

GEOGRAPHIC INFORMATION SCIENCE

● 高等学校地图学与地理信息系统系列教材

(第二版)

GIS空间分析 理论与方法

Theories and Methods
of Spatial Analysis in GIS

主编 秦昆



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等学校地图学与地理信息系统系列教材

GIS 空间分析理论与方法

Theories and Methods
of Spatial Analysis in GIS

(第二版)



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

GIS 空间分析理论与方法/秦昆主编. —2 版. —武汉:武汉大学出版社, 2010. 3

高等学校地图学与地理信息系统系列教材

ISBN 978-7-307-07576-4

I. G… II. 秦… III. 地理信息系统—高等学校—教材 IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 006600 号

责任编辑:王金龙 责任校对:刘欣 版式设计:支笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:武汉中远印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:20.75 字数:451千字

版次:2004年10月第1版 2010年3月第2版

2010年3月第2版第1次印刷

ISBN 978-7-307-07576-4/P·168 定价:33.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

空间分析是地理信息系统（GIS）的重要功能，是 GIS 的核心和灵魂。空间分析是 GIS 领域中理论性和技术性都很强的分支。地理信息系统的成功应用依赖于空间分析模型的研究与设计。

空间分析建立在空间数据的有效管理之上，空间分析的研究严重滞后于空间数据结构、空间数据库、地图数字化等技术。在地理信息系统领域，关于图形自动绘制、空间数据结构和数据库的研究论文、学术专著很多，标志着这些分支的发展与成熟。在 21 世纪之前，有关空间分析的书籍很少。进入 21 世纪以后，相关学者逐步开始重视空间分析的相关研究，先后出版了十多本空间分析方面的书籍。我们于 2004 年出版了教材《GIS 空间分析理论与方法》，将其作为武汉大学遥感信息工程学院遥感科学与技术本科专业的本科教材，已经使用了五年。在这五年的教学实践中，我们不断地查阅文献，并结合相关课题的研究，及时将相关内容吸收到教学中。2004 年出版的该教材现在已远远不能满足教学需要，于是决定对教材进行改编，拟出版第二版。武汉大学遥感科学与技术本科专业将“空间分析”（后来更名为“空间分析与应用”）作为一门专业必修课，由秦昆主讲，并担任该课程小组的负责人。经过商讨，决定由秦昆担任第二版的主编，由张成才、余洁担任副主编，舒红、陈江平、余长慧、唐雪华、孙喜梅担任编委，共同完成第二版的改编工作。

如何组织空间分析的相关内容是我们反复思考的问题，通过多年的教学实践和相关研究，我们逐步总结出自己的体系，即从空间分析的理论、方法和应用三个方面分别介绍空间分析的相关内容。空间分析是 GIS 领域的理论性、技术性和应用性都很强的分支，空间分析的理论包括空间关系理论、空间认知理论、空间推理理论、空间数据分析的不确定性理论等。对于空间数据的空间分析方法，我们从数据类型的角度将其划分为栅格数据的空间分析方法、矢量数据的空间分析方法、三维数据的空间分析方法以及属性数据的空间统计分析方法四个方面。如何设计高效率的空间分析过程是十分有利于空间问题的解决的，针对这个问题，我们介绍了空间决策支持的理论和方法。空间决策支持是基于知识和模型为空间决策服务，是智能空间分析的发展目标。空间分析的应用领域很广，在水利、卫生、城市管理、地震灾害、矿产资源、交通、电力、环保等领域都有很好的应用潜力。随着空间分析理论和方法的发展，一些比较成熟的空间分析软件或空间分析模块已相继开发出来，为空间分析的应用提供了有力的工具。

全书共分为 10 章。第 1 章为绪论，介绍空间分析的基本概念、空间分析的研究内

容、空间分析的研究进展、空间分析与 GIS 的关系、空间分析与应用模型的关系等，由秦昆、张成才、余洁共同完成。第 2 章为理论篇，介绍空间分析的基本理论，包括空间关系理论、空间认知理论、空间推理理论、空间数据的不确定性分析理论等，主要由秦昆完成，其中的空间关系部分由唐雪华与舒红完成。第 3 章介绍空间分析的数据模型。空间分析是对空间数据的分析，空间数据模型是空间数据分析的基础，本章紧密结合空间分析的需要，详细介绍了空间分析的各种常用数据模型，由张成才和孙喜梅完成。第 4 章介绍栅格数据的空间分析方法，详细介绍栅格数据的各种空间分析方法，并介绍基于 ArcGIS 的栅格数据空间分析方法，由秦昆完成。第 5 章介绍矢量数据的空间分析方法，详细介绍矢量数据的各种空间分析方法，并介绍基于 ArcGIS 的矢量数据的空间分析方法，由余长慧完成。第 6 章介绍三维数据的空间分析方法，详细介绍三维数据的各种空间分析方法，并介绍基于 ArcGIS 的三维数据的空间分析方法，由唐雪华完成。第 7 章介绍空间数据的统计分析方法，详细介绍空间数据的各种地统计分析方法，并介绍基于 ArcGIS 的地统计分析方法，由舒红、陈江平和秦昆完成。第 8 章介绍空间决策支持，空间决策支持是空间数据分析的最终目的，也是智能 GIS 的主要趋势，由秦昆完成。第 9 章介绍空间分析在相关领域的应用，包括在洪水灾害评估中的应用、在城市规划与管理中的应用、在地震灾害与损失估计中的应用、在水污染防治规划中的应用、在矿产资源评价中的应用、在输电网 GIS 中的应用等，由余洁、张成才、余长慧、唐雪华、秦昆等人完成。第 10 章介绍空间分析的软件和二次开发方法，由秦昆、陈江平、舒红完成。最后，全书由秦昆统稿和定稿。

本书的出版得到了国家重点基础研究发展计划 973 项目（2006CB701305）的支持，以及武汉大学校级精品课程重点建设项目（200413）的支持。

本书在第一版的基础上，根据作者们多年来的教学实践和相关课题的研究，对第一版的内容进行了丰富和补充。感谢卢艳在第一版的编写过程中的辛苦工作；感谢孟令奎教授、李建松教授对空间分析课程的支持和帮助；感谢研究生吴芳芳、刘乐、刘瑶、刘文涛等所做的文字和图形整理工作；感谢空间分析研究的前辈所做的贡献；感谢本书撰写过程中所参考的文献的作者，引用过程中如有疏漏在此表示抱歉。

由于作者学识疏浅，书中错误之处在所难免，欢迎批评指正，作者联系方式：qinkun163@163.com。

秦 昆

2009 年 11 月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 空间分析的概念	1
1.2 空间分析的研究内容	2
1.3 空间分析的研究进展	3
1.4 空间分析与地理信息系统	6
1.4.1 空间分析是 GIS 的核心	6
1.4.2 空间分析是 GIS 的核心功能	6
1.4.3 空间分析的理论性和技术性	8
1.5 空间分析与应用模型	9
思考题	10
参考文献	10
第2章 GIS 空间分析的基本理论	13
2.1 空间分析的理论基础	13
2.2 空间关系理论	13
2.2.1 空间关系的类型	14
2.2.2 空间关系描述	20
2.2.3 时空空间关系	36
2.2.4 空间关系理论的应用	37
2.3 地理空间认知	37
2.3.1 地理空间认知的概念	37
2.3.2 地理空间认知的研究内容	38
2.4 地理空间推理	43
2.4.1 地理空间推理的概念	43
2.4.2 地理空间推理的特点	44
2.4.3 地理空间推理的研究内容	45
2.5 空间数据的不确定性分析	46
2.5.1 不确定性	46
2.5.2 空间分析的不确定性	47

2.5.3	空间分析方法的不确定性	48
2.5.4	空间数据不确定性分析的数学基础	50
	思考题	55
	参考文献	56
第3章	GIS 空间分析的数据模型	60
3.1	空间数据	60
3.2	空间数据的表示	61
3.2.1	栅格数据模型表示	62
3.2.2	矢量数据模型表示	64
3.3	空间数据模型	65
3.3.1	数据模型与数据结构	65
3.3.2	空间数据模型的概念	65
3.3.3	空间数据模型的类型	66
3.4	场模型	67
3.4.1	场模型的数学表示	67
3.4.2	场模型的特征	67
3.5	要素模型	70
3.5.1	欧氏空间的地物要素	70
3.5.2	要素模型的基本概念	71
3.5.3	基于要素模型的空间对象	72
3.5.4	基于要素的空间关系	74
3.6	网络结构模型	75
3.6.1	网络空间	75
3.6.2	网络模型概述	76
3.6.3	网络的组成要素	77
3.6.4	常用的网络模型	78
3.7	时空数据模型	80
3.7.1	概述	80
3.7.2	TGIS 的研究思路	81
3.7.3	时空数据模型设计的原则	81
3.7.4	时空概念模型设计	82
3.7.5	时空数据模型的主要类型	83
3.8	三维空间数据模型	84
3.8.1	三维 GIS 的功能	85
3.8.2	三维空间数据模型的类型	85

3.8.3	三维空间数据的显示	90
3.9	常见 GIS 软件的空间数据模型	91
3.9.1	ARC/INFO 的数据模型	91
3.9.2	ArcGIS 的数据模型	91
3.9.3	ArcView 的数据模型	92
3.9.4	GeoMedia 的数据模型	92
3.9.5	GeoStar 的数据模型	93
3.9.6	MapInfo 的数据模型	93
思考题		93
参考文献		94
第 4 章	栅格数据的空间分析方法	97
4.1	栅格数据	97
4.1.1	栅格数据集的组成	97
4.1.2	单元 (cell)	98
4.1.3	行 (rows) 与列 (columns)	98
4.1.4	值 (value)	98
4.1.5	空值 (no data)	99
4.1.6	分类区 (zones)	99
4.1.7	关联表	99
4.1.8	坐标空间和栅格数据集	100
4.1.9	在栅格数据集上表示要素	101
4.2	栅格数据的聚类、聚合分析	103
4.2.1	聚类分析	103
4.2.2	聚合分析	105
4.3	栅格数据的信息复合分析	106
4.3.1	视觉信息复合	106
4.3.2	叠加分类模型	107
4.4	栅格数据的追踪分析	110
4.5	栅格数据的窗口分析	111
4.5.1	分析窗口的类型	111
4.5.2	窗口内统计分析的类型	112
4.6	栅格数据的量算分析	112
4.7	ArcGIS 的栅格数据空间分析工具	112
4.7.1	密度制图分析 (density)	112
4.7.2	距离制图分析 (distance)	114

4.7.3	栅格插值分析(interpolate to raster)	114
4.7.4	栅格数据的统计分析(statistics)	115
4.7.5	重分类分析(reclassify)	116
4.7.6	表面分析(surface analysis)	117
	思考题	117
	参考文献	117
第5章	矢量数据的空间分析方法	119
5.1	矢量数据	119
5.1.1	矢量数据模型	119
5.1.2	几何对象	119
5.1.3	拓扑关系	120
5.1.4	拓扑数据结构	120
5.1.5	简单对象的组合	122
5.2	矢量数据的包含分析	124
5.3	矢量数据的缓冲区分析	125
5.3.1	点状要素的缓冲区	127
5.3.2	线状要素的缓冲区	127
5.3.3	面状要素的缓冲区	128
5.3.4	特殊缓冲区情况	129
5.3.5	动态目标缓冲区	130
5.4	矢量数据的叠置分析	132
5.4.1	点与点的叠置	132
5.4.2	点与线的叠置	132
5.4.3	点与多边形的叠置	133
5.4.4	线与线的叠置	133
5.4.5	线与多边形的叠置	134
5.4.6	多边形与多边形的叠置	135
5.5	矢量数据的网络分析	136
5.5.1	网络分析的基本方法	136
5.5.2	最短路径基本概念	137
5.5.3	最短路径求解方法	138
5.5.4	次最短路径求解算法	143
5.5.5	最佳路径算法	144
5.6	ArcGIS的矢量数据空间分析工具	146
5.6.1	ArcGIS的缓冲区分析	146

5.6.2	ArcGIS 的叠置分析	147
5.6.3	ArcGIS 的网络分析	148
	思考题	149
	参考文献	149
第 6 章	三维数据的空间分析方法	151
6.1	三维地形模型	151
6.1.1	数字地面模型 (DTM)	151
6.1.2	数字高程模型 (DEM)	152
6.1.3	DEM 的表示方法	152
6.1.4	DEM 在地图制图学与地学分析中的应用	155
6.2	三维可视化	157
6.3	三维空间查询	158
6.4	三维空间特征量算	160
6.4.1	表面积计算	160
6.4.2	体积计算	161
6.5	地形分析	163
6.5.1	坡度和坡向计算	163
6.5.2	剖面分析	166
6.5.3	谷脊特征分析	167
6.5.4	水文分析	168
6.5.5	可视性分析	169
6.6	三维缓冲区分析	173
6.7	三维叠置分析	174
6.8	阴影分析	175
6.9	水淹分析	177
6.9.1	给定洪水水位的淹没分析	177
6.9.2	给定洪量的淹没分析	179
6.9.3	洪水淹没的三维显示	179
6.10	ArcGIS 的三维数据空间分析工具	180
6.10.1	表面模型的创建	181
6.10.2	数据转换	184
6.10.3	表面分析	185
	思考题	187
	参考文献	188

第7章 空间数据的统计分析方法	190
7.1 GIS 属性数据	190
7.2 一般统计分析	190
7.3 地统计分析概述	193
7.4 空间点模式分析方法	194
7.4.1 空间点模式的概念与空间分析方法	194
7.4.2 基于密度的分析方法	194
7.4.3 基于距离的方法	197
7.5 格网或面状数据空间统计分析方法	203
7.5.1 空间接近性与空间权重矩阵	203
7.5.2 面状数据的趋势分析	204
7.5.3 空间自相关分析	205
7.6 空间变异函数	208
7.6.1 区域化变量的定义和平稳性假设	208
7.6.2 变异函数的定义和非负定性条件	210
7.6.3 变异函数模型拟合及其评价	212
7.6.4 理论变异函数模型	214
7.7 克里金估计方法	215
7.7.1 普通克里金估计	216
7.7.2 泛克里金估计	218
7.7.3 协同克里金估计	220
7.7.4 指示克里金估计	222
7.7.5 估计评价和采样设计	224
7.7.6 克里金估计的优缺点	225
7.8 探索性空间数据分析方法	225
7.8.1 探索性数据分析概述	225
7.8.2 探索性数据分析的基本方法	226
7.8.3 探索性空间数据分析	228
7.9 地统计分析研究展望	231
7.10 ArcGIS 的地统计分析工具	232
思考题	233
参考文献	234
第8章 空间决策支持	236
8.1 空间分析与空间决策支持	236
8.1.1 一般空间分析	237

8.1.2	空间决策支持	240
8.1.3	智能空间决策支持	241
8.2	空间决策支持系统	243
8.2.1	空间决策过程的复杂性	243
8.2.2	空间决策支持系统的分类	246
8.2.3	空间决策支持系统的一般构建方法	247
8.2.4	空间决策支持系统的功能	250
8.3	空间决策支持的相关技术	252
8.3.1	决策支持系统技术	252
8.3.2	专家系统技术	252
8.3.3	空间知识的表达与处理	254
8.3.4	空间数据仓库	267
8.3.5	空间数据挖掘与知识发现	270
	思考题	279
	参考文献	279
第9章	空间分析的应用	284
9.1	空间分析与空间建模	284
9.1.1	从空间分析到空间建模	284
9.1.2	空间建模的方法	284
9.1.3	空间建模的步骤	285
9.2	空间分析在洪水灾害评估中的应用	286
9.2.1	数据库和评估模型的建立	287
9.2.2	洪灾评估系统中空间分析的特点	288
9.2.3	空间分析在荆江分滞洪区洪水计算中的应用	288
9.2.4	空间分析在黄河东平湖蓄滞洪区洪水计算中的应用	289
9.3	空间分析在水污染监测中的应用	291
9.4	空间分析在地震灾害和损失估计中的应用	293
9.5	空间分析在城市规划与管理中的应用	295
9.5.1	城市规划空间分析的意义	295
9.5.2	城市规划的空间分析方法	296
9.6	空间分析在矿产资源评价中的应用	297
9.7	空间分析在输电网 GIS 中的应用	298
	思考题	300
	参考文献	300

第 10 章 空间分析软件与二次开发	303
10.1 ArcGIS 的空间分析功能	303
10.2 Geoda 的空间分析功能	306
10.3 R 语言的空间分析功能	308
10.4 空间分析功能的二次开发	309
思考题	319
参考文献	319

第1章 绪 论

1.1 空间分析的概念

空间分析是地学领域的重要概念，是GIS的核心功能，关于空间分析的定义目前还不统一，比较典型的有以下几种：空间分析是对数据的空间信息、属性信息或者二者共同信息的统计描述或说明（Goodchild, 1987）。空间分析是基于地理对象布局的地理数据分析技术（Haining, 1990）。空间分析是对于地理空间现象的定量研究，其常规能力是操纵空间数据使之成为不同的形式，并且提取其潜在的信息（Baily, 1995; Openshaw, 1997）。空间分析是基于地理对象的位置和形态特征的空间数据分析技术，其目的在于提取和传输空间信息（郭仁忠, 1997）。GIS空间分析是从一个或多个空间数据图层获取信息的过程。空间分析是集空间数据分析和空间模拟于一体的技术，通过地理计算和空间表达挖掘潜在空间信息，以解决实际问题（刘湘南等, 2008）。

空间分析的本质特征包括：①探测空间数据中的模式；②研究空间数据间的关系并建立相应的空间数据模型；③提高适合于所有观察模式处理过程的理解；④改进发生地理空间事件的预测能力和控制能力（刘湘南等, 2008）。

空间目标是空间分析的具体研究对象。空间目标具有空间位置、分布、形态、空间关系（距离、方位、拓扑、相关场）等基本特征。其中，空间关系是指地理实体之间存在的与空间特性有关的关系，是数据组织、查询、分析和推理的基础。不同类型的空间目标具有不同的形态结构描述，对形态结构的分析称为形态分析。例如，可以将地理空间目标划分为点、线、面和体四大类要素，面具有面积、周长、形状等形态结构，线具有长度、方向等形态结构。考虑到空间目标兼有几何数据和属性数据的描述；因此必须联合几何数据和属性数据进行分析（刘湘南等, 2008）。不同的空间数据类型具有各具特色的空间分析方法，GIS空间数据可以划分为矢量数据、栅格数据、三维数据、属性数据等数据类型，相应地，有矢量数据空间分析方法、栅格数据空间分析方法、三维数据空间分析和属性数据空间分析方法等（张成才等, 2004）。

空间分析的根本目标是建立有效的空间数据模型来表达地理实体的时空特性，发展面向应用的时空分析模拟方法，以数字方式动态地、全局地描述地理实体和地理现象的空间分布关系，从而反映地理实体的内在规律和变化趋势，GIS空间分析是对GIS空间数据的一种增值操作（刘湘南等, 2008）。

1.2 空间分析的研究内容

空间分析是 GIS 的主要功能，是 GIS 的核心和灵魂。在 GIS 的早期发展阶段，人们的注意力多集中于空间数据结构及计算机制图方面，空间分析的问题尚不突出。但是，随着 GIS 的发展，对 GIS 空间数据结构的研究已相对成熟，计算机制图也早已达到了实用化水平，实用的 GIS 软件以及实际的 GIS 系统已有许多成功的实例，因此 GIS 的空间分析功能就逐渐成为人们关注的焦点，GIS 的发展已经从数据库型 GIS 进入分析型 GIS 阶段（郭仁忠，2001）。

目前已有大批空间分析的著作、研究报告和教材，如 Unwin 的《空间分析入门》（Unwin, 1981）、Ripley 的《空间统计学》（Ripley, 1981）、Haining 的《社会与环境科学中的科学数据分析》（Haining, 1990）、Goodchild 等人的《GIS 环境下的空间分析》（Goodchild, 1994）、郭仁忠的《空间分析》（郭仁忠, 1997; 2001）、张成才等人的《GIS 空间分析理论与方法》（张成才等, 2004）、刘湘南等人的《GIS 空间分析原理与方法》（刘湘南等, 2005; 2008）、Michael（2006）等人的《地理空间分析——原理、技术与软件工具》（Michael et al, 2009）、朱长青和史文中的《空间分析建模与原理》（朱长青, 史文中, 2006）、汤国安和杨昕的《ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程》（汤国安, 杨昕, 2006）、黎夏和刘凯的《GIS 与空间分析——原理与方法》（黎夏, 刘凯, 2006）、王远飞和何洪林的《空间数据分析方法》（王远飞, 何洪林, 2007）、张治国等人的《生态学空间分析原理与技术》（张治国, 2007）等。这些关于空间分析的书籍内容迥异，从不同的方面介绍了空间分析的相关内容。学术界对空间分析的内涵和外延还没有作出广泛接受的界定。

空间分析是 GIS 领域理论性、技术性和应用性都很强的分支。空间分析作为 GIS 的核心内容，是 GIS 区别于一般信息系统的主要功能特征，一些学者甚至提出空间分析可以作为一门单独的学科来对待，可见必须研究空间分析的理论基础。空间分析的理论应该是空间分析的重要研究内容。空间分析的技术性很强，有一系列具体的空间分析方法，空间分析方法应该是空间分析的重要研究内容。随着空间分析理论与方法的发展，空间分析在很多领域都得到了很好的应用，如卫生健康领域、水利领域、城市管理、地质灾害、地震灾害、交通领域、电力领域、环保领域等。研究如何利用空间分析的理论和方法解决这些相关领域的具体问题是空间分析的重要研究内容。因此，空间分析的研究内容应该从理论、方法和应用三方面展开。本书作者将空间分析的研究内容总结为：空间分析的理论研究、空间分析的方法研究和空间分析的应用研究三大部分。

空间分析的理论研究部分主要包括空间关系理论、空间认知理论、空间推理理论、空间数据的不确定性分析理论等。空间关系理论研究空间关系的语义问题、空间关系的描述、空间关系的表达、基于空间关系的分析等。空间认知是指人们对物理空间或心理空间三维物体的大小、形状、方位和距离的信息加工过程（赵金萍等，2006）。地理空

间认知 (geospatial cognition) 是指在日常生活中, 人类如何逐步理解地理空间, 进行地理分析和决策, 包括地理信息的知觉、编码、存储以及解码等一系列心理过程 (Lloyd, 1997; 王晓明等, 2005)。地理空间认知是认知科学与地理科学的学科交叉, 主要研究内容包括地理知觉、地理表象、地理概念化、地理知识的心理表征和地理空间推理, 涉及地理知识的获取、存储与使用等。空间推理是指利用空间理论和人工智能技术对空间对象进行建模、描述和表示, 并据此对空间对象间的空间关系进行定性或定量分析和处理的过程 (刘亚彬, 刘大有, 2000)。目前, 空间推理被广泛应用于地理信息系统、机器人导航、高级视觉、自然语言理解、工程设计和物理位置的常识推理等方面, 并且正在不断向其他领域渗透, 其内涵非常广泛。空间推理的主要研究内容包括利用概率推理、贝叶斯推理、可信度推理、证据推理、模糊推理、案例推理等推理方法对空间对象进行建模、描述和表示, 涉及时空推理、空间关系推理等。GIS 空间分析过程中涉及很多不确定性问题, 需要利用概率理论、模糊理论、粗糙集理论、云模型理论等理论和研究方法研究和解决 GIS 空间分析过程中的不确定性问题 (承继成等, 2004; 史文中, 2005)。

在空间分析的方法部分, 考虑到不同的空间数据类型具有不同的空间分析模式和方法, 分别包括栅格数据的空间分析方法、矢量数据的空间分析方法、三维数据的空间分析方法、属性数据的空间统计方法等。其中, 栅格数据的空间分析方法包括栅格数据的聚类聚合分析、信息复合分析、追踪分析、窗口分析等; 矢量数据的空间分析方法包括包含分析、缓冲区分析、叠置分析、网络分析等; 三维数据的空间分析方法包括表面积计算、体积计算、坡度计算、坡向计算、剖面分析、可视性分析、谷脊特征分析、水文分析等; 属性数据的空间统计方法包括空间自相关分析、空间局部估计、空间插值、探索性空间分析等。

在空间分析的应用部分, 主要包括空间决策支持、空间分析的应用领域以及空间分析软件和二次开发等内容。空间决策支持是将各种空间分析方法和手段组合在一起, 构建一个有效的决策支持系统, 从而解决具体应用问题的智能化方法。空间分析的领域已经渗透到水利、城市规划与管理、地质灾害、地震灾害、交通、电力、卫生健康、环保等诸多领域, 如何针对这些领域的具体应用问题, 充分发挥 GIS 空间分析的作用是非常重要的研究课题。有效地利用各种比较成熟的 GIS 空间分析软件, 并结合用户的特殊需求进行空间分析的二次开发是实现各种应用问题的空间分析与决策的有效手段。

1.3 空间分析的研究进展

空间分析在地理学研究中具有悠久的传统与历史。从某种意义上说, 空间分析孕育了地理学。在古代, 人类出于生存和发展的需要, 要学会分析周围地理事物的空间关系, 因而始终在进行着各种类型的空间分析 (刘湘南等, 2008)。作为地理学第二语言的地图出现以后, 人们就开始自觉或不自觉地进行各种类型的空间分析, 如在地图上量测地理要素之间的距离、方位、面积, 乃至利用地图进行战术研究和战略决策等 (郭

仁忠, 2001)。

空间分析的早期应用中的一个最具有代表性的例子是琼·斯诺博士利用空间叠置分析的方法找到了霍乱病患者的发病原因。1854年8月至9月,英国伦敦霍乱病流行,但是政府始终找不到患者的发病原因。后来医生琼·斯诺博士在绘有霍乱流行地区所有道路、房屋、饮用水机井等内容的1:6500的城区地图上,标出了每个霍乱病死者的居住位置,从而得到了霍乱病死者居住位置的分布图,如图1.1所示。琼·斯诺博士根据这张分布图找出了霍乱病的发病原因:死者饮用了利用布洛多斯托水泵吸水的井水。政府根据琼·斯诺博士的要求拆下了这种水井的泵,禁止使用该水泵吸水,从此以后,新的霍乱病人就没有再出现了。在这个例子中,通过将绘有霍乱病流行地区所有道路、房屋、饮用水机井等内容的城区地图与霍乱病死者位置的信息进行叠置,从而揭示了患者的居住地与饮用水井之间的空间位置关系,揭示了霍乱病的发病原因(郭仁忠, 2001)。

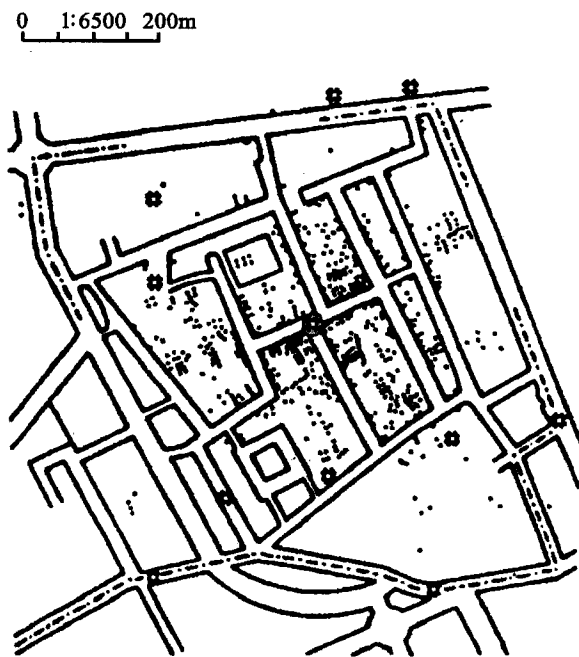


图 1.1 霍乱病死者居住位置分布图

现代“空间分析”概念的提出源于20世纪60年代地理与区域科学的计量革命,目前仍然在发展的计量地理学方法是空间分析的重要内容。计量地理学从数理统计领域移植过来的统计分析方法占主导地位,包括相关分析、回归分析、聚类分析、因子分析等多元统计分析的内容(王远飞,何洪林,2007)。

Tobler于1969年提出了描述地理现象空间相互作用的“地理学第一定律”。Tobler