

文章编号: 1007-4619 (2002) 01-0045-05

# GIS 图上地理区域空间不确定性的分析

刘文宝<sup>1,2</sup> 邓 敏<sup>3</sup>

(1. 山东科技大学 地球科学系, 山东 泰安 271019; 2. 美国麻省大学 地球地理科学系, 美国 波士顿 02125;

3. 武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉 430079)

**摘 要:** 区域是 GIS 空间分析的基本单元。它是环境科学、土壤科学等领域中广泛存在的一类地理实体。这类实体抽象概括为 GIS 中空间目标时不可避免地带有模糊性。利用模糊集这个强有力的数学工具, 首先基于场模型提出了表达 GIS 中模糊区域目标的方法, 分析了其空间不确定性。继而, 建立了模糊区域的形态描述模式, 即模糊区域边界、内部和外部, 并指出了 Cohn 给出的定义中的不足。在此基础上, 对 Egenhofer 提出的九元组进行了扩展, 构建了适合于描述确定和模糊区域目标间拓扑空间关系的模型。

**关键词:** 模糊区域; 空间不确定性; 拓扑关系

**中图分类号:** TP751.1 **文献标识码:** A

## 1 引 言

自然界中的客观实体可大致分为两类, 即具有明确空间定义的地理实体和无明确空间范围的地理实体<sup>[1]</sup>。前者如人工建筑物等, 后者如可耕地、降雨量分布等。这些地理实体在 GIS 中是采用目标或场的方法表达的, 与此相应的分别是矢量数据和栅格数据。矢量数据中的基本要素为点、线和面, 而栅格数据则为像元<sup>[2]</sup>。

过去, 空间目标的位置数据不确定性研究主要集中在随机不确定性(或误差)上<sup>[3,4]</sup>。这里, 目标是指具有明确空间范围或位置的地理实体; 不确定性更侧重于大地测量学科中的误差, 是一种具有统计意义的概念<sup>[5]</sup>。然而, 自然界中还存在大量模糊地理实体。一般地, 这类实体属性在空间上是连续分布的, 并且它的真实边界位置往往较难测定<sup>[6]</sup>。在 GIS 应用分析时, 用来表达这类目标的空间数据一般是通过影像判读和边界数字化结合的方式、或者通过特征点采样、内插和专题分类相结合的方式得到, 它受属性分类定义、属性空间变化率等因素的影响。因此, GIS 数据库中表达这类目标的空间数

据更具模糊性<sup>[6]</sup>, 本文定义此类目标为模糊目标。在假定区域目标集合为闭集且连通的前提下, 本文从以下 3 个方面分析其空间不确定性, 即模糊区域的空间表达、模糊区域的形态描述和模糊区域间的拓扑空间关系。

## 2 模糊区域的空间表达

GIS 中, 一个区域的空间位置由其诸多边界线表达, 具体地说, 就是由边界线的特征点构成。基于集合论思想, 一个区域的位置数据表达为一个有穷有序集合

$$\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_m, y_m), (x_1, y_1)\}$$

对于一个模糊区域, 用来表达其空间边界的位置数据与其属性空间分布密切相关。因而, 更适合用场模型表达。设模糊区域的特征由  $n$  个“属性一值”对描述, 记  $T = \{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n\}$ , 其中,  $\tau_i = (a, v)$ ,  $a \in A; v \in V$ , 这里  $A$  为描述区域的属性域,  $V$  为属性值域, 则区域内任意抽样(或内插)点可表达为一个二重关系式<sup>[7]</sup>

$$\mu_A(x, y)/(x, y), \quad (x, y) \in R^2 \quad (1)$$

其中  $\mu_A(x, y)$  表示位置  $(x, y)$  处的属性值隶属于区

收稿日期: 2001-08-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目, 编号 49801016。

作者简介: 刘文宝(1965—)男, 山东沂水人, 博士后, 教授兼美国麻省大学研究员。1987、1990 年在山东科技大学分别获学士、硕士学位;

1996 年于武汉测绘科技大学获博士学位; 1996 年 7 月至 1998 年 6 月为东南大学博士后。主要研究领域为遥感与地理信息系统中的数据质量、误差与不确定性, 以及信息可视化, 已发表论文 60 余篇, 合著 1 部。

域属性关系  $A = A_1 \times A_2 \cdots \times A_n$  的程度,即隶属度,并且有关系式

$$\mu_A(x, y) = \min(\mu_{A_1}(x, y), \mu_{A_2}(x, y), \dots, \mu_{A_n}(x, y)) \quad (2)$$

而  $\mu_{A_i}(x, y) (1 \leq i \leq n)$  分别表示数据库中第  $i$  个专题图层上位置  $(x, y)$  处属性特征值满足其区域属性值  $A_i (1 \leq i \leq n)$  的程度,取值于区间  $[0, 1]$ 。(1)式或等价表示为

$$\mu_A(i, j) / P_{ij}$$

这里  $p_{ij}$  为第  $i$  行、第  $j$  列的一个栅格像元。于是,基于场模型,一个模糊区域表达为:

$$Z = \{(x, y) / \mu_A(x, y) > 0\} \quad (3)$$

或表示为:

$$Z = \{p_{ij} / \mu_A(i, j) > 0\}$$

根据模糊集的性质,模糊集  $Z$  的支集为:

$$\tilde{Z}(0) = \bigcup_j Z_{0j}, \quad j = 1, 2, \dots \quad (4)$$

其中  $Z_{0j} = \{(x, y) / \mu_A(x, y) \geq \epsilon^+\}$ ,  $\epsilon^+$  为大于 0 的任意小的实数。在此,定义模糊集的支集  $\tilde{Z}(0)$  的边界为模糊区域  $Z$  的外部边界,记为  $B(0)$ ;类似地,模糊集的核可以表达为:

$$\tilde{Z}(1) = \bigcup_j Z_{1j}, \quad j = 1, 2, \dots \quad (5)$$

其中  $Z_{1j} = \{(x, y) / \mu_A(x, y) = 1\}$ ,在此,定义模糊集的核  $\tilde{Z}(1)$  的边界为模糊区域  $Z$  的内部边界,记为  $B(1)$ 。其几何意义分别如图 1。

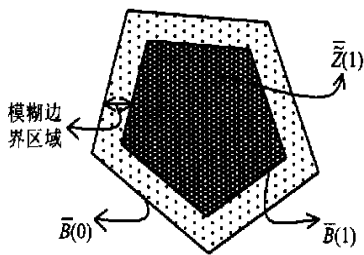


图 1 模糊区域的结构模式

Fig. 1 Structure mode of simply fuzzy region

### 3 模糊区域的形态描述

#### 3.1 已有的描述方法及其不足

Clementini 等基于九元组模型 (9-intersection model) 例举了模糊区域间 44 种可能的拓扑空间关系<sup>[8]</sup>, Cohn 等基于“蛋黄”模型 (Egg-Yolk model) 例举了 46 种可能的拓扑空间关系<sup>[9]</sup>, 但他们的研究的前

提都是将模糊区域的点集构成描述为:

$$Z^0 = \tilde{Z}(1); \quad \partial Z = \tilde{Z}(0) - \tilde{Z}(1);$$

$$Z^- = R^2 - \tilde{Z}(1) \quad (6)$$

其中  $Z^0, \partial Z$  和  $Z^-$  分别为模糊区域的内部, 边界和外部; 其他参数的意义如上所述。

分析上述定义不难发现, (5) 式与点集拓扑的定义不相符, 即难以满足:

$$\begin{aligned} (p \oplus \epsilon) \cap Z^0 &\neq \phi \\ (p \oplus \epsilon) \cap Z^- &\neq \phi \end{aligned} \quad (7)$$

其中  $p = (x_1, y_1)^T$  为边界集中的任意点, 即  $p \in \partial Z$ ;  $\epsilon$  是一个任意小的数。因而, 不能利用基于点集拓扑特性的九元组模型来区分各种可能的拓扑空间关系。另外, 上述定义的模糊区域形态描述三要素具有明确的空间范围, 不带有任意模糊性, 即有:

$$Z^0 \cap \partial Z = \phi; \quad Z^0 \cap Z^- = \phi; \quad \partial Z \cap Z^- = \phi \quad (8)$$

然而, 在实际应用中, 通过 GIS 得到的专题图上空间目标往往按预先给定的属性隶属度阈值  $\alpha (0 < \alpha \leq 1)$  输出。显然, 随着给定的阈值不同, 模糊区域的边界、内部和外部的空间位置和范围不同, 即是属性阈值的空间变量。最后, Clementini 和 Cohn 探讨模糊区域间不确定空间关系的方法 (例举法) 难以实现不确定空间关系推理、捕捉不确定性传播以及判定为某种空间关系的不确定性等<sup>[8,9]</sup>。针对上述不足, 本文提出了一个新的描述方法。

#### 3.2 新的描述方法

如图 1, 对于一个模糊区域目标, 其模糊性来自于边界区域的存在, 边界区域越大, 集的精度越低<sup>[10]</sup>。根据 (4) 和 (5) 式, 可将模糊区域目标的边界区域表达为

$$Fb = \tilde{Z}(0) - \tilde{Z}(1) \quad (9)$$

或表达为

$$Fb = \{(x, y) / 0 < \mu_A(x, y) < 1, (x, y) \in R^2\} \quad (10)$$

即模糊边界区域  $Fb$  是一个区域位置属性隶属度为 1 到属性隶属度为 0 的变迁区域, 如图 1 中填充为点状的区域。而在实际应用和分析中, 这类地理实体在专题图上往往按预先给定的一个属性隶属度阈值  $\alpha (0 < \alpha < 1)$  进行输出<sup>[11]</sup>。这里, 引入等值区域  $Z(\alpha)$  的边界、内部和外部概念, 分别描述如下:

**定义 1** 模糊集  $Z$  的  $\alpha$  截集  $Z(\alpha)$  的边界表示为  $\partial Z_\alpha = \{(x, y) / \mu_A(x, y) = \alpha\}$ ;

**定义 2** 模糊集  $Z$  的  $\alpha$  截集  $Z(\alpha)$  的内部表示为  $Z_\alpha^0 = \{(x, y) / \mu_A(x, y) > \alpha\}$ ;

**定义 3** 模糊集  $Z$  的  $\alpha$  截集  $Z(\alpha)$  的外部表示为  $Z_\alpha^- = \{(x, y) / \mu_A(x, y) < \alpha\}$ 。

显然, 对于一个  $\alpha$  取值,  $\partial Z_\alpha$ ,  $Z_\alpha^0$  和  $Z_\alpha^-$  都是模糊区域  $Z$  点集拓扑构成的一个划分。同时由上述定义 1-3 可知, 等值区域形态三要素的构成仅与  $\alpha$  取值有关。随着  $\alpha$  的取值不同, 上式三要素表达的几何意义不同, 但其空间不确定性大小皆为  $Fb$ 。进而, 导致了同一地理区域位置, 当  $\alpha$  取不同的值时, 它可能被分别归属为‘边界’、‘内部’和‘外部’概念范

畴内。因此, 将模糊区域目标的点集内部、边界和外部分别描述为:

$$Z^0 = \widetilde{Z}(0)^0; \quad \partial Z = \overline{Fb}; \quad Z^- = R^2 - \widetilde{Z}(1); \quad (11)$$

式中参数  $\overline{Fb}$  为式(9)中  $Fb$  的闭包, 其它各参数的定义如同上述。其几何意义如图 2, 阴影区域分别为模糊区域目标形态描述三要素的空间位置范围。

从上述分析可知, 式(11)是模糊区域形态描述的一般模型; 而定义 1-3 是 GIS 图上模糊区域的形态描述模型, 也是进行模糊区域间空间关系描述和表达的基础。

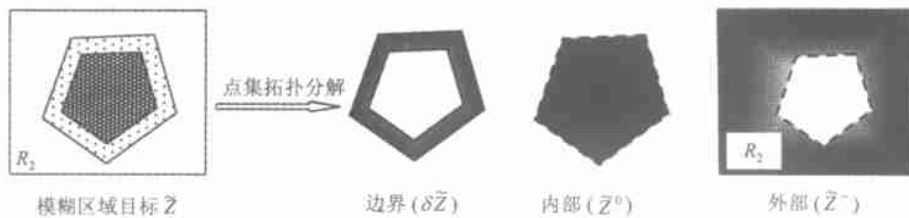


图 2 模糊区域  $Z$  形态描述的三要素

Fig. 2 Graphic illustration of three components of fuzzy region

#### 4 模糊区域间拓扑空间关系的描述框架

GIS 进行空间分析与查询时, 常见的问题是基于一空间关系的查询与分析。例如, 查询某森林区域是否含有湖泊, 或某采区是否在受地下水威胁区域内。在这两个查询分析中, 我们可以认为, 森林区域和地下水威胁区域是模糊区域, 它的空间范围表达与预先定义的属性阈植(如树木的高度、密度, 或地下水威胁的程度等)有密切关系, 而湖泊、采区可视是确定性区域。因此, 为了设计 GIS 中模糊空间关系的有效查询语言, 在上述第 2 节和第 3 节探讨的基础上, 进一步建立模糊区域间拓扑空间关系描述模型并分析其不确定性。

##### 4.1 确定性区域与模糊区域间的拓扑关系描述

如图 3,  $Z_1$  为模糊区域,  $Z_2$  为确定性区域。由于模糊区域  $Z_1$  的空间位置不确定性, 从而导致了  $Z_1$  和  $Z_2$  间拓扑关系的不确定性。图 3 中(a), (b)和(c)分别为属性隶属度  $\alpha$  取 1, 0.7 和 0.2 时,  $Z_1(\alpha)$  和  $Z_2$  间的拓扑关系示意图。

$Z_2$  间的可能拓扑关系有 3 种情况, 即邻接、相交或覆盖, 其中为邻接或覆盖关系的可能性较小, 为相关关系的可能性较大。为了描述这种不确定拓扑空间关系, 下面将 Egenhofer 等人提出的九元组模型<sup>[12]</sup>进行扩展, 表达为

$$\Psi_{12} = \begin{bmatrix} Z_1^0 \cap Z_2^0 & Z_1^0 \cap \partial Z_2 & Z_1^0 \cap Z_2^- \\ \partial Z_1 \cap Z_2^0 & \partial Z_1 \cap \partial Z_2 & \partial Z_1 \cap Z_2^- \\ Z_1^- \cap Z_2^0 & Z_1^- \cap \partial Z_2 & Z_1^- \cap Z_2^- \end{bmatrix} \quad (12)$$

式(12)描述了模糊区域  $Z_1$  与确定性区域  $Z_2$  间的可能拓扑关系。显然, 模糊区域  $Z_1$  的空间位置不确定性将导致上述矩阵  $\Psi_{12}$  的元素取值, 即两区域目标内部、边界和外部之间交集的取值不确定性, 也就是说, 模糊区域  $Z_1$  表达的空间范围不同, 将使得上式九元组中元素取值不同。例如, 图 3 中的 3 种拓扑关系的九元组分别为:

(a) 邻接	(b) 相交	(c) 覆盖
$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

因此, 定义矩阵  $\Psi_{12}$  为不确定拓扑关系的描述矩阵,

从图 3 可以看出, 模糊区域  $Z_1$  与确定性区域

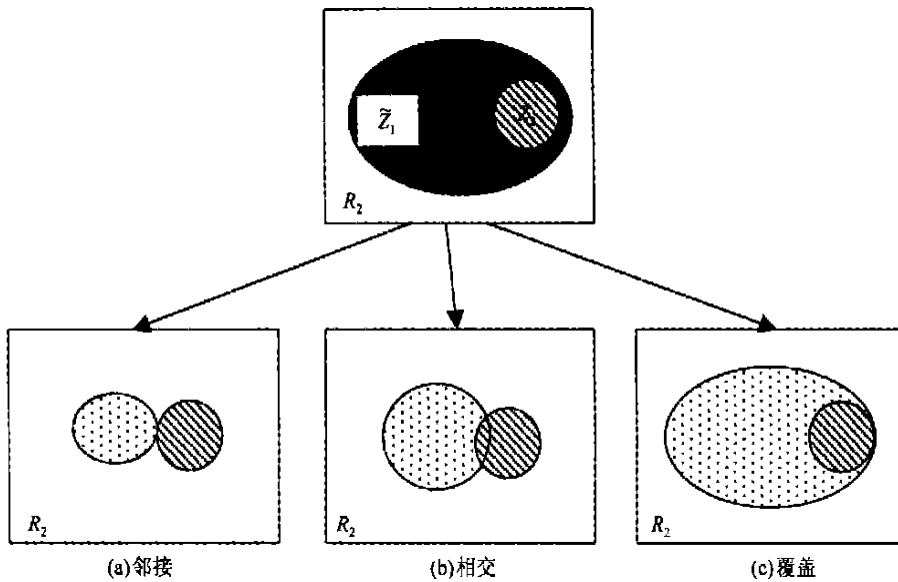


图 3 Z<sub>1</sub> 和 Z<sub>2</sub> 间不确定拓扑关系

Fig. 3 Uncertain topological relationships between Z<sub>1</sub> and Z<sub>2</sub>

它隐藏着 Z<sub>1</sub> 和 Z<sub>2</sub> 间所有可能的拓扑关系。为此，下面利用上述参数  $\alpha(0 \leq \alpha \leq 1)$  加以描述。对于任一确定值  $\alpha$ ，定义矩阵

$$\Psi_{12}(\alpha) = \begin{bmatrix} Z_{1\alpha}^0 \cap Z_2^0 & Z_{1\alpha}^0 \cap \partial Z_2 & Z_{1\alpha}^0 \cap Z_2^- \\ \partial Z_{1\alpha} \cap Z_2^0 & \partial Z_{1\alpha} \cap \partial Z_2 & \partial Z_{1\alpha} \cap Z_2^- \\ Z_{1\alpha}^- \cap Z_2^0 & Z_{1\alpha}^- \cap \partial Z_2 & Z_{1\alpha}^- \cap Z_2^- \end{bmatrix} \quad (13)$$

其中  $Z_{1\alpha}^0, \partial Z_{1\alpha}$  和  $Z_{1\alpha}^-$  分别表示  $Z_1(\alpha)$  的内部、边界和外部，其意义为 3.2 节中定义 1-3。分析可知， $\Psi_{12}(\alpha)$  为模糊集  $Z_1$  的  $\alpha$  截集与集合  $Z_2$  拓扑关系的描述矩阵，即为模糊区域  $Z_1$  与确定性区域  $Z_2$  在 GIS 图上拓扑关系描述的九元组模型。并且，当参数  $\alpha$  在整个区间  $[0, 1]$  上变化时  $\Psi_{12}(\alpha)$  分别表达了模糊区域  $Z_1$  与确定性区域  $Z_2$  之间各种可能的拓扑关系，即 GIS 图上表达的目标间的拓扑关系仅为不确定拓扑空间关系的一个实现。因此，定义两个拓扑空间关系的概念距离，即

$$d(\Psi_{12}^1(\alpha), \Psi_{12}^2(\alpha)) = \|\Psi_{12}^1(\alpha), \Psi_{12}^2(\alpha)\| \\ = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 |a_{ij}^{(1)} - a_{ij}^{(2)}|$$

作为上述拓扑空间关系描述不确定性的度量指标，其中  $a_{ij}^{(1)}, a_{ij}^{(2)} (1 \leq i, j \leq 3)$  分别为矩阵  $\Psi_{12}^1(\alpha), \Psi_{12}^2(\alpha)$  的元素，下标  $i, j$  分别为矩阵元素的行、列号。

相反，当  $Z_2$  为模糊区域，记为  $Z_2$ ，而  $Z_1$  为确定

性区域，则其拓扑关系形式化描述的九元组  $\Psi_{21}$  类似(12)表达，同理定义描述 GIS 图上模糊区域  $Z_2$  和确定性区域  $Z_1$  间拓扑关系的矩阵  $\Psi_{21}(\alpha)$ 。

### 4.2 两模糊区域间的拓扑关系描述

当两个区域目标都具有模糊性时，将模型(12)进一步扩展为：

$$\Psi_{12} = \begin{bmatrix} Z_1^0 \cap Z_2^0 & Z_1^0 \cap \partial Z_2 & Z_1^0 \cap Z_2^- \\ \partial Z_1 \cap Z_2^0 & \partial Z_1 \cap \partial Z_2 & \partial Z_1 \cap Z_2^- \\ Z_1^- \cap Z_2^0 & Z_1^- \cap \partial Z_2 & Z_1^- \cap Z_2^- \end{bmatrix} \quad (14)$$

则(14)式为两模糊区域间拓扑关系形式化描述的九元组模型。同理，表达两模糊区域在 GIS 图上的拓扑关系的九元组模型为：

$$\Psi_{12}(\alpha, \beta) = \begin{bmatrix} Z_{1\alpha}^0 \cap Z_{2\beta}^0 & Z_{1\alpha}^0 \cap \partial Z_{2\beta} & Z_{1\alpha}^0 \cap Z_{2\beta}^- \\ \partial Z_{1\alpha} \cap Z_{2\beta}^0 & \partial Z_{1\alpha} \cap \partial Z_{2\beta} & \partial Z_{1\alpha} \cap Z_{2\beta}^- \\ Z_{1\alpha}^- \cap Z_{2\beta}^0 & Z_{1\alpha}^- \cap \partial Z_{2\beta} & Z_{1\alpha}^- \cap Z_{2\beta}^- \end{bmatrix} \quad (15)$$

式中， $Z_{1\alpha}^0, \partial Z_{1\alpha}, Z_{1\alpha}^-$  和  $Z_{2\beta}^0, \partial Z_{2\beta}, Z_{2\beta}^-$  分别为  $Z_1$  和  $Z_2$  的点集拓扑构成(即：内部、边界和外部)，其几何意义为 3.2 节中的定义 1-3；而  $Z_{1\alpha}$  和  $Z_{2\beta}$  分别为模糊区域  $Z_1, Z_2$  在其专题图层输出属性隶属度阈值为  $\alpha, \beta$  时的空间表达。

## 5 结论及建议

(1) 在专题图上, 区域目标的空间数据不确定性主要是由目标的属性定义和目标空间分布的连续性引起, 从而导致了区域边界的模糊性。因此, GIS用户在利用专题图进行空间分析时, 应顾及区域边界一般为模糊带这一事实, 进行合理决策, 如土地部门根据土壤属性值等情况合理规划和利用具有模糊带地理边界的土地等。

(2) 确定性目标间拓扑关系描述满足唯一性<sup>[12]</sup>, 即任意两个目标之间只对应着一种拓扑空间关系, 而确定性目标与模糊目标、两模糊目标间拓扑关系描述并不一定具备唯一性。并且这种不确定空间关系的判定主要与区域目标的属性定义、属性空间分布的变化情况有关。

(3) 本文中讨论了简单模糊区域目标的表达、形态描述及其间拓扑空间关系的形式化描述, 而对于高维和复杂的模糊目标间拓扑空间关系的描述以及在GIS中模糊拓扑空间关系的表达和模糊查询方法的实现是作者正在进行的研究工作。

## 参 考 文 献 (References)

[1] Burrough P A, McDonnell R A. Principles of Geographical Information Systems [M]. Oxford: Oxford University Press, 1998.

- [2] Goodchild M F. Modeling error in objects and fields [A]. Goodchild M F, Gopal S. Accuracy of Spatial Databases [C]. London: Taylor & Francis, 1989.
- [3] Shi Wenzhong, Liu Wenbao. A Stochastic Process-Based Model for Positional Error of Line Segments in GIS [J]. *International Journal of Geographic Information Sciences*, 2000, 14(1): 51-66.
- [4] Liu Wenbao. A Theory of Uncertainty in Spatial Data within GIS [D]. Wuhan: Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, 1995. [刘文宝. GIS空间数据的不确定性理论[D]. 博士学位论文, 武汉: 武汉测绘科技大学, 1995.]
- [5] Liu Wenbao. Models of Data Quality and Dynamic Spatial Relations in GIS-T [R]. Nanjing: Southeast University, 1998. [刘文宝. GIS-T中的数据质量与动态空间关系模型[R]. 博士后出站报告. 南京: 东南大学, 1998.]
- [6] Burrough P A, Frank A U. Geographic Objects with Indeterminate Boundaries [A]. In: Proceedings of GISDATA-Specialist Meeting on Spatial Objects with Undetermined Boundaries [C]. London: Taylor and Francis, 1996.
- [7] Altman D. Fuzzy set theoretic approaches for handling imprecision in spatial analysis [J]. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1994, 8(3): 921-935.
- [8] Clementini E, Di Felice P. An algebraic Model for Spatial Objects with Indeterminate Boundaries [A]. Burrough, Frank. Geographic Objects with Indeterminate Boundaries [C]. Taylor & Francis, 1996.
- [9] Cohn A G, Gotts N M. The 'Egg-Yolk' Representation of Regions with Indeterminate Boundaries [A]. Proceedings of GISDATA-Specialist Meeting on Spatial Objects with Undetermined Boundaries [C]. London: Taylor & Francis, 1996.
- [10] Klir G J, Folger T A. Fuzzy Sets, Uncertainty and Information [M]. New Jersey: Prentice Hall, 1998.
- [11] Zhang Jingxiong, Stuart N. Fuzzy Methods for Categorical Mapping with Image-based Land Cover Data [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2001, 15(2): 175-195.
- [12] Egenhofer M, Franzosa R. Point-Set Topological Spatial Relations [J]. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1991, 5(2): 161-174.

## Analyzing Spatial Uncertainty of Geographical Region in GIS

LIU Wen-bao<sup>1,2</sup>, DENG Min<sup>3</sup>

(1. Department of Geosciences, Shandong University of Science and Technology, Tai'an 271019, China; 2. Department of Earth & Geographic Sciences, University of Massachusetts at Boston, MA 02125, USA; 3. Wuhan University, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** Region is one basic unit of spatial analysis in GIS applications, which is a kind of entity existing widely in many fields such as environment science, land information science and so on. In general, the kind of entity has a common character of continuously spatial distribution, so there is inevitably fuzziness in spatial data used to represent its position when it is abstracted and generalized, and enters into GIS databases. Here, fuzzy set is taken in this paper as a strong and convenient mathematical bridge to model uncertainty and fuzziness under a GIS environment. Firstly, a new method of representing fuzzy region is proposed based on field model, and its spatial uncertainty is analyzed. On the basis of above discussion, we analyze some existing methods on how to describe the point set topology of fuzzy region by referring to some shortcomings and giving a kind of new description method. Thus fuzzy region's boundary, interior and exterior are defined in detail, and their geometric meanings are given. Finally, this paper ends with the discussion on how to describe uncertain topological relations caused by spatial uncertainty of fuzzy region based on the point set topology, and develops corresponding 9-intersection models. It is shown that the point set topology model proposed in the paper is an extension of the 9-intersection model by Egenhofer (1991).

**Key words:** fuzzy region; spatial uncertainty; topological relations