

MapGIS开发系列丛书

大型三维GIS

平台技术及实践

主编 吴信才



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

MapGIS 开发系列丛书

大型三维 GIS 平台技术及实践

主 编 吴信才

副主编 谢 忠 周顺平 徐世武 万 波

参 编 胡茂胜 陈占龙 左泽均 孙 杰

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书以国家“863”项目“面向网络海量空间信息的大型GIS”研究成果为核心,凝结作者多年实施各类三维、地理信息系统等重大应用集成项目经验,系统地阐述了大型三维GIS平台开发与应用过程中的相关技术,详细地介绍了三维GIS数据管理、三维GIS模型构建、三维GIS可视化、三维GIS空间分析、三维GIS平台构建等内容,并结合MapGIS三维开发平台——MapGIS-TDE介绍了三维GIS二次开发体系、三维GIS平台应用实践等内容。

本书内容新颖、条理清晰、实例丰富、针对性强,可作为三维GIS工程技术人员参考书和指导书,也可作为遥感、摄影测量、地理信息系统、测绘工程、软件工程、信息工程等专业本科生、研究生从事三维应用的参考用书和指南。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

大型三维GIS平台技术及实践/吴信才主编. —北京:电子工业出版社,2013.11

(MapGIS开发系列丛书)

ISBN 978-7-121-21729-6

I. ①大… II. ①吴… III. ①互联网络—地理信息系统 IV. ①P208

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第250607号

责任编辑:田宏峰 特约编辑:蒲 玥

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:13 字数:330千字

印 次:2013年11月第1次印刷

印 数:4000册 定价:39.00元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。



21 世纪以来,随着城市规划、地质等领域的逐步拓展和计算机技术的飞速发展,人们对用三维图形图像表达资料和成果,以及在三维空间用三维技术进行资料分析的需求越来越迫切。由此,三维 GIS 已成为当前 GIS 领域的研究与应用热点。然而,由于三维数据和三维实体之间空间关系的复杂性,三维 GIS 相关技术总体上仍处于探索阶段,缺乏大型三维 GIS 软件平台,深入应用仍存在诸多困难和不足。

本书瞄准这一发展趋势和焦点,依托国家 863 项目——面向网络海量空间信息的大型 GIS (2003AA133010)、国家科技部科技型中小企业技术创新基金项目——三维可视化城市地质基础信息与咨询平台、国家科技支撑计划项目——城市市政基础设施管理与运营关键技术与示范 (2006BAJ15B03)、上海市三维可视化城市地质基础信息与咨询服务系统等重大科研项目,对大型三维 GIS 平台开发与应用过程中相关的技术进行系统阐述。

三维 GIS 作为一门涵盖多学科的科学,是一门综合性的高新技术,任何一本书想要包括三维 GIS 全部内容是不现实的。本书力争为地学类学科的学生把三维 GIS 平台研发涉及的基本原理、方法阐述透彻,使读者学完这本书后能够掌握从事三维 GIS 开发应用的基本技术,同时培养出更深入研究三维 GIS 的兴趣和潜力。本书主要内容包括三维 GIS 数据管理、三维 GIS 模型构建、三维 GIS 可视化、三维 GIS 空间分析、三维 GIS 平台构建、三维 GIS 二次开发体系、三维 GIS 平台应用实践。

参与本书编写的人员还有谢忠、周顺平、徐世武、万波、胡茂胜、陈占龙、左泽均、孙杰、刘永等,这些同志长期从事 GIS 软件的研究与应用开发,具有丰富的实践经验,使本书融入了科研集体在近年取得的科研成果。

编写本书的目的是为全面系统阐述大型三维 GIS 平台研发过程中涉及的原理和方法及在一些典型项目中的应用示范,希望本书能够博采众家之长,又能凸显我们的特点;既能分享丰富的知识,又通俗易懂。

由于编者水平和编写时间所限,本书不足之处在所难免,恳切希望广大读者和有关专家不吝指正,以便今后修订完善。

作 者

本书说明

本书内容结构

- 第1章作为三维GIS的入门概述,从整体上介绍三维GIS的概况、三维GIS平台技术现状和三维GIS平台应用及发展趋势等。
- 第2章作为三维GIS的理论基础,介绍三维GIS数据管理方面的内容,包括三维空间数据模型、三维空间数据组织和三维空间数据管理等。
- 第3章三维GIS模型构建,详细介绍空中物质建模、地上景观建模、数字地形建模和三维地质建模等。
- 第4章结合三维可视化的发展,主要介绍空中物质可视化、地上景观可视化、数字地形可视化、三维地质模型可视化和一体化集成显示等。
- 第5章三维GIS空间分析,在三维空间分析研究现状基础上,主要介绍空中参数分析、地上景观分析、数字地形分析、三维地质模型分析和基于Web的三维分析等。
- 第6章三维GIS平台构建主要介绍平台体系架构和功能层次结构,详细介绍各种平台构建技术。
- 第7章结合MapGIS-TDE介绍三维GIS二次开发体系,包括MapGIS-TDE二次开发框架、MapGIS-TDE二次开发模式、MapGIS-TDE二次开发应用模块和MapGIS-TDE二次开发流程等。
- 第8章结合具体实例,介绍MapGIS-TDE在气象行业、数字城市和地质行业中的应用。

目的要求、主要内容、重点难点

在每章的前面,有三个部分:“目的要求”说明了学习该章掌握的内容;“主要内容”列出了该章介绍的知识点,让读者对该章内容有整体把握;“重点难点”指出学习该章的重点内容与难点所在,读者可以有目的并带着问题去学习,提高效率。

小结、问题与解答、练习题

在每章的最后有三个部分:“小结”对本章内容进行总结;“问题与解答”列举并回答了与该章主题相关的常见问题;“练习题”可以让读者回顾本章主要内容,通过动手实践,获得与该章所讨论技术相关的更多经验。

代码使用说明

本书中的所有示例代码均可通过电子工业出版社网站下载,网址: www.hxedu.com.cn。

资源下载说明

有关MapGIS-TDE开发平台的介绍、安装包、帮助手册、典型案例等均可通过MapGIS直通车网站下载,网址: www.mapgis.com.cn/rswebsite/index.aspx。

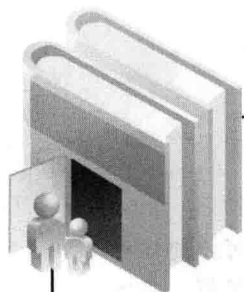


第 1 章 绪论	1
1.1 概述	3
1.2 三维 GIS 平台技术现状	4
1.2.1 平台体系架构	4
1.2.2 功能层次结构	6
1.3 三维 GIS 平台应用及发展趋势	8
1.3.1 应用现状	8
1.3.2 发展趋势	11
1.4 小结	12
1.5 问题与解答	13
1.6 练习题	13
第 2 章 三维 GIS 数据管理	15
2.1 三维空间数据模型	17
2.1.1 典型三维空间数据模型	17
2.1.2 基于规则库的三维空间数据模型	19
2.2 三维空间数据组织	21
2.2.1 三维空间索引结构及分类	21
2.2.2 三维金字塔式数据组织	24
2.3 三维空间数据管理	27
2.3.1 多源数据融合	27
2.3.2 三维空间数据管理方式	31
2.3.3 一体化无缝集成管理	33
2.4 小结	35
2.5 问题与解答	35
2.6 练习题	35
第 3 章 三维 GIS 模型构建	37
3.1 三维建模技术现状	39
3.2 空中物质建模	40
3.3 地上景观建模	42
3.3.1 基于二维 GIS 数据的三维建模	43
3.3.2 基于遥感影像的三维建模	44
3.3.3 基于激光扫描系统的三维建模	44

3.3.4	基于 CAD 模型的三维建模	45
3.4	数字地形建模	45
3.4.1	基于真实数据的地形生成技术	45
3.4.2	基于分形算法的地形建模技术	47
3.4.3	基于数据拟合的地形仿真技术	48
3.5	三维地质建模	48
3.5.1	三维地质建模方法与技术	49
3.5.2	层状地质体建模	82
3.5.3	复杂地质体建模	89
3.5.4	三维地质属性建模	110
3.6	小结	124
3.7	问题与解答	124
3.8	练习题	125
第 4 章	三维 GIS 可视化	127
4.1	三维可视化的发展	129
4.2	空中物质可视化	130
4.3	地上景观可视化	131
4.4	数字地形可视化	132
4.4.1	三维空间数据可视化的基本流程	132
4.4.2	基于体素地理数据的可视化	133
4.5	三维地质模型可视化	135
4.5.1	三维地质数据体视化概念	135
4.5.2	三维地质数据体视化技术	136
4.6	一体化集成显示	139
4.6.1	三维场景管理与可视化策略	140
4.6.2	大规模体数据可视化	141
4.6.3	虚拟现实展示技术	142
4.7	小结	143
4.8	问题与解答	143
4.9	练习题	144
第 5 章	三维 GIS 空间分析	145
5.1	三维空间分析研究现状	147
5.2	空中参数分析	148
5.3	地上景观分析	150
5.4	数字地形分析	151
5.5	三维地质模型分析	152
5.5.1	三维交互分析	152
5.5.2	数学量算	153

5.5.3	结构/属性模型融合分析	154
5.5.4	模型的专业计算	154
5.6	基于 Web 的三维分析	155
5.7	小结	156
5.8	问题与解答	156
5.9	练习题	157
第 6 章	三维 GIS 平台构建	159
6.1	平台体系架构	161
6.2	功能层次结构	163
6.3	平台构建技术	164
6.3.1	面向语义的三维空间矢量数据模型	164
6.3.2	基于数据中心的二维和三维一体化管理	165
6.3.3	基于 GPU 与模板的多视点动态剖切技术	166
6.3.4	基于时间序列的四维动态分析技术	166
6.4	小结	167
6.5	问题与解答	167
6.6	练习题	168
第 7 章	三维 GIS 二次开发体系	169
7.1	MapGIS-TDE 二次开发框架	171
7.2	MapGIS-TDE 二次开发模式	174
7.2.1	二次开发模式	175
7.2.2	二次开发语言	176
7.3	MapGIS-TDE 二次开发应用模块	177
7.4	MapGIS-TDE 二次开发流程	179
7.4.1	TDE 框架+TDE 插件二次开发流程	179
7.4.2	TDE 框架+TDE 插件+数据中心二次开发流程	180
7.4.3	TDE 框架+TDE 插件+ActiveX 控件二次开发流程	181
7.5	小结	181
7.6	问题与解答	182
7.7	练习题	182
第 8 章	三维 GIS 平台应用实践	183
8.1	MapGIS-TDE 在气象行业中的应用	185
8.2	MapGIS-TDE 在数字城市中的应用	186
8.3	MapGIS-TDE 在地质行业中的应用	189
8.4	小结	191
8.5	问题与解答	191
8.6	练习题	192

第 9 章 结语	193
9.1 总结	193
9.2 展望	194
参考文献	195



第 / 章

绪 论

地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 是一种特定的、十分重要的空间信息系统,它是在计算机硬、软件系统支持下,对整个或部分地球表层(包括大气层)空间中的有关地理分布数据进行采集、存储、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。三维是将采集以及经运算分析后对数据的表现、展示,三维数据相对二维数据更能表现出客观实际。随着 GIS 应用的深入,人们越来越多地要求从真三维空间来处理问题。

由于二维 GIS 数据模型与数据结构理论和技术的成熟,图形学理论、数据库理论技术及其他相关计算机技术的进一步发展,加上应用需求的强烈推动,三维 GIS 的大力研究和加速发展现已成为可能。本章作为全书的一个引子,将从三维 GIS 发展现状、趋势等方面,对三维 GIS 进行阐述,带您一起体验三维 GIS 功能的强大和应用领域的广泛。



目的要求

本章是三维 GIS 的概要,从整体上介绍了三维 GIS 的基本内容。读者可以通过对本章的学习,初步了解三维 GIS 的概念和基本知识,并基于对三维 GIS 的总体了解,从宏观上把握三维 GIS 平台的各种技术,为深入学习奠定基础。



主要内容

本章首先介绍三维 GIS 平台技术现状,在此基础上对三维平台体系架构和功能层次结构进行学习,最后对三维 GIS 平台应用及发展趋势进行介绍,层次深入,引导读者深入理解。



重点难点

本章的重点是掌握三维 GIS 平台体系架构和功能层次结构,了解三维 GIS 平台应用现状,并在此基础上把握三维 GIS 技术发展趋势。对三维 GIS 平台技术现状的理解及掌握将是本章学习的一个难点。



1.1 概 述

21 世纪以来,地理信息技术以其强大的存储、处理、分析与展现空间和非空间数据的优势,正以空前的速度强有力地改变着我们的生产和生活方式。然而,现有的绝大多数 GIS 软件都使用二维模型近似性描述三维空间信息,使得众多行业领域中许多实际问题得不到很好的解决,难以满足社会及经济发展对 GIS 提出的要求。因此,要适应现代的科学管理就迫切的需要发展三维 GIS,这是目前 GIS 软件发展的主要趋势之一,已引起 GIS 学术界广泛的关注并成为具有国际前沿性质的研究焦点。

三维 GIS 是能够对真三维空间内的空间对象进行三维描述和分析的 GIS 系统,它可以描述地上的大气环境、构筑物、建筑物、地表高程以及地下地质环境等涵盖地上、地表与地下全方位的三维空间信息,提供全方位三维空间信息分析和服,已经广泛应用到气象、景观、地质建模等多个领域。

在气象应用方面,针对气象站点分布广泛、信息种类繁多等特点,已实现了基于三维技术的全国气象综合 GIS 平台,为用户提供更及时、更快捷、更准确的气象信息服务。基于地理信息系统实现综合查询并发布高质量的信息加工分析产品对于指导气象部门进行气象决策。在地上景观建模方面,国内外众多学者对三维城市和城市模型进行了实践研究。2010 年 10 月,国家住房和城乡建设部正式发布《城市三维建模技术规范》国家行业标准,完善了城市三维建模的标准。截至 2010 年年底,全国已有 100 多个城市相继开展或完成了城市三维的建设工作,并取得了初步较好的社会和经济效果,极大地提高了城市的综合信息管理水平。在地形建模方面,随着遥感和数字摄影测量技术的发展,使用由航空航天摄影测量所获取的地形数据,结合真三维建模技术来创建高度细节层次的三维地形模型已经得到普遍应用,成为未来地形可视化领域主要的地形建模方法。在地质三维建模方面,从 20 世纪 90 年代初期开始,三维地质建模便受到地球科学专家和学者的重视,并逐渐成为矿山地质、水文地质、油气勘探、岩土工程等各领域研究热点。

然而,目前的三维 GIS 平台大多数只停留在可视化方面,能够提供三维空间分析的商业化三维 GIS 平台屈指可数,而且这些平台一般只针对地上环境、地表景观、地下地质环境中某些单方面进行管理或模拟,尚未出现真正将空中、地上、地表及地下整个真三维空间相结合,进行综合管理、可视化及分析的三维 GIS 平台。针对三维 GIS 系统的研究仍不能很好地解决三维地理信息系统面向地上、地表及地下综合应用的需要,特别是在统一的时空框架下对地上、地表及地下的三维空间信息进行整体的描述、可视化表达、管理、分析与应用等方面需要进行更深入的研究。

以 GIS 的角度对真三维空间信息进行管理、建模、可视化与分析的三维 GIS 平台能够提升我国三维 GIS 的相关技术水平和核心竞争力,解决三维 GIS 应用系统开发困难、门槛高的尴尬,实现快速的应用、灵活的搭建,使得用户能够参与构建三维 GIS 系统成为可能,加快三维技术应用的普及速度,提高我国三维信息管理的技术水平与应用能力,为城市规划、国土资源管理、地质勘查、城市应急响应等各行业的应用提供及时、可靠的数据支撑,有效提升各行业的信息化共享能力,为社会的信息化、智能化和政府决策提供技术支撑。

1.2 三维 GIS 平台技术现状

当前,与三维 GIS 相关的系统主要分为以地上目标建模与可视化为主的 3D CMS 和以地下目标建模与可视化为主的 3D GMS 两大类。国际上,比较著名的城市模型系统有:提供全球的地貌影像和 3D 数据的 Google Earth 软件、拥有国际领先三维数字化显示技术 Skyline 三维 GIS 软件、支持从 2D 到 2.5D 矢量数据快速转换的 ESRI 的 ArcView 3D Analyst、支持多细节层次 3D 建模的 GEONOVA 的 DILAS、基于 Oracle 对象关系数据库的数据管理与存储、基于 XML 的处理规则和基于 WEB 网络的地学信息服务,以及其他诸如 ArcGlobe、Intergarph 公司的 GeoMedia Terrain 模块等。国内典型三维 GIS 软件有适普软件有限公司的“三维可视化地理信息系统 IMAGIS”、吉奥信息工程技术有限公司的“数码城市地理信息系统 CCGIS”、灵图软件技术有限公司的“三维地理信息系统平台 VRMap”等。

在三维地质建模方面也有许多专业软件,国际上比较有影响的有 Skua、EarthCube、Gemcom、Mincom、MineMap、Vulcan、3D Move、EarthVision、Micromine、AVS/Express、LYNX、CTech、Geosec、GeoViz 等。我国的三维地质建模软件系统主要有南京大学与胜利油田合作开发的 SLGRAPH 系统、中国地质大学(武汉)资源学院的 GeoView 系统、北京理正软件设计研究院的“理正地理信息系统”、北京东方泰坦公司与广东省地质调查院合作开发 TITAN T3M 建模系统、中地数码科技有限公司的 MapGIS-TDE。

1.2.1 平台体系架构

随着计算机技术的发展与革新,GIS 技术已经相当成熟,商业化 GIS 平台产品已成为当今发展最快的软件产业之一。从目前国内众多地理信息系统使用的 GIS 软件的应用情况来看,使用国外进口软件,以 ArcGIS、MapInfo 居多。但随着国内 GIS 行业的发展,国内 MapGIS、SuperMap、GeoStar 等也逐渐替代国外 GIS 软件,成为国内主流 GIS 行业软件。系统平台的选择除了需要考虑其伸缩性,还应满足系统“无缝”集成性以及系统的安全性。现有的基于 GIS 的平台架构主要有单机版和基于网络的客户端/服务器(C/S)、客户端/服务器(B/S)、SOA、网格、云等平台体系架构。这里我们主要调查比较了目前国内外 GIS 平台中五种比较常用的平台体系架构:C/S、B/S、SOA、网格、云等体系架构。

1. C/S、B/S 体系架构

平台体系结构从过去单用户发展到今天的文件/服务器(F/S)体系和领导主流的 C/S 体系及 B/S 体系。C/S 体系结构可以充分利用两端硬件环境的优势,将任务合理分配到客户端和服务器端来实现,降低系统的通信开销。C/S 架构软件应用服务器运行数据负荷较轻、数据的存储管理功能较为透明等优势特点,但其维护成本高昂且投资大。另外,C/S 体系结构的平台软件需要针对不同的操作系统开发不同版本的软件,加之产品更新换代快,难以适应百台电脑以上局域网用户同时使用。

B/S 体系结构是对 C/S 结构的一种改进结构,主要利用不断成熟的 WWW 浏览器技术,结合浏览器的多种 Script 语言和 ActiveX 技术,用通用浏览器实现原来需要复杂的专用软件才能实现的强大功能,是一种全新的软件系统构造技术。在网络拓扑结构上,B/S 采用星形建立企业内部通信网络或利用 Internet 虚拟专网(VPN)。B/S 架构分布性广,灵活方便,用





户工作界面通过万维网浏览器来实现,极少部分的事务逻辑在前端(Browser)实现,主要事务逻辑在服务器端(Server)实现,形成所谓三层 3-tier 结构,简化客户端计算机载荷,减轻系统维护与升级的成本和工作量,降低用户总体成本(TCO)。

总体说来,C/S 的特点是安全、快捷、准确,B/S 的特点是节省投资、跨地域广。

2. SOA 体系架构

B/S 架构是相对于 C/S 的登录方式的不同而命名,所有的数据存储、计算、格式化及页面代码的生产都依赖于 Web 服务器,但其缺点是数据处理同步方式带来时间冗余,页面动态更新、响应速度慢,难以实现个性化需求,无状态方式带来的会话控制成本等,SOA 体系架构可以解决 C/S 和 B/S 体系架构中一些不足之处。SOA 本身是一种面向企业级服务的体系架构,是一种进行系统开发的新的体系架构,被誉为下一代 Web 服务的基础架构。

SOA 是在计算环境下设计、开发、应用、管理分散的逻辑(服务)单元的一种规范。在基于 SOA 架构的系统中,围绕服务的所有模式都是基于标准的技术实现的,具体应用程序的功能是由一些松耦合且具有统一接口定义方式的组件(即 Service)组合构建起来的,其优势是可以将系统和应用迅速转换为服务,不仅覆盖来自于打包应用、定制应用和遗留系统中信息,还覆盖来自于安全、内容管理、搜索等 IT 架构中的功能和数据。基于 SOA 的应用能更快地应对市场变化,促使企业业务部门设计开发出新的功能应用。基于 SOA 架构的系统一定是从企业的具体需求开始构建的,SOA 和其他企业架构的不同之处在于 SOA 提供的业务灵活性,即能对业务变更进行快速和有效的响应,具有利用业务变更来得到竞争优势的能力。

3. 网络体系架构

Web 体系架构侧重于利用现有网络来实现数据共享,强调利用网络实现 GIS 的互联操作,但是,Web 体系架构基于 RMI、CORBA、DCOM 等中间件平台,要求服务客户端与系统提供的服务本身之间进行紧密耦合,无法实现跨平台的数据访问,以及面对计算密集型或者数据密集型的 GIS 应用,会存在一些问题。另外,Web 服务没有状态保持机制,无法辨别。然而网络 GIS 体系架构可以解决 Web 服务技术中存在的不足。网络应用普遍存在的有状态服务、异步状态通知难题,现有的 Web 服务技术没有提供一种标准方式加以解决。

网络 GIS 即“Grid GIS=GIS+Grid+Internet+Middleware”,在继承现有 Web 服务核心标准的基础上,建立一个符合一套约定和接口显状态的 Web 服务,这些约定和接口提供了对显状态服务的一种可控的、抗错的和安全的、管理,通过共享资源、协作及并行计算,网络技术可以集成计算能力,提供有效集群和负载均衡,支持多用户空间操作的协调,解决 GIS 服务中的诸多问题。网络体系架构可以分为三个层次:数据资源层、网络服务层和应用层。网络技术在 GIS 服务中的应用研究,以提供一体化、智能化 GIS 服务为目标,力图借助网络基础建设,结合 OGC 互操作规范,改变传统 GIS 服务的单一化形式和应用模式,增强计算、协作、迁移和集成的能力。

4. 云计算体系架构

尽管网络被认为是下一代的 Internet,但是其多约束性在应用面向对象思想进行实现时,容易因为公共业务逻辑而产生大量的代码交织和分散,进一步造成可跟踪性差、代码重用性差、代码质量差、难以维护等问题,从而加剧了模块间耦合度,给网络应用的开发和后期维



护带来诸多不便。云计算体系架构在这些方面显示出了优势,云架构主要针对基础设施进行整合成一个大的服务器和服务器应用平台,实现各硬件间的负载均衡,充分利用计算、存储资源,支持快速度的应用开发。

经典的云计算架构包括 IaaS、PaaS、SaaS 三层服务。云平台的云计算架构分为硬件层、虚拟层、软件平台层、能力层、应用平台层及软件服务层,每个层次之间都是松耦合关系,在一个具体的应用中,并非应用到每个层次的服务,而是根据具体的应用环境搭建相应的云计算架构。基于云架构的 GIS 平台体系优势有:一个/最零前期基础设施投资、准时制的基础设施、更高效的资源利用、基于成本、潜在缩水的处理时间等。云架构体系可以提供标准化的软件服务,提供 7×24 小时全天候企业操作平台,各个业务流程相互操作,各协作企业协同工作。云服务是一个独立的商业服务,并非一个独立的 IT 系统,是一个灵活的软件服务,企业可以根据自身的需求自由组合自己的业务系统,实现方便快捷的访问,自由办公。此外,云架构可以分发和协调大规模工作在不同机器上运行流畅,可基于动态工作负载向上和向下扩展等优势特点。

1.2.2 功能层次结构

三维 GIS 平台搭建大致可分为基础平台层、功能层及应用服务层。基础平台层在底层硬件系统、操作系统、数据库系统等支撑环境下构建了基于三维 GIS 的框架体系,功能层提供了一系列功能强大、交互性好、计算准确的三维 GIS 分析功能,应用服务层提供面向各专业领域的应用服务,功能层是三维 GIS 平台的核心,已有众多学者针对三维 GIS 平台应具有的功能进行了描述。

Rhind 基于二维 GIS 的发展状况提出了三维 GIS 可能包括的 10 项功能:

- 数据采集和检验有效性;
- 数据结构化和转化为新的结构,包括创建拓扑关系和从一种拓扑关系转化为另一种拓扑关系);
- 各种变化,如平移、旋转、比例、剪切 (shear);
- 选择;
- 布尔操作,如交、并差、或;
- 切割断面、开隧道 (tunneling)、建筑 (building);
- 计算,如体积、表面积、中心、距离、方向;
- 分析;
- 可视化;
- 系统管理。

Kelk 为三维地学模拟提出过 14 项功能:

- 从其他系统中引进数据和部分分析功能;
- 保存和操作真三维坐标数据;
- 无原始坐标信息损失地变化方向;
- 保存和显示地理对象内部组分的信息;
- 能够方便地进行交互式修改,可针对地理对象及其数据库;
- 允许满足不同数据模型要求的模型重建;



- 将断层等特征作为事件考虑, 允许它们影响地学对象;
- 处理大的比例尺差异;
- 处理内部流体运动和其他时间方面的事件;
- 和其他定量公式交互;
- 允许局部细节和更广的软中心 (soft-focus) 图片显示;
- 视觉上使用户满意;
- 分析各种建模趋势、模式及与其他 GIS 模块的联系;
- 在主要的数据库中存储模型和导出报表。

Breunig 从空间信息集成的角度为三维 GIS 的发展提出了三项必备的功能:

- 复杂地学对象的管理和处理;
- 能够对由各种空间对象表达形式表示的地学复杂对象进行有效的空间存取;
- 能够对各种空间对象进行有效的空间操作。

Alexander 和 Sigrid 在城市三维 GIS 的设计者中提到了三维城市 GIS 应该具备的另两项功能:

- 应能受益于现代数据获取方法的进步;
- 三维城市 GIS 应面向未来的技术。

三维 GIS 也必须解决一些传统问题, 如不确定性、误差定位和消除、处理数据模型的不连续、处理时态数据、处理在不同数据结构中的不同类型和不同比例尺数据等, 众多学者对三维 GIS 平台所需功能进行了一系列的定义。

综合上述观点, 结合应用系统开发经验和具体用户的需求, 三维 GIS 与二维 GIS 相比, 对空间对象进行三维空间分析和操作是其特有的功能。目前, 许多学者对三维 GIS 应具有的功能作了阐述。在此基础上, 结合 GIS 基本功能, 对三维 GIS 应具有的功能进行了总结, 三维 GIS 除应具有二维 GIS 的基本功能之外, 还应包括以下功能。

(1) 2.5 维信息处理分析功能: 已有数据中有大量 2.5 维信息数据, 这些数据对于简单的三维可视化、分析仍具有重要价值, 因此三维 GIS 应具有处理分析这类信息的功能。

(2) 三维数据获取: 包括两方面内容, 一是利用遥感、测绘等技术直接获取三维数据; 二是利用数据交换接口, 从其他数据库将不同格式的数据转入到本数据库中。总体来说三维 GIS 应具有灵活的数据交换接口, 能容纳多源数据, 使更多的数据能够被利用。

(3) 三维数据存储、管理: 三维空间数据库是三维 GIS 的核心, 存储庞大的三维空间数据, 需要高效适宜的数据库管理技术, 实现快速连接、检索、提取等。此外, 还应支持对三维数据的本地存储和网络存储。

(4) 三维数据编辑、可视化操作: 主要实现数据的编辑及图形数据的删除、修改等操作。可视化主要包括对三维空间对象的平移、旋转、缩放、切割生成剖面图等功能。

(5) 三维建模: 三维空间是复杂的, 基于三维的应用也有着巨大差异, 地质、环境、数字城市等不同的领域需要不同的三维模型, 对三维 GIS 功能的需求也不一样。因此三维 GIS 应针对不同应用领域, 提供系列三维建模功能, 如地表景观建模、城市三维建模、三维地质建模等。

(6) 三维空间分析: 它是三维 GIS 独有的能力, 是直接在三维空间中进行操作与分析, 空间分析应该是面向用户的, 通过空间分析解决用户特定的问题, 为决策者提供决策支持。



三维空间分析除了包括二维 GIS 的分析功能外,还应包括针对三维空间对象的特殊分析功能。具体可分为以下几类:

- 查询,包括几何参数查询、空间定位、关系查询等;
- 空间量测;
- 叠置分析;
- 缓冲区分析,如点、线、面、体缓冲分析;
- 网络分析:包括最短路径、资源分配、连通分析等;
- 地形分析;
- 剖面分析;
- 空间统计分析。

(7) 多维转换:是指将传统一维、二维对象转入到三维 GIS 中,区分出一维、二维对象在垂直方向上的变化,以及将时间维融入实现静态的三维的动态化,另外出于实际需要三维对象用传统二维方式进行表达处理等。

(8) 数据输出、共享:将系统的三维数据以不同的格式输出到其他系统中去,实现数据多次利用,或者利用设备输出二维、三维空间视图等;由于网络的高度发展,还要考虑通过网络实现三维功能共享。

1.3 三维 GIS 平台应用及发展趋势

1.3.1 应用现状

三维 GIS 平台已经广泛应用于天气预报、数字城市建模、地形建模和地质建模等众多领域,按照由上至下的高度层次可划分为空中、地上、地表、地下四个方面的应用:

1. 三维 GIS 在空中的应用

GIS 作为一门重要的信息技术,已经在如天气预报应用、气候区划应用、地质灾害气象预报、台风信息分析、综合气象服务系统等气象业务方面,并表现出了良好的应用前景。

1) 天气预报应用

GIS 在数值天气预报(NWP)业务中开始发挥越来越多的作用。首先,可以将单点实时观测数据进行网格化,并根据不同的应用需求,建立不同的模式方程;同时,在方程中将地理数据、气象数据等数据源作为自变量进行空间分析与计算,从而得出不同的预报要素,最后,通过 GIS 的加工、处理及显示功能,制作出数字化的多媒体天气预报图件或图表。利用 GIS 技术的绘制、分析、可视化能力,还可以进一步帮助气象专家解释天气数据与天气形势,得出更加准确的天气预报。

2) 气候区划应用

以第三次全国农业气候区域划分为契机, GIS 技术在农业气候区划领域得到较好的应用。农业气候区划的基本流程是首先确定区划对象、确定区划指标,然后建立区划模型,进行气候资源小网格推算,最后进行分析制图。在整个流程中, GIS 可以管理空间上离散点(如气象监测站)的基本气候资料,包括热量条件、水分条件、光照条件、辐射条件等,可以管