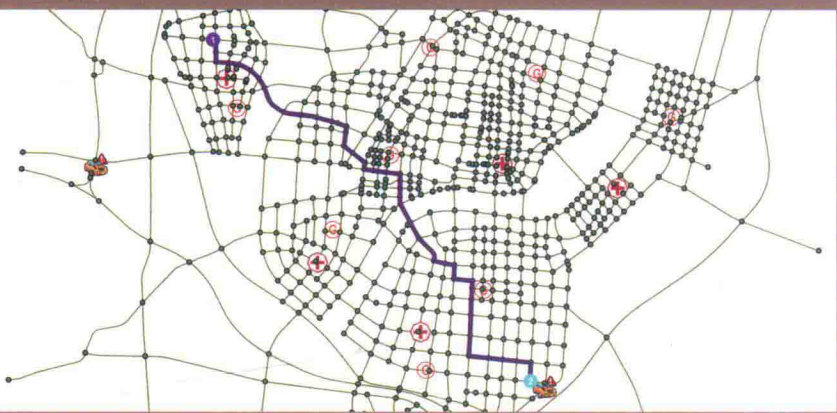




山地城镇建设安全与防灾协同创新专著系列

城乡规划GIS空间分析方法

韩贵锋 孙忠伟 著



科学出版社

山地城镇建设安全与防灾协同创新专著系列

城乡规划 GIS 空间分析方法

韩贵锋 孙忠伟 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

随着信息化技术的快速发展,GIS 已经全面融入城乡规划的全过程之中,成为空间数据管理和分析的平台。本书以 ArcGIS 为分析工具,详细阐述城乡规划主要的空间数据规整过程,重点介绍城乡规划编制阶段常用的地形分析、填挖分析、视域分析、水文分析、最短路径分析、生态敏感性叠加分析、缓冲区分析、矢量叠加分析、交通网络分析和 CityEngine 三维建模的实现过程,数据表达与成果输出方式,简要介绍几种城市遥感信息的提取方法和景观格局的初步应用。

本书适用于城乡规划方法与技术、数字规划、生态规划、数字景观等相关领域的读者阅读,可以供城乡规划、资源环境与城乡规划管理、风景园林等专业本科生和研究生参考,也可以作为城乡规划设计单位规划师的重要参考书和工具书。

图书在版编目(CIP)数据

城乡规划 GIS 空间分析方法/韩贵锋,孙忠伟著. —北京:科学出版社,2018.5
(山地城镇建设安全与防灾协同创新专著系列)

ISBN 978-7-03-053281-7

I. ①城… II. ①韩…②孙… III. ①地理信息系统-应用-城乡规划
IV. ①TU984

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 127403 号

责任编辑:任加林 / 责任校对:陶丽荣

责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京中科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 5 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2018 年 5 月第一次印刷 印张: 22 1/4

字数: 428 000

定价: 92.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈中科〉)

销售部电话 010-62136230 编辑部电话 010-62139281 (BA08)

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

山地城镇建设安全与防灾协同创新专著系列

编委会

主 任 周绪红

副主任 张四平 毛志兵 文安邦 王清勤 刘汉龙

委 员 (按姓氏笔画排序)

卢 峰 申立银 任 宏 刘贵文 杜春兰

李正良 李百战 李英民 李和平 吴艳宏

何 强 陈宁生 单彩杰 胡学斌 高文生

黄世敏 蒋立红

总 序

中国是一个多山国家，山地面积约为 666 万 km^2 ，占陆地国土面积的 69%，山地区域是自然、文化资源的巨大宝库，蕴含着丰富的水力、矿产、森林、生物、旅游等自然资源，也因多民族数千年的聚居繁衍而积淀了灿烂多姿的历史遗迹与文化遗产。

然而，受制于山地地形复杂、灾害频发、生态脆弱的地理环境特点，山地城镇建设挑战多、难度大、成本高，导致山地区域城镇化水平低，经济社会发展滞后，存在资源低效开发、人口流失严重、生态环境恶化、文化遗产衰落等众多经济社会问题。截至 2014 年，我国云南、贵州、西藏、甘肃、新疆等省、自治区的山地城镇化率不足 40%，距离《国家新型城镇化规划（2014—2020）》提出的常住人口城镇化率达到 60% 的发展目标仍有很大差距。因此，采用“开发与保护”并重的方式推进山地城镇建设，促进山地城镇可持续发展，对于推动我国经济结构顺利转型、促进经济社会和谐发展、支撑国家“一带一路”倡议具有不可替代的重要意义。

为解决山地区域城镇化建设的重大需求，2012 年 3 月重庆大学联合中国建筑股份有限公司、中国建筑科学研究院、中国科学院·水利部成都山地灾害与环境研究所等单位共同成立了“山地城镇建设协同创新中心”，针对山地城镇建设面临的安全与防灾关键问题开展人才培养、科技研发、学科建设等创新工作。经过三年的建设，中心围绕“规划—设计—建造—管理”的建筑产业链，大力整合政府、企业、高校、科研院所的优势资源，在山地城镇建设安全与防灾领域汇聚了一流科研团队，建设了高水平综合性示范基地，取得了有重大影响的科研理论与技术成果。迄今为止，中心已在山地城镇生态规划、山地城镇防灾减灾、山地城镇环境安全、山地城镇绿色建造、山地城镇建设管理五大方向取得了一系列重大科研成果，培养和造就了一批高素质建设人才，有力地支撑了山地城镇的重大工程建设，并着力营造出城镇建设主动依靠科技创新、科技创新更加贴近城镇发展需求的良好氛围。

山地城镇建设安全与防灾协同创新专著系列丛书集中展示了山地城镇建设协同创新中心在山地城镇生态规划与文化遗产保护、山地灾害形成理论与减灾关键

技术、山地环境安全理论与可再生能源利用、山地城镇建设管理与可持续发展等领域的最新科研成果，是山地城镇建设领域科技工作者智慧与汗水的结晶。本套丛书的出版，力图服务于山地城镇建设领域科学交流与技术转化，促进该领域高层次的学术传播、科技交流、技术推广与人才培养，努力营造出政产学研高效整合的协同创新氛围，为山地城镇的全面、协调与可持续发展做出新的重大贡献。

中国工程院院士，重庆大学校长

周绪红

2015年12月

前 言

在我国当前的快速城市化进程中，城乡规划的重心也由增量规划逐渐向存量规划过渡，规划实践中更加注重规划管理和城市运营的可持续性。伴随大数据时代的到来，面对海量的数据，如何快捷高效地使用当代信息技术和方法，挖掘有用的信息，揭示城乡地域生态环境和社会经济规律，分析和诊断城市问题，从而编制科学理性的规划成果，使规划过程从感性走向理性、从美学转向科学，是规划师和规划管理人员迫切需要掌握的基本技能。

地理信息技术在 20 世纪 90 年代引入城乡规划领域，经历了多年的实践应用，不乏有成功的应用案例，但是并未有机地融入城乡规划的全过程，往往被视为附属工具，仅在规划前期阶段浅尝辄止的使用。当前出版的相关书籍绝大部分也是面对地学、环境等领域的应用，要么是枯燥的软件操作手册，要么是深奥的数学理论，而将地理信息技术与城乡规划完全融为一体的分析应用类书籍，相对较少。本书正是针对这个现状，尝试从城乡规划编制入手，以城乡规划目标和问题为导向，在规划编制过程中的资料收集规整、城市现状问题的分析和诊断、规划方案推演、情景模拟和预测等多个阶段，详细介绍地理信息系统(geographic information system, GIS)空间分析过程和实践应用。

本书顺应信息时代、网络时代和大数据时代的时代特征及城乡规划学科发展的需求，力图推动城乡规划和风景园林研究的科学性与合理性，为理性规划发展提供强有力的技术保障。针对传统的城乡规划在 GIS 分析和应用方面的不足，本书通过对基本原理的简介和重要操作过程的剖析，让读者理解分析过程和参数设置的现实含义，再通过规划实践案例的应用详解，形成具有可操作性的 GIS 空间分析方法，以便引导和激发读者尝试地理信息技术在城市规划领域中更广泛和深入的应用。

本书主要以 ArcGIS10.0 为空间分析平台，按照“数据收集—规整—分析—解释—应用”的逻辑过程，揭示数据暗含的规律和价值，应用于城乡规划编制过程。本书不是软件操作手册，而是紧密结合城乡规划实践，通过对原理的理解，针对城乡规划的需求入手，对分析结果进行解释，解决规划实际问题，指导在城乡规划编制过程如何应用分析结果。

全书分为五篇，共 18 章。第一篇基础知识包括 GIS 概述、城乡规划与 GIS、规划数据来源与规整。第二篇基于栅格数据的空间分析与应用，主要包括规划区地形分析、填挖方平衡分析、视域分析、规划区水系分析、最短路径选择分析、

生态敏感性叠加分析。第三篇基于矢量数据的空间分析与应用，主要包括缓冲区分析、空间叠加分析、交通网络分析和 CityEngine 三维建模。第四篇讲解数据表达与成果输出，主要包括空间数据的符号化表达、空间数据的三维表达和空间分析成果输出。第五篇简介相关技术及应用，主要包括遥感的基本原理及初步应用、景观格局分析及初步应用。

本书大纲由韩贵锋和孙忠伟讨论拟定，韩贵锋撰写第 1~9 章和第 14~18 章，孙忠伟撰写第 10~13 章。全书的实践操作截图由谢雨丝、蔡智和陈明春三位研究生整理完成。全书由韩贵锋统稿。

本书在写作过程中，得到了重庆大学建筑学部、建筑城规学院，以及山地城镇建设与新技术教育部重点实验室的大力支持。部分实践案例及分析思路来自与杜春兰、闫水玉、邢忠、颜文涛、董世永、赵珂、黄瓴、王正、叶林等老师的长期合作和交流，在此一并感谢。

由于作者水平所限和时间仓促，疏漏之处在所难免，敬请同行和读者批评指正。特别欢迎对本书提出意见和建议，请发电子邮件 gisinup@126.com，以便我们进一步补充和完善。

作者

2017 年 6 月

目 录

第一篇 基础知识

第 1 章 GIS 概述	1
1.1 GIS 的基本构成	1
1.2 GIS 的基本功能	2
1.3 GIS 处理的数据	3
1.4 GIS 的数据模型	3
1.4.1 矢量数据模型	3
1.4.2 栅格数据模型	4
1.4.3 TIN 数据模型	5
1.5 GIS 的空间参照系	5
第 2 章 城乡规划与 GIS	8
2.1 城乡规划空间分析	8
2.2 城乡规划与 GIS	9
2.3 地理设计	12
第 3 章 规划数据来源与规整	14
3.1 规划数据来源	14
3.1.1 AutoCAD 数据	14
3.1.2 具有坐标信息的非空间数据的空间化	31
3.1.3 空间图形数据与统计表格的连接	34
3.1.4 专业部门数据的转换——国土、地质和矿产数据	36
3.1.5 专业部门数据的转换——林业数据	38
3.1.6 专业部门数据的转换——公路交通数据	39
3.1.7 专业部门数据的转换——市政管线数据	41
3.1.8 GPS 数据的导入与转换	42
3.1.9 遥感数据的收集	43
3.1.10 中小比例尺高程数据的收集	44
3.1.11 其他数据的收集	47
3.2 数据输入与规整	47
3.2.1 空间参照系的统一	47

3.2.2	类型合并处理	56
3.3	数据预处理	60
3.3.1	矢量数据与栅格数据之间的相互转换	60
3.3.2	矢量数据的几何特征量	61
3.3.3	现状建筑整理	62
3.3.4	用地指标计算与整理	69
3.3.5	人口密度计算	71
第二篇 基于栅格数据的空间分析与应用		
第 4 章	规划区地形分析	73
4.1	获取高程表面的途径	73
4.1.1	矢量点和线生成 TIN 高程表面	73
4.1.2	利用 TIN 生成栅格高程表面	76
4.1.3	矢量点、线和面通过水文学模型修正后内插得到栅格高程表面	78
4.1.4	矢量点内插成栅格高程表面	79
4.1.5	全球 DEM 数据	81
4.2	坡度	82
4.2.1	坡度提取	83
4.2.2	坡度分级	84
4.2.3	坡度应用	86
4.3	坡向	89
4.3.1	坡向提取	89
4.3.2	坡向应用	90
4.4	山体阴影	90
4.4.1	山体阴影提取	91
4.4.2	山体阴影的应用	92
4.5	相对高差	93
4.5.1	相对高差的计算	93
4.5.2	相对高差的应用	95
4.6	地形剖面线	96
4.6.1	地形剖面线提取	96
4.6.2	地形剖面线的应用	97
4.7	计算表面长度和表面积	97
4.8	山顶点提取	100
4.8.1	山顶点提取	100
4.8.2	山顶点的应用	103

4.9	创建矢量等高线	103
4.9.1	创建矢量等高线	103
4.9.2	创建矢量等高线的应用	104
第 5 章	填挖方平衡分析	106
5.1	简单的填挖方	106
5.2	规划方案的填挖方平衡	107
5.2.1	填挖方的基本原理	107
5.2.2	填挖方的实现	108
5.2.3	填挖方的应用实践	110
5.3	填挖方计算结果对规划方案的反馈	125
第 6 章	视域分析	126
6.1	简单的视线分析	126
6.2	视域分析	127
6.2.1	视域分析的基本原理	127
6.2.2	视域分析的实现过程	128
6.3	视域分析的应用	133
6.3.1	规划区景观视线敏感性评价	133
6.3.2	利用视线分析控制建筑高度	137
第 7 章	规划区水系分析	145
7.1	水文分析的基本过程	145
7.2	水文分析	145
7.2.1	提取水流方向	145
7.2.2	提取洼地与填充洼地	147
7.2.3	计算汇流累积量	149
7.2.4	河流分级	152
7.2.5	提取河网	154
7.2.6	划分集水区	156
7.2.7	提取流域	160
7.2.8	计算水流长度	162
7.3	水文分析的应用	163
7.3.1	水系结构保护	163
7.3.2	潜在的内涝点识别和排水分区划分	164
7.3.3	坑塘系统恢复与水体景观规划选址	166
7.4	高级水文分析软件 (ArcSWAT) 简介	166

第 8 章 最短路径选择分析	168
8.1 基于直线距离的道路可达性	168
8.2 成本距离加权	170
8.2.1 成本	170
8.2.2 成本距离加权	171
8.2.3 距离方向函数	174
8.3 最短路径	174
8.4 最短路径应用分析	176
8.4.1 计算综合成本	176
8.4.2 计算最短路径	181
第 9 章 生态敏感性叠加分析	185
9.1 栅格数据叠加的基本原理	185
9.1.1 栅格数据的叠加	185
9.1.2 栅格数据的函数运算	186
9.2 生态敏感性叠加分析应用	187
9.2.1 单因子敏感性评价与分级	187
9.2.2 单因子的重要性权重	194
9.2.3 带权重的空间叠加	196
9.2.4 消除破碎空间区域	201
9.3 空间管制分区应用	205
9.3.1 单因子评价与分级	205
9.3.2 因子分级赋值	206
9.3.3 单因子的重要性权重	209
9.3.4 带权重的空间叠加	211
第三篇 基于矢量数据的空间分析与应用	
第 10 章 缓冲区分析	213
10.1 缓冲区的基本原理	213
10.2 缓冲区的实现过程	214
10.2.1 点状要素的服务范围	214
10.2.2 线状要素的服务范围	215
10.2.3 面状要素的服务范围	217
10.2.4 可变距离缓冲区的实现	218
10.2.5 多环缓冲区的实现	219

第 11 章 空间叠加分析	221
11.1 空间叠加的基本原理	221
11.1.1 擦除	221
11.1.2 相交	221
11.1.3 联合	222
11.1.4 更新	222
11.2 空间叠加实践	223
11.2.1 缓冲区分析	223
11.2.2 空间叠加分析	223
第 12 章 交通网络分析	226
12.1 交通网络	226
12.1.1 基本概念	226
12.1.2 交通网络的连接关系	227
12.2 网络创建	228
12.2.1 基础环境构建和设置	228
12.2.2 创建网络数据集	230
12.3 网络分析	233
12.3.1 最短路径分析	234
12.3.2 设施服务范围分析	237
第 13 章 CityEngine 三维建模	240
13.1 CityEngine	240
13.2 CityEngine 的基本概念	241
13.3 Shape 及其相关概念	242
13.3.1 Shape 的属性	242
13.3.2 坐标系统	243
13.4 CGA 建模	244
13.4.1 基本原理	244
13.4.2 CGA 文件	245
13.5 CityEngine 三维建模实例	245
13.5.1 数据准备	245
13.5.2 创建新工程	246
13.5.3 创建新场景	247
13.5.4 导入规则和资源	248
13.5.5 创建地形图层	249

13.5.6 创建路网层	250
13.5.7 设置街区参数	253
13.5.8 应用规则生成模型	254

第四篇 数据表达与成果输出

第 14 章 空间数据的符号化表达	258
14.1 矢量数据的符号化表达	258
14.1.1 单一符号化表达	258
14.1.2 分类符号化表达	263
14.1.3 分级色彩表达	265
14.1.4 分级符号表达	269
14.1.5 比例符号表达	270
14.1.6 点密度符号表达	271
14.1.7 统计符号表达	273
14.1.8 制作符号库	274
14.1.9 保存符号化表达方案	275
14.2 栅格数据的符号化表达	277
14.3 矢量-栅格数据叠加表达	279
第 15 章 空间数据的三维表达	284
15.1 ArcScene	284
15.2 矢量数据的三维表达	284
15.2.1 三维建筑模型	284
15.2.2 其他属性信息的三维表达	287
15.2.3 山区公路或道路的三维表达	288
15.2.4 点状要素的三维表达	290
15.3 栅格数据的三维表达	291
15.4 三维场景中的矢量-栅格数据叠加表达	293
15.5 遥感影像的三维可视化	294
15.6 输出三维场景	294
15.7 飞行动画	295
第 16 章 空间分析成果输出	298
16.1 布局 (Layout) 的基本设置	298
16.2 图形标注	300
16.3 图幅整饰输出	302
16.4 地图模板	304

第五篇 相关技术及应用

第 17 章 遥感的基本原理及初步应用	305
17.1 遥感的基本原理	305
17.1.1 遥感的定义	305
17.1.2 遥感的基本原理	305
17.1.3 遥感的主要分类	307
17.1.4 城乡规划中常用的遥感数据	308
17.2 定量遥感在城乡规划中初步应用	309
17.2.1 遥感影像的融合与变换	309
17.2.2 快速提取城乡建设信息	314
17.2.3 快速提取城市植被信息	316
17.2.4 快速提取水体信息	318
17.2.5 快速提取城市地表热岛信息	320
17.3 定性遥感在城乡规划中的应用概述	325
第 18 章 景观格局分析及初步应用	326
18.1 规划区的景观分类	326
18.2 选取景观指数	327
18.3 景观格局分析的实现过程	328
18.3.1 景观类型的栅格化	328
18.3.2 计算景观格局指数	330
18.3.3 绿地景观的空间异质性	333
18.3.4 绿地景观格局优化	335
参考文献	338
后记	340

第一篇 基础知识

第 1 章 GIS 概述

地理信息系统 (geographic information system, GIS) 是在计算机硬、软件系统支持下,对整个或部分地球表层(包括大气层)空间中的有关空间分布的数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。地理信息系统起源于地图学,是一门交叉学科,用于分析和处理一定地理区域内分布的各种现象和过程,为空间规划和决策服务提供技术支撑。

1.1 GIS 的基本构成

GIS 主要由硬件系统、软件系统、空间数据和系统用户 4 部分构成。硬件系统是基础,软件系统是核心,空间数据是 GIS 的分析对象,系统用户则决定系统的工作方式和信息表示方式。城乡规划领域中的 GIS 空间分析,主要是以城乡规划中的具体问题为导向,收集相关的数据,在某一款 GIS 软件平台中进行分析,根据分析结果所表达的信息(空间分布、数量、规模、强度等),便于客观地解决问题或者给出理性的应对方案或措施。此外,在城市规划管理过程中,通常使用 GIS 软件作为平台,基于“一书三证”的规划管理流程,开发规划管理系统。

GIS 运行所需的软件系统包括,计算机系统软件、地理信息系统软件和其他专业分析软件。GIS 专业软件较多,常见的通用型商业软件包括 ArcGIS、Mapinfo、GeoMedia、MapGIS、SuperMap 等。GIS 已经在各行各业得到了广泛领域,如国土、规划、环保、林业、电力、电信、铁路、商业等,各行业的数据管理和分析需求不同,需要在通用 GIS 平台上结合专业知识开发专业的分析模型或模块,完成特定的分析和管理工作。此外,这些应用领域基本上都拥有自己的专业分析软件,他们管理的数据和分析的结果和 GIS 之间有良好的输入和输出接口,支持数据输入、存储、转换和输出等。本书以美国环境系统研究所(Environmental Systems Research Institute, ESRI)开发的主流化的地理信息系统软件 ArcGIS (10.0) 桌面版为空间分析平台,详细解析城乡规划编制过程中常用的空间数据规整、分析原理、实现过程,以及分析结果的解释和实践应用。

1.2 GIS 的基本功能

GIS 的基本功能包含 6 个方面：数据采集、数据存储、查询检索、空间分析、显示表达和成果输出。

1) 数据采集

数据是 GIS 管理和分析的对象和前提。GIS 所需的数据可能归属于不同的部门或单位，格式也是多种多样。数据采集，就是收集多种形式和来源的数据，并对数据格式和坐标系统进行转换，使其统一，根据需要构建拓扑关系，保证其完整性、数值逻辑一致性与正确性。数据采集过程中还涉及到编辑和预处理。数据编辑主要包括图形编辑和属性编辑，以及非空间数据的空间化，数据与图形数据的连接，数据更新等。

2) 数据存储

选择何种数据模型和数据结构存储数据，是建立 GIS 数据库的关键步骤。矢量模型、栅格模型或矢量-栅格混合模型是常用的空间数据组织方式。空间数据结构的选择在一定程度上决定了系统的分析功能和精度；与空间数据对应的属性数据决定了 GIS 空间分析的强弱。

3) 查询检索

查询是地理信息系统最基本的功能，包含属性查询、图形查询，以及图形——属性双向交互式查询。复杂的查询包含基于属性表的结构化语言（SQL）查询，基于空间位置和空间关系的查询。

4) 空间分析

空间分析是 GIS 的核心功能，是 GIS 的灵魂所在，也是地理信息系统与其他计算机管理系统的根本区别。空间分析模型往往来自于众多应用领域的专业模型，如地理学、环境科学、生态学、经济学模型等。

5) 显示表达

GIS 为用户提供了多种用于表达地理数据的工具，包含二维显示和三维显示。矢量数据和栅格数据又有多种不同的符号化表达方式，两者也可以叠加，通过色彩、透明度、亮度，以及其他渲染效果的控制，用于显示某类专题内容。

6) 成果输出

GIS 分析的结果可以通过多种方式输出，可以是电子数据，也可以是表格、统计图、专题地图等图形文件。根据用户需要还可以输出为其他格式的数据，如 AutoCAD、MapInfo 等数据。