

含核 Vague 区域和 Vague 洞区域关系及蕴涵定理

李 松¹ 郝忠孝^{1,2}

(哈尔滨理工大学计算机科学与技术学院 哈尔滨 150080)¹

(哈尔滨工业大学计算机科学与技术学院 哈尔滨 150001)²

摘 要 模糊区域的空间信息表示和区域关系处理在空间数据库、地理信息系统和人工智能等领域具有重要的意义。引入 Vague 集的概念和理论对含核 Vague 区域和 Vague 洞区域关系进行了系统的研究。基于 Vague 集给出了含核 Vague 区域、Vague 洞区域和区域划分等概念;详细分析了处于不同平面中的含核 Vague 区域和 Vague 洞区域关系;给出了基于 Vague 集的区域关系交集模型和子区域关系间的蕴涵定理和算法;进一步给出了实例分析。研究成果可较好地处理含核 Vague 区域和 Vague 洞区域内的模糊点不确定的隶属信息和确定含核 Vague 区域与 Vague 洞区域的关系等问题。

关键词 Vague 集,含核 Vague 区域,Vague 洞区域,Vague 区域关系

中图法分类号 TP311 **文献标识码** A

Region Relations of the Vague Region with Kernel and the Vague-hole Region and the Implication Theorem

LI Song¹ HAO Zhong-xiao^{1,2}

(School of Computer Science and Technology, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China)¹

(School of Computer Science and Technology, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)²

Abstract Representing spatial information of the Vague regions and handling the Vague region relations are of great significance in spatial database, geographical information systems and artificial intelligence etc. The region relations of the vague region with kernel and the Vague-hole region were discussed detailedly based on Vague sets. The conceptions of the Vague region with kernel, the Vague-hole region and the region partition were given based on the Vague sets. The region relations of the Vague region with kernel and the Vague-hole region in the different plane were discussed respectively. The implication theorem and the implication algorithm for the relations of the Vague sub-regions were also given. Furthermore, the analysis of an instance was also given. The production in this work can deal with the indeterminate membership information of the Vague points in the Vague regions with kernel and the Vague-hole regions, and the region relations of the vague region with kernel and the Vague-hole region can be determined well.

Keywords Vague sets, Vague region with kernel, Vague-hole regions, Vague region relations

1 引言

随着科学技术的发展和应用,不确定的空间信息表示和空间对象间空间关系的处理日益成为空间数据库、人工智能、地理信息系统、机器人学和视觉处理等领域的研究热点和难点。空间关系的不确定性主要是数据的不确定性、认知的不确定以及空间关系分析处理的不确定性等引起的,现有的精确空间关系表达方法基本上不能处理空间关系所固有的不确定性,因而探讨空间关系表达和处理过程中的不确定性问题,对于空间关系在实际中的应用具有重要意义^[1]。

模糊区域关系的表示和分析是不确定空间关系领域的一个重要方面。近年来,国内外学者对模糊区域空间关系进行了一系列的研究。基于 RCC 模型和交集模型,文献[2]和文献[3]分别提出了两种表示不确定区域关系的方法:“蛋-黄”

模型^[2]和宽边界模型^[3]。但文献[2]的模型要求“黄”是“蛋”的一个真的部分,排除了完全分明的蛋黄区域,使其不能将分明区域作为不确定区域的特例来统一处理。为此,文献[4]给出了基于蛋黄区域的三元组谓词模型,利用 3 个谓词的不同取值来判断不确定空间区域间的拓扑关系。文献[5]提出了一种基于 RCC 的描述模糊区域间关系的方法,提出了不确定的空间信息由模糊集表示的方法。文献[6]利用模糊区域连接计算(FRCC)方法来处理模糊区域关系。文献[7]基于粗糙模型描述了二维离散空间中的模糊地理对象,并给出了粗糙区域的类型。但文献[1-7]所研究的模糊区域不含有洞,且模糊区域内的模糊点的隶属信息是确定的。文献[8]讨论了含洞的精确区域间的空间关系。文献[9]基于空间划分和目标分解的思想,利用点集(拓扑学)理论中的邻域概念详细分析和描述了带孔洞面目标的点集拓扑分量、层次的分析 and 区分

到稿日期:2009-01-15 返修日期:2009-03-30 本文受国家自然科学基金(60673136)和黑龙江省自然科学基金(F200702)资助。

李 松(1977-),男,博士研究生,主要研究方向为空间数据库空间分析和空间查询,E-mail:lisongbeifen@163.com;郝忠孝(1940-),男,博士生导师,主要研究方向为数据库理论与应用。

简单面目标与带孔洞面目标间的拓扑关系。但文献[8,9]没有进一步对含有洞的模糊区域的空间关系进行研究。已有的研究成果^[1-9]没有对含核模糊区域和模糊洞区域关系进行分析,没有给出具体的关系表示模型。为了弥补已有研究的空白,本文基于能处理丰富的不确定信息的 Vague 集^[10]重点分析了处于不同平面中的含核 Vague 区域和 Vague 洞区域关系,给出了子区域组合的蕴涵定理和算法。研究成果可较好地处理不同平面中的含核 Vague 区域和 Vague 洞区域内的模糊点不确定的隶属信息及确定含核 Vague 区域与 Vague 洞区域的关系等问题。

2 基本定义

定义 1^[10] 设论域 U 为一点集空间, u 表示 U 中的任意一个基本元素, U 中的一个 Vague 集 V 是由一个真隶属函数 $t_V(u)$ 和一个假隶属函数 $f_V(u)$ 所定义。其中, $t_V(u): U \rightarrow [0, 1]$ 和 $f_V(u): U \rightarrow [0, 1]$ 分别对应 u 隶属于 U 的真隶属函数和假隶属函数, $t_V(u)$ 为 u 的隶属度下界, $f_V(u)$ 为 u 的否定隶属度下界, 并且对于 $\forall u \in U$, 有 $t_V(u) + f_V(u) \leq 1$, 则 u 的基于 Vague 集的隶属度值即由 $[0, 1]$ 区间内的一个子区间 $[t_V(u), 1 - f_V(u)]$ 表示。

定义 2 基于定义 1, 针对一点集的空间区域 $U, [t_V(u), 1 - f_V(u)]$ 称为 u 隶属于 U 的 Vague 值, 记为 $V(u)$, u 称为 Vague 点。在不引起混淆的情况下, $t_V(u)$ 和 $1 - f_V(u)$ 可简记为 t_V 和 $1 - f_V$ 。由 Vague 值不为 $[0, 0]$ 的 Vague 点组成的边界具有不确定性且内部某些区域对象点具有不确定隶属信息(含有未知隶属信息)的空间区域称为 Vague 区域, 记为 U_v 。若 $t_V(u_i) = t_V(u_j)$ 且 $f_V(u_i) = f_V(u_j)$, 则有 $V(u_i) = V(u_j)$, 称 u_i 是 u_j 的等值 Vague 点; 若 $t_V(u_i) < t_V(u_j)$ 且 $f_V(u_i) > f_V(u_j)$, 则有 $V(u_i) < V(u_j)$ 。本文将 Vague 区域 U_v 的 Vague 集 V 表示为 $\int_{U_v} [t_V(u_i), 1 - f_V(u_i)] / u_i$ 。

定义 3 对一 Vague 区域 $U_v, [t_V(u_i), 1 - f_V(u_i)]$ 为 u_i 隶属于 U_v 的 Vague 值。由 $0 \leq t_V(u_i) < 1, 0 < 1 - f_V(u_i) \leq 1$ 的 Vague 点组成的区域称为 U_v 的 Vague 虚域, 记为 U_{vc} ; 由 $t_V(u_i) = 1, 1 - f_V(u_i) = 1$ 的 Vague 点组成的区域称为 U_v 的 Vague 实域, 亦称为 U_v 的核, 记为 U_k 。拓扑位置在核外的虚域称为核外虚域, 记为 U_{vc} ; 在核内的虚域称为核内虚域, 记为 U_{vc} 。

定义 4 设 Vague 点 u 的 Vague 值为 $[t_V(u), 1 - f_V(u)]$ 。相对 Vague 区域 U_v , 若 $1 - f_V(u) > 0$, 则称 u 为域内点; 若 $t_V(u) = 0$ 且 $1 - f_V(u) = 0$, 则称 u 为域外点。由域外点组成的区域称为域外区域。根据域外区域相对于 U_v 的拓扑位置关系可将其分为内域外区域和外域外区域。内域外区域亦称为 U_v 的空洞, 记为 H ; 外域外区域记为 R_o 。为便于定性讨论, 本文所研究的 U_v 的空洞均在核 U_k 内。不失一般性, 一个空洞 H 的边缘和核 U_k 间有一个核内虚域, 称为空洞 H 的 Vague 环带, 记为 H_{vc} 。本文将 H 和 H_{vc} 作为一个对象整体, 称为 U_v 的一个 Vague 洞, 记为 H_v 。本文中, H_v 中的 Vague 点 u_i 的 $t_V(u_i)$ 值由洞向核递增, $f_V(u_i)$ 值由洞向核递减。

定义 5 为便于描述, 本文所研究的一个 Vague 区域 U_v 仅有一个连续的核 U_k, U_k 和 U_v 的空间关系是 U_k 在 U_v 内且不内切于 U_v , 即 $NTPP(U_k, U_v)$; U_k 内可含多个 Vague 洞

H_v, H_v 和 U_k 的空间关系为 $NTPP(H_v, U_k)$ 。若 U_v 的 U_k 内无洞, 且其边界 l 具有凸壳性, 本文特称 U_v 为无洞的规则含核 Vague 区域, 简称含核 Vague 区域, 记为 U_{vk} 。本文中, U_{vk} 中的 Vague 点 u 的 $t_V(u)$ 值由区域边缘向中心递增, $f_V(u)$ 值由区域边缘向中心递减。

定义 6 设 Vague 区域 U_{va} 和 U_{vb} 的 Vague 集 V_A 和 V_B 的交集为 $V_A \cap V_B$, 则有

$$\begin{aligned} V_A \cap V_B &= \int_{U_{va}} [t_{VA}(u_i), 1 - f_{VA}(u_i)] / u_i \cap \int_{U_{vb}} [t_{VB}(u_j), \\ &1 - f_{VB}(u_j)] / u_j \\ &= \int_{U_v(A \cap B)} [t_{VA}(u_w) \wedge t_{VB}(u_w), (1 - f_{VA}(u_w)) \wedge \\ &(1 - f_{VB}(u_w))] / u_w \\ &= \int_{U_v(A \cap B)} [t_{V(A \cap B)}(u_w), 1 - f_{V(A \cap B)}(u_w)] / u_w, u_w \\ &\in U_{va} \cap U_{vb} \end{aligned}$$

其中, “ \wedge ” 表示取“最小值”运算。

定义 7 设 V 是一个 Vague 集, $\forall ([t_V(u_i), 1 - f_V(u_i)] / u_i) \in V$, 若 $t_V(u_i) = 0$ 且 $1 - f_V(u_i) = 0$, 则称 V 为 Vague 零集, 记为 $\tilde{0}$; $\forall ([t_V(u_i), 1 - f_V(u_i)] / u_i) \in V$, 若 $t_V(u_i) = 0$ 且 $1 - f_V(u_i) \neq 0$, 则 V 称之为 $\tilde{0}^+$ 集; 若 $0 < t_V(u_i) < 1$ 且 $0 < 1 - f_V(u_i) < 1$, 则 V 称之为 \tilde{N} 集; 若 $0 < t_V(u_i) < 1$ 且 $1 - f_V(u_i) = 1$, 则 V 称之为 \tilde{I}^- 集; 若 $t_V(u_i) = 1$ 且 $1 - f_V(u_i) = 1$, 则 V 称之为 \tilde{I} 集。

定义 8 为了便于分析 Vague 区域关系, 本文将不含任何信息的集合称为空集, 记作 \emptyset 。特别地, 本文将 \emptyset 也看作一个特殊的 Vague 集。

3 含核 Vague 区域和 Vague 洞区域关系

含核 Vague 区域是空间中较为常见的一类模糊区域, Vague 洞区域是 Vague 区域内所包含的一个特殊部分。含核 Vague 区域 U_{vk} 和 Vague 洞区域 H_v 间的空间关系是一类重要的模糊区域关系, 对 U_{vk} 和 H_v 间空间关系的研究有助于分析和处理更为复杂的空间不规则模糊区域关系。根据 U_{vk} 和 H_v 所处的空间平面的异同, 可将 U_{vk} 和 H_v 间的空间关系分为处于同一平面中的区域关系, 即 CPVR-KH 关系, 处于不同平面中的区域关系, 即 DPVR-KH 关系。对于 CPVR-KH 关系, 在另外的文章中进行详细讨论, 限于篇幅, 本文重点分析 U_{vk} 和 H_v 的 DPVR-KH 关系模型。

3.1 DPVR-KH 空间关系

为了处理 DPVR-KH 空间关系, 本节首先给出含核 Vague 区域和 Vague 洞区域划分的概念, 利用含核 Vague 区域和 Vague 洞区域划分, 给出了交集模型和具体的区域关系交集元组表示。

定义 9 设一含核 Vague 区域 U_{vk} , 相对于 U_{vk} , 数据集中的点 u 的 Vague 值为 $V(u) = [t_V(u), 1 - f_V(u)]$ 。由 $t_V(u_i) = 0$ 且 $1 - f_V(u_i) \neq 0$ 的所有 Vague 点组成的区域称为 U_{vk} 的外缘域, 记为 WV_o 域, WV_o 域对应的 Vague 集称为 WV_o 集; 由 $0 < t_V(u_i) < 1$ 且 $0 < 1 - f_V(u_i) < 1$ 的所有 Vague 点组成的区域称为 U_{vk} 的 ZV_c 域, ZV_c 域对应的 Vague 集称为 ZV_c 集; 由 $0 < t_V(u_i) < 1$ 且 $1 - f_V(u_i) = 1$ 的所有 Vague 点组成的区域称为 U_{vk} 的 NV_i 域, NV_i 域对应的 Vague 集称为 NV_i 集; 由 $t_V(u_i) = 1$ 且 $1 - f_V(u_i) = 1$ 的所有 Vague 点组成的区域称为 U_{vk} 的 KV_i 域, KV_i 域对应的 Vague 集称为 KV_i 集; WV_o 域、 ZV_c 域、 NV_i 域和 KV_i 域构成 U_{vk} 的一个

划分, WV_O 域、 ZV_C 域、 NV_I 域和 KV_I 域称为 U_{vk} 的子区域。

定义 10 设一 Vague 洞区域 H_v , 由定义 4 可知, 一个 H_v 由一个空洞 H 和一个核内 Vague 环带 H_{vi} 组成。空洞 H 所对应的 Vague 集记为 O_h ; H_v 中, 由 $t_V(u_i)=0$ 且 $1-f_V(u_i) \neq 0$ 的所有 Vague 点组成的区域称为 H_v 的空洞边缘域, 记为 H_{vo} 域, H_{vo} 域对应的 Vague 集称为 H_{vo} 集; 由 $0 < t_V(u_i) < 1$ 且 $0 < 1-f_V(u_i) < 1$ 的所有 Vague 点组成的区域称为 H_v 的 H_{vk} 域, H_{vk} 域对应的 Vague 集称为 H_{vk} 集; 由 $0 < t_V(u_i) < 1$ 且 $1-f_V(u_i)=1$ 的所有 Vague 点组成的区域称为 H_v 的核内边缘域, 记为 H_{vi} 域, H_{vi} 域对应的 Vague 集称为 H_{vi} 集。空洞 H , H_{vo} 域, H_{vk} 域和 H_{vi} 域构成 H_v 的一个划分。

对于 DPVR-KH 关系, 含核 Vague 区域 U_{vka} 和 Vague 洞区域 H_{vb} 若有公共部分, 则相交的公共部分将为一空间模糊线段 l_v 。由区域划分的概念, l_v 将被 U_{vka} 和 H_{vb} 的子区域分割为更小的部分。设 $U_A^{\alpha}, U_A^{\beta}, U_A^{\gamma}$ 和 U_A^{δ} 分别为含核 Vague 区域 U_{vka} 的 WV_O 域, ZV_C 域, NV_I 域和 KV_I 域对应的 WV_O 集, ZV_C 集, NV_I 集和 KV_I 集; $H_B^{\alpha}, H_B^{\beta}, H_B^{\gamma}$ 和 H_B^{δ} 分别为 Vague 洞区域 H_{vb} 的空洞 H , H_{vo} 域, H_{vk} 域和 H_{vi} 域对应的 O_h 集, H_{vo} 集, H_{vk} 集和 H_{vi} 集, 则可用矩阵 T 来表示不同平面中的含核 Vague 区域 U_{vka} 和 Vague 洞区域 H_{vb} 之间的空间关系 (DPVR-KH 关系)。 T 定义如下:

$$T = \begin{pmatrix} \gamma(U_A^{\alpha} \cap H_B^{\alpha}) & \gamma(U_A^{\beta} \cap H_B^{\alpha}) & \gamma(U_A^{\gamma} \cap H_B^{\alpha}) & \gamma(U_A^{\delta} \cap H_B^{\alpha}) \\ \gamma(U_A^{\alpha} \cap H_B^{\beta}) & \gamma(U_A^{\beta} \cap H_B^{\beta}) & \gamma(U_A^{\gamma} \cap H_B^{\beta}) & \gamma(U_A^{\delta} \cap H_B^{\beta}) \\ \gamma(U_A^{\alpha} \cap H_B^{\gamma}) & \gamma(U_A^{\beta} \cap H_B^{\gamma}) & \gamma(U_A^{\gamma} \cap H_B^{\gamma}) & \gamma(U_A^{\delta} \cap H_B^{\gamma}) \\ \gamma(U_A^{\alpha} \cap H_B^{\delta}) & \gamma(U_A^{\beta} \cap H_B^{\delta}) & \gamma(U_A^{\gamma} \cap H_B^{\delta}) & \gamma(U_A^{\delta} \cap H_B^{\delta}) \end{pmatrix}$$

↓ 简记

$$\begin{pmatrix} T_1' & T_5' & T_9' & T_{13}' \\ T_2' & T_6' & T_{10}' & T_{14}' \\ T_3' & T_7' & T_{11}' & T_{15}' \\ T_4' & T_8' & T_{12}' & T_{16}' \end{pmatrix}$$

T 中, 左上标“ γ ”表示 T 中各项相对应的子区域相交形成的空间模糊线段被分割的连续部分的个数。项 $T_1', T_2', T_3', \dots, T_{16}'$ 分别表示含核 Vague 区域和 Vague 洞区域的子区域关系。若某项为空值, 则表明该项相对应的两个子区域不相交; 若该项非空, 则表明相对应的两个子区域有公共 Vague 点。 T 中各项则为空间线段或空间点的 Vague 集。图 1 基于 Vague 集给出了 42 种含核 Vague 区域和 Vague 洞区域关系交集模型。

3.2 子区域关系组合的蕴涵定理

模糊空间对象间的空间关系的不确定常常来自空间知识的不完备性。有时, 我们仅仅知道含核 Vague 区域和 Vague 洞区域的部分子区域关系, 如何从已知的部分子区域关系推出未知的一定存在的子区域关系, 是一个非常具有实际意义的问题。为了解决子区域关系组合的蕴涵推理问题, 本节给出子区域关系组合的蕴涵定理 (见定理 1) 和蕴涵算法 (见算法 1)。

定理 1 设 n 是关系表中的子区域关系数, R_i 表示关系矩阵 Γ 中的一个子区域关系, $R_1 R_2, \dots, R_i$ 表示一个组合关系, 即子区域关系 R_1, R_2, \dots, R_i 同时成立。若 $R_1 R_2, \dots, R_i \Rightarrow \{R_1', R_2', \dots, R_j'\}, i \leq n-1, j \leq n-i$; 又若 $R_1 R_2 \dots R_i R_{i+1} \Rightarrow \{R_1'', R_2'', \dots, R_k''\}$, 则 $\{R_1', R_2', \dots, R_j'\} \subseteq \{R_1'', R_2'', \dots, R_k''\}$

$\cup \{R_{i+1}\}$ 。

证明: 设“ Γ ”表示关系表中各项非空集的值。假设 $R_1 R_2, \dots, R_{i+1}$ 所推理出的子区域关系不包含 $R_i', R_i' \in \{R_1', R_2', \dots, R_j'\}$, 则 $R_1 R_2, \dots, R_i R_{i+1}$ 中各关系成立时, 对应的值关系为: $\Gamma \Gamma \dots \Gamma \Gamma \rightarrow \emptyset$, 从而有 $\Gamma \Gamma \dots \Gamma \rightarrow \emptyset$, 得出 $R_1 R_2, \dots, R_i \neq R_i'$, 和题设 $R_1 R_2, \dots, R_i \Rightarrow \{R_1', R_2', \dots, R_j'\}$ 相矛盾。故假设不成立。所以 $R_1 R_2, \dots, R_i R_{i+1} \Rightarrow R_i'$, 命题得证。

	T_1'	T_2'	T_3'	T_4'	T_5'	T_6'	T_7'	T_8'	T_9'	T_{10}'	T_{11}'	T_{12}'	T_{13}'	T_{14}'	T_{15}'	T_{16}'
1'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

图 1 DPVR-KH 关系交集模型

推论 设 R_i 表示关系矩阵 Γ 中的一个子区域关系, 组合关系 $R=R_1 R_2, \dots, R_i, R \Rightarrow R', R'=\{R_1', R_2', \dots, R_N'\}$ 。 R_1, R_2, \dots, R_i 的二元组合集为 $RT'=\{RT_1', RT_2', \dots, RT_s'\}, s=i(i-1)/2, RT_j' \Rightarrow \{R_j''\}, j=1, 2, \dots, i(i-1)/2, RT''=\{RT_1' \cup RT_2' \dots \cup RT_m'\}, m=i(i-1)/2$, 则 $RT' \subseteq RT'' \cup \{R_1, R_2, \dots, R_i\}$ 。

根据定理 1 可知一个子区域关系组合所蕴涵的子区域关系集和其包含的子区域关系组合所蕴涵的子区域关系集之间的关系。已知子区域关系组合, 根据算法 1 可求得该子区域关系组合所蕴涵的子区域关系。

算法 1 计算子区域关系组合的蕴涵关系

Input: 关系交集模型表 RT, 已知关系组合集 $\{R\}$

Output: $\{R\}$ 集所蕴涵的关系集 $\{T_i\}$

begin

$P \leftarrow \emptyset, M \leftarrow \emptyset$; // 初始化

$G \leftarrow \{TR_1, \dots, TR_n\}$; // 关系表 RT 中子区域关系集

$P \leftarrow \{R\}$;

for $i=1$ to $|R|$ do

```

M ← G - {[Ri]} ; // {[Ri]} 表示组成 Ri 的子区域关系的集合
for j=1 to |M| do
  for h=1 to |H| do
    if [Rh] = β and Mjh ≠ ∅ then
      // [Rh] = β 表示组成关系组合 Ri 的子区域关系在关系表 h 行对应的项为非空值
      Zi ← Mj ;
      Ti ← M - Zi ;
    return {Ri, Ti} ;
end

```

在研究含核 Vague 区域 Vague 洞区域关系时,若已知部分子区域关系,则可由本节的定理和算法推出所蕴涵的子区域关系,有利于筛选和优化 Vague 区域内大量的 Vague 信息,增强区域关系的预测能力。

4 实例分析

本文第 2 节和第 3 节基于 Vague 集详细分析了 DPVR-KH 关系。本节给出相关的实例模型并对实例模型进行详细分析。

设空间中存在含核 Vague 区域 U_{vkA} , Vague 洞区域 H_{vB} 和 H_{vC} 3 个空间对象。为了表示和分析 U_{vkA} , H_{vB} 和 H_{vC} 及其之间的空间关系,选取具有代表性的空间对象点作为特征点进行检验分析。如图 2 所示,点 1, ..., 50 即为部分特征点。实际应用中,每个特征点的原始数据信息往往是繁杂、模糊、不完备和可变的。经过统计分析后,由原始数据信息可得出各特征点相对于 Vague 区域的 Vague 值信息。本例中,原始数据信息主要是有关该特征点隶属于 U_{vkA} , H_{vB} 和 H_{vC} 等区域的模糊信息。为便于描述,图 3 给出了经统计分析后所得的特征点的 Vague 值数据信息。不失一般性,图 3 中的数据信息在这里主要是针对本例的模拟数据。具体应用中,模拟数据可由实际数据所替换。

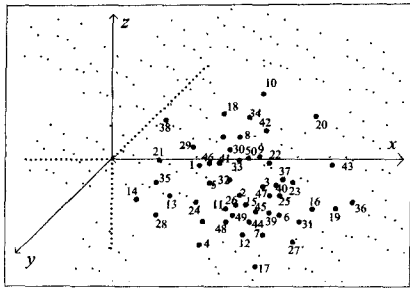


图 2 空间中的部分特征点

根据图 3 中的所有特征点的 Vague 值信息,由第 2 节和第 3 节的分析可知, U_{vkA} 和 H_{vC} 区域关系模型属于 DPVR-KH 关系,其交集模型对应着图 1 的第 3 项,其交集模型 16 元组为 $[00^+0000^+0^+000^+N000^+N0]$ 。有时,获得的数据信息是残缺不全的或不确定的,从而空间区域的子区域关系不能全部被确定,由此空间关系的交集模型的 16 元组往往是残缺的。利用已知的子区域关系由算法 1 和定理 1 及推论则可推知未知的一定成立的子区域关系,由此可将残缺的 16 元组进行补充修正,从而可最大限度地粗略反映空间对象的空间关系。由已知子区域关系推知未知子区域关系,仅仅是粗略性预测和判定。显然,在空间中选取的特征点越多,特

征点的相关有效数据资料越丰富,统计分析出的 Vague 值信息就越可信,得到的近似 Vague 区域和 Vague 区域关系就越精确。

u_i	$V_{vk}(u_i)$	$V_{vb}(u_i)$	$V_{vc}(u_i)$	u_i	$V_{vk}(u_i)$	$V_{vb}(u_i)$	$V_{vc}(u_i)$
1	[0.767,0.881]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	26	[1.000,1.000]	[0.213,0.337]	[0.000,0.000]
2	[0.999,1.000]	[0.901,1.000]	[0.000,0.000]	27	[0.000,0.000]	[0.951,1.000]	[0.000,0.000]
3	[0.454,0.563]	[0.907,1.000]	[0.000,0.000]	28	[0.436,0.551]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]
4	[0.862,0.977]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	29	[0.000,0.027]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]
5	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	[0.756,0.872]	30	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]
6	[0.035,0.102]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	31	[0.000,0.000]	[0.000,0.019]	[0.000,0.000]
7	[0.069,0.170]	[0.811,0.917]	[0.000,0.000]	32	[0.999,1.000]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]
8	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	33	[0.342,0.457]	[0.000,0.000]	[0.011,0.123]
9	[0.000,0.037]	[0.000,0.000]	[0.914,1.000]	34	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]
10	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	[0.835,0.952]	35	[0.449,0.564]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]
11	[1.000,1.000]	[0.904,1.000]	[0.000,0.000]	36	[0.000,0.000]	[0.998,1.000]	[0.000,0.000]
12	[0.359,0.478]	[0.919,1.000]	[0.000,0.000]	37	[0.000,0.003]	[0.984,1.000]	[0.000,0.000]
13	[0.901,1.000]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	38	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]
14	[0.014,0.127]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	39	[0.321,0.446]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]
15	[0.885,0.996]	[0.432,0.544]	[0.000,0.000]	40	[0.127,0.240]	[0.889,0.993]	[0.000,0.000]
16	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	41	[0.513,0.625]	[0.000,0.000]	[0.000,0.089]
17	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	42	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	[0.456,0.574]
18	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	[0.807,0.933]	43	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]
19	[0.000,0.000]	[0.417,0.533]	[0.000,0.000]	44	[0.650,0.763]	[0.398,0.499]	[0.000,0.000]
20	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	45	[0.532,0.644]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]
21	[0.016,0.103]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	46	[0.720,0.834]	[0.000,0.000]	[0.433,0.562]
22	[0.000,0.008]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	47	[0.407,0.519]	[0.244,0.356]	[0.000,0.000]
23	[0.000,0.000]	[0.895,0.999]	[0.000,0.000]	48	[0.973,1.000]	[0.951,1.000]	[0.000,0.000]
24	[1.000,1.000]	[0.000,0.000]	[0.000,0.000]	49	[1.000,1.000]	[0.752,0.866]	[0.000,0.000]
25	[0.125,0.247]	[0.098,0.204]	[0.000,0.000]	50	[0.205,0.317]	[0.000,0.000]	[0.395,0.509]

图 3 特征点的 Vague 值

结束语 现实生活中,模糊点是否隶属于含核 Vague 区域和 Vague 洞区域及其隶属程度往往都是不确定的,含核 Vague 区域、Vague 洞区域及其间的区域关系也由此具有很大的含糊性。如何分析和表示含核 Vague 区域和 Vague 洞区域关系,具有相当重要的意义。已有的研究成果^[1-9]无法处理其模糊点具有未确定的隶属信息的含核 Vague 区域和 Vague 洞区域间的空间关系,没有给出 DPVR-KH 关系交集表示模型。为了弥补已有工作的不足和空白,本文第 2 节和第 3 节基于能表示和分析更复杂的含糊信息的 Vague 集详细分析了 DPVR-KH 关系模型,进一步给出了子区域关系组合的蕴含定理和蕴含算法。本文的研究成果为空间数据库分析和处理不同平面中的含核 Vague 区域和 Vague 洞区域关系建立了交集模型,奠定了理论基础。

未来的研究重点主要集中在以下两方面:

1) 空间关系的查询是空间数据库查询的一个重要方面,研究含核 Vague 区域和 Vague 洞区域关系的查询方法是我们将进一步工作的重点。

2) 将区域伸缩理论^[11]引入 Vague 区域关系的表示和分析中,以增强 Vague 区域关系的表示和推理能力。

参考文献

- [1] 杜世宏,王桥. 不确定性空间关系[J]. 中国图象图形学报,2004, 9(5): 539-546
- [2] Cohn A G, Gots N M. The 'Egg-yolk' Representation of Re-

gions with Indeterminate Boundaries[C]//Proceeding of GIS-DATA Specialist Meeting on Geographic Objects with Indeterminate Boundaries, London; Taylor and Francis, 1996; 171-187

[3] Clementini E, DiFelice P. Approximate Topological Relations[J]. International Journal of Approximate Reasoning, 1997, 16(2); 173-204

[4] 虞强源, 刘大有, 刘亚彬. 一种不确定区域的扩展蛋黄模型[J]. 电子学报, 2004, 32(4); 610-615

[5] Schockaert S, Cornelis C, Cock M D, et al. Fuzzy Spatial Relations Between Vague Regions[C]// 3rd IEEE Conference on Intelligent Systems, Berlin; Springer Verlag, 2006; 221-226

[6] Schockaert S, Cock M D, Cornelis C, et al. Fuzzy Region Connection Calculus; Representing Vague Topological Information[J].

International Journal of Approximate Reasoning, 2008, 48(1); 314-331

[7] 高振记, 邹伦, 杨俭. 基于 RCC 及粗糙模型的模糊地理对象拓扑关系表达[J]. 北京大学学报, 2008, 44(4); 597-603

[8] Egenhofer M, Clementini E, Felice P D. Topological Relations between Regions with Holes[J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1994, 8(2); 129-144

[9] 邓敏, 李志林, 李光强. 简单面目标与带孔洞面目标间拓扑关系的层次表达方法[J]. 测绘学报, 2008, 37(3); 330-337

[10] Gau W L, Buehrer D J. Vague Sets[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics(Part B), 1993, 23(2); 610-614

[11] 刘一松, 詹永照, 孙亚民. 基于区域伸缩的空间关系表示[J]. 计算机科学, 2008, 35(4); 211-215

(上接第 157 页)

持有的证书与之匹配, 若包含 $\{c_1, c_4\} \subseteq C_C$ 或 $\{c_5\} \subseteq C_C$ 或 $\{c_2, c_4\} \subseteq C_C$ 成立, 则协商成功。

Function: Match

Input: LTree T; 表示最小证书集的 ACP-LTree

$C_C[n]$; 服务请求方持有的证书集

Output: True/False

Description:

Boolean Match(LTree T, $C_C[n]$)//依次遍历策略树中的每条根到叶子的路径, 若存在一条路径使得其包含的策略都在请求方所持有的策略集中, 则返回 True, 否则返回 False;

{ Boolean flag=False; //匹配成功的标志;

L=T.firstchild; //从根结点的第一个孩子结点开始遍历;

While(L! =NULL)//所有根到叶子的路径都遍历到, 则循环结束;

{ for (int i=0; i<n; i++)//路径上每个结点都在请求方证书集里找一遍, 找到则循环结束;

{ if (L.label! = $C_C[i]$) flag=False;

else { flag=True;

break; } }

if (flag= =True) L=L.child;

else break;

L=T.nextchild; //考虑下一条根到叶子的路径 }

return flag; }

图 8 证书策略匹配算法

结束语 ATN 的目标是在不同安全域中的陌生实体间建立信任, 从而实现资源共享。而如何提高协商效率, 增加协商成功率, 以及保护敏感信息(策略和证书), 是 ATN 要解决的问题。本文针对访问控制策略可能造成协商失败的情况, 提出了一种对访问控制策略进行逻辑分析的方法, 判断策略的一致性, 并且证明了此法的可靠性、完备性, 避免在不一致的策略上进行协商造成的资源浪费; 同时, 本文根据对访问控制策略的化简, 找到最小证书集, 通过最小证书集的匹配, 达成协商, 避免协商死锁, 提高协商效率与成功率。

参 考 文 献

[1] Blaze M, Feigenbaum J, Lacy J. Decentralized trust management

[C]//Proc. of the 1996 IEEE Symp. on Security and Privacy. Washington; IEEE Computer Society Press, 1996; 1664-173

[2] Li N H, Winsborough W H, Mitchell J C. Distributed credential chain discovery in trust management[C]// Herbert A S, ed. Proc. of the IEEE Symp. on Computing and Communications Security. New York; ACM Press, 2001; 156-165

[3] Li N H, Mitchell J C, Winsborough W H. Design of a role-based trust management framework[C]// Heather H, ed. Proc. of the IEEE Symp. on Security and Privacy. Washington; IEEE Computer Society Press, 2002; 114-130

[4] Winsborough W H, Seamons K E, Jones V E. Automation trust negotiation[C]// DARPA Information Survivability Conf. and Exposition. New York; IEEE Press, 2000; 88-102

[5] Yu T, Winslett M. A Unified Scheme for Resource Protection in Automated Trust Negotiation[C]//Proceedings of IEEE Symposium on Security and Privacy. 2003; 245-257

[6] 李建欣, 怀进鹏, 李先贤. 自动信任协商研究[J]. 软件学报, 2006, 17(1); 124-133

[7] Jin H, Liao Z, Zou D, et al. A New Approach to Hide Policy for Automated Trust Negotiation[C]//Proceeding of 1st International Workshop on Security. LNCS 4266, Springer-Verlag, 2006; 168-178

[8] Liao Zhensong, Jin Hai. A Logic Predicate Automated Trust Negotiation Model[C]//Proceedings of the 2nd International Conference on Communications and Networking in China (ChinaCom 2007). IEEE Press, Aug. 2007

[9] Zou Deqing, Liao Zhensong. A New Approach for Hiding Policy and Checking Policy Consistency [C]// Second International Conference on Information International Conference on Information Security and Assurance (ISA 2008). Busan, Korea; IEEE Computer Society, April 2008; 231-236

[10] Yu T, Winslett M, Seamons K E. Interoperable strategies in automated trust negotiation[C]// Proceedings of the 8th ACM Conference on Computer and Communications Security. ACM Press, 2001; 146-155

[11] Winsborough W H, Li N. Towards practical automated trust negotiation[C]// Proceedings of the 3rd International Workshop on Policies for Distributed Systems and Networks, 2002; 92-103