

交通环保系列丛书



基于3S应用的公路环境影响评价新技术

New Skills for Road EIA Based on 3S Technology

胡健波
林 宇 著
吴世红



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

New Skills for Road EIA Based on 3S Technology

基于 3S 应用的公路环境影响 评价新技术

胡健波 林 宇 吴世红 著



人民交通出版社股份有限公司

China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书介绍了基于 3S 应用的公路建设项目环境现状调查、环境影响评价及其成果展示的公路环评新技术,是在长期从事公路环评及环保研究工作的大量实践经验基础上,经过分析提炼、总结编写而成。本书内容包括地理信息技术、遥感技术、导航定位技术、激光测量技术、全景摄影技术、影像定位展示技术等。

本书编写注重理论与实践的结合,借助大量的公路环评实例,凸显了基于 3S 应用的公路环评新技术的实用性与创新性,以期作为公路建设项目环境影响评价从业人员的技术手册,同样对其他生态影响类建设项目环评具有较好的借鉴作用,也可作为公路环保科研人员的参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

基于 3S 应用的公路环境影响评价新技术 / 胡健波, 林宇, 吴世红著. —北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2015. 12

ISBN 978-7-114-12697-0

I. ①基… II. ①胡… ②林… ③吴… III. ①高速公路—环境影响—评价—研究—中国 IV. ①U412.36
②X820.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 312531 号

书 名: 基于 3S 应用的公路环境影响评价新技术

著 作 者: 胡健波 林 宇 吴世红

责任编辑: 刘永芬

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盛通印刷股份有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 10.75

字 数: 249 千

版 次: 2015 年 12 月 第 1 版

印 次: 2015 年 12 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12697-0

定 价: 60.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

编 委 会

主 编：胡健波 林 宇 吴世红

编 委：戴明新 刘长兵 葛丽燕 李广涛 王志明

黄 伟 韩 健 杨 莹 许 刚 李东昌

李皑菁 王志勇 陈会东 熊红霞 余 乐

侯 瑞 崔凯杰

前 言

公路作为一种大型的线形交通基础设施,建设内容多、路线长、涉及范围广,存在“局部影响范围窄,整体影响范围长”的环境影响特点。公路沿线的环境保护目标往往数量多、分布广、类型杂,公路建设产生的环境影响与公路线形以及环境保护目标的空间位置密切相关,如交通噪声的距离衰减规律,公路设计线位与自然保护区的穿越和邻近关系等。因此,为了更准确地开展公路环境影响评价工作,环评从业人员应当具备一定的地理空间信息的获取、分析和表达的能力。

3S 技术是遥感(RS)、地理信息系统(GIS)及全球定位系统(GPS)技术的总称,即 RS 的大面积获取地表信息能力,GIS 的空间查询、管理和分析能力,GPS 的快速定位能力,这三种空间相关的高新技术系统,可满足快速高效的空间信息定位、提取和分析的需要。3S 技术已经广泛地用于军事、国土、农业、交通、环保等诸多领域,对社会的高效发展和数据管理作出了极其重要的贡献。

公路环境影响评价从业人员往往来自环境、生态、水土保持等环境科学相关专业,对于源自测绘学的 3S 技术的掌握并不专业,大多仅仅熟悉利用手持 GPS 对环境敏感点进行定位的功能。随着 3S 技术日新月异的发展,各种相关先进设备和软件的涌现,3S 技术在不断大众化,其应用门槛也在不断降低。例如,几乎为所有环评从业人员所熟悉的 Google Earth,就是一款简单易用的 3S 技术集成平台软件,为环境现状调查和评价结果演示汇报带来了极大的便利。

本书是在百余项公路环境影响评价项目中长期使用 3S 技术的实践经验基础上,逐步凝练、总结编写而成。通过一个个的公路环境影响评价案例,展示了 3S 技术在公路沿线环境现状调查、环境影响评价和成果展示等方面的应用价值和方法,期望能够对公路及其他大形线型工程环境影响评价从业人员有所帮助和借鉴。本书编写注重理论、技术和实践的结合。在此感谢交通运输部天津水运工程科学研究所环境保护技术研究中心的环评工程师们,是你们在一个个公路环境影响评价项目中的辛勤工作,才得以有丰富的 3S 技术应用机会,这是本书的根本基础。同时,在本书的组稿出版过程中,感谢人民交通出版社的编辑们为本书的最终出版付出的劳动。

目 录

第一篇 地理信息技术	(1)
第一章 概述	(1)
第一节 地理信息技术(GIS)基本原理	(1)
第二节 GIS 功能	(5)
第二章 GIS 在公路环评中的应用	(10)
第一节 公路线位与环境图件叠置	(10)
第二节 公路环境影响分析与统计	(17)
第三节 其他应用	(24)
本篇参考文献	(28)
第二篇 遥感技术	(30)
第一章 概述	(30)
第一节 遥感技术(RS)基本原理	(30)
第二节 多光谱遥感技术	(34)
第三节 遥感影像预处理与解译	(40)
第二章 公路沿线植被类型遥感调查	(47)
第一节 植被类型遥感调查流程	(47)
第二节 植被组成单一地区	(48)
第三节 植被组成复杂地区	(56)
第三章 公路沿线土地利用遥感调查	(59)
第一节 土地利用遥感调查流程	(59)
第二节 经济发达地区的典型案例	(64)
本篇参考文献	(66)
第三篇 导航定位技术	(68)
第一章 概述	(68)
第一节 GPS 的发展历史和现状	(68)
第二节 GPS 定位基本原理	(69)
第二章 GPS 导航定位技术在公路环评现场踏勘中的应用	(72)
第一节 常用的 GPS 设备	(72)
第二节 环评现场调查 GPS 导航定位方法	(73)
第三节 调查路线导航应用	(77)
第四节 调查目标定位应用	(80)

本篇参考文献	(84)
第四篇 激光测量技术	(85)
第一章 概述	(85)
第一节 激光测量基本原理	(85)
第二节 常用的激光测量设备	(88)
第三节 激光测量设备及操作	(91)
第二章 激光测量技术在公路环境现状调查中的应用	(94)
第一节 激光测量技术在林地调查中的应用	(94)
第二节 激光测量技术在河流调查中的应用	(97)
第三节 激光测量技术用于测量噪声敏感点	(98)
本篇参考文献	(104)
第五篇 全景摄影技术	(106)
第一章 概述	(106)
第一节 全景图	(106)
第二节 全景摄影	(107)
第三节 公路环境影响评价中的全景摄影需求	(113)
第二章 地面全景摄影	(115)
第一节 噪声敏感点	(115)
第二节 其他敏感点	(119)
第三章 空中全景摄影	(122)
第一节 旋翼无人机与空中全景摄影	(122)
第二节 敏感区域	(125)
第三节 植被类型	(129)
本篇参考文献	(135)
第六篇 图片定位展示系统	(136)
第一章 概述	(136)
第一节 图片定位方法	(136)
第二节 图片定位展示系统	(139)
第二章 公路环评应用成果展示	(141)
第一节 基于 Google Earth 的现场展示案例	(141)
第二节 基于全景漫游展示系统的现场展示案例	(153)
本篇参考文献	(165)



第一篇 地理信息技术

第一章 概 述

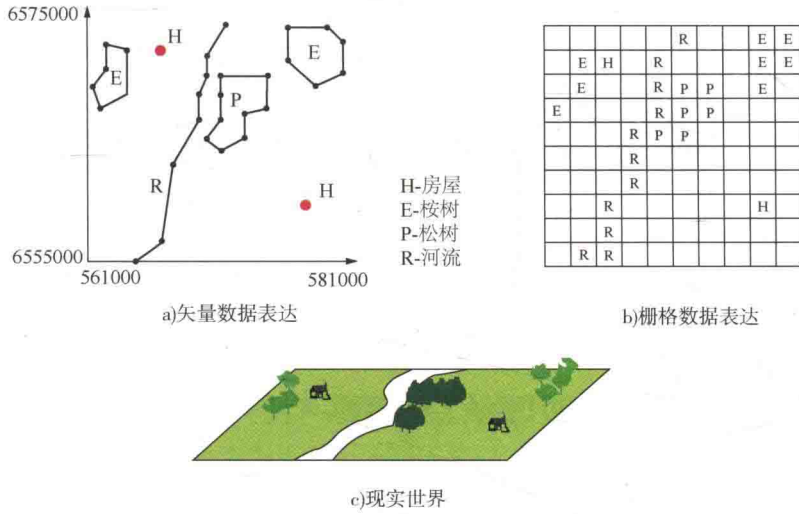
第一节 地理信息技术(GIS)基本原理

一、地理信息和空间数据

在谈地理信息技术(Geographical Information System, GIS)之前,首先要了解地理信息、空间数据等相关概念。这就涉及数据和信息两个术语。数据是指数字、文字、符号、声音、图像等符号,是对客观现象的表示,数据本身并没有意义。数据的格式往往和具体的承载介质有关,随着承载它的物理设备的形式而改变。信息是现实世界在人们头脑中的反映,它以数据的形式记录,可以进行传递和处理,为人们的生产、建设和管理等提供决策依据。数据是信息的表达载体,信息是数据的内涵,是形和质的关系。数据是未经加工的原始材料,而信息是对数据的解释、运用与计算,数据只有经过解释才有意义,才成为信息^[1]。

那么我们把用于表示地表物体和环境固有的数量、质量、分布特征、联系和规律的与空间地理分布有关的信息称作地理信息(也作空间信息),相对应的数据称作地理数据(也称空间数据),它具体描述地理实体的空间特征、属性特征和时间特征。空间特征是指地理实体的空间位置及其相互关系;属性特征表示地理实体的名称、类型和数量等;时间特征指实体随时间而发生的相关变化。根据地理实体的空间图形表示形式,可将空间数据抽象为点、线、面三类元素,它们的数据表达可以采用矢量和栅格两种组织形式,分别称为矢量数据和栅格数据(图 1-1-1)。

地理信息的最大特点是位置的识别与其他信息紧密相连。这种定位特征是通过公共的地理基础来实现的,即按照特定地区的经纬网或千米网建立的地理坐标来实现空间位置的识别,并按照特定的区域进行信息的并或分。地理信息具有多维结构的特征,在二维空间的基础上,实现多专题的第三维信息结构,各个专题型或实体型之间的联系是通过属性码进行的,这既对岩石圈—气圈—水圈—生物圈及其内部的相互作用进行综合性的研究提供了可能性,也为地理圈多层次的分析和信息的传递与筛选提供了方便。地理信息的时序性也是非常明显的,这种动态变化的特征一方面要求信息及时获取、定期更新,另一方面要求重视自然历史过程的积累和对未来的预测、预报,以免用到过时的信息造成决策的失误,或者缺乏可靠的动态数据,不能对变化中的地理事件或现象做出合乎机理的预测预报和科学论证。地理信息这种定位、区域性、多层次和动态变化的特征,能够实现对人口、资源和环境的综合分析、管理、规划和决策。



二、坐标系

坐标系统是 GIS 对空间数据进行显示、数据组织分析的基础,空间数据中的定位数据脱离了坐标系统将无法找到其在地球上的绝对位置,任何空间数据都需要也必然会注明其所采用的坐标系统。GIS 的坐标系统大致有三种:平面直角坐标系 (Rectangular Coordinate system, 或者用户自定义坐标系统),地理坐标系 (Geographic Coordinate System) 和投影坐标系 (Projection Coordinate System)。这三者并不是完全独立的,而且各自都有各自的应用特点。平面坐标系统很简单,常常在小范围内不需要投影或坐标变换的情况下使用,即不需要知道它在地球上的绝对位置,如室内设计图。而地理坐标系和投影坐标系又是相互联系的,地理坐标系是投影坐标系的基础之一。

1. 地理坐标系

地理坐标系是使用经纬度来定义球面或椭球面上点的位置的参照系统,是一种球面坐标。最常见的地理坐标系就是以经纬度来量算的球面坐标系统,由经线和纬线组成,经纬度以地心与地表点之间的夹角来量算的,通常以度分秒来度量。地理坐标系使用一个三维椭球体来定义地球上的位置,其经常被误认为是一个数据,但是数据仅仅是地理坐标系的一部分,地理坐标系包括角度测量单位、本初子午线和数据(数据是基于椭球体)。地理坐标系参数必须具备椭球体(对地球表面形状的逼近)和基准面(椭球体的位置、方位等)两个基本条件,系统参数才算完整。常用的地理坐标系如我国的北京 54 坐标系、西安 80 坐标系以及世界通用的 WGS84 坐标系(目前 GPS 定位所采用的地理坐标系)。自 2008 年 7 月 1 日起,我国全面启用 2000 国家大地坐标系。

2. 投影坐标体系

在三维的球面上进行测量非常困难,所以地理数据通常都要投影到二维的平面坐标上。投影坐标系是定义在一个二维平面的坐标系统,在二维平面上有着恒定的长度、角度和面积。在投影坐标系中,以网格中心为原点,使用 x 、 y 坐标来定位,每个位置用两个值确定(水平方向和垂直方向)。投影坐标系总是基于地理坐标系通过地图投影得到的,即按照

一定的数学法则,在三维的地球椭球面上的地表点与二维平面之间建立一一对应关系,将经纬网强行摊平成二维平面。我国比例大于或等于 1 : 500000 的地形图采用高斯—克吕格投影,其中大于 1 : 10000 比例尺的地形图采用按经差 3°分带,1 : 500000 ~ 1 : 250000 比例尺地形图采用经差 6°分带(图 1-1-2);我国 1 : 1000000 的地图采用正轴等角割圆锥投影(也称阿尔伯斯双标准纬线多圆锥投影)。WGS84 坐标系采用 UTM 投影,全称为“通用横轴墨卡托投影”,英文名称为 Universal Transverse Mercator,是一种等角横轴割圆柱投影。

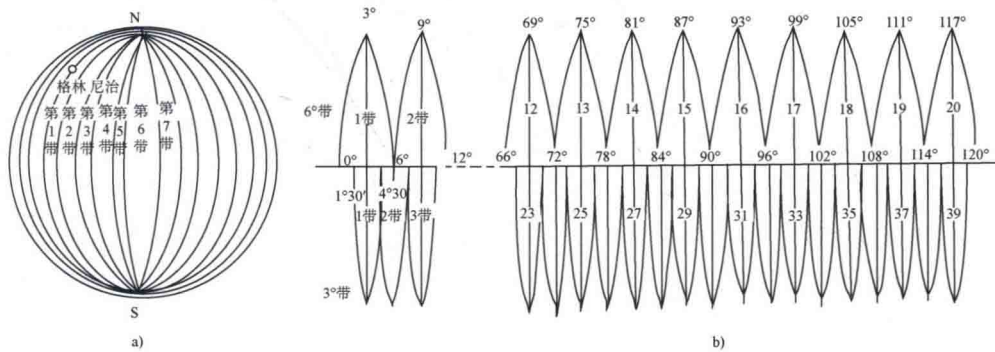


图 1-1-2 高斯—克吕格投影与分带

三、GIS 的概念

地理信息系统(GIS)是为特定应用目标建立的空间信息系统,是在计算机硬件、软件及网络的支持下,对空间数据进行输入、处理、存储、查询、检索、分析、显示、更新和提供应用的计算机技术系统。20 世纪 60 年代以来,随着电子计算机技术的发展及其广泛应用,在地理学中发展起一种新的工作手段和方法,它是遥感技术、计算机辅助制图技术等在地理学中应用的进一步延伸和发展^[1]。

GIS 对于不同的部门和不同的应用目的,其定义也不尽相同。为了能更具体地认识和真正了解 GIS 的概念,本书推荐美国联邦数字地图协调委员会(FIC-CDC)给出的关于 GIS 的定义和概念框架。他们认为“GIS 是由计算机硬件、软件和不同的方法组成的系统,该系统设计支持空间数据的采集、管理、处理、分析、建模和显示,以便解决复杂的规划和管理问题”。根据这个定义,得出 GIS 的框架和构成,如图 1-1-3 所示。

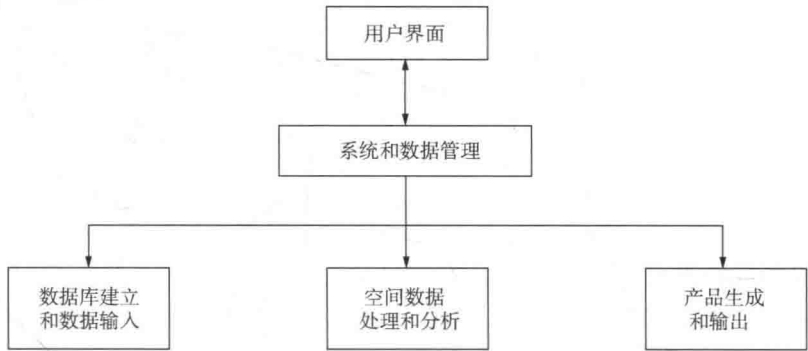


图 1-1-3 GIS 框架和构成



近年来 GIS 发展迅速,并且随着 GIS 工具型软件的不断成熟,在如地质勘探测量、环境监测、食源环境管理与保护、城市规划设计、城市管网电网布局、灾害监测防治等国民经济各部门各领域都得到广泛的应用,受到人们越来越多的重视。GIS 技术一方面可以有效地管理资源环境信息并对实践模式进行快速和重复的分析测试,科学和准确地进行标准评价,以便于决策;另一方面可以有效地对多个时期的资源环境状况及生产活动变化进行动态监测和分析比较,也可将数据收集、空间分析和决策过程综合为一个共同的信息流,显著提高工作效率和经济效益,为解决资源环境问题及保障可持续发展提供技术支持^[2]。

有学者断言:“地理信息系统和信息地理学是地理科学第二次革命的主要工具和手段。如果说 GIS 的兴起和发展是地理科学信息革命的一把钥匙,那么,信息地理学的兴起和发展将是打开地理科学信息革命的一扇大门,必将为地理科学的发展和提高开辟一个崭新的天地。”GIS 被誉为地学的第三代语言——用数字形式来描述空间实体。

四、GIS 的特点^[3]

GIS 的物理外壳是计算机化的技术系统,该系统又由若干个相互关联的子系统构成,如数据采集子系统、数据管理子系统、数据处理和分析子系统、可视化表达与输出子系统等。这些子系统的构成直接影响 GIS 的硬件平台、系统功能和效率、数据处理的方式和产品输出的类型。

GIS 的操作对象是空间数据,即以点、线、面方式编码并以(X,Y)坐标串存储管理的离散型空间数据,或者以一系列栅格单元表达的连续型空间数据。空间数据最根本的特点是每一个地理目标都按统一的地理坐标进行编码,实现对其定位、定性、定量和拓扑关系的描述。GIS 以空间数据作为处理和操作的主要对象,这是它区别于其他类型信息系统的根本标志,也是其技术难点之所在。

GIS 的技术优势在于它的混合数据结构和有效的数据集成、独特的地理空间分析能力、快速的空间定位搜索和复杂的查询功能、强大的图形创造和可视化表达手段,以及地理过程的演化模拟和空间决策支持功能等。其中,通过地理空间分析可以产生常规方法难以获得的重要信息,实现在系统支持下的地理过程动态模拟和决策支持,这就是 GIS 的研究核心,也是 GIS 的重要贡献。

GIS 与地理学和测绘学有密切的关系。地理学是专门研究人地相互关系的科学,研究各自然界面的生物、物理、化学过程以及探求人类活动与资源环境间相互协调的规律,这为 GIS 提供了有关空间分析的基本观点与方法,成为 GIS 的基础理论依托。测绘学不但为 GIS 提供各种不同比例尺和精度的定位数据,而且其理论和算法可直接用于空间数据的变换和处理。

GIS 与一般管理信息系统(Management Information System, MIS)的共同点是都是基于数据库的系统,区别是 GIS 对空间数据和非空间数据(属性数据)共同管理、分析和应用,而一般 MIS 侧重于属性数据的优化存储与查询,即便存储了图形也是以独立的文件形式存储,不能对空间数据进行查询、检索、分析,没有拓扑关系。GIS 与计算机辅助设计(制图)系统(Computer Aided Design, CAD)的共同点都是处理具有空间坐标的空间数据,区别是 GIS 更侧重于空间数据的分类、分析和应用,而后两者仅侧重于空间数据的制图表达;可以更加通俗地理解为 GIS 是为了“给人管”,而后两者是为了“给人看”。

五、GIS 的发展透视

1. 20 世纪 60 年代的开拓

Roger F.Tomlinson(加拿大)和 Duane F.Marble(美国)于 20 世纪 60 年代初首次提出“地理信息系统”。1962 年, Tomlinson 提出利用数字计算机处理和分析大量的土地利用地图数据, 并建议加拿大土地调查局建立加拿大地理信息系统(CGIS), 以实现专题图的叠加、面积量算等。到 1972 年, CGIS 全面投入运行与使用, 成为世界上第一个运行型的地理信息系统。

这个时期的特点是注重空间数据的地学处理, 以专家兴趣与大学研究为主。

2. 20 世纪 70 年代的发展

(1) 资源的开发利用和环境保护成为政府重点关注的问题, 需要 GIS 的空间分析技术和方法。

(2) 计算机技术的迅速发展, 如人机图形交互技术、第一套利用关系数据库管理系统软件的问世等。

(3) 专业化人才的增加, 许多大学开始提供 GIS 培训。

(4) 一些商业性咨询服务公司开始从事 GIS 工作, 如美国环境系统研究所(Environment System Research Institute, ESRI) 成立于 1969 年。这个时期的特点是注重空间地理信息的管理, 以机构开发与政府推动为主。

3. 20 世纪 80 年代的突破

(1) GIS 应用领域迅速广大。

(2) 许多国家制定了有关 GIS 的发展规划, 建立了一些政府性、学术性机构, 如中国于 1985 年成立了“资源与环境信息系统国家重点实验室”, 美国于 1987 年成立了国家地理信息与分析中心(The National Center for Geographic Information and Analysis, NCGIA)。

(3) 商业性咨询公司、软件制造商大量涌入。

这个时期的特点是注重空间决策支持分析, 商业化实用系统开始进入市场。

4. 20 世纪 90 年代的社会化

(1) GIS 已经成为许多机构必备的工作系统, 尤其是政府决策部门在一定程度上由于受 GIS 的影响而改变了现有机构的运行方式、设置与工作计划等。

(2) 社会对 GIS 的认识普遍提高, 需求大幅度增加, 导致 GIS 应用的扩大与深化。

(3) 国家级乃至全球级 GIS 成为公众关注的问题。

这个时期的特点是 GIS 行业化、产业化, 成为现代人类社会最基本的服务系统。

5. 21 世纪 10 年代的新发展

21 世纪 10 年代开始新一代 GIS 的研究与开发。这个时期的特点是网络化多级客户—服务器体系、标准化开放式机制、对象组件式架构、中间件与智能体技术、提供按需所求的 GIS 软件网络注册使用申请与应用服务能力。

第二节 GIS 功能

由计算机技术和空间数据相结合而产生的 GIS 这一高新技术, 包含处理地理信息的各

种高级功能,但其基本功能是数据的采集、管理、处理、分析和输出(图 1-1-4)。GIS 依托这些基本功能,通过利用空间分析技术、模型分析技术、网络技术、数据库技术和数据集成技术、二次开发环境等,满足社会和用户的广泛需求。

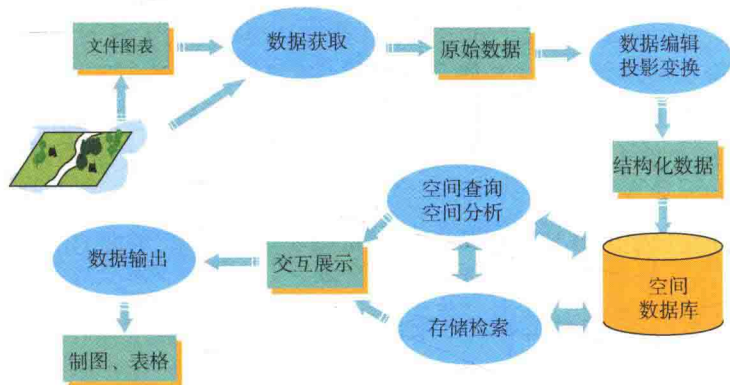


图 1-1-4 GIS 的功能实现过程

一、基本功能

1. 数据采集、检验与编辑

GIS 数据的建设占整个系统建设投资的 70% 或更多,为此,信息共享与自动化数据输入成为 GIS 研究的重要内容。可用于 GIS 数据采集的方法和技术很多,有些仅用于 GIS,如手持跟踪数字化仪,而自动扫描输入与遥感数据的集成最为人们所关注。扫描技术的应用与改进是一个富有挑战性的问题,扫描数据的自动化编辑与处理仍是 GIS 主要研究的技术关键。

2. 数据操作

数据操作方法包括数据的格式化、数据转换、数据概化。数据的格式化是指不同数据结构的数据间变换,是一种耗时、易错、需要大量计算的工作,应尽可能避免。数据转换包括数据格式转化、数据比例尺的变换。在数据格式的转换方式上,矢量到栅格的转换要比逆运算快速、简单。数据比例尺的变换涉及数据比例尺的缩放、平移、旋转等方面,最为重要的是投影变换。许多软件系统都对常见的投影进行定义。数据概化包括数据平滑、特征集结等。目前 GIS 提供的的数据概化功能很弱,与地图综合的要求还有很大差距,还有待进一步发展。

3. 数据的存储与组织

数据的存储和组织是一个数据集成的过程,也是建立 GIS 数据库的关键步骤,涉及空间数据和属性数据的组织。栅格模型、矢量模型或栅格/矢量混合模型是常用的空间数据组织方法。空间数据结构的选择在一定程度上决定了系统所能执行的数据与分析的功能。混合型数据结构利用了矢量和栅格数据结构的优点,为许多成功的 GIS 软件所采用。目前,属性数据的组织方式有层次结构、网络结构与关系数据库管理系统等。在地理数据组织和管理中,最为关键的是如何将空间数据与属性数据融合为一体。

4. 查询、检索、统计与计算

查询、统计、计算是 GIS 以及许多其他自动化地理数据处理系统应具备的最基本的分析方法与技术。

二、空间分析与模型分析

空间分析在地理学研究中有悠久的历史 and 传统,数学概念与方法的引入,并从统计方法扩展到运筹学、拓扑学等方法的应用,进一步促进了定量分析的能力。空间分析可用于分析和解释地理特征间的相互关系及空间模式。对空间分析方法的研究尤其是加强环境空间模拟模型的研究,在环境科学和公共决策分析中变得越来越重要。

空间性分析可分为三个不同的层次:一是空间检索,包括从空间位置检索空间物体及其属性和从属条件集检索空间物体。“空间索引”是空间检索的关键技术,有效地从大型的 GIS 数据库检索出所需信息,将影响 GIS 的分析能力;另一方面,空间物体的图形表达也是空间检索的重要部分。二是空间拓扑叠加分析。空间拓扑叠加分析实现了输入特征的属性合并以及特征属性在空间上的连接。三是空间模拟分析。目前多数研究工作着重于研究如何将 GIS 与空间模型分析相结合。研究分为三类:第一类是 GIS 外部的空间模型分析,将 GIS 当作一个通用的空间数据库,空间模型分析借助于其他软件;第二类是 GIS 内部的空间模型分析,试图利用 GIS 软件来提供空间分析模块以及发展适用于问题解决模型的宏语言,这种方法一般基于空间分析的复杂性和多样性,易于理解和应用,但由于 GIS 软件所能提供的空间分析功能极为有限,这种紧密结合的空间模型分析方法在实际 GIS 设计中较少使用;第三类是混合型的空间模型分析,其宗旨在于尽可能地利用 GIS 所提供的功能,同时也充分发挥 GIS 使用者的能动性。

空间分析和统计技术是 GIS 一个独立的研究领域,不仅成为区别于其他类型系统的一个重要标志,而且也为用户提供了灵活的解决各类专门问题的有效工具。常用空间分析统计方法有以下几种:

(1) 拓扑叠合。通过将同一地区两个不同图层的特征相叠合,不仅能建立新的空间特征,而且能够将输入的特征属性予以合并,易于进行多条件的查询检索、地图裁剪、地图更新和应用模型分析等。

(2) 缓冲区建立。研究根据数据库的点、线、面实体,自动建立各种类型要素的缓存多边形,用以确定不同地理要素的空间接近度或邻近性。它是 GIS 重要的和基本的空间分析功能之一,例如规划建设一个开发区,需要通知一定范围内的居民动迁;或者是需要按照距河流一定纵深范围来确定森林砍伐区,以防止周边地区的水土流失等。

(3) 数字地形分析。GIS 提供了构造数字高程模型及有关地形分析的功能模块,包括坡度、坡向、地表粗糙度、山谷线、山脊线、日照强度、库存量、表面积、立体图、剖面图和通视分析等,为地学研究、工程设计和辅助决策提供重要的基础性数据。

(4) 空间集合分析。空间集合分析是按照两个逻辑子集给定的条件进行布尔逻辑运算。

三、地图输出

经过系统的处理与分析,通过 GIS 技术可以产生新的概念和内容,直接输出供专业规划或决策人员使用的各种地图、图像、图表或文字说明,其中地图图形输出是 GIS 产品主要的表现形式,包括各种类型的符号图、动线图、点值图、晕线图、等值线图、立体图等。主要技术方法包括设置显示环境、定义制图环境、显示地图要素、定义字形符号、设置字符大小和颜色、标注图名和图例绘图文件编辑等。



地图是作为记录地理信息的一种图形语言形式,从历史的发展来看,GIS 脱胎于地图并成为地图信息的又一种新的载体形式,它具有存储、分析显示和传输的功能,尤其是计算机制图为地图特征的数字表示、操作和显示提供了成套方法,为 GIS 的图形输出提供了技术支持。电子图集与传统地图集相比,具有许多新的功能。

(1)声、图、文和数据多媒体集成,把图形的直观性、数字的准确性、声音的引导性和亲切感相结合,充分利用了使用者的各种感官。

(2)查询检索和分析决策功能,能够支持从地图图形到属性数据和从属性数据到图形的双向检索。

(3)图形动态变化功能,从开窗缩放、浏览阅读等基本功能到地图动画功能、多维动画图形模拟等。

(4)具有良好的用户界面,使使用者介入地图的生成过程。

(5)多级比例尺之间的相互转换。由于计算机幅面的限制和计算机潜在的计算功能和巨大的存储能力,具有多级比例尺不同程度的制图综合功能^[4]。

四、常用软件介绍

有代表性的 GIS 软件包括 ArcGIS、MapInfo、MAPGIS、SuperMap 等,这些软件既有国外软件,也有国内自主研发的软件。对于国外软件来说,由于 GIS 技术研究起步早,软件产品已经相当成熟,它们在全球占有较大的市场,知名度较高,如 ArcGIS 和 MapInfo。对于国内软件来说,虽然起步晚,但打破了国外 GIS 软件对我国市场的垄断,并且与国外软件的差距正在缩小,部分性能甚至已经超越了国外软件,如 MAPGIS 和 SuperMap。

ArcGIS 是目前功能最为完善、性能最为稳定的专业 GIS 软件平台之一,也是最庞大的 GIS 软件,由美国环境系统研究所(Environment System Research Institute, ESRI)开发。ArcGIS 具有强大的地图制作、空间数据管理、空间分析、空间信息整合、发布与共享的能力。ArcGIS 不但支持桌面环境,还支持移动平台、Web 平台、企业级环境以及云计算构架。同时 ArcGIS 还为开发人员提供了丰富多样、基于 IT 标准的开发接口与工具,轻松构建个性化的 GIS 应用。

MapInfo 是美国 MapInfo 公司的桌面 GIS 软件,其含义是地图+信息(Mapping + Information),即地图对象+属性数据,是一种数据可视化、信息地图化的桌面解决方案。它依据地图及其应用的概念,采用办公自动化的操作,集成多种数据库数据,融合计算机地图方法,使用地理数据库技术,加入了地理信息系统分析功能,形成了简单易学、二次开发能力强、极具实用价值的、可与普通的关系数据库连接、可以为各行各业所用的大众化小型软件系统。

MAPGIS 是武汉中地数码科技有限公司依托中国地质大学(武汉)信息工程学院开发的,新一代面向网络超大型分布式地理信息系统基础软件平台。系统采用面向服务的设计思想、多层体系结构,实现了面向空间实体及其关系的数据组织、高效海量空间数据的存储与索引、大尺度多维动态空间信息数据库、三维实体建模和分析,具有 TB 级空间数据处理能力,可以支持局域和广域网络环境下空间数据的分布式计算,支持分布式空间信息分发与共享,网络化空间信息服务,能够支持海量、分布式的国家空间基础设施建设。

SuperMap 是由北京超图软件股份有限公司依托中国科学院强大的科研实力开发的,具有完全自主知识产权的大型 GIS 软件平台,包括组件式 GIS 开发平台、服务式 GIS 开发平

台、嵌入式 GIS 开发平台、桌面 GIS 平台、导航应用开发平台以及相关的空间数据生产、加工和管理工具。其功能强大,覆盖行业范围广泛,深入国内各个 GIS 行业应用,已成为亚洲最大的 GIS 软件平台提供商。凭借超图公司领先的技术、开放的理念、优质的服务,SuperMap GIS 系列软件成为中国主流的 GIS 平台,并已成功地进入日本、韩国、新加坡、美国、意大利等国家,SuperMap 正逐步向一个国际化的 GIS 品牌迈进。

五、公路环境影响评价中的 GIS 需求

公路建设项目对生态环境、大气、水、社会经济、自然景观等都会产生不同程度的影响,涉及的环境要素复杂而且空间异质性高,影响程度与它们之间的空间位置关系息息相关(穿越或者邻近)。空间位置关系的分析是 GIS 的强项,可以将项目设施、受影响环境要素和潜在的影响因子等叠合在一起,直观地说明项目的环境影响,这就是常用的生态影响预测与评价方法——图形叠置法。《环境影响评价技术导则——生态影响》^[5]指出,图形叠置法适用于具有区域性影响的特大型建设项目评价中,公路建设项目就有区域性影响的特征。《公路建设项目环境影响评价规范》^[6]中将图形叠置法看作是一种兼具操作性和科学性的评价方法,实用、简便且非常直观,特别适合对于自然保护区、敏感生态系统影响的判定。目前,GIS 已经成为公路环境影响评价的常规手段之一^[7-9]。

值得一提的是,相比公路建设环境影响评价项目,GIS 能够在公路网规划环境影响评价项目中发挥更加重要的作用,因为后者涉及远远大得多的空间范围和更加丰富的环境数据。通过公路网布局方案与区域土地利用现状、各类环境敏感区的叠加图,可以说明规划公路网与自然保护区、风景名胜区、世界自然与文化遗产地等环境敏感区之间的空间位置关系;结合各环境敏感区的保护对象和保护要求,分析规划实施对其可能产生影响的途径、范围和程度。通过分析规划公路网可能穿越水源涵养和生物多样性保护等重要生态功能区、土地沙化和石漠化等生态脆弱区,森林和湿地等重要生态系统的长度和面积,识别出影响较显著的路段及受规划影响较大的区域。

另外,GIS 强大的空间分析功能能够极大地提高环境影响分析的自动化程度,在目前的计算机发展水平下,工作量与公路的长度以及环境数据量几乎无关。例如,通过对比工程可行性阶段和施工图阶段的公路线位图,自动判断变化的部位以及比例;通过叠加公路线位与土地利用类型图,自动统计公路建设需要占用的各种土地利用类型的面积和比例。

在下一章节中,我们将会通过列举具体的应用案例,从不同的角度阐述 GIS 在公路环境影响评价中的作用,让公路环境影响评价更加直观或更有效率。所有应用案例使用的 GIS 软件是 ArcGIS 9.3 版本,使用的坐标系是 WGS84 坐标系。之所以使用 WGS84 坐标系主要有两个原因:一是为了和野外踏勘所用的手持 GPS 记录的坐标保持一致;二是因为案例中的 GIS 数据非测绘级别且不涉密。



第二章 GIS 在公路环评中的应用

第一节 公路线位与环境图件叠置

公路线位与环境图件叠置是将拟建公路与收集到的环境相关的图形文件叠加在一起,通俗地讲就是在已有的环境相关的图形上“画”出该尚未建设的公路,让环境影响评价更加直观。根据经验,环境相关的图形文件大致可以分为两类:一类是原始的遥感影像(推荐使用 Google Earth 中免费的高清遥感影像);另一类是已有的各种专题图。前者主要适用于缺少专题图的情况,通过叠置可以在现场踏勘之前在室内预先筛选环境敏感点(如村庄、寺庙、学校、河流等),提高现场踏勘工作效率。后者主要适用于现场踏勘无法解决的情况,如现实中自然保护区的边界并没有明确的标记,现场踏勘无法确定公路设计路线是否穿越以及穿越的位置和长度。

一、公路线位与 Google Earth 叠加

Google Earth 是一款由 Google 公司开发的虚拟地球仪软件(采用 WGS84 坐标系),它把卫星影像布置在一个地球的三维模型上,给人以卫星上俯瞰地球的逼真体验效果。Google Earth 拥有数以 TB 计的海量卫星影像,其高分辨率的卫星影像主要来自美国 Digital Globe 公司的 QuickBird 商业卫星,分辨率高达 0.61m。虽然 Google Earth 不提供最新的卫星影像,但是能够满足对影像的时效性要求不高的需求。最关键的是 Google Earth 上的影像可以免费浏览。

公路线位与 Google Earth 叠加的过程实际上是制作 Google Earth 支持的 kml 或者 kmz 格式的公路线位文件的过程,用 Google Earth 打开该文件就等于实现了公路线位和高分辨率卫星遥感影像的叠加。该过程分三步:一是对包含公路线位的图件进行地图配准(又称图像配准或者几何校正)^①;二是提取公路线位有关的要素,剔除其他不必要的要素;三是将提取的公路线位导出成 kml 或者 kmz 格式文件。

第一步:地图配准。一般从公路设计单位能够获得的公路线位图件无外乎 CAD 矢量文件或 JPG 等栅格文件两种,都能够用 ArcGIS 的 Georeferencing 工具条实现地图配准。首先,在 ArcMap 中加载需要进行配准的公路线位图件,并与 Google Earth 上该公路所在区域的影像进行比对寻找配准用的控制点^②;然后记录所有控制点在 Google Earth 上的坐标,并通过 Georeferencing 工具条在公路线位图件上一一标识。以图 1-2-1 为例,公路线位图件是 CAD 矢量文件,除了设计公路线位之外还有各种地物背景,通过比较能够发现公路线位图件较陈

^①与遥感技术篇章中介绍的遥感影像预处理过程中的几何静校正相同。

^②ArcGIS 中对 CAD 矢量文件只能添加不超过 2 个控制点(建议 2 个),对 JPG 等栅格文件不限(建议至少 3 个控制点)。