mờ dù được coi là nền tảng của lập luận xấp xỉ nhưng vẫn chưa mô phỏng đầy đủ, hoàn chỉnh cấu trúc ngôn ngữ mà con người vẫn sử dụng. Đầu vào ở đây là các thông tin dự báo về lưu lượng tham gia giao thông thường ở dạng ngôn ngữ tự nhiên phi số vì việc xác định lưu lượng tham gia chính xác là rất khó do các phương tiện tham gia giao thông rất phức tạp. Để các hệ thống tính toán có thể sử dụng các thông tin này chúng ta cần phải chuyển nó về dạng số. Đại số gia từ là một công cụ hữu hiệu để thực hiện việc này. Vì vậy, việc kết hợp lý thuyết logic mờ và đại số gia từ là một cách tiếp cận hợp lý trong việc giải quyết bài toán.

Phần tiếp theo của bài báo được tổ chức như sau: trong phần II chúng tôi tổng quan lại cơ sở lý thuyết về logic mờ và đại số gia từ. Phần III đưa ra mô hình điều khiển đèn tín hiệu giao thông theo thông tin về mật độ phương tiện tại nút và xung quanh nút dựa trên logic mờ kết hợp với đại số gia từ. Phần IV trình bày một số

kết quả thực nghiệm và mô phỏng. Cuối cùng là kết luận và các hướng phát triển trong thời gian tới.

## 2. Cơ sở lý thuyết

### Logic mờ

Logic mờ được phát triển từ lý thuyết tập mờ để thực hiện lập luận một cách xấp xỉ thay vì lập luận chính xác theo logic vị từ cổ điển. Logic mờ có thể được coi là một ứng dụng của lý thuyết tập mờ để xử lý các giá trị trong thế giới thực cho các bài toán phức tạp [6]. Trong logic rõ thì mệnh đề là một câu phát biểu đúng, sai. Trong logic mờ thì mỗi mệnh đề mờ là một câu phát biểu không nhất thiết là đúng hoặc sai. Mệnh đề mờ được gán cho một giá trị trong khoảng từ 0 đến 1 để chỉ mức độ đúng (độ thuộc) của nó. Các phép toán mệnh đề trong logic mờ được định nghĩa như sau:

+ Phép phủ định:  $v(\text{Pphủ định}) = 1 - v(P)$ .

+ Phép tuyển:  $v(P \vee P2) = \max(v(P1), v(P2))$ .

+ Phép hội:  $v(P1 \wedge P2) = \min(v(P1), v(P2))$ .

+ Phép kéo theo:  $v(P \rightarrow Q) = v(\text{Pphủ định} \vee Q) = \max(v(\text{Pphủ định}), v(Q))$ .

Như vậy có thể nói, logic mờ là một công cụ toán học cho phép chuyển đổi từ giá trị định lượng sang giá trị định tính.

### Lập luận mờ

Lập luận mờ nhằm hướng đến việc mô phỏng lập luận suy nghĩ của con người. Lập luận mờ được ứng dụng trong các hệ chuyên gia, hệ hỗ trợ ra quyết định, điều khiển. Quá trình thực hiện lập luận mờ được xem là sự khái quát hoá của luật Modus Ponens, từ đó sử dụng hàm biến đổi giá trị chân lý để ước lượng tập mờ tương ứng. Trong trường hợp việc lập luận mờ có nhiều giả thiết, bài toán lập luận mờ được phát biểu như sau [7]:

IF  $(X_1 = A_{11})$  AND  $(X_2 = A_{12})$  AND ...  
AND  $(X_n = A_{1n})$  THEN  $D = B_1$



IF ( $X_1 = A_{21}$ ) AND ( $X_2 = A_{22}$ ) AND ...  
AND ( $X_n = A_{2n}$ ) THEN  $D = B_2$

...

IF ( $X_1 = A_{k1}$ ) AND ( $X_2 = A_{k2}$ ) AND ... AND  
( $X_n = A_{kn}$ ) THEN  $D = B_k$

Với ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) là các tập mờ các yếu tố đầu vào và tập mờ giá trị kết luận  $D$ . Ứng với giá trị yếu tố đầu vào ( $A_{01}, A_{02}, \dots, A_{0n}$ ) tương ứng với các tập mờ ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ), ta ứng dụng phương pháp lập luận mờ để nội suy giá trị kết quả  $B_0$  thuộc tập mờ  $D$ .

### Biến ngôn ngữ

Biến ngôn ngữ là biến có giá trị là giá trị ngôn ngữ được xây dựng từ các phần tử sinh nguyên thủy của biến đó bởi tác động các gia tử và các liên từ [8]. Biến ngôn ngữ được đặc trưng bởi một bộ ( $X, T(X), U, R, M$ ) với [6]:

- +  $X$  là tên của biến ngôn ngữ.
- +  $T(X)$  là tập các giá trị ngôn ngữ của biến  $X$ .
- +  $U$  là tập vũ trụ của ngôn ngữ.
- +  $R$  là luật ký pháp cho phép sinh ra các phần tử của  $T(X)$ .
- +  $M$  là luật ngữ nghĩa gán mỗi phần tử của  $T(X)$  bởi một tập mờ trên  $U$ .

Đặc trưng của biến ngôn ngữ là [9]:

+ Các giá trị ngôn ngữ có ngữ nghĩa tự nhiên của biến ngôn ngữ khi được con người sử dụng trong cuộc sống hàng ngày; con người sử dụng ngữ nghĩa này để xác định quan hệ thứ tự ngữ nghĩa giữa các giá trị ngôn ngữ của cùng một biến.

+ Các gia tử ngôn ngữ được con người sử dụng để nhấn mạnh về mặt ngữ nghĩa của giá trị ngôn ngữ; tức là mỗi gia tử có thể làm mạnh lên hoặc yếu đi ngữ nghĩa tự nhiên của giá trị ngôn ngữ được tác động.

+ Với mỗi giá trị ngôn ngữ  $x$  trong  $T(X)$  và tập  $H$  các gia tử ngôn ngữ, khi đó  $H$  sẽ được phân hoạch thành hai tập rời nhau sao cho một tập chứa các gia tử làm tăng ngữ nghĩa của  $x$  và tập còn lại chứa các gia tử làm giảm ngữ nghĩa của  $x$ . Hơn nữa, trong mỗi tập con đó của  $H$ ,

bản thân các gia tử cũng được sắp thứ tự theo mức độ nhấn ngữ nghĩa của chúng.

Các tính chất trên cho phép chúng ta xây dựng một cấu trúc thứ tự ngữ nghĩa ứng với một biến ngôn ngữ bất kỳ, cấu trúc thứ tự này có thể làm tăng hoặc giảm ngữ nghĩa của giá trị biến ngôn ngữ. Dựa vào đặc trưng của biến ngôn ngữ, ta xây dựng miền giá trị của biến ngôn ngữ thành một tập hợp sắp thứ tự bộ phận. Xét biến ngôn ngữ  $X$ , khi đó  $T(X)$  là tập hợp các giá trị của biến ngôn ngữ  $X$  và được gọi là miền giá trị của biến ngôn ngữ  $X$ .

### Đại số gia tử

Cho đại số gia tử  $X = (T(X), C, H, \leq)$  [5], trong đó:

- +  $T(X)$ : miền giá trị của biến ngôn ngữ  $X$ .
- +  $C$ : tập phần tử sinh nguyên thủy của biến ngôn ngữ.
- +  $H$ : tập các gia tử ngôn ngữ.
- +  $\leq$ : quan hệ thứ tự bộ phận sinh bởi ngữ nghĩa tự nhiên của giá trị ngôn ngữ.

Giả sử  $X$  là biến ngôn ngữ chỉ mật độ phương tiện đang chờ tại nút thì  $T(X) = \{very\ crowded, little\ crowded, possible\ crowded, possible\ uncrowded, little\ uncrowded, very\ uncrowded\}$ , phần tử sinh  $C = \{crowded, uncrowded\}$ .  $H = \{very, little\}$ .

Trong đó phần tử sinh  $C = \{C^+ \cup C^-\}$ .  $C^+ = \{crowded\}$  có khuynh hướng đi lên, còn  $C^- = \{uncrowded\}$  khuynh hướng đi xuống.  $H = \{H \cup H^+\}$ .  $H^+ = \{very\}$  là tập các gia tử âm có xu hướng làm giảm ngữ nghĩa của từ,  $H^- = \{little\}$  là tập các gia tử dương có xu hướng làm tăng ngữ nghĩa của từ. Ta có thể thấy một tính chất ngữ nghĩa quan trọng của các gia tử được gọi là tính kế thừa. Tính chất này thể hiện ở chỗ khi tác động gia tử vào một giá trị ngôn ngữ thì ngữ nghĩa của giá trị này bị thay đổi nhưng vẫn giữ được ngữ nghĩa gốc của nó. Điều này có nghĩa là với mọi gia tử  $h$ , giá trị  $hx$  thừa kế ngữ nghĩa của  $x$ . Tính chất này góp phần bảo tồn quan hệ thứ tự ngữ nghĩa: nếu  $hx \leq kx$  thì  $h'x \leq k'x$ , hay  $h'$  và  $k'$  bảo tồn quan hệ ngữ nghĩa của  $hx$  và  $kx$  một cách tương ứng.



### Định lượng ngữ nghĩa giá trị của biến ngôn ngữ

Chúng ta xét một ánh xạ  $f$  đi từ tập  $T(X)$  vào đoạn  $[0,1]$  và ánh xạ  $f$  bảo toàn thứ tự trên  $T(X)$ . Khi đó ta có, kích thước của tập  $H(x)$  có thể được định nghĩa thông qua đường kính của  $f(H(x))$  là một tập con của  $[0,1]$  và được hiểu như là một độ đo mờ của  $x$ . Gọi  $H(x)$  là tập các phần tử của  $X$  sinh ra từ  $x$  bởi các gia tử [10]. Nghĩa là  $H(x)$  bao gồm các khái niệm mờ mà nó phản ánh ý nghĩa nào đó của khái niệm  $x$ . Vì vậy, kích thước của tập  $H(x)$  có thể biểu diễn tính mờ của  $x$ . Từ đó, ta có thể định nghĩa độ đo tính mờ như sau: Độ đo tính mờ của  $x$ , ta ký hiệu là  $f_m(x)$ , là độ dài đoạn chứa các khoảng tính mờ của tập  $f(H(x)) = \{f(u) : u \in H(x)\}$  trên đoạn  $[0,1]$ .

**Định nghĩa 2.1:** Ánh xạ  $f_m: T(X) \rightarrow [0, 1]$  gọi là độ đo mờ của phần tử  $x \in T(X)$  nếu thỏa các điều kiện sau [10,11]:

i)  $f_m(c-) + f_m(c+) = 1$  và  $\sum_{h \in H} f_m(hu) = f_m(u)$ ,  $\forall u \in T(X)$ .

ii)  $f_m(x) = 0$  với mọi  $x$  thỏa mãn  $H(x) = x$ . Đặc biệt là:  $f_m(0) = f(W) = f(1) = 0$ .

iii)  $\forall x, y \in T(X), \forall h \in H, \frac{f_m(hx)}{f_m(x)} = \frac{f_m(hy)}{f_m(y)}$ , tức là không phụ thuộc vào

các giá trị  $x, y$  và được gọi là độ đo mờ của gia tử  $h$ , ký hiệu là  $\mu(h)$

**Định nghĩa 2.2 :** Hàm dấu  $\text{sign} : X \rightarrow \{-1, 0, 1\}$  được định nghĩa đệ quy như sau [4,11]:

- i)  $\text{sign}(c-) = -1, \text{sign}(c+) = +1$ ;
- ii)  $\text{sign}(h'hx) = -\text{sign}(hx)$  nếu  $h'$  âm đối với  $h$  và  $h'hx \leq hx$ ;
- iii)  $\text{sign}(h'hx) = \text{sign}(hx)$  nếu  $h'$  dương đối với  $h$  và  $h'hx \leq hx$ ;
- iv)  $\text{sign}(h'hx) = 0$  nếu  $h'hx = hx$ .

**Định nghĩa 2.3 :** Cho  $f_m$  là hàm độ đo tính mờ trên  $T(X)$ . Một hàm định lượng ngữ nghĩa  $v: X \rightarrow [0,1]$  (kết hợp với  $f_m$ ) được định nghĩa như sau [10,11]:

i)  $v(w) = \theta = f_m(c-), v(c-) = \theta - \alpha f_m(c-), v(c+) = \theta + \alpha f_m(c+)$ , với  $0 < \alpha < 1$ ;

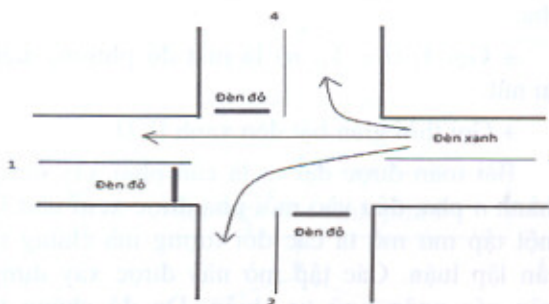
ii)  $v(h_jx) = v(x) + \text{sign}(h_jx) \left( \sum_{i=\text{sign}(j)}^j f_m(h_ix) - \omega(h_jx) f_m(h_jx) \right), j \in [-q \wedge p]$ .

Trong đó,  $\omega(h_jx) = 1/2[1 + \text{sign}(h_jx)\text{sign}(h_ph_jx)(\beta - \alpha)] \in [\alpha, \beta], [-q \wedge p] = \{j: -q \leq j \leq p \text{ \& } j \neq 0\}$

$\omega$  là phần tử trung hòa,  $\theta$  là giá trị định lượng ngữ nghĩa của  $w$  đã được xác định trước

### 3. Mô hình điều khiển đèn tín hiệu giao thông dựa vào mật độ phương tiện chờ tại nút và mật độ phương tiện đang tới nút

Bài toán điều khiển đèn tín hiệu giao thông



Hình 1. Nút giao thông.

Xét một nút giao thông cụ thể, nút thiết kế có 4 pha đèn. Mỗi pha có chu kỳ đèn gồm đèn xanh, đèn đỏ, đèn vàng. Trong 4 pha thì chỉ có một pha được bật đèn xanh, 3 pha còn lại đều bị đèn đỏ. Các hướng di chuyển của phương tiện là đi thẳng, rẽ phải, rẽ trái. Các phương tiện tại nút được điều khiển thỏa mãn điều kiện sau:

+ Xác định pha được chuyển tiếp đèn xanh dựa vào thời gian chờ đèn đỏ của pha, nếu thời gian của pha là lớn nhất thì pha đó sẽ được bật đèn xanh, nếu thời gian chờ của các pha là như nhau thì sẽ theo mức độ ưu tiên của pha để xác định pha sẽ được bật đèn xanh.

+ Thời gian đèn xanh của pha được xác định phụ thuộc vào mật độ phương tiện đang chờ tại pha, và mật độ phương tiện đang tới nút.



+ Thời gian đèn đỏ của pha xác định phụ thuộc vào thời gian đèn xanh của những nút trước đó.

+ Không xảy ra ùn tắc.

+ Các phương tiện không bị xung đột nhau

Ví dụ: Một nút giao thông được thiết kế 4 pha như Hình 1. Pha được bật đèn xanh là Pha 3, các phương tiện được phép rẽ phải, rẽ trái và đi thẳng. 3 pha còn lại pha 1, pha 2, pha 4.

*Mô hình đề xuất điều khiển đèn tín hiệu giao thông*

Thông tin phương tiện chờ tại nút và thông tin phương tiện đang tới nút là thông tin ở dạng ngôn ngữ và do hệ thống camera theo dõi tại nút hoặc từ kênh VOV cung cấp.

+ Gọi  $X_i$  ( $i = 1 \dots n$ ) là thời gian chờ tại từng pha.

+ Gọi  $Y_i$  ( $i = 1 \dots n$ ) là mật độ phương tiện tại nút.

+ Gọi thời gian bật đèn xanh là  $D$

Bài toán được đặt ra là cần phải xây dựng thành  $n$  pha, đầu vào mỗi pha được xem như là một tập mờ mô tả các đối tượng mà chúng ta cần lập luận. Các tập mờ này được xây dựng trên các ngôn ngữ tự nhiên. Do đó chúng ta đánh giá các tập mờ này bằng giá trị các ngôn ngữ tự nhiên dựa trên đại số gia tử theo mô hình như sau:

**Bước 1.** Xác định yếu tố đầu vào thành các tập mờ ( $X_1, \dots, X_n$ ), ( $Y_1, \dots, Y_n$ ), đầu ra là tập mờ  $D$

**Bước 2.** Xác định tập mờ  $X, Y, D$  là một giá trị của miền trị biến ngôn ngữ. Mỗi biến ngôn ngữ  $X, Y, D$  được xây dựng thành một đại số gia tử, các giá trị của biến ngôn ngữ mà được kết nối giữa các chuỗi gia tử và phần tử sinh nguyên thủy.

**Bước 3.** Thực hiện ánh xạ định lượng ngữ nghĩa cho các giá trị của các biến ngôn ngữ đã tạo ra.

**Bước 4.** Xây dựng các tập luật để xác định pha được chuyển tiếp và thời gian bật đèn xanh.

### Xây dựng tập luật xác định pha bật đèn xanh

$X = \{\text{very high, little high, little low, very low}\}$  và một biến đầu ra là pha bật đèn xanh.

Do chỉ có 1 pha bật đèn xanh và 3 pha còn lại sẽ là đèn đỏ nên đầu vào của tập luật là 3 pha bật đèn đỏ. Đầu vào của mỗi pha là một tập mờ có 4 giá trị do đó xác định tập luật có 64 luật:

Rule 1: If  $X_1$  is *very high* and  $X_2$  is *very high* and  $X_3$  is *very high* THEN pha is pha1

Rule 2: If  $X_1$  is *very low* and  $X_2$  is *very high* and  $X_3$  is *very high* THEN pha is pha2

Rule 3: If  $X_1$  is *very low* and  $X_2$  is *little high* and  $X_3$  is *very high* THEN pha is pha3

...

### Xây dựng tập luật xác định thời bật đèn xanh

$Y = \{\text{very uncrowded, little uncrowded, little crowded, very crowded}\}$ ,  $D = \{\text{very short, little short, little long, very long}\}$ . Do mật độ phương tiện tại nút gồm có mật độ phương tiện đang chờ và mật độ phương tiện đang tới nên tập luật này chỉ có 2 giá trị đầu vào  $Y_1$  là mật độ phương tiện đang chờ,  $Y_2$  là mật độ phương tiện đang tới. Đầu ra là tập mờ  $D$

Rule 1: If  $Y_1$  is *very uncrowded* and  $Y_2$  is *very uncrowded* THEN  $D$  is *very short*

Rule 2: If  $Y_1$  is *very uncrowded*, and  $Y_2$  is *very crowded* THEN  $D$  is *little short*

...

Rule i: If  $Y_1$  is *very crowded* and  $Y_2$  is *very crowded* THEN  $D$  is *very crowded*

**Bước 5.** Sử dụng phương pháp nội suy dựa trên cơ sở đại số gia tử để xác định thời thực bật đèn xanh

Với đầu vào  $Y^0 = (A_{01}, A_{02}, \dots, A_{0n})$  của tập luật xác định thời gian bật đèn thì xác định đầu ra  $B_0$  như sau [12]:

- Đặt đầu vào tập luật thứ  $t$  là  $Y^t = (A_{t1}, A_{t2}, \dots, A_{tn})$ , đầu ra là  $D = B_t$

- Tính  $v(A_{ti}), v(B_t)$  với  $i = 1, \dots, n, t = 1, \dots, m$  với mỗi mệnh đề IF- THEN



- Tính  $v(A_{0i})$ , với  $i = 1, \dots, n$

- Tính các khoảng cách  $\rho(Y^0, Y^t) =$

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n |v(A_{0i}) - v(A_{ti})|^2} \quad \text{với } i = 1, \dots, n$$

- Đặt  $F(Y^t) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n v(A_{ti})$  với  $t = 0, 1, 2, \dots$

- Xác định  $j, k$  sao cho khoảng cách  $\rho(Y^0, Y^t), \rho(Y^j, Y^k) = \min \rho(Y^j, Y^k), t = 1, \dots, m, k \neq j$

- Nếu  $F(Y^0) \in [F(Y^j), F(Y^k)]$  hoặc  $F(Y^0) \in [F(Y^j), F(Y^k)]$  thì  $v(B_0) = (1-t).v(B_j) + (t).v(B_k)$

$$\text{với } t = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (v(A_{0i}) - v(A_{ji}))^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (v(A_{ki}) - v(A_{ji}))^2}}$$

Ngược lại,  $F(Y^0) \notin [F(Y^j), F(Y^k)]$  hoặc  $F(Y^0) \notin [F(Y^j), F(Y^k)]$  thì xác định  $l$  sao cho khoảng cách  $\rho(Y^0, Y^l) = \min \rho(Y^j, Y^k), t = 1, \dots, m, l \neq j, l \neq k$  lúc đó  $v(B_0) = ((v(B_j) + v(B_k) + v(B_l))/3$

Sau khi tìm được  $v(B_0)$  sẽ tính được giá trị vật lý  $B_0$  là thời gian bật đèn xanh

Chi tiết thuật toán có thể xem trong Hình 2.

#### 4. Thực nghiệm và kết quả

##### Cấu hình thực nghiệm

Để tiến hành thực nghiệm chúng tôi đã thiết lập môi trường như sau:

##### Môi trường cài đặt thuật toán

Phương pháp đề xuất được cài đặt trên ngôn ngữ Java và trên môi trường Intel(R) Core(TM) i3-3220 CPU @ 3.30 GHz, 4GB RAM và Windows 7x, cơ sở database SQL Server 2008.

##### Dữ liệu thực nghiệm

Dữ liệu thực nghiệm do nhóm thực hiện lấy từ camera quan sát tại 1 nút giao thông ở Hà Nội. Từ hình ảnh thu thập được, kết hợp với các phương pháp xử lý ảnh trong Matlab thực hiện

tính toán số lượng phương tiện theo các bước như sau:

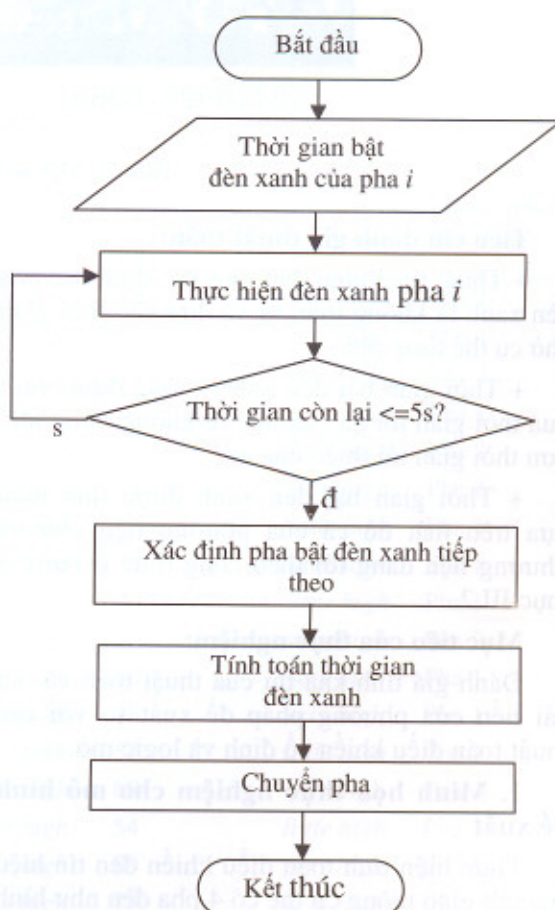
+ Thực hiện phân lớp các phương tiện bằng cách tạo các tệp tin XML dữ liệu huấn luyện cho từng loại xe.

+ Nhận diện các xe bằng cách sử dụng các tệp tin XML huấn luyện đã xây dựng.

+ Đếm từng loại phương tiện phát hiện được.

+ Quy đổi các hương tiện về loại phương tiện cơ bản.

Bộ dữ liệu thực nghiệm khoảng 40 mẫu gồm mật độ phương tiện đang chờ và mật độ phương tiện đang tới nút.



Hình 2. Sơ đồ điều khiển đèn tín hiệu.





20150926 08505...



20150926 08512...



20150926\_08681...



20150926\_08695...

Hình 3. Một số ảnh dữ liệu giao thông.

**Tiêu chí đánh giá thuật toán:**

+ Thuật toán phải đáp ứng xác định các pha đèn xanh là không tuần tự và dựa vào thời gian chờ cụ thể từng pha

+ Thời gian bật đèn xanh không được vượt quá thời gian tối đa của nút và không được nhỏ hơn thời gian tối thiểu của nút.

+ Thời gian bật đèn xanh được tính toán dựa trên mật độ cả của phương tiện chờ và phương tiện đang tới theo công thức ở bước 5 mục III.2

**Mục tiêu của thực nghiệm:**

Đánh giá tính khả thi của thuật toán và sự cải tiến của phương pháp đề xuất so với các thuật toán điều khiển cố định và logic mờ.

**1. Minh họa thực nghiệm cho mô hình đề xuất**

Thực hiện tính toán điều khiển đèn tín hiệu của nút giao thông cụ thể có 4 pha đèn như hình 1. Mỗi pha đều có luồng xe đi thẳng rẽ phải, rẽ trái. Tại nút có đặt camera để thu thập hình ảnh rồi thực hiện xử lý ảnh để xác định mật độ phương tiện của pha đó. Từ đó, thu được bảng

thống kê định lượng về thời gian của các pha ở bảng 1, mật độ phương tiện tại bảng 2. Thực hiện xác định pha bật đèn xanh và thời gian bật đèn xanh theo các bước như sau:

**Bước 1:** Xác định đầu vào là các tập mờ thời gian chờ  $X = \{\text{very low, little low, little high, very high}\}$ , mật độ phương tiện chờ và phương tiện đang tới  $Y = \{\text{very uncrowded, little uncrowded, little crowded, very crowded}\}$ . Đầu ra là tập mờ thời gian bật đèn xanh  $D = \{\text{very short, little short, little long, very long}\}$

**Bước 2:** Xây dựng đại số gia từ

$X = \{T(X), C_x, H_x, \leq\}$ , với  $C_x = \{\text{high, low}\}$ ,  $C_x^- = \{\text{low}\}$ ,  $C_x^+ = \{\text{high}\}$ ,  $H_x^- = \{\text{little}\}$ ,  $H_x^+ = \{\text{very}\}$ ,  $H_x = H_x^- \cup H_x^+$ ;  $W_x = 0.5$ .

$Y = \{T(Y), C_y, H_y, \leq\}$ , với  $C_y = \{\text{crowded, uncrowded}\}$ ,  $C_y^- = \{\text{uncrowded}\}$ ,  $C_y^+ = \{\text{crowded}\}$ ,  $H_y^- = \{\text{little}\}$ ,  $H_y^+ = \{\text{very}\}$ ,  $H_y = H_y^- \cup H_y^+$ ;  $W_y = 0.5$ .

$D = \{T(D), C_d, H_d, \leq\}$ , với  $C_d = \{\text{long, short}\}$ ,  $C_d^- = \{\text{Short}\}$ ,  $C_d^+ = \{\text{long}\}$ ,  $H_d^- = \{\text{little}\}$ ,  $H_d^+ = \{\text{very}\}$ ,  $H_d = H_d^- \cup H_d^+$ ;  $W_d = 0.5$ .  $\alpha = \beta = 1/2$



**Bước 3:** Thực hiện ánh xạ định lượng ngữ nghĩa và biến đổi các giá trị thời gian chờ, mật độ phương tiện về giá trị trong  $[0,1]$  tương ứng như sau:

$$f_m(\text{low}) = 0.5, f_m(\text{high}) = 0.5, f_m(\text{very}) = f_m(\text{little}) = 0.5.$$

Tính toán được giá trị:

$f_m(\text{very low}) = 0.25, f_m(\text{little low}) = 0.25$ . Do  $\text{very low} < \text{little low}$  nên  $\text{very low} \in [0, 0.25], \text{little low} \in [0.25, 0.5], f_m(\text{little high}) = 0.25, f_m(\text{very high}) = 0.25$ . Do  $\text{little high} < \text{very high}$  nên  $\text{little high} \in [0.5, 0.75], \text{very high} \in [0.75, 1]$ . Chọn  $T(X) = [0, 90]$ , bằng phương pháp chuyển đổi giá trị  $T(X)$  thành giá trị thuộc  $[0, 1]$ , ta có giá trị định tính như bảng 1

Tương tự, ta xác định được khoảng mờ của mật độ phương tiện, thời gian bật đèn xanh của pha

$\text{very uncrowded} \in [0, 0.25], \text{little uncrowded} \in [0.25, 0.5], \text{little crowded} \in [0.5, 0.75], \text{very crowded} \in [0.75, 1]$ . Chọn  $T(Y) = [0, 250]$ , bằng phương pháp chuyển đổi giá trị  $T(Y)$  thành giá trị thuộc  $[0, 1]$ , ta có giá trị định tính như bảng 2

$\text{very short} \in [0, 0.25], \text{little short} \in [0.25, 0.5], \text{little long} \in [0.5, 0.75], \text{very long} \in [0.75, 1]$ .

**Bước 4:** Từ tập luật đã xây dựng xác định được pha bật đèn đỏ. Kết quả xem ở bảng 1

**Bước 5:** Dựa vào các công thức của hàm nội suy xác định thời gian đèn xanh ứng với mật độ phương tiện đang chờ và mật độ phương tiện tới nút kết quả thu được như ở bảng 2 (cột phương pháp đề xuất)

Bảng 1. Kết quả pha được bật đèn xanh

STT	Pha 1		Pha 2		Pha 3		Pha tiếp bật đèn xanh
	Thời gian thực (s)	Định tính	Thời gian thực (s)	Định tính	Thời gian thực (s)	Định tính	
72		<i>very high</i>	50	<i>little high</i>	78	<i>very high</i>	Pha 1
76		<i>very high</i>	46	<i>little high</i>	67	<i>little high</i>	Pha 1
50		<i>little high</i>	72	<i>very high</i>	75	<i>very high</i>	Pha 2
62		<i>little high</i>	65	<i>little high</i>	63	<i>little high</i>	Pha 1
64		<i>little high</i>	76	<i>very high</i>	59	<i>little high</i>	Pha 2
48		<i>little high</i>	68	<i>very high</i>	73	<i>very high</i>	Pha 2
75		<i>very high</i>	48	<i>little high</i>	56	<i>little high</i>	Pha 1
64		<i>little high</i>	53	<i>little high</i>	29	<i>little low</i>	Pha 1
80		<i>very high</i>	49	<i>little high</i>	50	<i>little high</i>	Pha 1
60		<i>little high</i>	69	<i>very high</i>	70	<i>very high</i>	Pha 2
90		<i>very high</i>	89	<i>very high</i>	86	<i>very high</i>	Pha 1
68		<i>very high</i>	73	<i>very high</i>	78	<i>very high</i>	Pha 1
58		<i>little high</i>	73	<i>very high</i>	52	<i>little high</i>	Pha 2
65		<i>little high</i>	49	<i>little high</i>	68	<i>very high</i>	Pha 3
56		<i>little high</i>	52	<i>little high</i>	54	<i>little high</i>	Pha 1
79		<i>very high</i>	60	<i>little high</i>	89	<i>very high</i>	Pha 1
54		<i>little high</i>	50	<i>little high</i>	75	<i>very high</i>	Pha 3
59		<i>little high</i>	63	<i>little high</i>	65	<i>little high</i>	Pha 1
53		<i>little high</i>	71	<i>very high</i>	77	<i>very high</i>	Pha 2
52		<i>little high</i>	59	<i>little high</i>	73	<i>very high</i>	Pha 3



Bảng 2. Bảng kết thời gian bật đèn xanh dựa trên mật độ phương tiện đang chờ và phương tiện đang tới

STT	Số lượng xe đang chờ		Số lượng xe đang tới		Thời gian bật đèn xanh (s)		
	Lưu lượng (xe)	Định tính	Lưu lượng (xe)	Định tính	Phương pháp cố định	Phương pháp logic mờ	Phương pháp đề xuất
215		<i>very crowded</i>	102	<i>little uncrowded</i>	30	37	34
144		<i>little crowded</i>	50	<i>very uncrowded</i>	30	31	25
72		<i>little uncrowded</i>	30	<i>very uncrowded</i>	30	18	13
145		<i>little crowded</i>	80	<i>little uncrowded</i>	30	37	28
118		<i>little uncrowded</i>	40	<i>very uncrowded</i>	30	30	13
105		<i>little uncrowded</i>	50	<i>very uncrowded</i>	30	31	13
178		<i>little crowded</i>	78	<i>little uncrowded</i>	30	37	28
109		<i>little uncrowded</i>	48	<i>very uncrowded</i>	30	31	13
60		<i>very uncrowded</i>	56	<i>very uncrowded</i>	30	19	10
230		<i>very crowded</i>	90	<i>little uncrowded</i>	30	37	34
116		<i>little uncrowded</i>	54	<i>very uncrowded</i>	30	31	13
189		<i>very crowded</i>	112	<i>little uncrowded</i>	30	37	34
99		<i>little uncrowded</i>	89	<i>little uncrowded</i>	30	37	16
56		<i>very uncrowded</i>	93	<i>little uncrowded</i>	30	31	13
90		<i>little uncrowded</i>	85	<i>little uncrowded</i>	30	36	16
160		<i>little crowded</i>	46	<i>very uncrowded</i>	30	31	25
151		<i>little crowded</i>	76	<i>little uncrowded</i>	30	37	28
167		<i>little crowded</i>	53	<i>very uncrowded</i>	30	31	25
168		<i>little crowded</i>	95	<i>little uncrowded</i>	30	37	28
125		<i>little crowded</i>	56	<i>very uncrowded</i>	30	31	25

### Đánh giá kết quả

Từ bảng 2, bảng dữ liệu mật độ phương tiện với thông tin đầu vào là mật độ phương tiện đang tới và mật độ phương tiện trong hàng đợi tương ứng thu được kết quả thời gian kéo dài pha theo 3 phương pháp là phương pháp cố định, phương pháp logic mờ, phương pháp đề xuất.

Kết quả cho thấy các pha bật đèn xanh không tuần tự, pha được bật đèn sẽ là pha có mức độ ưu tiên cao nhất theo tập luật xác định thời gian chờ. Thời gian bật đèn xanh của các pha khác nhau là khác nhau phụ thuộc vào mật độ phương tiện chờ và phương tiện đang tới nút. Mật độ các phương tiện lớn thì thời gian

bật đèn xanh dài, ngược lại mật độ phương tiện ít thì thời gian kéo dài ngắn. Điều này được chứng minh ở lần 1 thời gian bật đèn xanh là 34s, lần 2 là 25s, lần 3 là 13s. Lần 1 có thời gian kéo dài lớn hơn lần 2,3 là do mật độ phương tiện ở lần 1 nhiều hơn lần 2, lần 3. Như vậy, có thể thấy hệ thống điều khiển đã có tính linh hoạt và mềm dẻo dựa trên mật độ phương tiện đang chờ và đang tới nút.

### So sánh với phương pháp điều khiển thời gian cố định

Phương pháp điều khiển cố định các pha là tuần tự pha 1 → pha 2 → pha 3. Thời gian bật đèn xanh của các pha luôn bằng 30s, dù phương tiện của các pha ít hay nhiều thời gian vẫn như



vậy. Ví dụ, ở lần thứ 9 là 30s trong khi mật độ phương tiện rất ít gây lãng phí trong khi đó ở lần thứ 1 mật độ phương tiện lớn nhưng với thời gian đèn xanh 30s không đủ dài nên các phương tiện vẫn bị dừng lại dẫn đến ùn tắc.

Trong khi đó, điều khiển bằng phương pháp logic mờ và đại số gia tử đã giải quyết được vấn đề này, các pha sẽ không tuân tự mà pha nào có thời gian chờ cao và thứ tự ưu tiên của pha là cao nhất thì sẽ được bật. Thời gian bật đèn xanh được kéo dài được tính toán căn cứ vào mật độ phương tiện. Mật độ phương tiện càng lớn thì thời gian bật đèn xanh càng lâu nhưng cũng không vượt quá thời gian chờ tối đa của nút, mật độ phương tiện ít thì thời gian chờ của nút sẽ ngắn nhưng cũng không vượt quá thời gian tối thiểu của nút. Điều đó cho thấy phương pháp này rất linh hoạt, tối thiểu hóa thời gian chờ và giảm được ùn tắc hơn so với phương pháp điều khiển cố định.

#### *So sánh với phương pháp điều khiển mờ*

Phương pháp điều khiển mờ, đã khắc phục được nhược điểm của phương pháp điều khiển cố định. Phương pháp logic mờ cũng đã điều khiển động được thời gian bật đèn xanh dựa vào mật độ phương tiện đang tới và phương tiện đang chờ. Việc xác định các giá trị tập mờ của thời gian chờ dựa vào hàm thuộc logic mờ cũng xác định pha bật đèn xanh tiếp theo linh hoạt. Tuy nhiên, dựa trên hàm thuộc logic mờ để xác định giá trị tập mờ không cho kết quả chính xác bằng việc sử dụng đại số gia tử của biến ngôn ngữ vì đại số gia tử là công cụ rất hữu hiệu trong việc thực hiện việc này [3]. Phương pháp logic mờ xác định thời gian kéo dài bằng cách xác định giá trị mờ của mật độ phương tiện chờ và giá trị mờ của mật độ phương tiện đang tới dựa vào hàm thuộc [8]. Sau đó, sẽ xác định thời gian kéo dài dựa vào hàm xác định mức độ tương tự. Trong khi đó phương pháp đề xuất thực hiện tính toán thời gian kéo dựa vào phương pháp nội suy mờ nên kết quả chính xác hơn và tối thiểu hóa được thời gian chờ. Theo dõi bảng dữ liệu mật độ phương tiện của bảng 2 có thể thấy rõ điều đó, ở các lần 10 và 13 giá trị định tính khác nhưng kết quả logic mờ đều là

37s, trong khi đó phương pháp đề xuất thì thời gian là khác nhau lần lượt là 34s, 16s. Điều đó cho thấy phương pháp đề xuất đã cho kết quả chính xác hơn.

## 5. Kết luận

Bài báo này đã đề xuất phương pháp điều khiển đèn tín hiệu dựa trên mật độ phương tiện giao thông tại nút và đang tới nút, phương pháp tiếp cận là sự kết hợp giữa lý thuyết về logic và đại số gia tử. Kết quả thực nghiệm đã cho thấy ứng dụng mô phỏng đề xuất để cải thiện giúp việc điều khiển giao thông tốt hơn và giảm ùn tắc cho các vấn đề hiện trạng ùn tắc giao thông cần được quan tâm hiện nay. So sánh với các kết quả của các công trình nghiên cứu hiện nay, kết quả của mô hình đề xuất đã chỉ ra cải tiến hơn phương pháp truyền thống hiện nay, giải quyết được vấn đề của phương pháp đèn truyền thông và cho kết quả chính xác hơn phương pháp điều khiển logic mờ. Trong bài báo đã có phần xử lý ảnh dữ liệu đầu vào, tuy nhiên kết quả vẫn chưa chính xác cao nên vẫn cần nghiên cứu và cải thiện để cho kết quả chính xác hơn. Trong thời gian tới, nhóm nghiên cứu tập trung nâng cao hiệu năng của việc xử lý ảnh. Với xử lý số liệu chính xác đầu vào được lượng hóa bởi đại số gia tử kết hợp với logic mờ trong mô hình đề xuất này sẽ giúp một phần việc trong các bài toán điều khiển giao thông thông minh hiện nay.

## Lời cảm ơn

Bài báo này được thực hiện dưới sự tài trợ của Quỹ nghiên cứu và phát triển khoa học và công nghệ quốc gia NAFOSTED, mã số 102.05-2014.01.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Smith, S. F., Barlow, G. J., Xie, X. F., & Rubinstein, Z. B. (2013). SURTRAC: Scalable urban traffic control.



- [2] Smith, S. F., Barlow, G. J., Xie, X. F., & Rubinstein, Z. B. (2013). Smart Urban Signal Networks: Initial Application of the SURTRAC Adaptive Traffic Signal Control System. In ICAPS
- [3] Kronborg, P., Davidsson, F., & Edholm, J. (1997). Development and field trials of the SOS algorithm for self optimising signal control at isolated intersections(Vol. 7). Publication TFK-1997-05.
- [4] Thông, H. M. (2014). Phương pháp điều khiển động đèn tín hiệu giao thông ứng dụng lý thuyết đại số gia tử
- [5] Niittymäki, J., & Turunen, E. (2003). Traffic signal control on similarity logic reasoning. Fuzzy Sets and Systems, 133(1), 109-131.
- [6] Klir, G. J., St Clair, U., & Yuan, B. (1997). Fuzzy set theory: foundations and applications. Prentice-Hall, Inc.
- [7] Mamdani, E. H. (1977). Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis. Computers, IEEE Transactions on, 100(12), 1182-1191.
- [8] Ho, N. C., & Wechler, W. (1992). Extended hedge algebras and their application to fuzzy logic. Fuzzy sets and systems, 52(3), 259-281.
- [9] Ho, N. C., & Wechler, W. (1990). Hedge algebras: An algebraic approach to structure of set of linguistic truth values. Fuzzy sets and systems, 35(3), 281-293.
- [10] Ho, N.C., & Long, N.V. (2003). Đại số gia tử tuyến tính. Tạp chí tin học và điều khiển học, 19(3), 274-280.
- [11] Khang, T. Đ. (1997). Xây dựng hàm đo trên đại số gia tử và ứng dụng trong lập luận ngôn ngữ. Tạp chí tin học và điều khiển học, Viện Công nghệ Thông tin, 13(1), 16-30
- [12] Son, T.T., Dung N.T. (2005). Một phương pháp nội suy giải bài toán mô hình mờ trên cơ sở đại số gia tử. Tạp chí Tin học và Điều khiển học, T.21, S3, 248-260.

## An Application of Fuzzy Logic and Hedge Algebra in Traffic Signal Controlling

Pham Thi Hue<sup>1</sup>, Nguyen Thi Hong Minh<sup>2</sup>, Le Hoang Son<sup>3</sup>, Pham Van Hai<sup>4</sup>

<sup>1</sup>FPT Information System Company

<sup>2</sup>VNU School of Graduate Studies, 144 Xuan Thuy, Cau Giay, Hanoi, Vietnam

<sup>3</sup>VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam

<sup>4</sup>School of Information and Communication Technology, Hanoi University of Science and Technology

**Abstract:** Traffic jam is a serious matter in big cities due to increasing number of vehicles. To minimize the congestion, traffic signal controlling systems are set up at almost all intersections. This article proposes a novel method for traffic signal controlling according to information of vehicle density at and coming in nodes based on fuzzy logic and hedge algebra. Experimental simulation by various scenarios showed advantages of the proposed model. It has been demonstrated that using fuzzy logic combined with hedge algebra in the new method results in better accuracy than other relevant algorithms including traditional methods and fuzzy logic control; thus solving the problem of controlling traffic signal according to the current traditional method.

**Keywords:** LinguisticVariable, hedge algebra, traffic signal controlling, fuzzy logic, simulation.