

地形可视性分析与应用

Terrain Visibility Analysis and Application

吕品 鲁敏 李杰 廖名学 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

地形可视性分析与应用

Terrain Visibility Analysis and Application

吕品 鲁敏 李杰 廖名学 著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

地形可视性分析是运用计算几何原理和计算机图形学技术解决地形上观察点集合和目标点集合之间的可视性问题,是地理空间分析的一个重要组成部分。本书从地形可视性分析的基础理论和方法出发,结合“观察点设置”和“路径规划”两类该领域的典型应用,详细介绍了地形可视性分析在实际应用过程中的问题建模、算法设计和结果分析等关键环节的方法与技术,并辅以大量实验结果作为支撑。

本书可作为地理信息系统和计算机应用技术相关专业硕士、博士研究生教学参考书,也可以供地形可视性分析领域相关科研工作者和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地形可视性分析与应用/吕品等著. —北京:国防工业出版社,2015.1

ISBN 978-7-118-09851-8

I. ①地… II. ①吕… III. ①数字高程模型—应用—形态分析—研究 IV. ①P931②P231.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 285091 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 880×1230 1/32 插页 4 印张 6 $\frac{1}{2}$ 字数 195 千字

2015 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 45.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

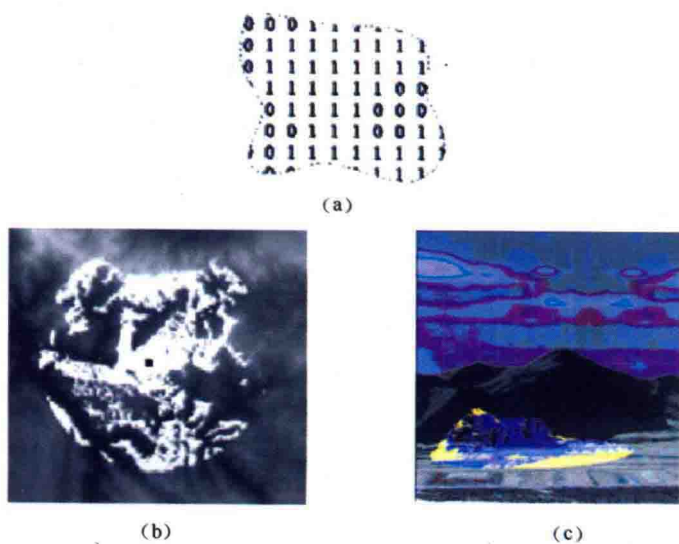


图 1-1 地形可视性分析结果的可视化

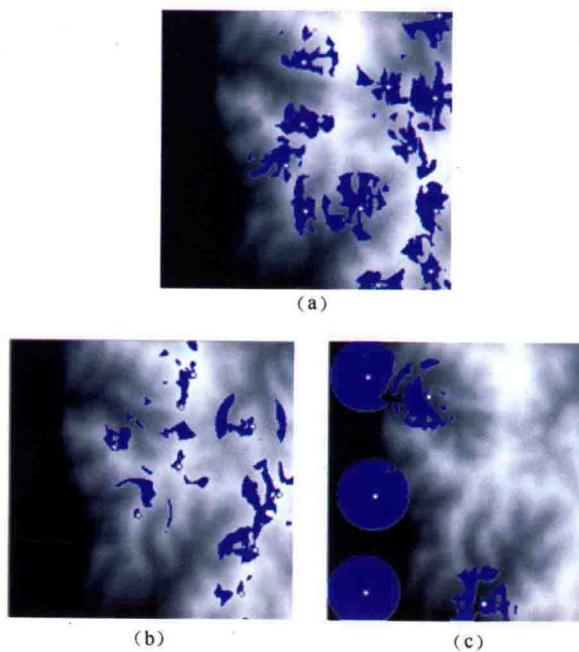
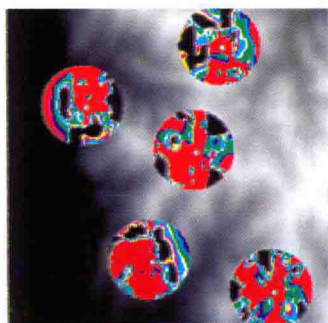
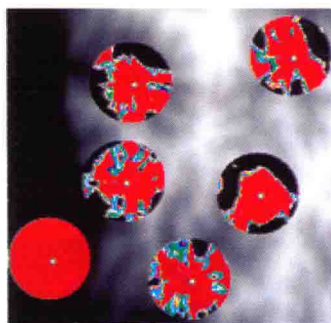


图 1-2 单一观察点视域计算

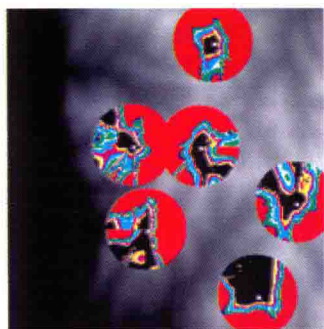


(a)

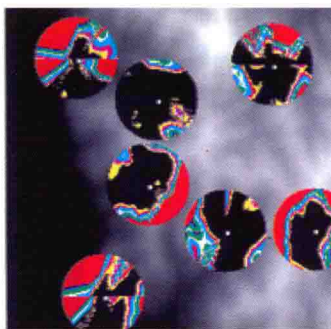


(b)

图 1-3 观察点可视代价分析

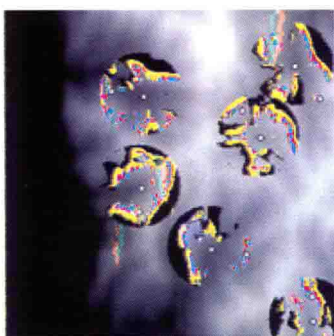


(a)

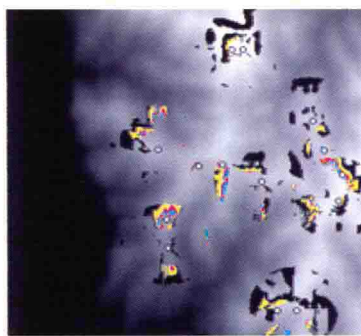


(b)

图 1-4 观察点监视代价分析

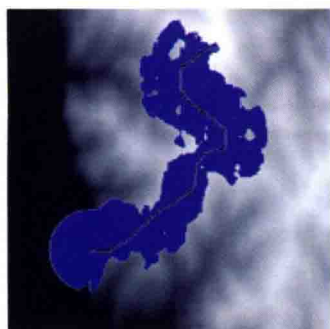


(a)



(b)

图 1-5 最佳埋伏点设置分析

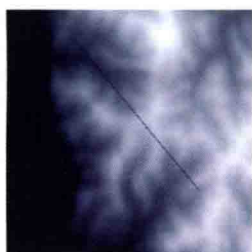


(a)



(b)

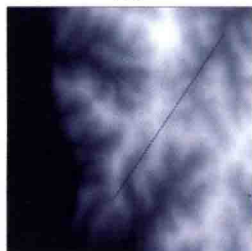
图 1-6 路径视域分析



(a)



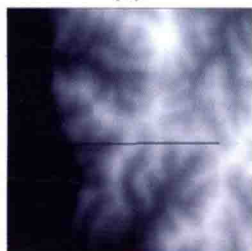
(b)



(c)



(d)

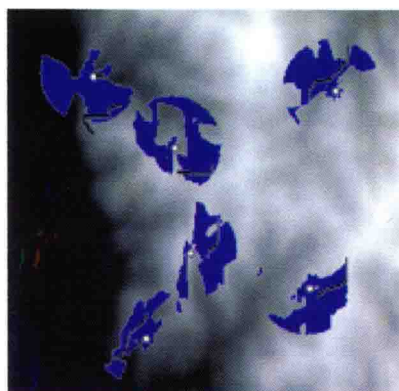


(e)

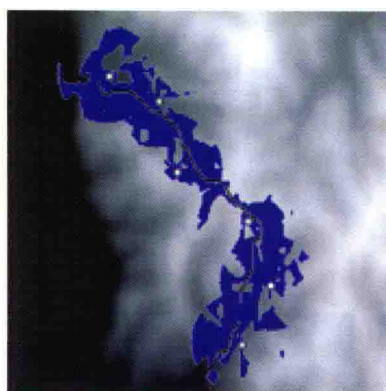


(f)

图 1-7 路径可视性变化分析

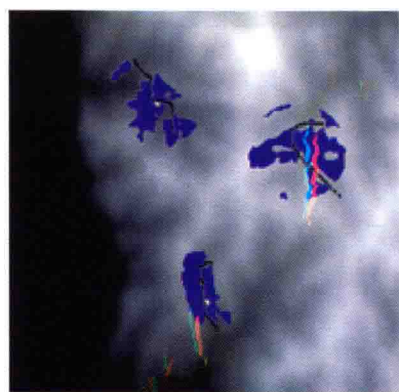


(a)

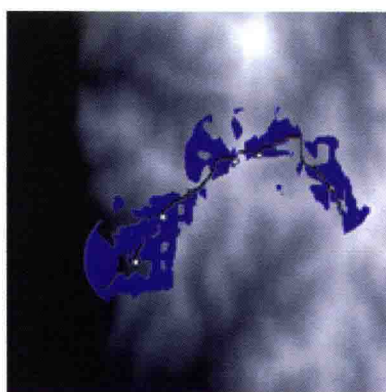


(b)

图 1-8 路径最佳观察点设置



(a)

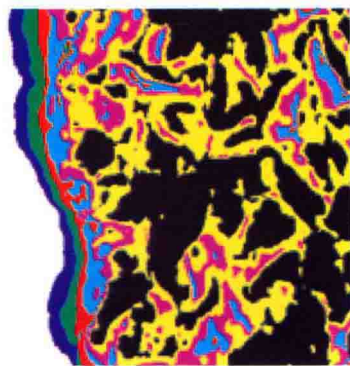


(b)

图 1-9 路径最佳通信点设置



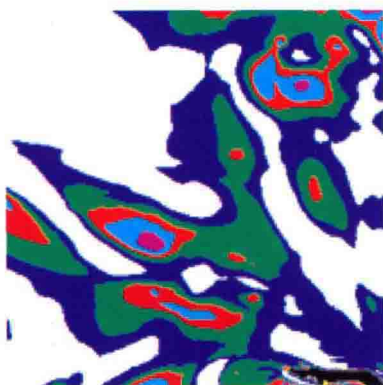
(a)



(b)

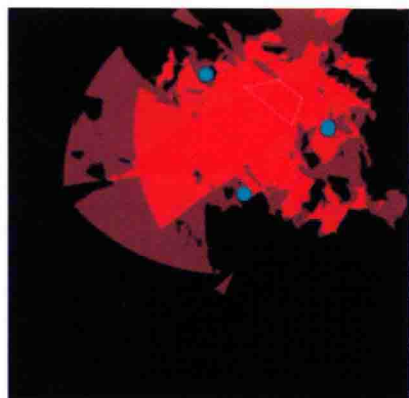


(c)

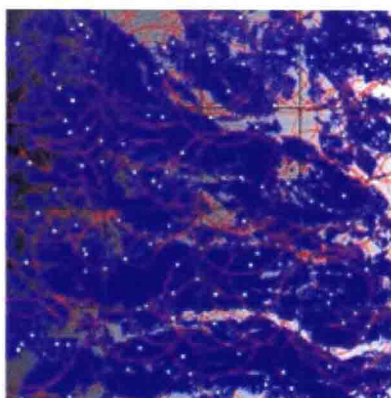


(d)

图 1-10 区域可视性面分析



(a)

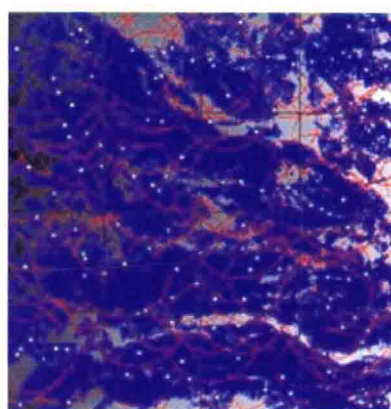


(b)

图 1-11 多观察点最优设置分析



(a)



(b)

图 1-12 观察点设置问题

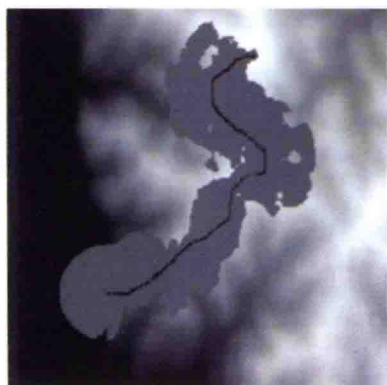


图 3-7 路径的联合视域

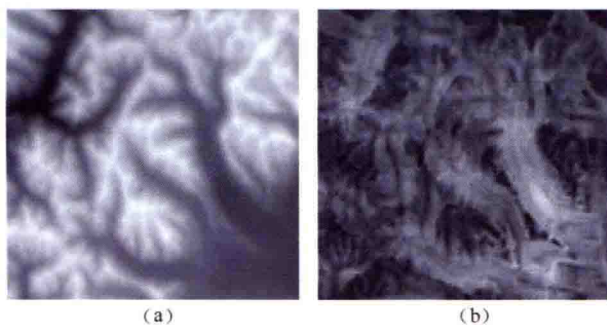


图 10-2 地形的高程灰度图及反向累积可视性表面灰度图

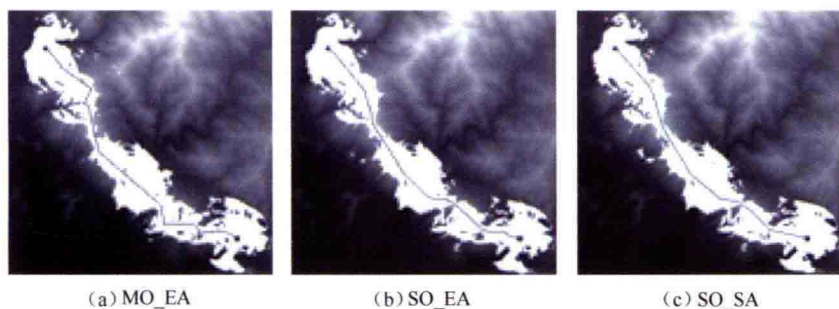


图 12-1 MO_EA、SO_EA 与 SO_SA 的平均视距最小路径(地形 1)



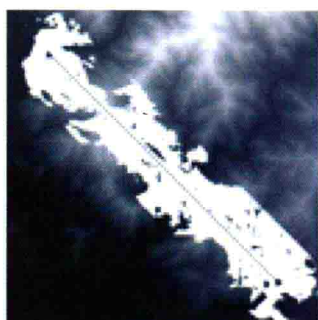
(a)



(b)



(c)



(d)

图 13-5 Pareto 近似集中的四条路径

前 言

伴随着计算机技术和遥感技术的飞速发展,栅格地形数据的数量不断增多、精度不断提高、应用领域不断扩展,产生了很多与地形数据相关的处理与分析方法,其中很多问题都涉及到可视性分析。

可视性分析又称通视性(Inter-visibility)分析,包括点对点的视线(Line of Sight, LOS)分析和点到面的视域(Viewshed)分析两个方面。可视性分析是地形分析的一项基本内容,广泛应用于环境资源管理、城市规划以及军事活动分析等过程。虽然国内外在栅格地形可视性分析方面已有不少研究,但大多数是借助现有商业软件的分析和应用,并没有从基本的地形数据结构着手分析所用算法的可用性和有效性。

近年来针对栅格地形可视性分析及其应用方面存在的问题,我们开展了一系列研究工作,本书是我们已有研究工作的总结。书中绝大部分内容取材于我们在国际、国内学术期刊和会议上发表的论文,细致而全面地展示了我们最新的研究成果和进展。

本书内容分为三大部分,第一部分(第1~4章)主要介绍栅格地形可视性分析的基本理论与方法。

第1章从地形可视性信息的获取与基于可视性信息的应用两个方面介绍了地形可视性分析的基本概念。其中可视性信息的获取主要涉及不同类型和性质的观察点的可视性信息的计算,包括点的可视性信息、线的可视性信息和区域的可视性信息。基于可视性信息的应用主要是使用基础可视性信息解决诸如最优可视路线选择、最优可视的观察点位置设置等组合优化问题。

第2章作为地形可视性分析的基础,介绍了数字地形建模常见的几种方法,包括数字高程模型、等高线模型以及栅格模型等,并简要介绍了地形模型的高程校正方法。

第3章介绍了常见的几种可视性信息计算方法,包括视线计算和视域计算两个方面,并对这些方法进行了对比分析。

第4章介绍了地形可视性分析与无线电波传播的关系,通过实例分析了可视度与可通性的关系。

本书第二部分(第5~9章)主要介绍地形可视性分析在观察点设置方面的应用。

第5章介绍了观察点设置的基本概念,并在分析现有观察点设置方法存在问题的基础上给出了可能的解决思路。

第6章介绍了一种基于隶属云理论的云模拟退火算法。该算法根据云模型云滴的随机性和稳定倾向性特点,利用X条件云发生器在每一步退火过程中产生近似连续下降的退火温度,在提高搜索准确度的同时可以大幅缩短优化过程所需时间,在解决观察点设置问题上相对于传统算法具有明显优势。

第7章介绍了一种适于观察点设置问题的改进模拟退火算法。该算法将模拟退火算法的基本原理与观察点设置的具体问题相结合,通过适当延长高温阶段的退火时间增大随机搜索力度,缩短低温阶段的退火时间加速算法的收敛过程,进一步提高了算法在解决观察点设置问题方面的有效性。

第8章针对不同分辨率的地形数据观测点设置问题,介绍了一种基于离散余弦变换的地形数据内插方法,该方法较传统方法具有更好的地形全局特征与局部特征保持能力。

第9章针对大规模地形的观察点设置问题,介绍了一种多分辨率处理方法。该方法将改进模拟退火算法与基于离散余弦变换的地形数据内插方法相结合,可以在保持问题求解精度的同时,大幅缩短问题的求解时间。

本书第三部分(第10~13章)主要介绍基于地形可视性分析的最优路径规划问题。

第10章在介绍视域、反向视域及最小可视覆盖等定义的基础上,建立了基于可视性的各类路径规划问题的数学模型。

第11章介绍了一种用于平均视距最大路径的混合进化算法。该方法通过选择适当的种群规模及染色体结构,采用多样的进化算子,自

适应调整变异算子选择概率并结合局部搜索,能够获得稳定的最优解。

第 12 章介绍了一种基于多目标进化计算的平均视距最小路径搜索算法。该算法采用最小可视覆盖与最短路径两个进化目标,根据支配关系与拥挤距离产生最小平均视距,使得路径的长度更合理,并通过路径的视域进行索引,可以有效获取最小平均视距路径。

第 13 章讨论了可视覆盖最小最短路径问题,介绍了用于求解该问题的混合多目标进化算法和基于超体积的多目标进化算法。其中混合多目标进化算法通过每代进化后的局部搜索,使结果更接近于真实的 Pareto 前沿。基于超体积的多目标进化算法采用超体积和 archive 的种群更新策略,可以有效避免种群退化现象。

当前,栅格地形数据的应用领域不断拓展,为地形可视化分析及其应用研究带来了广阔的应用前景的同时,也提出了新的需求和挑战。希望本书的出版能够吸引更多的研究人员投身这一研究领域,将我国地形可视性分析与应用研究提高到新的水平。

在本书出版过程中,国防工业出版社提供了大量帮助,在此表示诚挚的谢意。本书的部分研究内容还得到国家自然科学基金项目(60873183)的资助。

限于水平,错误和疏漏之处在所难免,请专家和学者不吝赐教。

著者

2014 年 8 月

目 录

第一部分 地形可视性分析理论与方法

第 1 章 地形可视性分析概述	1
1.1 概念与内涵	1
1.2 分类与特点	3
1.2.1 点分析	3
1.2.2 路径分析	5
1.2.3 区域分析	8
1.2.4 可视性面分析	10
1.3 典型应用	11
1.3.1 观察点设置问题	11
1.3.2 路径规划问题	12
第 2 章 地形建模基础	14
2.1 数字高程模型 DEM	14
2.1.1 DEM 的生成途径	16
2.1.2 建立 DEM 表面的插值方法	16
2.2 等高线模型	20
2.3 网格模型	22
2.3.1 不规则三角形格网 TIN 模型	22
2.3.2 规则格网 RSG 模型	24
2.4 地形模型的高程校正	27
第 3 章 可视性分析基础	29
3.1 视线	29
3.2 视线计算	31
3.3 视域	32

3.4 视域算法	35
3.4.1 无复用逐点计算法	35
3.4.2 复用向内最近点法	36
3.4.3 复用向外逐点计算法	37
3.5 视域算法比较分析	39
3.5.1 视域算法的效率比较与分析	41
3.5.2 视域算法的准确度比较与分析	41
第4章 地形可视性与无线电波传播	43
4.1 传播模型概述	44
4.2 Longley - Rice 传播模型	47
4.2.1 基本参数	47
4.2.2 额外参数	48
4.2.3 传输损耗计算	48
4.2.4 无线电地平线以内的损耗	50
4.2.5 衍射衰减 A_d	52
4.2.6 散射衰减 A_s	54
4.3 实测计算实例	55
4.3.1 地理位置部署	55
4.3.2 节点间可视性分析	56
4.3.3 节点间路径衰减计算	57
4.4 可视度与可通性的定性关系	60

第二部分 地形可视性分析应用——观察点设置问题

第5章 观察点设置问题概述	63
5.1 问题的数学建模	64
5.2 现有解决方法概述与比较分析	65
5.2.1 基于 TIN 的解决方法	65
5.2.2 基于 RSG 的解决方法	66
5.3 观察点设置问题解决新思路	69
第6章 基于隶属云理论的云模拟退火算法——CSA	72
6.1 隶属云理论	73

6.1.1	云理论基本概念	73
6.1.2	X 条件云发生器	74
6.1.3	Y 条件云发生器	74
6.2	云模拟退火算法——CSA	74
6.2.1	CSA 算法流程	75
6.2.2	CSA 的温度生成过程	76
6.2.3	CSA 的状态接受过程	77
6.3	CSA 算法收敛性分析	79
6.4	典型函数优化应用结果与分析	81
6.5	CSA 算法应用观察点设置问题的结果与分析	87
第 7 章	适于观察点设置问题的改进模拟退火算法——ISA	89
7.1	问题相关的退温函数设计	89
7.2	基于 Y 云发生器的改进温度产生过程	91
7.3	基于 X 云发生器的改进状态生成过程	93
7.4	改进模拟退火算法——ISA	95
7.4.1	ISA 算法的流程	95
7.4.2	ISA 算法的状态接受过程	96
7.5	ISA 算法应用于观察点设置问题的结果与分析	97
第 8 章	基于离散余弦变换的地形数据内插方法——DCTI	100
8.1	地形的离散余弦变换	100
8.2	DCTI 方法描述	102
8.2.1	基于 DCT 的地形降分辨率内插方法	102
8.2.2	基于 DCT 的地形升分辨率内插方法	103
8.2.3	基于 DCT 的地形混合分辨率内插方法	104
8.3	DCTI 方法性能的理论分析与比较	106
8.3.1	DCTI 方法对地形高程均值的影响分析	106
8.3.2	DCTI 方法与基于小波变换的地形内插方法的 分析比较	107
8.4	DCTI 方法性能的实验分析与比较	108
8.4.1	地形降分辨率内插实验结果与分析	110
8.4.2	地形升分辨率内插实验结果	112