

Ứng dụng GIS theo thời gian trong công tác hỗ trợ quyết định tăng cường bố trí nguồn lực chữa cháy tại Thành Phố Hồ Chí Minh

- **Khuru Minh Cảnh**
- **Trần Văn Tấn**
- **Lê Trung Chơn**

Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG TP.HCM

(Bài nhận ngày 16 tháng 04 năm 2014, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 21 tháng 08 năm 2014)

TÓM TẮT

Vấn đề cháy nổ là vấn đề đặc biệt nghiêm trọng trong an ninh đời sống của người dân, đặc biệt tại thành phố Hồ Chí Minh trong những năm gần đây. Dựa trên thực tiễn tình hình tại thành phố Hồ Chí Minh từ năm 2012 đến 4/2014 và để tăng cường chủ động trong công tác chữa cháy và giảm thiểu thiệt hại, việc tăng cường bố trí nguồn lực chữa cháy tại

thành phố là điều cần thiết. Bài báo mô tả về phương pháp ứng dụng mô hình thống kê, cụ thể là mô hình thời gian Markov trong việc xây dựng hệ hỗ trợ ra quyết định về thời gian và không gian trong công tác điều động nguồn lực chữa cháy, và tất cả được tích hợp trên nền tảng GIS.

Từ khóa: GIS, tối ưu hóa, thống kê, phân tích không gian, chuỗi Markov, xác suất

1. GIỚI THIỆU

Trong bối cảnh tập trung ổn định và phát triển kinh tế như hiện nay, các yếu tố như đảm bảo trật tự an toàn xã hội, chính trị ổn định, đảm bảo an ninh lương thực và các vấn đề an sinh xã hội, trong đó, đặc biệt, công tác phòng cháy chữa cháy (PCCC) là vấn đề luôn được quan tâm hàng đầu. Cháy không chỉ gây ra thiệt hại cho một cá nhân gia đình mà còn gây ảnh hưởng đến trật tự an toàn xã hội, không chỉ gây thiệt hại về vật chất mà còn cả tính mạng con người, ảnh hưởng đến vấn đề an sinh xã hội. Từ những yêu cầu khẩn cấp đó, Sở Cảnh sát Phòng cháy và Chữa cháy Thành phố Hồ Chí Minh (Sở CS PCCC TPHCM)

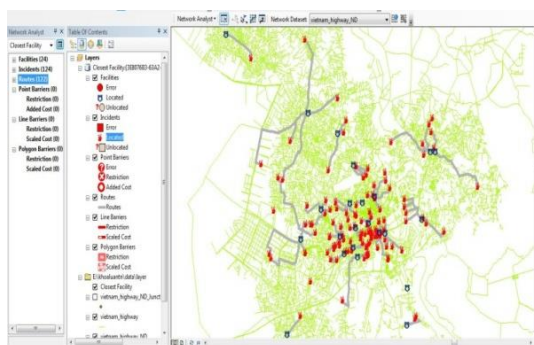
đã có nhiều bổ sung, tăng cường, điển hình là năm 2012 trên địa bàn 24 quận huyện của TP có 12 phòng Cảnh sát PCCC cấp quận huyện, nhưng đến tháng 3/2014 đã tăng lên 17 phòng Cảnh sát PCCC cấp quận huyện [1]. Tuy nhiên, những vấn đề như tắt nghẽn giao thông, vận tốc tối đa trên cung đường, địa hình hẻm nhỏ,... vẫn còn là thách thức lớn đối với TPHCM trong công tác tiếp cận nhanh chóng để chữa cháy. Bài toán về thời gian chữa cháy ban đầu luôn cần được giải quyết. Bên cạnh đó, nhiều đề tài nghiên cứu và ứng dụng cho vấn đề sử dụng GIS phục vụ PCCC trên thế giới và trong nước. Trong đó, việc

quy hoạch mạng lưới trạm PCCC được nhiều bài báo nêu với tiêu chuẩn khoảng cách từ những trạm phòng cháy đến khu vực dân cư không quá 5 phút di chuyển, điển hình như các tài liệu [3] và [4]. Tuy nhiên, trong điều kiện kinh tế xã hội và định hướng phát triển tại Việt Nam, việc xây dựng các trạm PCCC cần nhiều thời gian và công sức, cũng như chúng ta cần một quy hoạch chung cho toàn thành phố để tránh lãng phí công trình xây dựng.

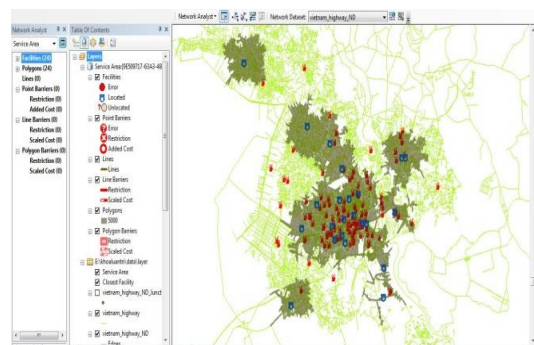
Từ đó, trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đề xuất phương pháp giải quyết vấn đề giảm thiểu thời gian tiếp cận đám cháy ban đầu bằng việc bố trí trực chiến tại một số địa bàn trên thành

phố lực lượng chữa cháy chuyên nghiệp, thay vì, như hiện trạng, giả định tất cả các xe chữa cháy đều xuất phát từ các phòng CS PCCC quận huyện mỗi khi xảy ra cháy. Để giải quyết vấn đề bố trí trực chiến cho lực lượng chữa cháy chuyên nghiệp, ba vấn đề cần phân tích bao gồm:

- Thời gian bố trí trực chiến: nên bố trí trực chiến khi nào;
- Vị trí cần bố trí trực chiến: nên chú ý bắt đầu hiện diện việc trực chiến ở đâu;
- Xu hướng vị trí theo thời gian thực hiện công tác bố trí trực chiến và nhận định, trong các bố trí trực chiến, theo định lượng về bố trí có tính hợp lý cao;



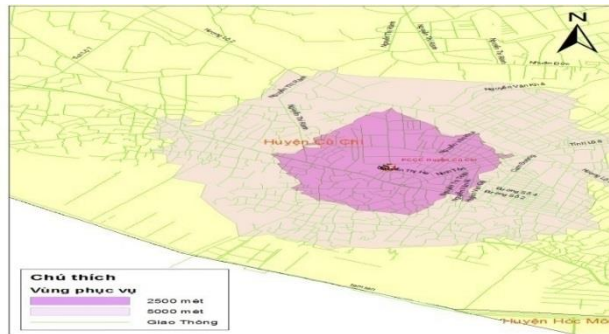
(a)



(b)

Hình 1. Phân tích sơ bộ dữ liệu thu thập

Hình (a): khoảng cách ngắn nhất từ các vụ cháy đến các trạm PCCC quận huyện;
 Hình (b): các vùng phục vụ của các trạm PCCC theo một kịch bản quãng đường di chuyển;



Hình 2. Minh họa hai vùng đáp ứng chữa cháy theo 2 kịch bản 30km/giờ và 60km/giờ (trong 5 phút) từ PCCC Huyện Củ Chi TP HCM

2. PHÂN TÍCH VÀ GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ

Bao gồm các công tác: thu thập dữ liệu, phân tích bài toán trên cơ sở toán học.

2.1. Thu thập dữ liệu

Quá trình thu thập và chuẩn hóa dữ liệu: tiến hành cập nhật thông tin 127 vụ cháy lớn đã xảy ra trên địa bàn TP.HCM trong giai đoạn từ tháng 1/2012 đến tháng 4/2014, các nội dung thu thập bao gồm: địa điểm xảy ra các vụ cháy, thời gian (ngày, giờ, tuần trong tháng, thứ trong tuần), nguyên nhân, mức độ thiệt hại, số lượng xe cứu hỏa được điều đến để chữa cháy, định vị trí không gian của điểm chữa cháy (bằng việc kết hợp với bản đồ trên Google, OpenStreetmap và thực địa tìm kiếm). Dữ liệu không gian được lưu trữ theo hệ quy chiếu WGS84, được tích hợp với dữ liệu nền.

Bên cạnh đó, các dữ liệu khác được thu thập bao gồm các vị trí của các Phòng CS PCCC cấp quận huyện và các vị trí trụ sở đơn vị công an cấp quận tại 24 quận huyện.

Công tác thu thập dữ liệu được bổ sung các thông tin phân tích về mạng lưới đường đi để xác định điểm cháy gần đơn vị PCCC quận huyện (closest facility) và xác định các vùng phục vụ (service area) của từng đơn vị PCCC theo các

kịch bản quãng đường (từ thời gian và vận tốc) di chuyển. Với nghiên cứu này, thời gian di chuyển cố định là 5 phút (tương ứng với thời gian chữa cháy ban đầu). Vận tốc là 30km/giờ và 60km/giờ tương ứng với vận tốc di chuyển trung bình của phương tiện ở nội và ngoại thành.

2.2. Phân tích bài toán trên cơ sở toán học

Nguồn dữ liệu các điểm cháy thu thập được là một tập các sự kiện cháy theo thời gian diễn ra trên không gian (bao gồm vị trí địa lý) khu vực thành phố Hồ Chí Minh. Đây được xem là một chuỗi sự kiện rời rạc theo thời gian rời rạc. Từ tập dữ liệu không gian thời gian, về cơ bản, các công cụ toán học sẽ phân tích các bài toán về thống kê chuỗi thời gian của các vụ cháy như: Phân tích dự báo theo xác suất; Phân tích về xu hướng dài hạn theo không gian và thời gian; Các nhóm không gian xảy ra cháy.

2.2.1. Phân tích dự báo theo xác suất

Từ dữ liệu cháy, các bảng dữ liệu về thời gian cháy được quan tâm và xác suất theo từng giờ cháy trong ngày, số vụ theo ngày trong tuần/tháng, và số vụ theo tuần trong tháng được quan tâm phân tích. Kết quả sẽ đưa ra những thời điểm dễ phát sinh các vụ cháy. Theo đó, chúng ta có các bảng kết quả các thời điểm có xác suất xảy ra các vụ cháy cao như sau:

Bảng 1: Liệt kê (rút gọn) số vụ cháy và tỉ lệ cháy theo giờ trong ngày

TT	Thời gian trong ngày(giờ)	Số vụ cháy			Tỉ lệ vụ cháy (%)		
		Tất cả các ngày	Thứ 2 đến 6	Thứ 7 và CN	Tất cả các ngày	Từ thứ 2 đến thứ 6	Thứ 7 & chủ nhật
1	10-11	9	7	2	7.10	5.5	1.6
2	12-13	9	7	2	7.10	5.5	1.6
3	15-16	10	7	3	7.90	5.5	2.4
4	17-18	10	8	2	7.90	6.3	1.6

Bảng 2: Liệt kê (rút gọn) số vụ cháy và tỉ lệ cháy theo thứ trong các tuần trong tháng

Thứ trong tuần	Tuần 1	Tuần 2	Tuần 3	Tuần 4
Thứ Hai	0.8	0.8	6.3	4.7
Thứ Tư	4.7	4.7	6.3	4.7
Thứ Sáu	1.6	1.6	3.1	7.9
Thứ bảy (chủ nhật)	1.6 (2.4)	3.1 (3.1)	4.7 (3.9)	3.9 (4.7)

Bảng 3: Liệt kê (rút gọn) số vụ cháy và tỉ lệ cháy theo tuần trong các tháng trong năm

Tháng	Tuần 1	Tuần 2	Tuần 3	Tuần 4	Tháng	Tuần 1	Tuần 2	Tuần 3	Tuần 4
1	1.6	3.9	1.6	4.7	4	2.4	3.1	6.3	4.7
2	3.9	1.6	6.3	2.4	5	0.8	3.9	4.7	1.6
3	2.4	4.7	0.8	4.7	8	0	0	3.9	4.7

Từ các bảng trên, chúng ta có những nhận xét sau về các vụ cháy tại thành phố Hồ Chí Minh:

- Các vụ cháy xảy ra thường xuyên trong những thời điểm gần cuối và hết giờ làm việc. Đó là những thời điểm người lao động ít quan tâm lưu ý vì đã lao động vất vả và, do đó, khả năng sơ suất trong lao động (như quên tắt điện,...) gây cháy cao.

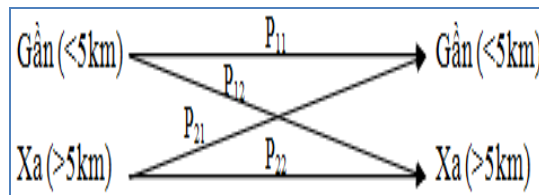
- Các vụ cháy xảy ra thường xuyên vào thứ 6 của tuần thứ 4 trong tháng (chiếm 7.9%) do đây có thể là ngày các công nhân, người lao động kết thúc tháng làm việc. Ngoài ra, tỉ lệ cao vào ngày thứ 4 trong các tuần, và ngày thứ hai trong các tuần thứ 3. Đối với các đơn vị, có thể đây là những ngày nhập hoặc bố trí hàng hóa trong kho, nơi sản xuất.

- Các vụ cháy xảy ra thường xuyên vào các tháng có các hoạt động văn hóa, tín ngưỡng, mùa khô. Tuy vậy, trong những tháng khác, các vụ cháy có khuynh hướng xảy ra với tần suất đều.

Do đó, khả năng các thiết bị về điện quá tải hoặc chất lượng sản phẩm các thiết bị điện cần được quan tâm.

2.2.2. Phân tích về xu hướng dài hạn theo không gian và thời gian

Xét về mặt không gian và thời gian các vụ cháy, nhóm nghiên cứu đã lập bảng các trạng thái không gian cháy theo mô hình xích Markov để về xác suất chuyển đổi với vụ cháy tiếp theo trong phạm vi 05 km (tương ứng với kích bán vận tốc xe chữa cháy là 60km/giờ và thời gian di chuyển là 05 phút). Như vậy, ta có mô hình trạng thái cháy gần và xa theo phạm vi 5km như sau:



Hình 4. Mô tả về xác suất giữa các vụ cháy diễn ra tiếp theo

Từ đó, theo định lý hội tụ mũ [6], nếu không gian trạng thái là hữu hạn, và xích là tối giản và không có chu kỳ thì sẽ có phân phối dừng. Và chúng ta có thể xác định được số lần hệ đạt trạng thái cháy gần/xa trước khi bị hấp thụ (giả định hệ bắt đầu từ một trạng thái không hấp thụ như trạng thái cháy gần/xa). Dựa trên cơ sở toán học, các dữ liệu được tính toán như sau:

Kí hiệu 1 là trạng thái gần, 2 là trạng thái xa, khi đó, ta có ma trận P xác suất chuyển trạng thái từ 1 sang 2 và ngược lại cũng như không chuyển trạng thái như sau:

$$P = \begin{pmatrix} 0.3462 & 0.6538 \\ 0.2267 & 0.7733 \end{pmatrix}$$

Và áp dụng định lý phân phối dừng với bộ vector $(P[X_n=1], P[X_n=2])$, nghĩa tìm phân phối $\pi = [\pi_1, \pi_2]$ trong hệ:

$$\begin{cases} \pi P = \pi \\ \pi_1 + \pi_2 = 1 \end{cases}$$

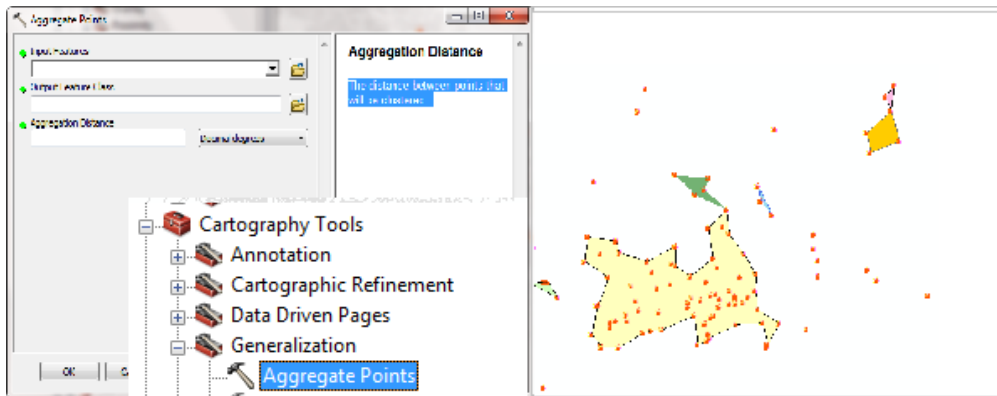
Ta được nghiệm $\pi = [\pi_1, \pi_2] = [0.2574, 0.7426]$. Điều này cho thấy sau thời gian dài, số vụ cháy tiếp theo ở khoảng cách gần là 25.74% và số vụ cháy ở khoảng cách xa là 74,26%

Và theo định lý hội tụ mũ, số trung bình số vụ cháy lần đầu trở lại một trạng thái nào đó trong

2 trạng thái Gần và Xa kể từ khi nó rời bỏ trạng thái đó là:

Trạng thái	Trung bình sau bao nhiêu vụ cháy trở lại
Gần	3.88
Xa	1.35

Bảng 4. Kết quả phân tích chuyển về trạng thái



Hình 4. Hình về công cụ phân vùng cháy và kết quả phân vùng cháy (bên phải)

Việc phân vùng sẽ cho bức tranh tổng thể về các vùng cháy trên địa bàn nhằm đánh giá các cụm nguy cơ và sẽ là cơ sở cho việc lựa chọn đặt các lực lượng trực chiến. Diện tích đa giác của các vùng sẽ được sắp xếp để làm trọng số ưu tiên khi bố trí lực lượng theo khoảng cách đường đi trong thành phố.

3. MÔ HÌNH HỖ TRỢ QUYẾT ĐỊNH TĂNG CƯỜNG NGUỒN LỰC TRỰC CHIẾN PCCC

Từ những kết quả trên, nhóm nghiên cứu đề xuất xây dựng mô hình lựa chọn không gian các vị trí bổ sung lực lượng trực chiến. Mô hình là bài toán tổ hợp chọn nghiệm (vị trí đặt thêm xe)

tối ưu cho các địa phương xa các đơn vị PCCC quận huyện. Giá định mỗi vị trí chỉ đặt 01 xe chữa cháy.

Theo đó, n vị trí sẽ được đề xuất và công cụ dựa trên giả định chọn tập con gồm k vị trí từ n vị trí đề xuất để đặt lực lượng trực chiến (giá định không thể đặt tất cả các xe do nguồn lực về người, về xe chữa cháy). Nghiệm được xem là tối ưu khi khoảng cách gần nhất giữa từng trạm trực chiến và từng đơn vị phòng cháy là xa nhất. Điều đó có nghĩa là các vị trí không gian trực chiến và các trạm phòng cháy chữa cháy sẽ được phân bố đều trên không gian TPHCM. Và tiêu chuẩn thứ

2 là các địa bàn nằm trên các vùng cháy trong quá khứ.

Hiện tại, mô hình đề nghị các vị trí đặt trực chiến ngay tại các vị trí công an quận huyện để

thuận tiện cho các chiến sĩ. Do đó thông tin khoảng cách giữa các đơn vị phòng CSPCCC quận huyện và các vị trí công an quận huyện được thống kê.

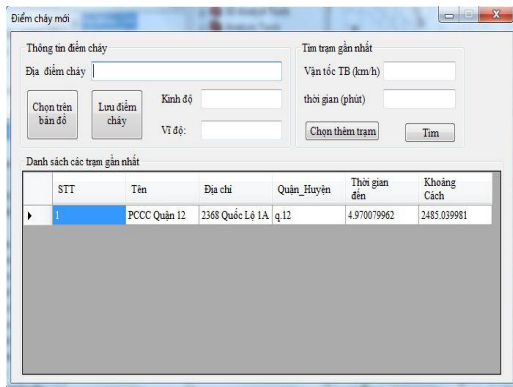
Bảng 5. Minh họa bảng liệt kê khoảng cách giữa các đơn vị (các quận chưa có đơn vị PCCC cơ sở)

Công an Quận/ Huyện	Quận 5	Quận 7	Quận 2	Quận Phú Nhuận	Q.Thủ Đức	Quận Tân Bình	Huyện Hóc Môn
Quận 5	0 (km)	14	16.5	8	20	6	18
Quận 7	14	0	7	17	24.5	18.5	32
Quận 2	16.5	7	0	17	13	17.5	31
Phú Nhuận	8	17	17	0	16.5	2.5	16
Thủ Đức	20	24.5	13	16.5	0	18.5	21.5
Tân Bình	6	18.5	17.5	2.5	18.5	0	14
Hóc Môn	18	32	31	16	21.5	14	0

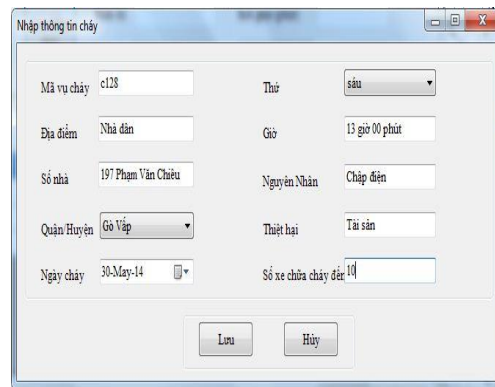
4. KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC VÀ KẾT LUẬN

Từ mô hình và kết hợp với việc phân tích dữ liệu bên trên, chúng ta có thể lập các lịch trực chiến phục vụ cho mô hình PCCC theo thời gian và không gian. Theo đó, bên cạnh các công cụ

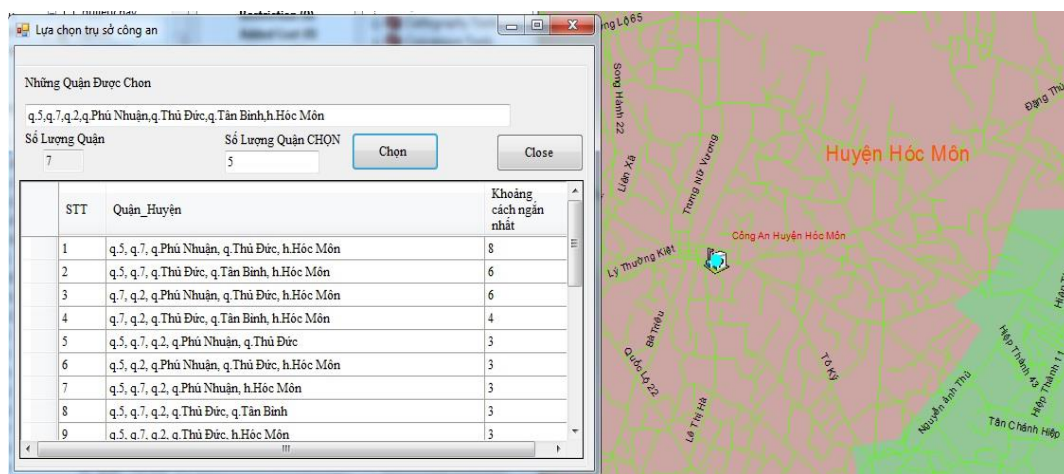
tìm kiếm, nhập dữ liệu, nhóm đã xây dựng các hệ thống với điển hình các công cụ chính trong nghiên cứu như sau trên hệ thống ArcGIS 10.



(a)



(b)



(c)

Hình 5. Một số kết quả đạt được (a) Công cụ Tìm trạm chữa cháy gần vị trí cháy (b) Công cụ nhập thông tin các vụ cháy (c) Công cụ chọn tập vị trí đặt lực lượng trực chiến từ tập các vị trí được đề xuất

Tóm lại, nghiên cứu đã sử dụng các kỹ thuật thống kê để xử lý khuynh hướng không gian và thời gian đối với sự kiện mang tính chất xã hội đặc thù tại thành phố Hồ Chí Minh. Đó cũng là xu hướng của GIS trong công tác quản lý địa bàn

trong điều kiện ngày nay một khi dữ liệu tích hợp không gian thời gian có kích thước lớn và phức tạp. Và kết quả sẽ giúp ích cho công việc quản lý và dự báo góp phần cho sự phát triển kinh tế, văn hóa xã hội cho thành phố.

Applied Spatial Temporal Gis For Decision Support To Enhance Firefighting In Ho Chi Minh City

Khuru Minh Cảnh

Trần Văn Tấn

Lê Trung Chơn

Ho Chi Minh city University of Technology, VNU-HCM

ABSTRACT

Fire-fighting problem is particularly severe problem in security and the lives of people, especially in Ho Chi Minh City in recent years. Based on collected data in Ho Chi Minh city from 2012 to April 2014 and to enhance the proactive work and minimize fire damage, enhancing firefighting resources arranged in the city is essential. The decision model, which core

powered by Markov Chain, is built as well as evaluating the optimal scenarios serve to mobilize fire resources. Besides, the statistical, spatial and heuristic techniques will support the rules to layout and affect to the optimization output plan over the time. Finally, the whole process is integrated in a GIS system

Key words: GIS, optimization, statistics, spatial analysis, Markov chain, defire, probability.

REFERENCES

- [1]. Sơ đồ tổ chức trong trang web: www.pccc.hochiminhcity.gov.vn, (truy cập 03/2014).
- [2]. Trần Văn Tấn, *khóa luận tốt nghiệp “Ứng dụng GIS xây dựng hệ hỗ trợ công tác phòng cháy chữa cháy trực chiến trên địa bàn TP.HCM”*, Trường Đại học Nông Lâm TPHCM - Bộ môn Thông tin Địa lý Ứng dụng, (2014).
- [3]. Jan W.van Wagtenonk và đồng sự, *bài báo “The Use of Geographic Information for Fire Management Planning in Yosemite National Park”*, Diễn đàn The George Wright FORUM (Applied Geography) 19(1): 19-39, (2002).
- [4]. DENG Yi, LI Aiqin, và DOU Wei, *bài báo “Urban fire station layout planning based on GIS”*, (2008).
- [5]. Khuru Minh Cảnh, Truyện Phương Minh Tú và các cộng sự, *bài báo: “Bước đầu ứng dụng GIS phân tích yếu tố giao thông tỉnh trong hoạt động chữa cháy tại thành phố Hồ Chí Minh”*, Hội nghị GIS Toàn quốc, (2013).
- [6]. Thạch Thanh Tiên, *luận văn Thạc sỹ Toán “Xích Markov và ứng dụng”*, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, (2013).
- [7]. Nguyễn Duy Tiên, *giáo trình “Các mô hình xác suất và ứng dụng – Phần 1: Xích Markov và ứng dụng”*, Đại học Quốc Gia Hà Nội.