

当代科学前沿论丛

NEW FRONTIERS OF SCIENCES

GIS 环境下的空间分析 和地学视觉化

江 斌 黄 波 陆 锋

JIANG BIN HUANG BO LU FENG

SPATIAL ANALYSIS AND
GEOVISUALIZATION IN GIS



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

当代科学前沿论丛

GIS 环境下的空间分析 和地学视觉化

江 斌 黄 波 陆 锋

高等教育出版社

内容简介

本书围绕地理信息系统中空间分析和地学视觉化,融入了作者多年的研究成果,较系统介绍了空间句法的理论、方法、分析工具、应用和扩展模型;探讨了城市网络的分析和建模方法,并发展了基于特征的城市交通网络数据建模方法;介绍了多个体模拟系统及其在空间分析和地学视觉化的应用;讨论了地学视觉化的定义、模型、主要技术要素和应用;介绍了在因特网上实现地学视觉化的技术方法;探讨 GIS、虚拟现实和因特网的集成及其在空间数据探索中的应用和针对虚拟世界的赛柏地图。

本书可用作地理信息科学、地图学、计算机科学、城市和建筑学专业科研人员及大学生、研究生参考读物或教材。

图书在版编目(CIP)数据

GIS 环境下的空间分析和地学视觉化/江斌,黄波,陆锋. —北京:高等教育出版社,2002.5

ISBN 7-04-010646-9

I. G… II. ①江…②黄…③陆… III. 地理信息系统 IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 098429 号

GIS 环境下的空间分析和地学视觉化
江斌 黄波 陆锋

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号
邮政编码 100009
传 真 010-64014048

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京外文印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 16.5
字 数 220 000
插 页 5

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

版 次 2002 年 5 月第 1 版
印 次 2002 年 5 月第 1 次印刷
定 价 36.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

《当代科学前沿论丛》专家委员会

(按姓氏笔画为序)

(国内部分)

王 夔	冯 端	师昌绪	曲钦岳	朱清时
孙 枢	李三立	李大潜	李国杰	杨芙清
吴建屏	邹承鲁	张尧庭	陈 竺	陈佳洱
陈希孺	陈宜瑜	周秀骥	姜伯驹	袁亚湘
钱 易	徐光宪	徐端夫	徐冠华	翟中和
戴立信	戴汝为			

(海外部分)

王中林	文小刚	邓兴旺	田 刚	丛京生
刘 钧	汤 超	许 田	危 岩	严晓海
李 凯	李 明	邱子强	余振苏	范剑青
周午纵	郑元芳	宫 鹏	俞陆平	袁钧瑛
徐希平	程正迪	鄂维南		

1-3/5

出版者的话

人类创造了科学技术，科学技术推动了人类的文明进程。两者的互动影响，今天已达到了前所未有的程度：人类的经济发展和社会进步的需要，为科学技术迅猛的创新，提供了强大的动力；科学技术的发展，在急剧地改变着人类的思维方式、学习方式、工作方式、生活方式、娱乐方式。科学技术已成为强大的社会生产力和巨大的社会资本。现在，每个国家，每个地区，甚至每个单位，都把科技创新、科学技术转化为生产力作为头等大事，抢占科学技术制高点，以此来提高自己的综合实力。

新中国成立 50 多年特别是改革开放 20 多年来，随着经济的蓬勃发展，科学技术得到了长足的进步，两弹一星、载人飞船、生物工程、信息技术等正在大步追赶国际先进水平。科学技术转化成的强大生产力，对国民经济发展和社会进步、对增强综合国力产生了重大的影响。

改革开放以来，在中国共产党的“科教兴国”方针的鼓舞下，举国上下，尊重科技，学习科技，普及科技，创新科技，应用科技，发展科技，已蔚然成风。科技结硕果、神州尽彩虹的绚丽画面，正在展示于世人面前。自 16 世纪中叶中国科学技术失去世界领先地位后所形成的中西科学技术的差距，现在正在缩小。重振中华科学技术雄风的序幕已经拉开。

为了能使我国的科学技术水平在不久的将来赶上并达到世界先进水平，我们不仅要自己进行科技创新，也要学习世界上一切国家的先进科学技术；不仅要靠国内的科技工作者发展我国的科学技术，还要借助海外学者特别是华人学者的力量。在这种思想的指导下，我们萌生了组织海外学者编写科技前沿丛书的想法。这一想法在海内外学者中引起了强烈的反响：在他们中，有的出谋献策，有的出资开会，有的撰稿，有的审稿，有的愿把稿酬作为基金，……海内外学者的诚言乐行，极大地感染着我们，鼓舞着我们；这一想法得到了教育部陈至立部长和分管我社的周远清副部长的肯定和支持，这增加了我们开展此项工作的决心和信心。根据各方面意见，经过反复研究，最后将丛书定名为《当代科学前沿论丛》。《论丛》是我们献给祖国母亲的 21 世纪的圣礼，企盼我国能在 21 世纪夺回三四百年前失去的科学技术领先的地位。《论丛》如能在推动我国科学技术进步和“科教兴国”中有所作用，将是我们的最大欣慰。为了

做好本《论丛》的出版工作，我们邀请了国内一些著名科学家和在海外工作的部分优秀学者组成《论丛》的专家委员会，帮助筹划、组织和评议《论丛》的出版。随着学科的发展，专家委员会的成员可能会有所变化。我们向一切关心和支持《论丛》出版工作的人士，表示衷心的感谢。由于缺乏经验，《论丛》出版后，编辑出版方面的不足，在所难免，诚望各方指正。

高等教育出版社

2000年6月

前言

记得那是1999年的春天,当时我还在英国伦敦大学学院高级空间数据研究中心工作,一天通过因特网看到了高等教育出版社征集书稿的计划,于是就准备了一份写作提纲,暂定书名为《地理信息系统:建模和视觉化工具》,没想到不久就收到出版社同意我的写作计划的答复。此后由于工作更换,忙于新的教学任务和研究项目,直到2000年2月才真正着手写作。2000年夏回北京开会,与黄波和陆锋谈起书的事,两位朋友欣然同意赐稿,他们高质量的稿子为我解决了一大难题。现在呈现在读者面前的就是这本合著的GIS专业书,我想与最初的计划相比,计划没变且由于两位合作者的加入内容上更为完美。

全书分成建模和视觉化两大部分,前4章是关于空间分析和建模,后4章是关于地学视觉化,而第五章则体现了两者的有机结合。有必要说明的是,书中每章都是相对独立的,读者可以选择感兴趣的章节,所列文献和文献概要希望给读者一些更进一步的知识。

- 第一章(空间句法的理论与工具,江斌)是有关一套集成到GIS中的空间分析方法,它可以用来进行城市形态结构分析,进而可以预测人在城市中的行为活动等。

- 第二章(空间句法的应用与扩展,江斌)从认知科学的角度分析空间句法的基本原则,列举了我们开展的应用试验,并提出了一些新的扩展模型帮助城市分析和建模。

- 第三章(交通网络路径分析方法,陆锋)是对城市网络的分析和建模方法的探讨,包括最短路径的算法方法的描述、优化,计算的实时化和平行化。

- 第四章(基于特征的城市交通网络数据建模方法,陆锋)针对空间数据结构,提出了一种基于完整交通网络特征的非平面数据模型,发展了在几何网络基础上构造多种模式的逻辑网络的方法。

- 第五章(GIS环境下的多个体模拟,江斌)有一点特殊,即多个体模拟可以看成是空间分析或建模的方法,而另一方面从视觉效果上可认为是地学视觉化,所以本章讨论了多个体模拟的方法原则,列举了我们开展的一些试验工作。

- 第六章(GIS环境下的地学视觉化,江斌)回顾了地学视觉化的兴起与发

展, 讨论了有关地学视觉化的概念化模型和技术要素, 结合我们在城市规划和设计方面的研究, 展望地学视觉化的应用潜力, 分析了今后的研究方向和课题。

- 第七章(因特网上动态环境模型的视觉化, 黄波)在探讨了现有方法局限的基础上, 提出了用 Applet-Servlet 技术在因特网上实现环境模型运算及其视觉化问题, 并结合一个用于水文的模型展示了方法的可行。

- 第八章(GIS、虚拟现实和因特网的集成及其在空间数据探索中的应用, 黄波)详细回顾了虚拟现实和因特网技术与 GIS 的集成问题, 在分析了目前网络 GIS 方法的缺点的基础上, 提出了一种新的混合型的方法, 用来进行因特网环境下的地学分析和视觉化, 并介绍了一个实现的系统。

- 第九章(虚拟世界和赛柏地图, 江斌)是针对虚拟世界的赛柏地图, 回顾了对虚拟世界的认知和理解, 进而讨论传统的地图学设计原则如何应用于赛柏地图, 从视觉化、分析和探究三方面展示赛柏地图在虚拟世界研究中的应用。

以上各章节是在已有的研究报告和论文基础上扩充改写而成的, 为了方便读者, 也对原文合作者和出版者致谢, 这里列出详情: 第一章基于 Jiang B, Claramunt C, Klarqvist B. 2000. An Integration of Space Syntax into GIS for Modelling Urban Spaces. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2, 161 ~ 171; 第二章基于 Jiang B, Claramunt C. 2000. Extending Space Syntax towards an Alternative Model of Space within GIS. Presented at the 3rd AGILE Conference on Geographic Information Science in Helsinki, May 25 - 27; 第三章基于 陆锋. 1999. 基于特征的城市交通网络 GIS 数据组织与处理方法. 中国科学院遥感应用研究所博士论文; 第四章基于 陆锋. 2001. 地理网络数据模型及算法研究. 中国科学院地理科学与资源研究所博士后研究报告; 第五章基于 Jiang B. 2000. Agent-based Approach to Modelling Urban and Environmental Systems within GIS. *Proceedings of 9th International Symposium on Spatial Data Handling*, August 10-12, Beijing, 3b. 17 ~ 29; 第七章基于 Huang B, Worboys M. 2001. Dynamic Modelling and Visualization on the Internet. *Transactions in GIS*, 5, 131 ~ 139; 第八章基于 Huang B, Jiang B, Lin H. 2001. An Integration of GIS, Virtual Reality and the Internet for Visualization, Analysis and Exploration of Spatial Data. *International Journal of Geographical Information Science*, 15 (5), 439 ~ 456; 第九章基于 Jiang B, Ormeling F J. 1997. Cybermap: the Map for Cyberspace. *The Cartographic Journal*, 34, 111 ~ 116; 和 Jiang B, Ormeling F J. 2000. Mapping Cyberspace: Visualising, Exploring and Analysing Virtual Worlds. *The Cartographic Journal*, 37 (2), 117 ~ 122。

本书的完成得到了许多人的合作与帮助,感谢我的合作者黄波博士(国立新加坡大学土木工程系)和陆锋博士(中国科学院地理科学与资源研究所资源与环境信息国家重点实验室)提供的高质量的稿子,陆博士还帮助看了部分章节,南京师范大学的谢文君阅读了部分章节,北京维美科技开发有限公司的江新为我录入部分文稿,他还为我提供文稿编辑的技术帮助,高等教育出版社的李冰祥博士始终如一支持和鼓励我的写作。借此机会我要感谢我的导师,是他们引领我完成学业,接受我成为博士或博士后研究者,他们是武汉大学的胡毓钜教授、中国测绘科学研究院的张清浦教授、荷兰 Utrecht 大学的 Ormeling 教授、荷兰国际航测与地球科学学院的 Kainz 教授、柏林自由大学的 Freitag 教授和伦敦大学学院的 Batty 教授。我更要感谢我现在的同事,是他们让我领会到做研究的乐趣,他们是法国海军研究院的 Claramunt 教授、瑞典 Gävle 大学的 Rystedt 教授。最后我要感谢我太太小松几年来对我研究工作的支持。

江 斌

2001 年 8 月

于瑞典 Gävle 大学

bin.jiang@hig.se

<http://www.hig.se/~bjg/>

责任编辑	李冰祥
封面设计	刘晓翔
责任绘图	尹莉
版式设计	周顺银
责任校对	夏晔
责任印制	陈伟光

ISBN 7-04-010646-9



9 787040 106466 >

目 录

第一章 空间句法的理论与工具	1
1.1 引言	2
1.2 空间句法的原则	3
1.2.1 空间分割	3
1.2.2 形态分析变量	5
1.3 空间句法与 GIS 的集成	7
1.3.1 Axwoman——一套集成在 GIS 中的空间句法分析工具	8
1.3.2 技术实现细节	9
1.3.3 实例研究	13
1.4 用空间句法研究城市系统	14
1.5 结论	16
参考文献	16
附录: Avenue Source Code of Axwoman	18
 第二章 空间句法的应用与扩展	37
2.1 引言	38
2.2 大尺度和小尺度空间概念	39
2.3 建筑的形态分析	41
2.4 博物馆的结构分析	43
2.5 用特征点代替轴线	46
2.6 集成兴趣点到空间句法中	48
2.7 结论	50
主要文献概述	51
参考文献	52
 第三章 交通网络路径分析方法	55
3.1 图的搜索策略	57
3.2 最短路径算法分类体系	59

3.2.1 问题类型	59
3.2.2 网络特征	60
3.2.3 实现技术	61
3.3 交通网络最短路径算法的实现	65
3.3.1 交通网络最短路径问题概述	65
3.3.2 基于四叉堆优先级队列的 Dijkstra 算法	66
3.3.3 基于空间顺序关系的限制搜索区域最短路径算法	73
3.3.4 基于层次空间推理的交通网络最短路径算法	79
3.3.5 基于多阶语义抽象的交通网络最短路径算法	84
3.4 交通网络最短路径算法效率比较	87
3.5 最短路径算法研究发展方向	88
3.5.1 最短路径算法的实时性	88
3.5.2 最短路径算法的并行化	89
主要文献概述	90
参考文献	91
第四章 基于特征的城市交通网络数据建模方法	95
4.1 空间数据模型概念	97
4.1.1 数据模型与数据结构	97
4.1.2 空间数据模型与空间数据结构	98
4.2 空间数据模型的不同层次	99
4.3 基于特征的 GIS 数据模型	102
4.3.1 地理特征的基本概念	104
4.3.2 基于特征的 GIS 概念模型	105
4.3.3 基于特征的 GIS 概念建模方法	107
4.4 面向对象的交通网络数据表达	108
4.4.1 面向对象与数据库技术的结合	109
4.4.2 网络连通性规则	113
4.5 基于特征的交通网络建模基础	114
4.6 基于特征的交通网络非平面数据模型	118
4.7 基于特征的多模式逻辑交通网络	123
4.7.1 几何网络与虚拟网络	123
4.7.2 面向对象的逻辑网络表达	126

主要文献概述	129
参考文献	131
第五章 GIS 环境下的多个体模拟	135
5.1 引言	136
5.2 个体与多个体系统	137
5.3 实用多个体模拟平台及系统	141
5.3.1 SWARM	141
5.3.2 LEGO/LOGO	142
5.3.3 STARLOGO	144
5.3.4 AGENTSHEET1.4	145
5.3.5 TRANSIMS	146
5.3.6 SUGARSCAPE	147
5.4 城市系统中人流及交通流	148
5.5 城市系统中的视区	151
5.6 环境系统中的水域形成和野火蔓延	153
5.7 结论	155
主要文献概述	155
参考文献	156
第六章 GIS 环境下的地学可视化	159
6.1 引言	160
6.2 视觉化的定义及概念化模型	161
6.3 视觉化的主要技术要素	167
6.3.1 多媒体技术	167
6.3.2 虚拟现实技术	169
6.3.3 因特网和万维网技术	170
6.4 虚拟环境下的城市规划和设计	171
6.5 动态、探究和地学计算	176
6.6 结论	177
主要文献概述	178
参考文献	179

第七章 因特网上动态环境模型的视觉化	183
7.1 引言	184
7.2 现有的因特网 GIS 技术	185
7.3 TOPMODEL 的基本概念	187
7.4 因特网上 TOPMODEL 的实现	188
7.5 结论	192
参考文献	193
第八章 GIS、虚拟现实和因特网的集成及其在空间数据探索中的应用 ...	195
8.1 引言	196
8.2 GIS、虚拟现实和因特网的全面集成	197
8.3 客户端方法与服务器端方法相结合的混合式方法	201
8.4 原型实现	203
8.4.1 支撑软件	204
8.4.2 GeoV&A 的结构	204
8.5 GeoV&A 的基本功能与示例	205
8.5.1 三维视觉化	207
8.5.2 三维分析	209
8.5.3 VRML 的交互操作	212
8.6 讨论与结论	213
主要文献概述	215
参考文献	216
第九章 虚拟世界和赛柏地图	219
9.1 引言	220
9.2 虚拟世界的类型及基本认知	221
9.2.1 因特网空间	222
9.2.2 三维虚拟世界	223
9.3 从地理制图到赛柏地图	225
9.3.1 Bertin 视觉变量系统及感知特性	226
9.3.2 以地理图为背景的赛柏地图	227
9.3.3 反映因特网拓扑结构的赛柏地图	230
9.3.4 针对三维虚拟世界的赛柏地图	232



9.4 赛柏地图的分类	233
9.4.1 导航	233
9.4.2 赛柏空间分析	233
9.4.3 提供见解	234
9.5 结论	234
主要文献概述	234
参考文献	235
 索引	 237

CONTENTS

Chapter 1	Space Syntax Theory and Tools	1
1.1	Introduction	2
1.2	The Principle of Space Syntax	3
1.2.1	Spatial partition	3
1.2.2	Morphological parameters	5
1.3	The Integration of Space Syntax and GIS	7
1.3.1	Axwoman: A set of space syntax tools within a GIS	8
1.3.2	Technical details in implementation	9
1.3.3	Case studies	13
1.4	Urban Studies Using Space Syntax	14
1.5	Conclusion	16
	References	16
	Appendix: Avenue Source Code of Axwoman	18
Chapter 2	Extensions and Applications of Space Syntax	37
2.1	Introduction	38
2.2	Concepts of Large- and Small-scale Spaces	39
2.3	Morphological Analysis of Buildings	41
2.4	Structural Analysis of Museum	43
2.5	Point-based Space Syntax	46
2.6	Integrating Attractions into Space Syntax	48
2.7	Conclusion	50
	Further Readings	51
	References	52
Chapter 3	Route Analysis of Traffic Networks	55
3.1	Searching Methods of Graphs	57
3.2	Taxonomy of the Shortest Path Algorithms	59

3.2.1 Problem types	59
3.2.2 Network characteristics	60
3.2.3 Implementation technologies	61
3.3 The Shortest Path Algorithms for Traffic Networks	65
3.3.1 Fundamentals of the shortest path algorithms for traffic networks	65
3.3.2 A Dijkstra algorithm with quad heap priority queues	66
3.3.3 A restricted area algorithm based on spatial ordering relation	73
3.3.4 An algorithm based on hierarchical spatial reasoning	79
3.3.5 An algorithm based on semantic abstraction	84
3.4 Efficiency Comparison between the Shortest Path Algorithms for Traffic Networks	87
3.5 Research Perspective of the Shortest Path Algorithms	88
3.5.1 Real-time shortest path algorithms	88
3.5.2 Parallel shortest path algorithms	89
Further Readings	90
References	91
 Chapter 4 Feature Based Urban Traffic Network Data Modeling	95
4.1 Fundamentals of Spatial Data Models	97
4.1.1 Data models and data structures	97
4.1.2 Spatial data models and spatial data structures	98
4.2 Levels of Spatial Data Models	99
4.3 Feature Based GIS Data Models	102
4.3.1 What geographical features mean	104
4.3.2 A conceptual model of feature based GIS	105
4.3.3 Logical implementation of feature based GIS	107
4.4 Object Oriented Traffic Network Data Representation	108
4.4.1 Combination of object orientation and database technologies	109
4.4.2 Rules for network connectivity	113
4.5 Fundamentals of Feature Based Traffic Network Modeling	114
4.6 A Feature Based Non-planar Traffic Network Data Model	118
4.7 Feature Based Multi-modal Logical Traffic Networks	123
4.7.1 Geometrical networks and virtual networks	123
4.7.2 Object oriented representation of logical networks	126