LÔGIC MỜ VÀ ỨNG DỤNG TRONG HỆ THÔNG TIN ĐỊA LÝ

NGUYỄN TRƯỜNG XUÂN, LÊ VĂN HƯNG, NGUYỄN HOÀNG LONG
Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt: *Nhiều đối tượng không gian có các ranh giới không rõ ràng. Trong phân tích không gian, ta cũng thường dùng các khái niệm như "dốc vừa phải", "rất gần",...; đây là những khái niệm không rõ ràng, còn gọi là các khái niệm mờ. Việc biểu diễn các đối tượng và phân tích không gian như trên trong hệ thông tin địa lý (GIS) dựa trên lý thuyết tập hợp kinh điển là không còn phù hợp. Lôgic mờ là công cụ quan trọng và được sử dụng rộng rãi nhất để mô hình hóa tính mờ. Bài báo này giới thiệu các khái niệm và nguyên lý cơ bản của lôgic mờ (tính mờ, tập mờ, các dạng hàm liên thuộc, các phép toán trên tập mờ, biến ngôn ngữ và gia tử) cũng như các ứng dụng của nó trong việc biểu diễn các đối tượng có ranh giới không rõ ràng và phân tích không gian mờ trong GIS.*

1. Mở đầu

Nhiều sự vật và hiện tượng thể hiện một mức độ nào đó sự không rõ ràng hay không chắc chắn và do đó không thể biểu diễn được một cách chính xác bằng các lớp (tập) kinh điển với ranh giới rõ ràng. Trong phân tích che phủ đất, đôi khi chúng ta không thể đưa ra các ranh giới rõ nét, ví dụ giữa khu vực rừng và đồng cỏ; chỗ nào là nơi đồng cỏ kết thúc và rừng bắt đầu? Nói cách khác, ranh giới này là không rõ ràng hoặc mờ.

Trong các ứng dụng thực tế, ta có thể phải tìm một địa điểm thích hợp để xây nhà. Các tiêu chuẩn cho địa điểm cần tìm có thể được phát biểu như sau. Địa điểm xây nhà cần phải: (1) có độ dốc vừa phải; (2) có hướng ưa thích; (3) có độ cao vừa phải; (4) gần một hồ nước; (5) xa bãi rác; và (6) không nằm trong khu vực cấm. Tất cả các điều kiện trên (ngoại trừ điều kiện cuối) là không rõ ràng, nhưng giống như cách con người tư duy và phát biểu bằng ngôn ngữ. Với cách tiếp cận kinh điển, các điều kiện nói trên sẽ được chuyển thành các lớp rõ, chẳng hạn: (1') độ dốc dưới 10^o; (2') hướng nằm trong góc từ 135^o đến 225^o; (3') độ cao từ 1.500 mét đến 2.000 mét; (4') trong bán kính 1 km từ hồ nước; và (5') không nằm trong bán kính 2 km từ bãi rác. Nếu có một vị trí nào đó thỏa mãn tất cả các tiêu chuẩn trên chúng ta sẽ chọn nó. Ngược lại, nếu không thỏa mãn một trong các điều kiện (ngay cả khi rất gần với ngưỡng yêu cầu), nó cũng sẽ bị loại.

Lôgic mờ [5], được phát triển từ lý thuyết tập mờ [4], cho phép các độ thuộc mềm dẻo vào các lớp (tập). Thông thường, độ thuộc của một phần tử vào một lớp có giá trị nằm trong đoạn [0,1], với 0 chỉ ra rằng nó hoàn toàn không thuộc vào lớp và 1 nói rằng nó là thành viên đầy đủ. Bất kỳ một giá trị nào nằm giữa 0 và 1 cũng có thể là độ thuộc của một phần tử vào lớp. Áp dụng lôgic mờ cho bài toán xây nhà, ta có thể xem xét những vị trí chỉ sai khác so với tiêu chuẩn một vài mét và vì vậy không bỏ sót những vị trí tương đối tốt.

Phần còn lại của bài báo được tổ chức như sau. Phần 2 trình bày các nguyên lý cơ bản của lôgic mờ. Phần 3 giới thiệu các ứng dụng của lôgic mờ trong biểu diễn ranh giới và phân tích không gian mờ trong GIS. Phần 4 kết luận bài báo.

2. Lôgic mờ

2.1 Tính mờ (fuzziness)

Trong tư duy và ngôn ngữ của con người, ta thường sử dụng các khái niệm không rõ ràng hoặc không chắc chắn gọi là các khái niệm mờ (fuzzy) hơn là ở dạng nhị phân như đen/trắng, không/một, hay có/không. Theo lý thuyết tập hợp kinh điển, ta có thể định nghĩa rằng nếu nhiệt độ trong ngày từ 38^o trở lên thì là ngày nóng. Vậy một ngày có nhiệt độ cao nhất là $37,9^o$ có phải là ngày nóng không? Theo định nghĩa trên thì ngày đó không phải là nóng, nhưng ta cũng không thể nói rằng ngày đó là hoàn toàn mát. Bằng một cách thích hợp hơn ta có thể nói rằng ngày đó là nóng với mức độ 0,9 (1 là hoàn toàn nóng và 0 là hoàn toàn mát). Như vậy, "nóng" là một khái niệm mờ. Trong cuộc sống hàng ngày, ta gặp khái niệm mờ ở hầu như khắp mọi nơi. Các ví dụ khác về khái niệm mờ là "người cao", "người trẻ" và "xe đẹp".

2.2 Tập rõ và tập mờ

Một tập hợp theo nghĩa kinh điển, nghĩa là một phần tử hoặc thuộc vào tập hoặc không thuộc vào tập, được gọi là một tập rõ (crisp set).

Một tập mờ (fuzzy set) *A* trên một tập vũ trụ *X* được xác định bằng hàm liên thuộc (membership function) $\mu_A : X \to [0,1]$, với giá trị $\mu_A(x)$ là độ thuộc của phần tử *x* vào tập mờ *A*. Tập vũ trụ *X* luôn là tập rõ. Nếu tập vũ trụ *X* là rời rạc và hữu hạn $X = \{x_1, x_2, ..., x_n\}$ thì tập mờ *A* trên *X* được biểu diễn bằng $A = \mu_A(x_1)/x_1 + \mu_A(x_2)/x_2 + ... + \mu_A(x_n)/x_n$ hoặc $A = \sum_{i=1}^{n} \mu_A(x_i)/x_i$, trong đó $\mu_A(x_i)$ là độ thuộc của x_i vào *A*. Nếu tập vũ trụ *X* là liên tục, thì tập mờ *A* trên *X* được biểu diễn bằng $A = \int_X \mu_A(x)/x$. Chú ý rằng "/" là ký tự phân cách; $\sum, \int$ là phép kết hợp; và "+" là phép nối giữa các thành phần chứ không phải là phép chia, tổng, tích phân và cộng như thông thường.

Ví dụ 1. Giả sử có 3 người A, B và C với chiều cao tương ứng là 185cm, 165 cm và 186cm, ta muốn phân họ vào các lớp người thấp, trung bình và cao. Nếu sử dụng cách phân lớp kinh điển với các mốc rõ như [120,165] cho lớp người thấp, (165,185] cho lớp trung bình và (185,220] cho lớp cao, thì A sẽ thuộc lớp trung bình, B thuộc lớp thấp và C thuộc lớp cao. Có thể thấy rằng A cao gần bằng B, nhưng họ lại thuộc hai lớp khác nhau. Nếu chọn cách tiếp cận tập mờ, ta có thể định nghĩa ba hàm liên thuộc như Hình 1.

Hình 1. Hàm liên thuộc của các lớp

Bảng 1. Độ thuộc của ba người

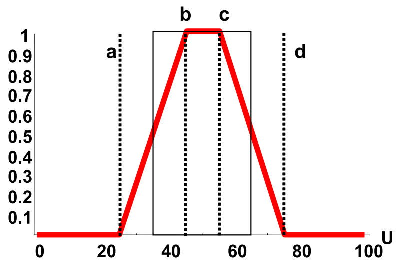
	Thấp	Trung bình	Cao
A	0,00	0,60	0,50
B	0,50	0,60	0,00
C	0,00	0,56	0,53

Bảng 1 chỉ ra độ thuộc của ba người vào các lớp. Với cách tiếp cận này, ta có thể biểu diễn tốt hơn rằng A và C có chiều cao gần như nhau và cả hai có độ thuộc vào lớp trung bình cao hơn so với các lớp khác.

2.3 Các dạng hàm liên thuộc

Có hai dạng hàm liên thuộc thông dụng là: (1) hàm liên thuộc tuyến tính và (2) hàm liên thuộc dạng sin. Hình 2 minh họa hàm liên thuộc tuyến tính. Hàm này có bốn tham số a, b, c và d xác định hình dạng của hàm. Bằng cách chọn các giá trị phù hợp cho chúng, ta có thể có các hàm liên thuộc dạng chữ S (S-shaped), hình thang, tam giác và dạng chữ L (L-shaped).

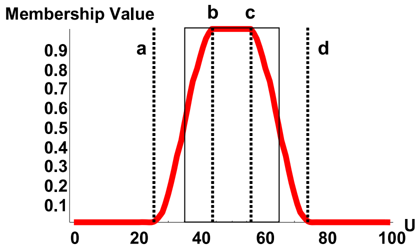
$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \dfrac{x-a}{b-a} & a \le x \le b \\ 1 & b < x < c \\ \dfrac{x-d}{c-d} & c \le x \le d \\ 1 & x > d \end{cases}$$



Hình 2. Hàm liên thuộc tuyến tính

Nếu dạng đường cong là thích hợp hơn, ta nên chọn hàm liên thuộc dạng sin (Hình 3). Cũng như với hàm liên thuộc tuyến tính, ta có thể có hàm liên thuộc dạng chữ S, dạng chuông (bell-shaped) và dạng chữ L bằng cách chọn các tham số thích hợp.

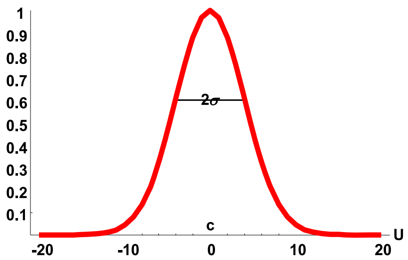
$$\mu_A(x)=\begin{cases}0 & x<a\\ \frac{1}{2}\left(1-\cos\left(\pi\frac{x-a}{b-a}\right)\right) & a\le x\le b\\ 1 & b<x<c\\ \frac{1}{2}\left(1+\cos\left(\pi\frac{x-c}{d-c}\right)\right) & c\le x\le d\\ 0 & x>d\end{cases}$$



Hình 3. Hàm liên thuộc dạng sin.

Trường hợp đặc biệt của hàm liên thuộc hình chuông là hàm Gauss (Hình 4) sinh ra từ hàm mật độ xác suất của phân phối thường với hai tham số c (giá trị trung bình) và σ (độ lệch chuẩn). Mặc dù xuất phát từ lý thuyết xác xuất, hàm này cũng được sử dụng làm hàm liên thuộc tập mờ.

$$\mu_A(x)=e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}}$$



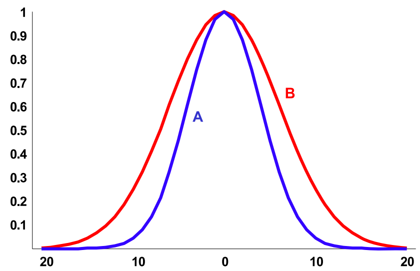
Hình 4. Hàm liên thuộc Gauss

2.4 Phép toán trên tập mờ

Các phép toán trên tập mờ được định nghĩa tương tự như các phép toán trên tập rõ, bao gồm hợp, giao và bù.

Độ cao của tập mờ *A* là giá trị độ thuộc lớn nhất của *A*, ký hiệu hgt(*A*). Nếu hgt(*A*) = 1, tập mờ được gọi là *chuẩn*. Ta có thể chuẩn hóa một tập mờ bằng cách chia tất cả độ thuộc cho độ cao của nó.

Tập mờ *A* là bao trong (tập con của) tập mờ *B* (viết $A\subseteq B$) nếu $\forall x\in X, \mu_A(x)\le\mu_B(x)$. Tập mờ A bao trong tập mờ B nếu đồ thị của A hoàn toàn được phủ bởi đồ thị của B (Hình 5).

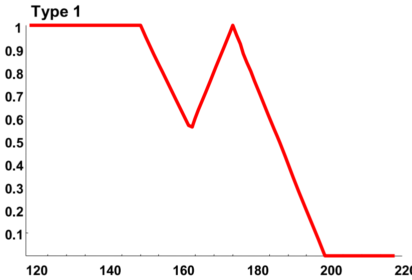


Hình 5. Bao trong của tập mờ

Có nhiều cách xác định phép hợp của hai tập mờ. Sau đây là các phép hợp thông dụng nhất, với mọi $x\in X$:

1. $\mu_{A\cup B}(x)=\max(\mu_A(x),\mu_B(x))$
2. $\mu_{A\cup B}(x)=\mu_A(x)+\mu_B(x)-\mu_A(x)\cdot\mu_B(x)$
3. $\mu_{A\cup B}(x)=\min(1,\mu_A(x)+\mu_B(x))$

Phép max được gọi là không tương tác (non-interactive) theo nghĩa độ thuộc của hai tập mờ không tương tác với nhau. Cụ thể, một tập mờ có thể hoàn toàn bị bỏ qua trong phép hợp nếu nó bao trong tập còn lại. Hai phép toán còn lại là tương tác do độ thuộc của phép hợp được xác định bởi cả hai độ thuộc thành phần. Hình 6 minh họa phép hợp dạng 1 của các tập mờ *thấp* và *trung bình* trong Ví dụ 1.



Hình 6. Phép hợp tập mờ dạng 1

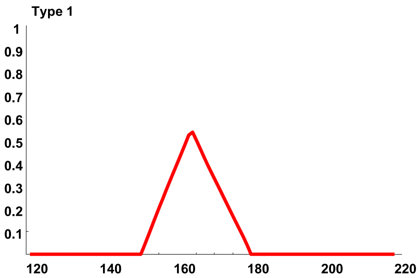
Phép giao của hai tập mờ A, B được tính theo một trong các phép toán sau:

1. $\mu_{A\cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$

2. $\mu_{A\cap B}(x) = \mu_A(x)\cdot\mu_B(x)$

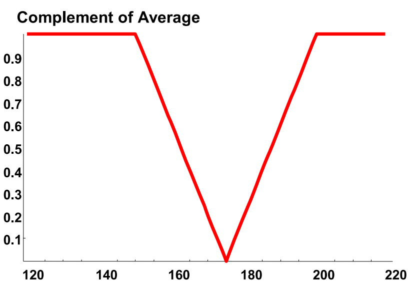
3. $\mu_{A\cap B}(x) = \max(0, \mu_A(x)+\mu_B(x)-1)$

Phép min là không tương tác, hai phép toán còn lại là tương tác. Hình 7 minh họa phép giao dạng 1 của các tập mờ *thấp* và *trung bình*.



Hình 7. Phép giao tập mờ dạng 1

Phép bù của tập mờ A được xác định: $\forall x \in X, \mu_{\bar{A}}(x) = 1-\mu_A(x)$. Hình 8 minh họa phần bù của tập mờ *trung bình*.



Hình 8. Phần bù của tập mờ *trung bình*

2.5 Biến ngôn ngữ và gia tử

Khác với các biến thông thường, thường lấy giá trị số, một biến ngôn ngữ (linguistic variable) có giá trị là các từ ngôn ngữ (linguistic term). Chẳng hạn, đối với biến ngôn ngữ "chiều cao", các giá trị ngôn ngữ của nó có thể là "thấp", "trung bình" và "cao". Các giá trị ngôn ngữ thường được biểu diễn bằng một tập mờ. Ngữ nghĩa của một từ ngôn ngữ có thể được tăng giảm bằng cách sử dụng các từ như very (rất) và somewhat (một chút), như trong các biểu thức "very tall", "somewhat average" ... Các từ như vậy được gọi là gia tử (hedge). Chúng có thể được biểu diễn bằng các phép toán trên tập mờ như trong Bảng 2.

Bảng 2. Gia tử và phép toán.

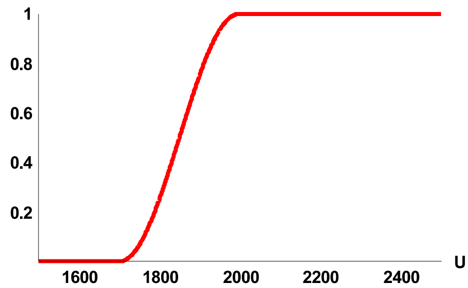
Gia tử	Phép toán
very	$\mu_{very\,A}(x) = \mu_A^2(x)$
somewhat	$\mu_{somewhat A}(x) = \sqrt{\mu_A(x)}$
not	$\mu_{not(A)}(x) = \mu_{\bar{A}}(x) = 1-\mu_A(x)$

3. Ứng dụng lôgic mờ trong GIS

3.1 Biểu diễn các ranh giới mờ

Trong ứng dụng thực tế, ta có thể cần xác định những vị trí có độ cao là *cao* trong khu vực được bao phủ bởi một bản đồ địa hình. Giả sử độ cao được coi là *cao* khi nó trên 1700 mét. Ta biểu diễn các đối tượng *cao* bằng một tập mờ với hàm liên thuộc dạng sin (Hình 9) như sau:

$$\mu_{cao}(x) = \begin{cases} 0 & x \le 1700 \\ \frac{1}{2}\left(1-\cos\left(\pi\frac{x-1700}{300}\right)\right) & 1700 < x \le 2000 \\ 1 & x > 2000 \end{cases}$$



Hình 9. Hàm liên thuộc cho độ cao *cao*

Mô hình số độ cao (DEM) được nhập vào ArcGIS ở dạng lưới ô vuông (raster) ELEVATION. Để chuyển sang mô hình mờ với lưới FELEVATION, ta có thể thực hiện một trong những cách sau:

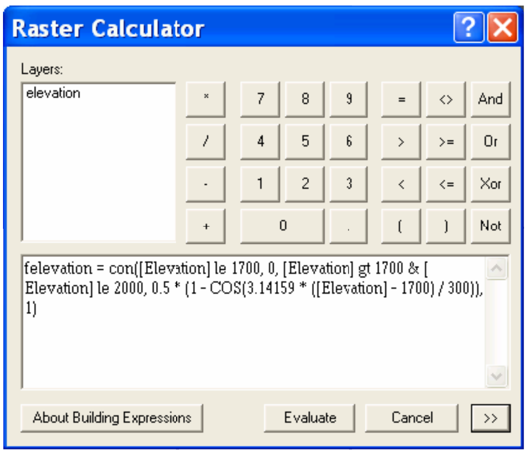
+ Dùng ArcInfo GRID (trong phiên bản mới nhất của ArcGIS, ArcInfo được gọi là ArcGIS for Desktop Advanced). Để tính giá trị mờ, ta dùng một AML script (AML là ngôn ngữ macro của ArcGIS) chạy từ ArcInfo GRID với khối DOCELL như sau:

```
/* high elevation
docell
 if (elevation le 1700) ~
   felevation = 0
 if (elevation gt 1700 & ~
 elevation le 2000)~
   felevation=0.5*(1-COS(3.14 ~
   *(elevation - 1700)/300))
 if (elevation gt 2000) ~
   felevation = 1
end
```

Ta cũng có thể sử dụng lệnh GRID CON:

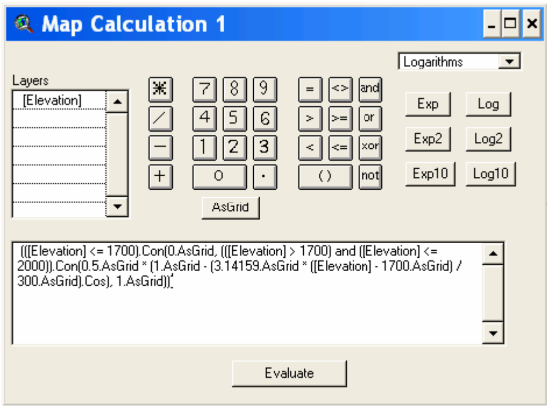
```
/* high elevation
 felevation = con(elevation le ~
 1700, 0, elevation gt 1700 & ~
 elevation le 2000, 0.5*(1- ~
 COS(3.14*(elevation -1700)/ ~
 300)),1)
```

+ Dùng raster calculator của ArcMap Spatial Analyst (Hình 10).



Hình 10. Sử dụng Raster calculator

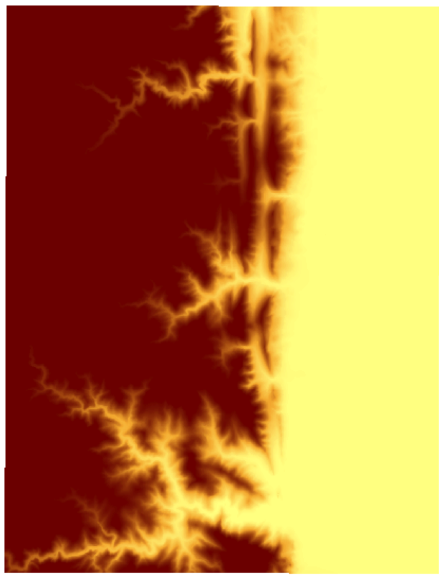
+ Dùng request trong ArcView GIS Spatial Analyst map calculator (Hình 11).



Hình 11. Sử dụng Map calculator

Ngoài ra, ta còn có thể sử dụng công cụ Fuzzy Membership của ArcGIS 10 như ở mục 3.2.

Hình 12 và 16 cho thấy kết quả bằng cách tiếp cận mờ và tiếp cận rõ. Ta có thể thấy rằng bản đồ theo cách tiếp cận mờ thể hiện không gian chi tiết hơn nhiều so với tiếp cận rõ. Nó cũng thể hiện sự thay đổi dần dần chứ không phải đột ngột tại ranh giới của các vùng.



Hình 12. Tiếp cận mờ

Hình 13. Tiếp cận rõ

3.2 Phân tích không gian mờ

Do ưu điểm của cách tiếp cận mờ trong phân tích không gian, từ ArcGIS 10, chức năng ArcGIS Spatial Analyst đã bổ sung một số công cụ mới để làm việc với lôgic mờ. Hai công cụ mới hỗ trợ thực hiện phân tích chồng xếp mờ cho các bài toán ra quyết định đa tiêu chí là Fuzzy Membership [1] và Fuzzy Overlay [2]. Đây là lựa chọn thay thế cho các phương pháp chồng xếp theo trọng số (Weighted Overlay) và tính tổng theo trọng số (Weighted Sum) dựa trên tiếp cận rõ. Các công cụ này đặc biệt có ích cho các bài toán tìm địa điểm (site selection) và mô hình hóa tính thích hợp (suitability modeling).

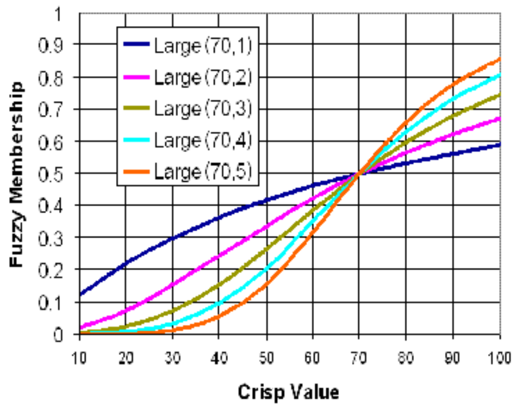
Như trong hầu hết các phân tích chồng xếp, các lớp raster quan trọng được phân lớp lại (reclassify) hoặc được chuyển đổi về cùng một tỉ lệ, sau đó được kết hợp với nhau để xác định vị trí tối ưu cho các đối tượng đang nghiên cứu.

Đầu tiên, công cụ Fuzzy Membership được dùng để chuyển đổi các dữ liệu đầu vào thành các giá trị độ thuộc nằm trong đoạn [0,1] bằng cách sử dụng một hàm liên thuộc mờ. Các giá trị này thể hiện mức độ thuộc của mỗi ô trên lưới vào các lớp, với các giá trị càng gần 1 được coi là càng thích hợp. Quá trình này được gọi là mờ hóa (fuzzification). Sau đó, công cụ Fuzzy Overlay được dùng để kết hợp các độ thuộc đã tính bằng cách sử dụng một phép toán mờ và sinh ra tập dữ liệu raster đầu ra. Fuzzy Overlay giúp xác định các ô có độ thuộc cao nhất vào phép kết hợp của tất cả các lớp; trong trường hợp mô hình hóa tính thích hợp, đây là những vị trí thích hợp nhất [3].

Trong mô hình tìm vị trí thích hợp để xây nhà, do độ dốc *vừa phải* là một trong những tiêu chuẩn, Fuzzy Membership được dùng để chuyển mỗi giá trị độ dốc thành một độ thuộc vào lớp độ dốc *vừa phải*. Tất cả các tiêu chuẩn còn lại như hướng ưa thích, gần hồ nước, ... cũng được mờ hóa tương tự.

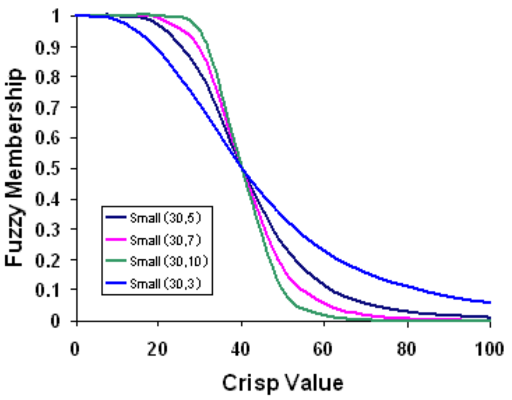
Ngoài Fuzzy Gaussian và Fuzzy Linear, Fuzzy Membership còn cung cấp các dạng hàm liên thuộc mờ sau:

+ Fuzzy Large và Fuzzy MS Large (Hình 14) được dùng khi giá trị đầu vào càng lớn thì càng thích hợp. Chúng được xác định dựa trên hai tham số: giá trị trung bình và độ lệch chuẩn. Trong mô hình thích hợp cho xây nhà, các hàm này có thể sử dụng cho tiêu chuẩn *xa* bãi rác.



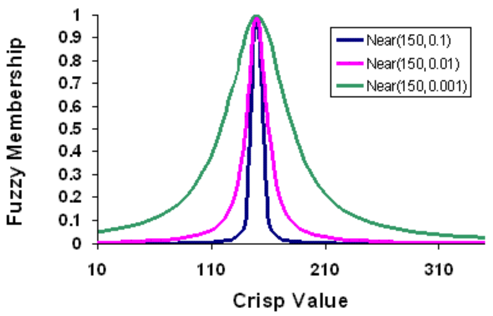
Hình 14. Fuzzy Large

+ Fuzzy Small và Fuzzy MS Small (Hình 15) được sử dụng khi giá trị đầu vào càng nhỏ thì càng thích hợp. Hai hàm này được định nghĩa dựa trên giá trị trung bình và độ lệch chuẩn. Trong mô hình thích hợp cho xây nhà, chúng có thể được sử dụng cho tiêu chuẩn *gần* hồ nước.



Hình 15. Fuzzy Small

+ Fuzzy Near (Hình 16), tương tự như Fuzzy Gaussian, rất hữu ích cho trường hợp giá trị đầu vào càng gần một giá trị cụ thể nào đó thì càng tốt. Hàm được xác định dựa trên hai tham số: giá trị trung tâm và độ rộng. Trong mô hình thích hợp cho xây nhà, nó có thể sử dụng cho tiêu chuẩn có hướng *ưa thích* với hướng chính nam (180^o) là thích hợp nhất.



Hình 16. Fuzzy Near

Cú pháp của hàm FuzzyMembership như sau:

```
out_raster = FuzzyMembership(
in_raster,{fuzzy_function},{hedge})
```

Trong đó, `in_raster` là tập dữ liệu raster vào, `fuzzy_function` là hàm liên thuộc mờ sử dụng, `hedge` (NONE, SOMEWHAT, VERY) là gia tử áp dụng cho hàm liên thuộc và `out_raster` là tập dữ liệu raster ra.

Sau khi Fuzzy Membership chuyển đổi các dữ liệu đầu vào thành các độ thuộc vào các lớp, Fuzzy Overlay được sử dụng để xác định những ô đáp ứng tốt nhất tất cả các tiêu chuẩn. Trong mô hình thích hợp để xây nhà, ta cần tìm các vị trí thích hợp nhất theo các tiêu chuẩn về độ dốc, hướng, khoảng cách tới hồ nước ... Fuzzy Overlay kết hợp các dữ liệu raster mờ với nhau bằng cách dùng một trong các kiểu chồng xếp (phép toán mờ) sau:

+ Fuzzy And trả lại giá trị nhỏ nhất trong tất cả các độ thuộc vào các lớp cho từng ô. Kiểu chồng xếp này hữu ích khi ta muốn xác định giá trị thích hợp nhỏ nhất đối với tất cả các tiêu chuẩn. Ví dụ, trong mô hình thích hợp để xây nhà, ta muốn tìm các vị trí có giá trị thích hợp ít nhất là 0.8 đối tất cả các tiêu chuẩn; đây là các vị trí tương đối tốt. Fuzzy And sử dụng hàm tính toán sau:

```
fuzzyAndValue = min(arg1, ..., argn)
```

+ Fuzzy Or trả về giá trị lớn nhất trong tất cả các độ thuộc vào các lớp của từng ô. Kiểu chồng xếp này hữu ích khi ta muốn xác định giá trị thích hợp lớn nhất đối với tất cả các tiêu chuẩn. Ví dụ, trong mô hình thích hợp để xây nhà, ta muốn tìm tất cả các vị trí thỏa mãn hoàn toàn (có giá trị 1) với ít nhất một tiêu chuẩn. Fuzzy Or sử dụng hàm tính toán sau:

```
fuzzyOrValue = max(arg1, ..., argn)
```

+ Fuzzy Product trả về giá trị là tích của tất cả các độ thuộc vào các lớp của từng ô. Kết quả nhận được sẽ bé hơn bất kỳ độ thuộc thành phần nào. Khi có nhiều lớp, giá trị trả về có thể rất nhỏ. Vì vậy, Fuzzy Product ít được sử dụng. Fuzzy Product sử dụng hàm tính toán sau:

```
fuzzyProductValue = product(arg1,...,
argn)
```

+ Fuzzy Sum sử dụng hàm tính toán:

```
fuzzySumValue = 1 - product(1 - arg1,
..., 1 - argn)
```

Giá trị trả về tăng khi số lớp tăng. Fuzzy Sum thường ít được sử dụng.

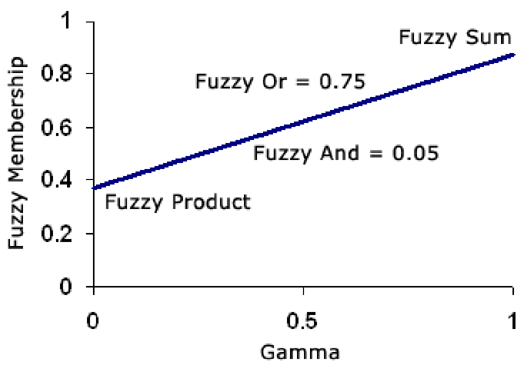
+ Fuzzy Gamma sử dụng hàm tổng quát sau:

$$\mu(x) = (FuzzySum)^{\gamma} * (FuzzyProduct)^{1-\gamma}$$

Cụ thể, hàm Fuzzy Gamma được viết như sau:

```
fuzzyGammaValue = pow(1 - ((1 - arg1)
* (1 - arg2) * ...), Gamma) *
pow(arg1 * arg2 * ..., 1 - Gamma)
```

Nếu gamma = 1, kết quả giống như Fuzzy Sum; nếu gamma = 0, kết quả giống như Fuzzy Product. Fuzzy Gamma trung hòa xu hướng tăng của Fuzzy Sum và xu hướng giảm của Fuzzy Product. Ta có thể sử dụng Fuzzy Gamma để trả về một giá trị lớn hơn Fuzzy Or nhưng bé hơn Fuzzy Sum. Hình 17 cho thấy mối quan hệ của gamma (γ) đối với Fuzzy Sum, Fuzzy Product, Fuzzy Or và Fuzzy And.



Hình 17. Quan hệ giữa Fuzzy Gamma với các kiểu chồng xếp mờ khác

Cú pháp của FuzzyOverlay như sau:

```
out_raster = FuzzyOverlay(
in_rasters,{overlay_type},{gamma})
```

Trong đó, `in_rasters` là danh sách của các raster vào, `overlay_type` là kiểu kết hợp (AND, OR, PRODUCT, ...), `gamma` chỉ dùng khi kiểu kết hợp là GAMMA và `out_raster` là tập dữ liệu raster ra.

4. Kết luận

Nhiều sự vật và hiện tượng thể hiện ở một mức độ nào đó sự không rõ ràng hay không chắc chắn và do đó không thể biểu diễn được một cách chính xác bằng các lớp (tập) kinh điển với ranh giới rõ ràng. Các khái niệm như "dốc vừa phải" và "rất gần", thường được dùng trong phân tích không gian, có thể được biểu diễn tốt hơn bằng tập mờ so với cách phân lớp có/không. Việc ứng dụng lôgic mờ trong GIS cho thấy khả năng biểu diễn tốt hơn các ranh giới không rõ ràng, đồng thời cho phép ta thực hiện các bài toán phân tích không gian đa tiêu chí gần giống như cách tư duy của con người.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] ArcGIS Resource Center (2012). How Fuzzy Membership works. Available at http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/How_Fuzzy_Membership_works/009z000000rz000000/

[2] ArcGIS Resource Center (2012). How Fuzzy Overlay works. Available at http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/How_Fuzzy_Overlay_works/009z000000s0000000/

[3] ArcGIS Resource Center (2012). Applying fuzzy logic to overlay rasters. http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Applying_fuzzy_logic_to_overlay_rasters/009z000000rv000000/

[4] Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353.

[5] Zadeh, L.A. (1988). Fuzzy logic. *Computer*, 21, 83-93.

SUMMARY

Fuzzy Logic and its Applications in GIS

Nguyễn Trường Xuân, Lê Văn Hưng, Nguyễn Hoàng Long

University of Mining and Geology

Many spatial features do not have clearly defined boundaries. Also, in spatial analysis, we usually use concepts such as “somewhat steep” and “very close”, which are vague or uncertain, called fuzzy concepts. The representation of such features and spatial analysis involving fuzzy concepts in GIS using the classical set theory are not appropriate. Fuzzy logic is the most important and widely used tool for modeling fuzziness. This paper presents the basic notions and principles of fuzzy logic and its applications to the representation of fuzzy boundaries and fuzzy spatial analysis in GIS.