



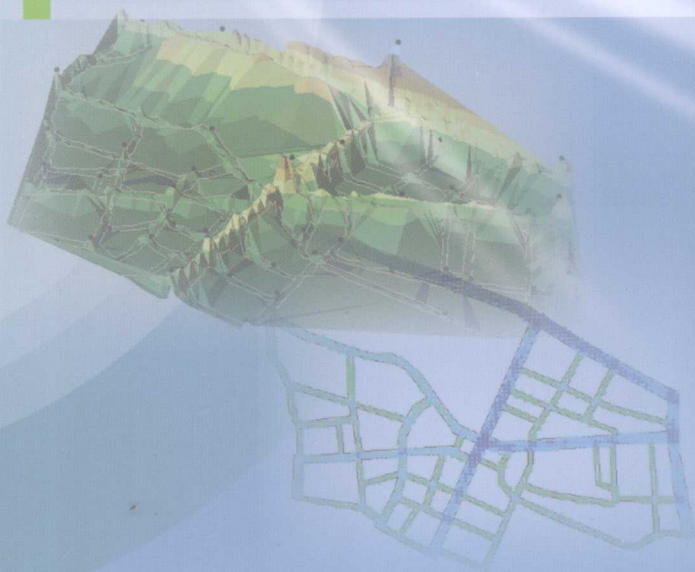
测绘科技专著出版基金资助

CEHUI KEJI ZHUANZHU CHUBAN JIJIN ZIZHU

# METHODS AND APPLICATIONS OF SPATIAL VISIBILITY ANALYSIS

应申 李霖 著

## 空间可视分析 方法和应用



测绘出版社

测绘科技专著出版基金资助

# 空间可视分析方法和应用

Methods and Applications of Spatial Visibility Analysis

应申 李霖 著

测绘出版社

· 北京 ·

## 内 容 简 介

人类对世界的认识主要依靠视觉,则地理认知和分析主要处于这种可视空间下。本书以空间尺度作为可视分析的理论基础,详细探讨了地理信息科学领域中的空间尺度问题;针对平面多边形监视问题,重点探讨了内部监视问题,并论述了动态和路径监视;探讨了地形可视性和视域计算的方法,分析了地形可视分析的种种形式,并辅以其在军事中的应用;探讨可视分析在景观分析中的应用;分析了城市空间可视分析的各种参数,依据可视行为理论,论述空间可视分析在空间形态中对人流的影响,及在城市规划和相关设施布局中的意义。

本书可作为 GIS 相关专业的本科生和研究生的教材,也可作为 GIS 领域科研、教学、研发人员的参考书。

©应申 李霖 2007

### 图书在版编目(CIP)数据

空间可视分析方法和应用/应申,李霖著. —北京:测绘出版社,  
2007.12  
ISBN 978-7-5030-1770-4

I. 空... II. ①应...②李... III. 地理信息系统 IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 188119 号

责任编辑 杨蓬莲

封面设计 赵培璧

出版发行 测绘出版社

社 址 北京市西城区复外三里河路 50 号

电 话 010-68512386 68531558

印 刷 北京市通州次渠印刷厂

成品规格 169mm×239mm

字 数 210 千字

版 次 2007 年 12 月第 1 版

印 数 0001—2000

邮政编码 100045

网 址 [www.sinomaps.com](http://www.sinomaps.com)

经 销 新华书店

印 张 10.75

印 次 2007 年 12 月第 1 次印刷

定 价 28.00 元

书 号 ISBN 978-7-5030-1770-4/P·465

如有印装质量问题,请与我社发行部联系

## 前 言

地理信息系统(简称 GIS)的重要应用之一在于其空间分析能力,这种空间分析能力在国内外一直都备受关注,但却始终处于薄弱环节。GIS 研究的是地理对象,它依赖于地理空间的地域性。而这种地域性受人类的感觉或视觉范围所限制,尽管现代技术一定程度上能帮助我们。人们通过视觉可视来对地理环境进行观测、认识和建模。观察和认识地理环境是空间可视分析的最本质的内容,在手段上其强调人们对地理空间可视的广度和粒度,这是认识和分析地理空间的基础。

人类对世界的认识主要依靠视觉,因此地理认知和分析主要处于这种可视空间下。基于地理空间的思考,本书探讨了视觉和心理空间,分析了可视问题的概念和分类,该概念致力于解释可视问题的本质和内在联系。

空间可视分析和认知是分不开的,作为自然界主体的人是空间可视分析的基础。本书首先探讨人的视觉生理机能,进而分析视觉可视分析中的感知和认知,这是我们认识地理空间的根源。特别是空间视感中的视域和分辨率,尽管在计算时处理的方法不同,但它们是研究空间可视分析计算的基础。视觉可视分析和空间感知与认知是密不可分的,一定外延上空间可视分析涵盖了视觉地理空间分析的全部内容,或者说两者是等价的。这是本书第二章研究的重要内容。

空间可视分析在可定量分析上表现为空间广度和空间粒度,而这是属于空间尺度的范畴。本书以空间尺度作为可视分析的理论基础,详细探讨了地理信息科学领域中的空间尺度问题。空间尺度问题出现在各种空间分析中,被认为是空间信息学科中一个最模糊的和最基本的问题。尺度是我们观察世界和研究世界的纽带,其核心问题是尺度依赖和尺度相关的自然性问题。任何依赖尺度的分析和推理都受被研究对象的广度和粒度约束。在可视分析中,尺度有两个类似意义。本书将尺度集成到空间可视分析中(其中涉及空间视觉认知、方法论、过程或现象的概念框架等),对空间尺度进行特征化、概念化,阐述空间尺度在空间可视分析和制图表达中的效用,试图揭示空间尺度和制图综合的本质联系。本书探讨了空间尺度内在蕴涵的定义,包括认知尺度、空间广度、空间粒度、比例尺等,它们之间是互为影响和约束的,同时本书也探讨了对空间尺度在不同的分析层次上所研究的内容和关系。

空间可视分析的技术主要体现在可视性和视域的计算上。平面上表现为多边形环境中的视域计算,因其在应用中多描述为监视问题,因此也称之为平面监视问题。根据视点的位置、路径、运动和多边形环境的不同,平面监视问题表现为多种形式,如多边形顶点监视、内部点监视、动态和路径监视、多点优化监视等。本书以典型的艺术馆问题为例论述了顶点监视的描述、求解方法。其核心是多边形分割

和着色问题,难点或特殊点在于它是求解最差最优解。本书重点探讨顶点监视、内部监视问题,探讨基于视线运动的多边形分割情况,提出沟的关键事件方法,并给出具体的解决方法,能有效地探索多边形环境中的视域,其广泛地应用于各种监控领域和应用设计领域,如楼宇监视、路径规划等。同时简要论述了动态和路径监视,其求解的本质是一致的。

地形作为 GIS 空间分析的主要研究对象,同时也是空间可视分析的对象。3 维地形可视分析由于其影响因素众多和地形特征的复杂性,在具体可视计算时,方法和手段也不尽相同。本书在第四章首先分析了地形可视分析的影响因素,有客观自然的,也有主观人为的,主要有地形特点、基础高程数据情况、视点的选择、高程值的获取方法、视点与目标点以及 LOS 的特点、数值计算特征、可视参数控制,等等。这些影响因素是具体分析和应用时必须考虑的,要结合情况进行具体的处理。地形可视计算包括可视性 LOS 计算和可视域计算,通常可视性计算是视域计算的基础,但新的方法可以直接进行视域的计算(如多个体模拟)。本书具体探讨了可视性计算和视域计算的原理和方法。寻找合适的方法来进行可视分析的计算,减少计算的复杂度,提高准确性,是可视计算的主要问题。在已有算法的基础上,本书讨论增量法进行地形可视计算的方法,该方法通过地形格网的大小来增量比较高差,计算简单,复杂度低,易于实现。地形可视分析对数据和处理方法的依赖性很大,不同的方法得到的结果具有一定的出入。本书论述了可视计算的有关问题以及结果的精度和不确定度。LOS 可视性和视域是最基本的地形可视表现,通过视点可视分析和视域的处理可以得到不同的可视分析结果,来满足不同的需要。本书论述了可视分析结果的不同形式,并以其在军事中的某些应用说明。地形可视分析对人的景观认知有着重要的作用,本书第四章还论述了地形可视分析与有关认知和行为决策的关系。同时分析了地形可视与地形特性之间存在一定的关系,但却是非强相关的。

空间可视分析是和人类视觉欣赏紧密相连的,可视分析是视觉景观的分析与评估的研究内容之一。其中城市景观、公路景观、风景景观、考古景观等,在规划或分析时都应用空间可视分析的相关技术。本书第五章以武汉东湖磨山风景区为例,针对磨山风景区的景点,通过其可视域,评估点视域范围是否宽广,是否具有特色,是否能观赏到其他特定的风景。同时根据 GIS 多数据的集成,来评估到达此景点的连通性、方便性,是否有道路相连,地形坡度是否合适。为更好地突出景点的视域效果,显示自然风景的优美,完成了虚拟磨山视景系统。通过该系统更好地浏览磨山风景,给人以身临其境的感觉。同时城市景观系统是预测和评估城市景观建设的有效工具,本书论述了城市建设中利用空间可视分析对山地景观进行有效的保护,介绍了基于可视分析的城市景观评估的方法。

空间可视分析的结果反馈给自然社会的人,就会影响人的运动,进而影响人的

行为和决策,这是可视认知的结果。在城市空间中,人在街道上行为,其可视分析表现为不同的标准:看得远,看得多……这种情况下他会有某种运动倾向。本书第六章分析了城市空间可视分析的各种参数,以及它们的相关研究意义。以武汉市中南地区为例,分析空间可视分析在空间形态中对人流的影响,从而影响城市规划和布局。对城市空间形态和城市布局来进行空间可视分析,可有力地支持城市规划和决策,是城市规划领域的新方法。这种人流分析的方法可以扩展到其他城市群体,如汽车流、自行车流等。可以反向来分析城市设施布局、商铺布局与选址等。

既然空间尺度是可视分析的基础,并主要表现在空间广度和空间粒度上,那么,空间广度和空间粒度本质上存在什么关系,有什么约束,与地理空间如何相关?这些是第七章可视分析与多尺度探讨的主要内容。本书揭示了可视的粒度是认识现实环境的基本标准,不同的可视粒度形成对地理空间不同认识,得到不同空间模式,这是地图综合、地理景观研究尺度问题的重点。同时重点探讨了空间广度和粒度的共同约束是进行分析和处理地理数据的潜在标准,是完全符合人类视觉系统的。

作者

2007年6月

# 目 录

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第 1 章 绪论              | 1  |
| § 1.1 概述              | 1  |
| § 1.2 空间的概念           | 2  |
| § 1.3 空间可视分析及相关内容发展   | 6  |
| § 1.4 相关学科发展          | 8  |
| § 1.5 空间可视分析研究的意义     | 12 |
| § 1.6 本书的主要研究内容       | 13 |
| 第 2 章 空间可视分析的理论依据     | 16 |
| § 2.1 人眼视觉的生理和认知基础    | 16 |
| § 2.2 空间尺度            | 25 |
| § 2.3 本章小结            | 37 |
| 第 3 章 平面可视分析          | 38 |
| § 3.1 基本概念            | 38 |
| § 3.2 艺术馆问题           | 39 |
| § 3.3 基于视线(LOS)的内部监视  | 45 |
| § 3.4 内部动态监视          | 52 |
| § 3.5 本章小结            | 54 |
| 第 4 章 3 维空间可视分析       | 55 |
| § 4.1 图形图像领域判断可视的方法   | 55 |
| § 4.2 3 维可视分析         | 56 |
| § 4.3 3 维地形可视分析的影响因素  | 57 |
| § 4.4 3 维可视计算         | 61 |
| § 4.5 双增量法可视计算        | 71 |
| § 4.6 可视域的精度、不确定性和不变性 | 81 |
| § 4.7 地形可视计算的有关问题     | 83 |
| § 4.8 地形可视的变形及其应用     | 86 |
| § 4.9 地形的可视覆盖         | 91 |
| § 4.10 可视的认知分析        | 92 |

---

|              |                            |            |
|--------------|----------------------------|------------|
| § 4.11       | 可视与地形特征要素 .....            | 95         |
| § 4.12       | 可视分析与 3 维虚拟场景 .....        | 97         |
| § 4.13       | 本章小结 .....                 | 99         |
| <b>第 5 章</b> | <b>可视分析在景观分析中的应用 .....</b> | <b>100</b> |
| § 5.1        | 可视分析的应用 .....              | 100        |
| § 5.2        | 景观可视分析 .....               | 101        |
| § 5.3        | 景观可视分析的类型 .....            | 102        |
| § 5.4        | 东湖磨山景观可视评估 .....           | 105        |
| § 5.5        | 城市景观可视评估 .....             | 117        |
| § 5.6        | 本章小结 .....                 | 122        |
| <b>第 6 章</b> | <b>空间可视分析与城市空间布局 .....</b> | <b>123</b> |
| § 6.1        | 可视分析的定性和定量之说 .....         | 123        |
| § 6.2        | 可视分析的参数探讨 .....            | 124        |
| § 6.3        | 城市空间可视分析 .....             | 128        |
| § 6.4        | 本章小结 .....                 | 139        |
| <b>第 7 章</b> | <b>可视分析与多尺度 .....</b>      | <b>140</b> |
| § 7.1        | 可视与制图综合 .....              | 140        |
| § 7.2        | 可视约束的广度和分辨率之比 .....        | 143        |
| § 7.3        | 多尺度与空间模式 .....             | 145        |
| § 7.4        | 本章小结 .....                 | 148        |
| <b>参考文献</b>  | <b>.....</b>               | <b>149</b> |

# CONTENTS

|                  |                                                           |    |
|------------------|-----------------------------------------------------------|----|
| <b>Chapter 1</b> | <b>Introduction</b>                                       | 1  |
| § 1.1            | Background                                                | 1  |
| § 1.2            | Cconcept of space                                         | 2  |
| § 1.3            | Spatial visibility analysis and related field development | 6  |
| § 1.4            | Related disciplines                                       | 8  |
| § 1.5            | Significance of the research                              | 12 |
| § 1.6            | The main contents of the book                             | 13 |
| <b>Chapter 2</b> | <b>Theory foundation</b>                                  | 16 |
| § 2.1            | Physiology and cognition in human vision                  | 16 |
| § 2.2            | Spatial scale                                             | 25 |
| § 2.3            | Summary                                                   | 37 |
| <b>Chapter 3</b> | <b>Planar visibility analysis</b>                         | 38 |
| § 3.1            | Basic concepts                                            | 38 |
| § 3.2            | Art gallery problem                                       | 39 |
| § 3.3            | Inner supervisor based on line of sight                   | 45 |
| § 3.4            | Inner dynamic supervisor                                  | 52 |
| § 3.5            | Summary                                                   | 54 |
| <b>Chapter 4</b> | <b>Terrain spatial visibility</b>                         | 55 |
| § 4.1            | Methods in computer graphics                              | 55 |
| § 4.2            | Terrain visibility                                        | 56 |
| § 4.3            | Factors in terrain visibility                             | 57 |
| § 4.4            | Computation of terrain visibility                         | 61 |
| § 4.5            | Double incremental computation of terrain visibility      | 71 |
| § 4.6            | Precision, uncertainty and invariant                      | 81 |
| § 4.7            | Problems in computation                                   | 83 |
| § 4.8            | Diversification and applications                          | 86 |
| § 4.9            | Visibility coverage                                       | 91 |
| § 4.10           | Visibility congition                                      | 92 |

---

|                   |                                                                        |            |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------|------------|
| § 4.11            | Visibility and terrain characteristics .....                           | 95         |
| § 4.12            | Visibility and VR .....                                                | 97         |
| § 4.13            | Summary .....                                                          | 99         |
| <b>Chapter 5</b>  | <b>Applications of visibility analysis in landscape analysis .....</b> | <b>100</b> |
| § 5.1             | Applications of visibility analysis .....                              | 100        |
| § 5.2             | Landscape visibility analysis .....                                    | 101        |
| § 5.3             | Types of landscape visibility analysis .....                           | 102        |
| § 5.4             | Visibility analysis of Mt. MO resort .....                             | 105        |
| § 5.5             | Visibility analysis of urban landscape .....                           | 117        |
| § 5.6             | Summary .....                                                          | 122        |
| <b>Chapter 6</b>  | <b>Spatial visibility analysis and urban configuration .....</b>       | <b>123</b> |
| § 6.1             | Quantity and quality of visibility .....                               | 123        |
| § 6.2             | Parameters of visibility .....                                         | 124        |
| § 6.3             | Urban visibility analysis .....                                        | 128        |
| § 6.4             | Summary .....                                                          | 139        |
| <b>Chapter 7</b>  | <b>Visibility analysis and multi-scale .....</b>                       | <b>140</b> |
| § 7.1             | Visibility and map generalization .....                                | 140        |
| § 7.2             | Visibility constraints .....                                           | 143        |
| § 7.3             | Multi-scale and spatial pattern .....                                  | 145        |
| § 7.4             | Summary .....                                                          | 148        |
| <b>References</b> | <b>.....</b>                                                           | <b>149</b> |

# 第1章 绪论

## § 1.1 概述

世界是无限复杂的,简单描述起来是比较难的。事实上,这也是现在地理信息系统(GIS)基础理论的难点,需要较长的时间来进行研究,从这种意义上来说,没有一个非计算性的数据库能提供对现实地理世界的详细的、抽象的模拟,不管它有多详细和具体。因此也有人认为 GIS 只不过是对现实的某些方面的粗糙的描述和有限的应用。我们不但被所采集和存储的空间信息限制,而且其中很多信息是可变的,包含着人的主观评估与理解。

人们对周围世界的认识和了解是通过感觉器官来觉察世界和认知心理来认识世界的。人类通过视觉、听觉、味觉、嗅觉和触觉来感知我们的世界,其中人类通过视觉获得的信息占总信息获取量的 80% 以上。那么“眼睛看见”指什么?对这个问题的回答是:通过观看,认知有什么东西,这些东西在什么地方。换言之,视觉是个处理过程,是从图形中发现外部世界中有什么东西,这些东西在什么地方(Marr, 1977)。因此视觉首先是个信息处理过程,但是信息处理过程又不完全相同。因为我们能认知外部世界中有什么东西在什么地方,那么我们的头脑中就必须以某种方式表达(心像)该信息——色彩、图形、细节等,并且这些信息对观测者有用又不受无关信息干扰(Marr, 1977)。这是地理认知和空间认知中的研究内容。认知后的表达决定着什么地理信息被明确表达,什么信息被隐藏起来。人的视觉认知随空间尺度的不同而不同,人的认知表达也不同,从而引起地理信息的不同表达结构(即空间结构)。

GIS 研究的是地理对象,它依赖于地理空间的地域性,而这种地域性受人类的感官或视觉范围所限制,尽管现代技术在一定程度上能帮助我们。仅有空间事物的地域性是不足以形成地理目标的。空间事物在被地域化后,如果它不和其他地域化的事物发生联系,是不会引起地学工作者的注意的。如果注意到地域化的事物之间的联系,那就是它们显示的结构,该结构有时复杂得让我们难以在机理上解析它,但我们可以观察它的状态,表达它,这种状态的综合表现就是景观。景观本身不是地理事物的本质特征,但它确是本质标志,因此称地域化事物转化为地理目标的过程为景观过程(王铮, 1994)。地理目标呈现的结构也就是空间结构或空间模式。

人们对地理目标形成的景观,依赖其特殊的“边界条件”形成不同的图形,一是地理目标有依赖于地域的特点,受制于相互关系的运动特征和行为,即环境性;二是地理目标会对地域空间发生填充,使空间特征化,形成区域,构成空间结构。这也是地理目标的二象性,这种二象性都是和人的观察相联系的。人总是被定义在空间某地域上的,并把其注意力放到某个或某些物体上,这就形成了对地理目标的观察细致(分辨率)的不同。同时,人受视野空间或感受空间的限制,其定位的空间地域是有限的、不同的。

可以看出,人们是通过视觉可视来对地理环境进行观测、认识和建模的。观察和认识地理环境是空间可视分析的最本质的内容,在手段上其强调人们对地理空间可视的广度和粒度,这是认识和分析地理空间的基础。

## § 1.2 空间的概念

正空间、负空间、现代空间、城市空间、室内空间、建筑空间、图画空间、抽象空间、内空间、外空间、地理空间、相空间、参数空间、色彩空间、心理空间、私人空间、社会空间……到底如何准确地来形容空间,没有人能给出答案,这也困扰了自柏拉图以来的哲学家们。

空间是一个既简单又复杂的概念。空间是一个难以定论的概念,一方面意味着每个事物,另一方面又意味着什么也没有。空间,如同时间一样,是个种类的概念,超出了本身的概念。事实上,一般情况下对空间的知觉感受就很充分了,在专业的情况下才需要严格的定义和推理。这个问题的矛盾在于不同环境中的空间意义。Lucas(1973)在他的《时间和空间的论述》中提出了4种空间。

1. 数学空间。是各种公理定义的抽象体总集,通常指欧氏空间,无时间概念,无运动概念;

2. 自然空间。指描述自然现象的物理空间,时间不是其中一个维,但空间自己是随时间变化的,如用曲线描述物体的运动;

3. 日常空间。这是最直觉的情况,是指谈论问题时所理解的空间,如停车场空间、工作空间、生活空间、建筑空间、城市空间,甚至赛博空间(数据的电子空间,同时进行数据生成、组织、表达,能传递给全球的网络用户);

4. 哲学空间。指哲学关于“是”或“存在”的地方。

很明显,这些多样性会给问题的讨论带来一定的混乱,因而在讨论具体问题的時候总是要首先明确地定义好“空间”这个概念。

柏拉图认为空间是所有可能的几何关系的总称;而亚里士多德认为空间就是位置,其他什么都没有,或者说是位置的总称。如果说柏拉图的定义是几何的,则亚里士多德的定义是拓扑的。随着笛卡儿观念的推出,空间在本质上已变成无法

想象的神秘的概念。他把空间又拉回到动力和机械方面,认为是事物的外延,而不是“思想”的什么东西。在牛顿的经典相对论中,空间则是物质运动的广延性或延展性,认为空间是纯粹的真空,绝对的不可移动的,有位置点,能连续、任意方向。如任何物体都有一定的范围,以及同他物的位置关系。牛顿的这种观点一直持续了几百年,无人触动。到 20 世纪,人们认识到空间和时间的依存性,特别是爱因斯坦的 4 维时空论、统一论。

Harvey(1969)总结了相对空间和绝对空间的有关问题,指出康德对地理有很大的影响,但他后来的研究都是在绝对空间上的,他认为空间是“是”,是地表其他要素的“容器”(表 1-1)。换句话说,就是地理工作者是在“空间”中填充信息。绝对空间基本包含了欧氏坐标的格网系观点,里面的要素的定位是重要的,这和制图学以及 GIS 的观点是一致的。相对概念的空间包含两个内容。首先,空间是在被考虑的空间要素和过程中定义的,如定义水文空间,人口迁移空间;其次是这种空间可能不是欧氏的,距离也是相对的。

表 1-1 哲学中的绝对空间和相对空间

| 绝对空间           | 相对空间         |
|----------------|--------------|
| 空间独立于他物而存在     | 空间存在于一定参考中   |
| 空间是个“容器”       | 空间被定义为事物或过程  |
| 总是和“总量”、“映射”相关 | 和形式、模式、功能等相关 |
| 欧氏空间           | 可包含非欧氏空间     |

现在,除爱因斯坦的相对论外,物理和哲学的时空论对各种研究中的空间论都有着巨大的影响。时空论和相对论已经给学术领域创造了丰富的发展空间。就现代哲学和科学来说,没有给我们选择,但证明了需要用度量、感知、感觉、计算、推理、认识……去认知一切。这自然就引入了另一个问题:信息是否在空间中,或者空间在信息中?事实上,空间和信息是同一个事物(Benedikt,1996)。空间的图形是空间里的信息或者说是信息里的空间(Benedikt,1996)。当然空间自身没有图形;由于光和表面的原因,以及物体的外围边界“规范”了现实世界“剩下”部分的表达。有利于设计者的任何形式的文法都是基础研究必须考虑的,空间之所以为空间,是它作为信息传递的媒介,信息自身通过某种方式来沉积和展示:它们在何处,是什么,为什么?

空间是生活中普遍使用的概念,没有一个学科能独立占有空间概念的使用。GIS 具有很大的广度,因为现在有很多领域的学者都在研究 GIS;同时 GIS 具有一定的深度,它涉及的内容都是基本的理论、技术和高效的处理过程。

### 1.2.1 地理空间

自然地理空间接近于自然的欧氏空间。该空间通常不能从一个有利点出发进行一次感知,它的结构通常也不能只用一个观察点来揭示(Kuip,1982)。另外,该空间里有丰富的信息种类和实体,其分布也是非均一的、非一致的。另一方面,人的能力是相对小的,具有有限的感知能力、分辨能力、运动能力、计算能力及时间等(Downs,1973)。

地理空间是一个相对空间,是一个目标组合排列集(这些目标具有精确的空间位置),强调宏观的空间分布和目标间的相关关系(关系以各单个地理目标为联结的结点或载体)。同时,地理空间若想精确定位于地球上,还必须承认它有欧氏空间基础,有相对于地球坐标系的绝对位置。这样,通过地理空间和欧氏空间的统一,将地理现象的宏观特性和空间位置的精确特征紧密地有机地联系在一起。其中,宏观特性主要体现在地理对象之间的拓扑关系与非拓扑关系(通过数据模型体现)上,其载体则是具有精确位置、起着联结结点作用的那些单个地理空间对象(通过单对象的数据结构体现)。可见地理空间是在服从一般的、总体的概念下,特指地理空间中各种地理现象、事物、过程等发生、存在和变化的空域特征。此种空域,针对不同的研究对象,会有不同的表现形式,它们在很大程度上取决于考虑问题时的空间维数,如1维、2维、3维和4维。

与空间尺度对应的英文是 Spatial Scale。这里的 Spatial 是个特征化了的空間概念,这种特征化体现在两个方面:其一,范围的特征化。这里的空間指的是地理空間,通常指地球的表面空間,它的外延是以大气、岩石、水圈为核心的具有一定厚度的地球圈层。其二,空間的尺度化。这里的空間不是微观空間,也不是宇宙觀空間,是宏观空間,最大尺度小于地球的范围,最小尺度为人的正常视觉的空間分辨率。

尺度的特征化,它和空間的尺度化有相似性,尺度兼备了广度(extend)和粒度(granularity)。尺度的广度指人类在地学空間中的感知范围的大小;尺度的粒度指感知的空間分辨率。在第二章中会详细探讨空間尺度的问题。

当将 GIS 应用到实际中时,许多人都认为这只是利用 GIS 进行后处理以便进行决策的,在他们眼中地理方法是建立在一个抽象的地理概念上的,即笛卡儿空間上,正如 Llobers(1996)所说的,“在这个空間里,没有观察者,没有变换,也没有历史”<sup>①</sup>。也就是说,对地理空間的后处理更体现出“人性化”,即从观察者的角度来获取空間的属性和意义。

---

<sup>①</sup> There is no observer, no perspective, and no history in this kind of space.

### 1.2.2 视觉与心理空间

在方向和导航的研究中,区分“远/近”或“靠近的/末梢的”概念,在距离的估算中,这种区分是从感知和认知的距离上来进行的。

最具影响力的是 Ittelson(1973)的研究,他将环境空间和感知空间进行对比,讨论了环境空间的特殊之处,指出应该在环境中来研究空间感知。不同的物体,环境是“包围的、怀抱的、吞没沉浸的”(surrounds, enfolds, engulfs)。Ittelson 同时指出人类对环境空间里的信息获取是多样的。

Mandler(1983)提出了3种心理尺度空间:小、中、大。小尺度空间可理解为一个点的简单透视(如桌面);中尺度空间可通过空间里的运动来理解,但是空间关系仍是从一个观察点出发获得的(如房间);大尺度空间中的空间关系不能直接观察获得,但可以通过连续运动观察获得(如房屋、城市)。

Mandler, Garling 和 Golledge(1987)进一步分割了 Ittelson 的环境概念,分为小、中、大尺度环境。一个房间是小尺度环境;一个建筑或及其邻居是一个中尺度环境;城市或更大的空间是大尺度环境。

Zubin(1998)用相对空间语言的方法对尺度空间进行了分类,他将尺度空间分为4类:A, B, C, D。A空间小于或等于人体大小,是个静态的可应付的视野;B空间比人体稍大,可以从一定角度看出去,如树、屋外、山等,但人不能应付;C空间(也称场景)是比人体更大的空间,必须通过人体的感知扫描,如房间、原野、山谷等;D空间(地域)是比人体大的多得多的空间,例如森林、城市、省、国家。

Montello 基于透视观点将空间分为4类:形体空间(figural space),街景空间(vista space),环境空间(environmental space),地理空间(geographical space)。

形体空间指小于人体的空间,它可以不通过运动直接来感知,可分为平面的图示空间和3维的目标空间。

街景空间是指不需要运动,从一点出发看到的比人体大的空间,如房间、地平线等。

环境空间是比人体大的、人体周围(四周)的空间。事实上它很大,必须通过一定的运动来理解该空间,通常要经过多时段的信息集合来感知。如建筑物、小区、城市等。尽管环境空间不能在一时感受,但是只要用较多时间来浏览它,其空间特征一定可以通过直接的感知和经验获得。

地理空间是比人体大的多得多的空间,不能通过人的运动来理解,必须通过符号化的表达(如地图或地球仪)来缩小地理空间到一个小的模型中,如国家、太阳系等。

然而,从飞机上看地区是个街景空间,因为它是一个小的投影大小,并且直接和我们的位置相关。

英国伦敦大学学院(University College London, UCL)的高级空间信息研究中心(Centre for Advanced Spatial Analysis, CASA)提出了空间句法(space syntax)的分析方法,由空间认知与体验的观点出发认为空间可在两种尺度下被分别思考,即大尺度与小尺度。大尺度空间超越了人们的心理认知,并且无法只由某一观点或地点去体验到,当我们在空间中移动时,小尺度空间给予我们的体验,乃是进一步体验到大尺度空间的前提。小尺度空间是连续的(而非分离的),并且互相连接,例如,当我们沿着一条街道走着,每一刻我们所体会到的周围环境,乃是“一个”连续性的小尺度空间,而且不可分割。

人们通过与空间物体的互动(而这些物体组成了实质环境的结构),进而体会到某一小尺度空间,然而,在空间句法的空间概念上,空荡的空间(empty space)结构则支持着此一体验,例如,一个房间也许包含了桌、椅等家具,但人们仍可毫无困难地体验到“房间”这样的空间结构。如同分子与原子的结构关系,小尺度空间之体验乃是推论出大尺度空间的基础,进一步而言,当人们要了解大尺度空间的结构,必先了解到小尺度空间的结构,进而认为大尺度空间可被表达为一组由小尺度空间所构成的集合。

在此基础上进而对空间进行了等级划分:视域空间、凸空间和街景空间。视域空间是较为精确的空间认知描述,基于“可见视野”概念的定义,在环境中移动时,视觉可见之景物,如同光线反射并不断变化的传回人们所在的视点上,形成了视觉的流动,而视觉的流动方式,决定了人们在环境中的移动行为,这就是直觉理论(direct perception theory)(Gibson, 1979)的关键概念。凸空间用于环境不倾向线状时,例如建筑的内部配置(即使走廊或信道呈线状),数据结构上每一个房间被视为一个点,而房间的门或者开口视作联结。街景空间(vista space)适用于当外部自由空间大部分呈线状分布的状况时,例如城镇、乡村聚落,或是邻里社区。当人们在该类型的空间中行走时,在大部分的点上,该空间可被认知为一个街景的连续,因此,大致上可被描述为一条轴线,轴线图可以定义为最少数目的最长直线的联结图。在此图中,虽然在视觉上是一些线所组成,可是在图的数据结构上,这些轴线代表的就是点,而轴线与轴线的交点是联结。

### § 1.3 空间可视分析及相关内容发展

早在远古时代,可视性就是人们交流的重要方面,特别是在有关站点选址策略上(Gary Christopherson, phillip Guertin, 1996),如我国秦朝修建长城时就考虑到烽火台的选址问题。可视分析,近似的说法还有通视分析、可见性分析。空间可视分析广泛应用于社会的各个方面,包括经济、军事、规划与管理、景观分析、旅游规划、森林防火、楼宇监控、电力线布局,等等,如无线电转发器的确定(David

Kidner, 1998)、艺术馆问题 (art-gallery problem)、士兵问题、堡垒问题 (fortress problem) 等。

### 1.3.1 空间可视分析的定义

空间可视分析是个综合概念,它起源于人眼的生理结构,通过视觉感受和认知对地理目标加工,转换为对地理信息的表达。空间可视分析是指从人眼的视觉生理机能出发,对空间地理目标、现象、过程等进行观察、认识、感受、认知、加工的分析过程,是进行地理目标和过程的建模、表达,以及空间(行为)决策的基础。

简单地说,空间可视分析就是用眼去看世界、看到什么样的世界,表现在对可视世界的广度和粒度。也就是说在宏观上,可视表现在范围上,即可视域,通视域上;在微观上,表现在可视的详细度和精度上,这和地图学中的视觉变量和制图综合是分不开的。

一定程度上,长距离的可视分析反映了空间的广度;短距离的可视分析反映了空间的粒度。

人眼的原理与视觉变量的可变性是人眼注意力集中的地方,粒度小,其他范围大。粒度随距离变化表现出一定的等级性、非线性。

值得注意的是可视(分析)与可视化的概念是不同的,可视化是和视觉表象 (visual 或 visualization) 相关的,而可视是与看到的结果 (visible 或 visibility) 相联系的(江斌, 2002)。可以说,可视化是为视觉表现而进行的表达,它将地形的外形和表象呈现给视者,而可视关注于可视性和可视的范围。可视化的输出是便于人类的理解消化,是地理空间可视结果的表现,而可视的输出是为了进一步计算有关可视问题。在本书后面的论述中为避免误解,将可视化描述为视觉化。

### 1.3.2 可视分析的相关内容

可视分析总是离不开其可视的主体——人眼(或其他传感器),人眼的生理机能和感觉认知是可视分析的基础。人类感觉和认知世界主要是通过眼睛来进行的,其视觉感受认知是生理认知学和空间认知研究的重要内容。直观上人眼对地理空间目标的反应是“看到与否”、“看到多少”的问题,这就是空间可视分析的可视性(或可见性)计算的主要内容,从欧氏平面空间到3维空间的可视分析都是一个复杂的技术问题。人类对地理空间的不同认知层次的一个重要方面就是在不同的空间尺度上认知,不同空间尺度下,人们的观察效果是区别联系的,这就促使空间可视分析与空间尺度及对尺度的表达紧紧联系在一起。