

GIS 矢量数据的拓扑空间模糊划分模型

向俊¹, 王静²

(1. 广西广播电视大学 教学资源与技术中心, 广西 南宁 530022;

2. 中国电信集团山东分公司 网络中心, 山东 济南 250101)

摘要: 在地理信息系统(GIS)中, 针对现实世界复杂的地理现象和地理实体具有模糊不确定性而造成实体之间拓扑关系描述困难的问题, 文中首先从四交模型和九交模型对空间实体间拓扑关系进行概述, 然后在点集拓扑学的基础上, 分析了复杂的模糊地理实体间拓扑关系形式化描述模型, 并对该模型进行详细、准确的形式化描述和严格的数学表达, 最后提出对模糊地理实体拓扑划分的改进方法和扩展模型。分析结果表明, 该模型可以实现从简单实体到复杂实体的分析和模糊划分。

关键词: 模糊区域; 模糊划分; 不确定性; 空间拓扑关系; GIS 矢量数据

中图分类号: P208

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2012)09-0146-04

Fuzzy Division of Topological Space of GIS Vector Data

XIANG Jun¹, WANG Jing²

(1. Education Resource and Technology Center, Guangxi Radio and TV University, Nanning 530022, China;

2. Network Center, China Telecommunications Corporation Shandong Telecomm. Branch, Jinan 250101, China)

Abstract: In GIS aimed to complicated geographical phenomena and complicated geographical entity with fuzzy and uncertain cause the problem of describing topological relation difficultly in the real world, summarized to the topological relation between spatial entities with 4-intersection model and 9-intersection model firstly, and then based on the point-set topology analyzed the formalization-description model of the topological relation between fuzzy geographical entities, and gave the detailed and exact formalization-description and strict math formula. Lastly, it proposed the method, which improved and expanded topological division between fuzzy geographical entities. Analyzing result shows that the model could analyze and divide fuzzily from simple entity to complicated entity.

Key words: fuzzy area; fuzzy division; uncertain; spatial topological relation; vector data of GIS

0 引言

在现实世界中空间地理实体可大致分为两类^[1], 具有确定空间范围的地理实体: 如建筑物、人造模型等; 空间范围不确定的地理实体: 如耕地、森林覆盖、污染带的分布等。这类地理实体的属性在空间上是连续分布的, 由于属性分类定义和属性空间变化等因素的影响使其带有模糊性。这些空间实体在 GIS 中用目标或场的方法来表述, 与之对应的是矢量数据和栅格数据。其中点、线和面为矢量数据的基本要素, 栅格数据则用像元来表达。空间地理实体之间的拓扑关系是最重要的关系, 是进行空间查询、分析和推理的基础^[2]。

在以往的研究中, 都集中在位置数据误差上, 包括随机不确定性^[3]。针对空间实体的模糊性, 很多学者

都做了较为深入的研究。利用模糊理论, 在场模型下提出了表达 GIS 模糊区域目标的方法, 分析其空间不确定性。并给出了模糊区域边界、内部和外部的形态描述^[4]。邓敏^[5]基于模糊集合论探讨了模糊区域目标的内部结构组成, 分析并指出了已有研究中存在的不足, 并建立了模糊区域目标形式化描述的一般模型。唐新明^[6]在模糊拓扑学的基础上提出了模糊区域的定义, 建立了用于分析模糊区域之间拓扑关系的理论和模型, 给出了 4*4-intersection 拓扑关系矩阵, 分析了不同拓扑关系矩阵对于非模糊区域之间、模糊区域之间建立拓扑关系的区别和联系, 并对模糊区域之间的关系进行了系统的描述。刘文宝^[7]基于模糊集合论, 提出区域边界的模糊表达方法, 得到了区域边界为模糊带的结论, 进一步提出了一种处理矢量 GIS 叠置图上无意义多边形的新方法。郭庆胜^[8]总结了常见的不确定性线性目标描述模型以及确定性线状目标之间拓扑关系的描述模型, 并在此基础上提出了一种定理化分析方法, 对模糊线状目标之间的拓扑关系进行了描

收稿日期: 2012-01-17; 修回日期: 2012-04-23

基金项目: 广西自治区教育科研项目 (201106LX868, 201106LX864)

作者简介: 向俊 (1982-), 男, 工程师, 硕士, 研究方向为 GIS 空间分析、空间数据挖掘。

述和判别。李大军^[9]利用 Rough Set 理论,在四交差模型的基础上,提出适合于描述确定和模糊区域或两个模糊区域目标间拓扑空间关系的扩展模型,并详细给出了模糊对象之间的拓扑关系。

1 四交模型和九交模型概述

对于地理实体的空间拓扑关系的研究中,最早由 Egenhofer 等定义的四交模型和九交模型^[10]是以点集拓扑学为基础的。

四交模型^[11]用对象的内部和边界子集是否相交来刻画两个对象之间的拓扑关系,即

$$T(A, B) = \begin{bmatrix} A^0 \cap B^0 & A^0 \cap \partial B \\ \partial A \cap B^0 & \partial A \cap \partial B \end{bmatrix}$$

其中 $A^0, B^0, \partial A, \partial B$ 分别表示实体 A 的内部、实体 B 的内部、实体 A 的外部、实体 B 的外部;由于集合有相交(用 1 表示)和不相交(用 0 表示)两种情况,该模型在理论上可以区分 16 种关系。

九交模型是用对象的内部、边界和外部是否相交来刻画两个对象间的拓扑关系。即

$$T(A, B) = \begin{bmatrix} A^0 \cap B^0 & A^0 \cap \partial B & A^0 \cap B^- \\ \partial A \cap B^0 & \partial A \cap \partial B & \partial A \cap B^- \\ A^- \cap B^0 & A^- \cap \partial B & A^- \cap B^- \end{bmatrix}$$

其中 $A^0, \partial A, A^-$ 分别表示实体 A 的内部、边界和外部。

该模型在理论上可以区分 512 种拓扑关系,但这些关系中大多数关系都没有意义。主要包括:相离(disjoint)、相接(meet)、相交叠(overlap)、覆盖(covers)、包含(contains)、覆盖于(coveredby)、包含于(inside)、相等(equal)。其中有意义的拓扑关系是^[12]:面与面拓扑关系(8种)、线与面的拓扑关系(19种)、线与线的拓扑关系(32种)。缺点:九交模型不能处理拓扑关系的不确定性。四交模型和九交模型无法对边界有一定宽度的情形建模,也不能描述模糊对象间的拓扑关系。

2 GIS 矢量数据中点和面的模糊划分

2.1 点对象的模糊划分

在模糊地理信息空间中,对点的拓扑划分为模糊内部和模糊外部。模糊内部和模糊外部有重叠,只是隶属度不同。

点对象的模糊内部是由原始点 (x, y) 为圆心、 α 为半径的模糊圆组成的集合,它的隶属度由模糊圆心向边界逐渐减小。

点对象的模糊外部是由原始点 (x, y) 为圆心、 α 为半径的模糊圆及外部组成的集合,它的隶属度由模糊

圆心向边界逐渐增大,大于 α 部分模糊隶属度始终为 1。

参数 α 满足 $\alpha > 0$, α 为模糊圆的半径;其中: $d(x, y)$ 表示点 (x, y) 到模糊圆心的距离。

模糊隶属函数如图 1 所示^[12]:

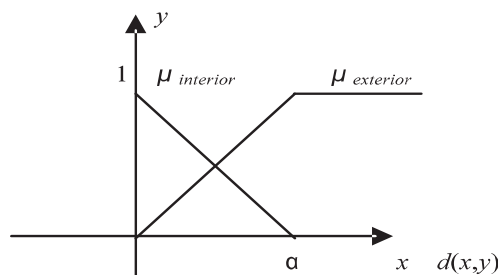


图 1 点对象的模糊隶属函数

点对象内部模糊隶属度如公式(1)^[12]:

$$\mu_{in}(x, y) = \begin{cases} 0 & d(x, y) \geq \alpha \\ 1 - \frac{d(x, y)}{\alpha} & 0 \leq d(x, y) < \alpha \end{cases} \quad (1)$$

点对象外部模糊隶属度如公式(2)^[12]:

$$\mu_{ex}(x, y) = \begin{cases} 1 & d(x, y) \geq \alpha \\ \frac{d(x, y)}{\alpha} & 0 \leq d(x, y) < \alpha \end{cases} \quad (2)$$

2.2 面对象的模糊划分

面对象是地理信息空间的一种很常见要素。对于空间实体属性均匀分布的模糊面对象^[12],将面对象的空间模糊划分为面对象模糊边界、面对象模糊内部和面对象模糊外部。对象之间的拓扑关系与对象之间的间隔距离有关。当距离足够远,拓扑关系很弱,只有 disjoint 关系;距离越近,拓扑关系和度量信息就多。拓扑关系的模糊性也是对象间各个状态的界限比较模糊引起的。

面对象的模糊边界:以面对象边界上的各个点为圆心,以 $\alpha > 0$ 为半径作模糊圆的集合,构成一个模糊带。在原始边界上,边界隶属度为 1;离边界越远,模糊边界隶属度越小,当不在模糊带中时,边界隶属度都为 0。

面对象的模糊外部:面对象原始边界以外的部分(不包括原始边界)构成的集合,外部隶属度越来越大,当在模糊外边界时模糊隶属度为 1。

面对象的模糊内部:面对象原始边界以内的部分(不包括原始边界)构成的集合,离原始边界线越远,内部模糊隶属度越大,当在模糊内边界时模糊隶属度为 1。

设边界划分函数:其中 $D(x, y)$ ^[12] 为划分函数, $d(x, y)$ 表示任意点 (x, y) 到面对象原始边界的最小距离。 $A^-, \partial A, A^0$ 分别表示确定性对象 A 的外部、边界和内部。

模糊隶属函数如图 2 所示。

边界划分函数 $D(x, y)$ 如下:

$$D(x, y) = \begin{cases} d(x, y) & (x, y) \in A^- \\ -d(x, y) & (x, y) \in A^0 \\ 0 & (x, y) \in \partial A \end{cases}$$

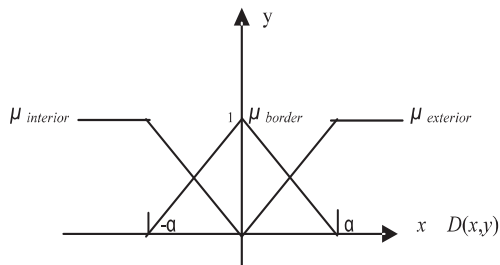


图 2 面对象的模糊隶属函数

面对象边界模糊隶属度^[12] 如公式(3):

$$\mu_{\text{border}}(x, y) = \begin{cases} 0 & D(x, y) \leq -\alpha \\ \frac{\alpha + D(x, y)}{\alpha} & -\alpha < D(x, y) < 0 \\ 1 & D(x, y) = 0 \\ \frac{\alpha - D(x, y)}{\alpha} & 0 < D(x, y) < \alpha \\ 0 & D(x, y) \geq \alpha \end{cases} \quad (3)$$

面对象内部模糊隶属度^[12] 如公式(4):

$$\mu_{\text{in}}(x, y) = \begin{cases} 1 & D(x, y) \leq -\alpha \\ \frac{D(x, y)}{-\alpha} & -\alpha < D(x, y) < 0 \\ 0 & \text{其他情况} \end{cases} \quad (4)$$

面对象外部模糊隶属度^[12] 如公式(5):

$$\mu_{\text{ex}}(x, y) = \begin{cases} 1 & D(x, y) \geq \alpha \\ \frac{D(x, y)}{\alpha} & 0 < D(x, y) < \alpha \\ 0 & \text{其他情况} \end{cases} \quad (5)$$

3 不确定性面实体模糊拓扑划分的扩展

在地理信息空间中,受周围环境和因素的影响,确定空间关系的度量参数^[13]困难,空间实体属性分布不均匀,但区域的边界是确定的,分布特征以质心点为中心,特征表现的均匀向外分散的变化,并且质心点在区域内,如某个地方的污染源构成的空间分布。

首先,以质点系各点质量为权重的系统位置的平均值确定质心点。假设在区域内均匀地取 n 个体积相等的点,已知这些点的质量为 m_1, m_2, \dots, m_n ,各点的坐标分别为 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$, M 是所有点的质量总和 $M = \sum_i m_i$; 设质心点坐标为 (x_c, y_c) 。 $x_c =$

$$\frac{\sum_i m_i x_i}{M}, y_c = \frac{\sum_i m_i y_i}{M} \text{ 可确定质心点。}$$

假设整个区域空间是有限的集合,在区域原始边界以外的有限空间中,计算所有点到原始边界最近欧式距离,记为 $\beta_{\min}(x, y)$,找到其中一个点 (x_f, y_f) 到原始边界的最大距离。记为 $\beta_{\max} = \max\{\beta_{\min}(x, y)\}$ 。

面对象的模糊边界:以面对象边界上的各个点为圆心,以 α 为半径 $(0 < \alpha < \beta_{\max})$ 作模糊圆组成的集合,构成一个模糊带。在原始边界上,边界隶属度为 1;离边界越远,模糊边界隶属度越小,当不在模糊带中时,边界隶属度都为 0。

面对象的模糊外部:面对象原始边界以外的有限空间(不包括原始边界)构成的集合,离边界线越远,外部隶属度越来越大,当在最远的那个点时外部模糊隶属度为 1。

面对象的模糊内部:面对象原始边界以内的有限空间(不包括原始边界)构成的集合,离质心点越近,内部隶属度越来越大,当在质心点时内部模糊隶属度为 1。

设边界划分函数:其中 $D(x, y)$ ^[12] 为划分函数, $d(x, y) \geq 0$ 表示任意点 (x, y) 到面对象原始边界的最小距离;

$$D(x, y) = \begin{cases} d(x, y) & (x, y) \in A^- \\ -d(x, y) & (x, y) \in A^0 \\ 0 & (x, y) \in \partial A \end{cases}$$

$d_{\text{in}}(x, y)$ 表示在面对象原始边界线以内,以质心点为起始点经过任意一个点 $P_{\text{any}}(x, y)$ 的延长线到与边界的交点 $P_{\text{int}}(x, y)$ 的距离; $d_{\text{in}}(x, y)$ 表示面对象原始边界线以内质心点到任意一个点 $P_{\text{any}}(x, y)$ 的距离。如公式(6)和公式(7):

$$d_{\text{max}}(x, y) = \text{dis}_{C-P_{\text{any}}} + \text{dis}_{P_{\text{any}}-P_{\text{int}}} (P_{\text{any}} \in A^0) \quad (6)$$

$$d_{\text{in}}(x, y) = \text{dis}_{C-P_{\text{any}}} (P_{\text{any}} \in A^0) \quad (7)$$

$A^-, \partial A, A^0$ 分别表示确定性对象 A 的外部、边界和内部。

面对象边界模糊隶属度 如公式(8):

$$\mu_{\text{border}}(x, y) = \begin{cases} 0 & \alpha \leq |D(x, y)| \\ \frac{\alpha - |D(x, y)|}{\alpha} & 0 < |D(x, y)| < \alpha \\ 1 & D(x, y) = 0 \end{cases} \quad (8)$$

面对象内部模糊隶属度 如公式(9):

$$\mu_{\text{in}}(x, y) = \begin{cases} 1 & d_{\text{in}}(x, y) = 0 \\ \frac{d_{\text{in}}(x, y)}{d_{\text{max}}(x, y)} & D(x, y) < 0 \\ 0 & \text{其他情况} \end{cases} \quad (9)$$

面对象外部模糊隶属度 如公式(10):

$$\mu_{ex}(x, y) = \begin{cases} 1 & D(x, y) = \beta_{\max} \\ \frac{\beta_{\min}(x, y)}{\beta_{\max}} & 0 < D(x, y) \\ 0 & \text{其他情况} \end{cases} \quad (10)$$

文中是在文献[12]研究的基础上对复杂空间模糊面实体拓扑划分模型的改进,并给出相应的模糊隶属函数,在理论上运用严格的数学方法,进行了详细的定义和形式化描述,该模型适用于不同复杂程度的模糊地理实体,有利于读者对空间模糊实体的划分有更加清晰的理解。

4 结束语

文中在已有的关于对 GIS 简单要素(如点和面)的模糊形式化描述的基础上,进行了详细的分析和总结。

针对现有的关于对模糊点和模糊面拓扑划分的描述部分存在不足,文中在形式化描述和数学公式表达方面进行更详细、准确的描述,最后完成了从简单实体的模糊拓扑划分到描述复杂的地理实体的拓扑划分。

未来将进一步对在某个区域内存在多个不同地理特征的更加复杂的地理现象进行研究,并通过试验进行模糊空间划分。

参考文献:

[1] Burrough P A, McDonnell R A. Principles of Geographical In-

(上接第 145 页)

4 结束语

文中研究并实现了 uIP 协议栈在 uC/OS 下的移植与应用,可以实现 Internet 上的智能设备跟网络中所有的 PC 机进行通信,可以实现实时远程工业控制,而不需要人为的手动干预,控制者不需要在现场就可实现控制设备,大大减少了出差的次数,是未来嵌入式设备发展的一个趋势。

参考文献:

- [1] 谢希仁. 计算机网络[M]. 第5版. 北京: 电子工业出版社, 2008: 63-220.
- [2] 沈 辉. 计算机网络工程与实训[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002: 40-125.
- [3] Comer D E. 计算机网络与因特网[M]. 第5版. 北京: 机械工业出版社, 2009: 35-170.
- [4] Dunkels A. The uIP 1.0 Reference Manual [D]. Swedish: Swedish Institute of Computer Science, 2006.

formation Systems [M]. Oxford: Oxford University Press, 1998.

- [2] Molenaar M. An introduction to the theory of spatial object modeling [M]. London: Taylor Francis, 1998.
- [3] 刘文宝. GIS 空间数据的不确定性理论 [D]. 武汉: 武汉测绘科技大学, 1995.
- [4] 刘文宝, 邓 敏. GIS 图上地理区域空间不确定性的分析 [J]. 遥感学报, 2002, 6(1): 45-49.
- [5] 邓 敏, 李成名, 林宗坚. GIS 中模糊区域的形式化描述方法探讨 [J]. 测绘科学, 2002, 27(1): 39-41.
- [6] 唐新明, 方 裕. 模糊区域拓扑关系模型 [J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(2): 1-10.
- [7] 刘文宝, 邓 敏. 矢量 GIS 中模糊地理边界的分析 [J]. 山东科技大学学报(自然科学版), 2000, 19(1): 28-32.
- [8] 郭庆胜, 杜晓初. 不确定性线状目标之间拓扑关系的描述与判别 [J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2004, 29(9): 827-831.
- [9] 李大军, 刘 波, 程朋根, 等. 模糊空间对象拓扑关系的 Rough 描述 [J]. 测绘学报, 2007, 36(1): 72-77.
- [10] Egenhofer M J, Franzosa R. Point-set topological spatial relations [J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1991, 5(2): 161-174.
- [11] 邓 敏, 刘文宝. GIS 面目标间拓扑关系的形式化模型 [J]. 测绘学报, 2005, 34(1): 85-89.
- [12] 杜世宏. 空间关系模糊描述及组合推理的理论和方法研究 [D]. 北京: 中国科学院, 2004.
- [13] 陈学工, 张驰伟, 张文艺, 等. 度量参数与空间关系描述的研究 [J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(5): 187-190.

- [5] Realtek Semi-conductor Co Ltd. Realtek Full-Duplex Ethernet Controller with Plug and Play Function Specification [S]. 2001.
- [6] C 程序设计 [M]. 第4版. 北京: 清华大学出版社, 2010: 45-268.
- [7] 周作厚. C 程序设计 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2003: 24-150.
- [8] 常玉龙. Turbo C 2.0 实用大全 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1994: 18-147.
- [9] S3C2410 中文数据手册 (Version 1.0) [M]. 杭州: 杭州立泰宇电子有限公司, 2008.
- [10] 邵贝贝. UC/OS 一源码公开的实时嵌入式操作系统 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
- [11] 陈是知. uC/OS-II 内核分析、移植与驱动程序开发 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007.
- [12] 伊文斌, 周贤娟, 鄢化彪, 等. uIP TCP/IP 协议分析及其在嵌入式系统中的应用 [J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(9): 240-243.