

文章编号:1671-8860(2005)06-0529-04

文献标志码:A

线与面的空间拓扑关系组合推理

郭庆胜^{1,2} 陈宇箭¹ 刘 浩³

(1 武汉大学资源与环境科学学院,武汉市珞喻路 129 号,430079)
(2 武汉大学教育部地理信息系统重点实验室,武汉市珞喻路 129 号,430079)
(3 湖北省交通规划设计院,武汉市汉阳二桥路 5 号,430051)

摘 要:在原先所提出的空间拓扑关系组合描述的基础上,进一步完善了利用基本空间拓扑关系进行组合推理的方法,并建立了推理表,详细绘制了线与面的所有空间拓扑关系图。
关键词:空间目标;拓扑关系;推理
中图法分类号:P208

Egenhofer 等研究了空间拓扑关系的描述和推理^[1];陈军等在 9-交集的基础上,利用 Voronoi 图进一步描述了 9-交集无法区分的空间拓扑关系^[2];Winter 等分析了在栅格数据与矢量数据中描述空间拓扑关系的差别^[3]。为了与人类的自然语言相协调,Rashid 等分析了线与面的空间拓扑关系在自然语言中所存在的差别和模糊性^[4]。为了更详细地描述空间拓扑关系,提出了基于基本空间拓扑关系组合描述的方法,该方法能较好地描述 2 维空间目标的拓扑关系^[5],但并没有绘制出相应的完整的拓扑关系图。

1 基本空间拓扑关系

面由封闭的曲线组成,线与面的空间关系必定是线与线的空间关系的特例。设以面作为建立空间关系的参考,面的边界无端点,其邻域明确分为内外域,内域等于左邻域,外域等于右邻域,线不会自封闭。

依据参考文献^[5]可知,线的端点与面关系如图 1 所示,图 1(a)中一端点在边界上,另一端点在内域;图 1(b)中一端点在边界上,另一端点在外域;图 1(c)中两端点在边界上;图 1(d)中一端点在内域,另一端点在外域;图 1(e)中两端点都在内域;图 1(f)中两端点都在外域。它们为 { MLA_0 、 MLA_1 、 MLA_2 、 MLA_3 、 MLA_4 、 MLA_5 } 中

的一元素。

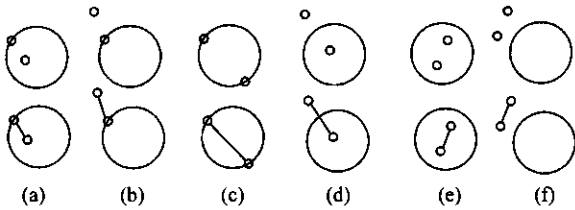


图 1 线的端点与面的关系
Fig. 1 Relations Between Endpoints
of a Line and an Area

直线段之间的关系必定也要进行组合,按照地图上线与面的关系的基本语义可得到 6 种独立含义的基本线状要素的空间拓扑关系:重叠、内相切、外相切、相交、内相离、外相离。内相离和外相离实际上考虑了面的边界。若把面划分为 3 部分——内域、边界和外域,那么,一条线与面的内域、边界和外域就有 $2^3=8$ 种组合,如表 1 所示。从表中的解释可以看出,合并后,可以把一条线与面域的空间拓扑关系理解为 4 种:线只在边界上、线不在外域、线不在内域和线跨越了边界。这样,就可以通过内相离和外相离的组合来描述。

重叠、内相切、外相切、相交、内相离和外相离的含义如下。

- 1) 重叠:直线段有多于一个点相交;
- 2) 内相切:相邻两直线段同时与边界线有相接,并且直线段在内域;
- 3) 外相切:相邻两直线段同时与边界线有相

表 1 一条线与面的内域、边界和外域的组合

Tab. 1 Combination of a Line with the Interior, Boundary and Exterior of an Area

代码	在内域	在边界	在外域	含 义	解释
(1)	1	0	0	线只在内域,不在边界上,不在外域	
(2)	1	0	1	线在内域,不在边界上,在外域	不存在
(3)	1	1	0	线在内域,在边界上,不在外域	和(1)合并
(4)	1	1	1	线在内域,在边界上,在外域	
(5)	0	0	0	线不在内域,不在边界上,不在外域	不存在
(6)	0	0	1	线不在内域,不在边界上,只在外域	
(7)	0	1	0	线不在内域,只在边界上,不在外域	
(8)	0	1	1	线不在内域,在边界上,在外域	和(6)合并

接,并且直线段在外域;

4) 相交:相邻两直线段分别与边界线有相接(或者该两条直线段的中间部分与边界重叠),并且一条直线段在内域,一条直线段在外域;

5) 内相离:直线段在内域;

6) 外相离:直线段在外域。

2 组合推理

设上面所讨论的基本拓扑关系分别为 MLA_6 、 MLA_7 、 MLA_8 、 MLA_9 、 MLA_{10} 、 MLA_{11} ,它们在理论上有 64 种可能组合,组合方式是: $MLAB = \{MLA_6, MLA_7, MLA_8, MLA_9, MLA_{10}, MLA_{11}\}$,各元素的值为 0 或 1。依据不同的组合可以推导出相应的空间拓扑关系,见表 2,该表中对应空间拓扑关系(如代码 28 与图 2

的(28)是对应关系)。表 2 中不同组合方式的解释如下。

① 当 $MLA_{10} = MLA_{11} = 0$ 时,因边界线是封闭的,线只能在边界上,只有 $\{100000\}$ 成立,且只能与 MLA_2 组合,故可忽略 15 种组合,共 1 种关系。

② 当 $MLA_{10} = 0, MLA_{11} = 1$ 时, $MLA_9 = 0$,因为线不可能穿越边界,故可忽略 8 种组合;同时当 $MLA_9 = 0$ 时, $MLA_7 = 0$,因为不可能出现内相切,故可忽略 4 种组合。所以该类型的组合只剩 4 种,且只同 MLA_1 、 MLA_2 、 MLA_5 有关联,共 $4 \times 3 = 12$ 种关系。

③ 当 $MLA_{10} = 1, MLA_{11} = 0$ 时, $MLA_9 = 0$,因为线不可能穿越边界,故可忽略 8 种组合;同时当 $MLA_9 = 0$ 时, $MLA_8 = 0$,因为不可能出现外相切,故可忽略 4 种组合。所以该类型的组合只剩 4 种,且只同 MLA_0 、 MLA_2 、 MLA_4 有关联,共有 $4 \times 3 = 12$ 种关系。

表 2 线与面的拓扑关系组合推理表

Tab. 2 Combinational Reasoning About Topological Relations Between a Line and an Area

重叠	MLA_6	内切	MLA_7	外切	MLA_8	相交	MLA_9	内离	MLA_{10}	外离	MLA_{11}	MLA_0	MLA_1	MLA_2	MLA_3	MLA_4	MLA_5
1		0		0		0		0		0		×	×	1	×	×	×
1		0		0		0		0		1		×	2	3	×	×	4
1		0		1		0		0		1		×	5	6	×	×	7
0		0		0		0		0		1		×	8	9	×	×	10
0		0		1		0		0		1		×	11	12	×	×	13
1		0		0		0		1		0		14	×	15	×	16	×
1		1		0		0		1		0		17	×	18	×	19	×
0		0		0		0		1		0		20	×	21	×	22	×
0		1		0		0		1		0		23	×	24	×	25	×
1		0		0		0		1		1		26	27	28	29	30	31
1		0		0		1		1		1		32	33	34	35	36	37
1		0		1		0		1		1		38	39	40	41	42	43
1		0		1		1		1		1		44	45	46	47	48	49
1		1		0		0		1		1		50	51	52	53	54	55
1		1		0		1		1		1		56	57	58	59	60	61
1		1		1		0		1		1		62	63	64	65	66	67
1		1		1		1		1		1		68	69	70	71	72	73
0		0		0		1		1		1		74	75	76	77	78	79
0		0		1		1		1		1		80	81	82	83	84	85
0		1		0		1		1		1		86	87	88	89	90	91
0		1		1		1		1		1		92	93	94	95	96	97

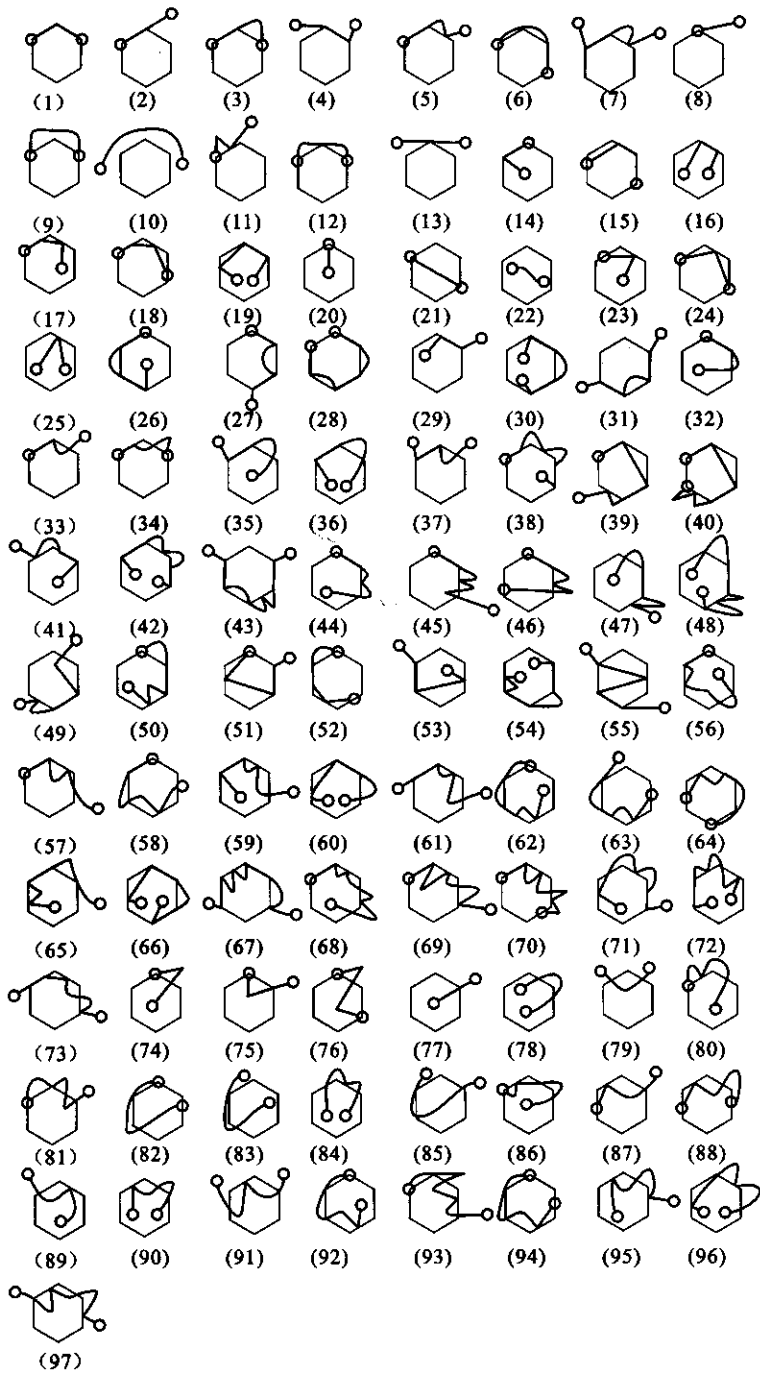


图 2 线与面的空间拓扑关系

Fig. 2 Spatial Topological Relations Between a Line and an Area

④ 当 $MLA_{10}=1, MLA_{11}=1$ 时, $\{000011\}$ 无意义,可忽略。原则上,线必须穿越边界,但是,线与边界的相交也可以如图 2 中包含了重叠的相交情况,因此,若 $MLA_7=MLA_8=1$,则 $MLA_9=1$,或者 $MLA_6=1$,故可忽略 $\{011011\}$ 组合 1 种;若只有内相切和外相切,也无法实现线必须穿越边界,则 $\{001011\}$ 和 $\{010011\}$ 无意义。所以该类型的组合数只有 12,共 $6 \times 12=72$ 种关系。

因此,线与面的空间关系有 97 种,若考虑直线段集合的有序性和基本空间关系组合的任意性,线与面的空间关系就有无穷种。

3 讨 论

本文所采用的方法在拓扑关系的描述上明显比当前国内外所采用的方法更能细分线与面的拓扑关系。从空间抽象的角度来看,只有充分区分空间拓扑关系后,才能进一步描述空间拓扑关系的抽象问题,为多尺度(粒度)数据库和多重表达(multiple representation)的拓扑关系一致性(或

等价性、相似性)评价提供更好的理论基础。

参 考 文 献

1 Egenhofer M J, Sharma J. A Critical Comparison of the 4-intersection and 9-intersection Models for Spatial Relations: Formal Analysis. *Auto-Carto*,1993(11).

2 Chen J, Li L M, Li Z L, et al. A Voronoi-based 9-intersection Model for Spatial Relations. *International Journal of Geographical Information Science*, 2001, 15 (3):201~220

3 Winter S, Frank A U. Topology in Raster and Vector Representation. *GeoInformatica*, 2000, 4(1):35~65

4 Rashid A, Shariff B M, Egenhofer M J, et al. Natural-language Spatial Relations Between Linear and Areal Objects; the Topology and Metric of English-language Terms. *International Journal of Geographical Information Science*, 2000, 12(3):215~245

5 Guo Q S. Combinational Representation of Spatial Relationships on 2D Vector Map. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2000, 29(2):154~161

第一作者简介:郭庆胜,教授,博士,博士生导师。主要从事地图制图综合、地理信息智能化处理与可视化研究。
E-mail:guoqingsheng@ yahoo. com

Combinational Reasoning of Spatial Topological Relations Between a Line and an Area

GUO Qingsheng^{1,2} CHEN Yujian¹ LIU Hao³

(1 School of Resource and Environment Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)
(2 Key Laboratory of GIS, Ministry of Education, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)
(3 Hubei Institute of Traffic Plan and Design, 5 Second Bridge Road, Wuhan 430051, China)

Abstract: On the basis of the combinational representation of spatial topological relations, the paper shows a further-perfected method for combinational reasoning with basic spatial topological relations. In addition, a spatial topological relations reasoning table is given, and a complete diagram about spatial topological relations between a line and an area is listed.

Key words: spatial objects; topological relations; reasoning

About the first author: GUO Qingsheng, professor, Ph.D, Ph.D supervisor, engaged in the research on cartographic generalization, intelligent handling and visualization of geographical information.
E-mail: guoqingsheng@ yahoo. com

(责任编辑: 晓晨)

欢迎订阅 2005 年《地球空间信息科学学报(英文版)》

《地球空间信息科学学报》为我国惟一的英文版测绘专业学术期刊。其宗旨是:立足国内,面向国际,通过发表具有创新性和重大研究价值的测绘理论成果,促进国内外学术交流。本刊内容包括综述和展望、学术论文和研究报告、本领域重大科技新闻等,涉及测绘研究的主要方面,尤其是数字摄影测量与遥感、全球定位系统、地理信息系统及其集成等。收录本刊的数据库包括 CAS、PK 等,读者对象为测绘及相关专业科研人员、教师、研究生等。

本刊为季刊,国内外公开发行。自 2005 年起,本刊改为邮局发行,邮发代号:38-348,国外代号:QR1556。A4 开本,80 面,定价 10 元/册,逢季末月 5 日出版。漏订的读者可与编辑部联系补订。