



普通高等教育“十三五”规划教材

ArcGIS Engine

开发技术基础教程



柳锦宝 王增武 李玉婷 陈 军 喻 亮 褚永彬 编著



科学出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

ArcGIS Engine 开发技术 基础教程

柳锦宝 王增武 李玉婷 编著
陈 军 喻 亮 褚永彬

四川省高等学校省级精品在线开放课程“地理信息系统原理”建设项目
成都信息工程大学本科教材建设项目

成都信息工程大学教改项目“GIS 开发类课程‘案例任务驱动’教学模式的研究与实践”(Y2013118)

成都信息工程大学“质量工程”GIS 原理精品在线开放课程建设项目



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以 Visual C#.NET 和 Visual Basic.NET 为开发语言, 结合大量的开发实例, 详细介绍基于 ArcGIS Engine10.4 进行 GIS 二次开发的方法和过程, 并提供实训项目。全书由浅入深, 首先, 从地理信息系统常见的 3 种开发方式入手, 阐述每种开发方式的特点, 并对这 3 种开发方式进行分析和比较。其次, 对 ArcGIS Engine 的特性、功能和开发资源库等进行总体介绍, 进一步介绍 ArcGIS Engine 的核心控件及相关接口, 为下一步的开发奠定基础。再次, 从地图显示浏览入手, 介绍 GIS 数据的组织与访问、几何对象和空间参考、空间数据管理与编辑、制图渲染与输出、简单的空间分析等内容, 涵盖 GIS 数据的采集、编辑、处理、分析、输出等基本功能。最后, 本书给出 6 个实训项目, 每个项目都提出了实验目标, 要求学生在学完相应章节后, 在规定的学时内完成实训项目, 达到对知识的融会贯通。

本书可作为测绘工程、遥感科学与技术、地理信息科学等相关专业的本科生和研究生教材, 也可供测绘、国土资源、城市规划、交通、环境保护等部门的研究和开发人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

ArcGIS Engine 开发技术基础教程 / 柳锦宝等编著. —北京: 科学出版社, 2018.4

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-03-053907-6

I. ①A… II. ①柳… III. ①地理信息系统-应用软件-软件开发-高等学校-教材 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 303649 号

责任编辑: 杨 红 程雷星 / 责任校对: 杜子昂

责任印制: 吴兆东/封面设计: 迷底书装

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>

北京厚诚则铭印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 4 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018 年 4 月第一次印刷 印张: 14 1/2

字数: 371 000

定价: 49.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

GIS 开发技术是地理信息科学、遥感科学与技术 and 测绘工程等专业非常重要的一门课程，国内很多高校都在开设。该门课程的实践性很强，同时由于其内容繁多，学生学习难度较大。GIS 开发技术课程不仅需要讲授大量的基础知识和基本概念，还要对程序代码进行讲解。传统的教学方法主要侧重教师的讲授，引入有关概念时，往往是按“提出概念—解释概念—举例说明”的顺序讲解，而 GIS 开发技术课程的知识点或技术点的分布是网络型的而不是线性的，学习者可以从任意一点入门，学习次序并没有严格的规定，因此它的知识体系较难把握，对教材的要求也比较特殊。

ArcGIS Engine 已经成为组件式 GIS 开发的首选产品。作者通过对近几年出版的 GIS 图书进行调查和分析，发现虽然有 ArcGIS Engine 方面的书籍出版，但适合本科生或者初学者学习的教材很少。因此，为了实现创新型和应用型人才培养的目标，编写适合新时代要求的 GIS 开发技术教材是非常有必要的。本书的每一章都对应着一个具体的 GIS 功能，先介绍基本概念，然后讲述基于 ArcGIS Engine 实现这个功能所提供的接口和类，并给出具体的实现方法和代码示例。本书提供的代码示例不需要做任何修改就可以直接在计算机上运行。读者在学习完本书及大量的代码示例后，通过实训项目的练习，可以很快地运用 ArcGIS Engine 平台进行 GIS 系统的搭建。请访问科学书店 www.ecsponline.com，检索图书名称，在图书详情页“资源下载”栏目中获取本书配套代码。

作者多年来一直从事 MapObjects、MapX、SuperMap Objects 和 ArcGIS Engine 的实际开发和教学工作。本教材将设计科学的、切实可行的相关案例与任务，将各个知识点进行有机结合，贴近实践，注重基础性与实用性的结合，旨在为地理信息科学、遥感科学与技术 and 测绘工程等专业的老师和学生提供参考。

本书是集体智慧的结晶。参与本书编写的人员有柳锦宝、王增武、李玉婷、喻亮、陈军和褚永彬等，成都信息工程大学资源环境学院研究生于静、费晓燕、张鑫钰、高瑜莲等参与了部分内容的整理和修改。本书在编写和出版过程中，得到了成都理工大学地球科学学院何政伟教授、北京师范大学地理学与遥感科学学院杨华教授和成都信息工程大学资源环境学院刘志红教授的热心指导，得到了科学出版社杨红女士和李欣女士的大力支持和帮助，在此一并向他们表示衷心的感谢！特别感谢成都信息工程大学资源环境学院的老师们对我工作上的关心和帮助，正是这个团结、上进的集体为本书创作营造了良好的氛围。最后还要感谢一直默默付出、给我无限关爱的家人，他们的鼓励和支持，是本书完成的动力和保证。

由于时间仓促且作者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正。

以下是作者的联系方式：028-85966930，liujinbao1107@163.com。衷心希望广大读者能够和我们联系、沟通和交流，提出宝贵的意见和建议，以便我们不断提高和进步。

编著者

2017 年 11 月于成都信息工程大学

目 录

前言

第 1 章 GIS 开发技术简介	1
1.1 地理信息系统工程开发方法	1
1.2 地理信息系统的开发方式	4
1.3 地理信息系统工程开发过程	8
第 2 章 ArcGIS Engine 简介	13
2.1 ArcGIS Engine 产品概览	13
2.2 ArcGIS Engine 的关键特性	13
2.3 ArcGIS Engine 的功能	14
2.4 开发资源库	15
第 3 章 使用 ArcGIS Engine 控件进行开发	16
3.1 MapControl 控件	16
3.2 PageLayoutControl 控件	29
3.3 TOCControl 控件	30
3.4 ToolbarControl 及相关对象	32
3.5 SymbologyControl 控件	36
第 4 章 地图和地图布局相关对象	37
4.1 地图相关对象	37
4.2 地图布局相关对象	43
第 5 章 几何对象	49
5.1 几何对象模型	49
5.2 几何对象及相关接口	50
5.3 空间参考	64
第 6 章 空间数据管理	65
6.1 访问数据	65
6.2 创建数据	79
6.3 数据编辑	85
6.4 数据转换	88
第 7 章 数据显示	91
7.1 颜色的设置	91
7.2 符号的设置	96
7.3 Display 对象	101

7.4 渲染	102
7.5 打印和导出	136
第 8 章 数据查询	142
8.1 Cursor 对象	142
8.2 QueryFilter 对象与 SpatialFilter 对象	143
8.3 SelectionSet 要素选择集对象	146
8.4 QueryDef 对象	148
第 9 章 简单的空间分析	151
9.1 空间拓扑运算	151
9.2 空间关系运算	157
9.3 空间距离运算	162
9.4 叠加分析	164
第 10 章 实训项目	178
10.1 实训项目 1: 基于 ArcGIS Engine 的程序设计入门	178
10.2 实训项目 2: 地图显示和图层控制	186
10.3 实训项目 3: 地图的组成及相关对象	191
10.4 实训项目 4: 地图符号化和渲染的实现	199
10.5 实训项目 5: 数据查询与简单空间分析	206
10.6 实训项目 6: 空间数据管理	218

第1章 GIS开发技术简介

地理信息系统工程是应用系统工程的原理和方法,针对特定的实际应用目的与要求,统筹设计、优化、建设、评价、维护实用地理信息系统的全部步骤和过程。它最基本的原理就是系统工程原理,即从系统的观点出发,立足于整体,统筹全局,同时又将系统分析和系统综合有机地结合起来,采用定量的方法或定性与定量相结合的方法,提供合理的地理信息系统建设思路 and 模式。

本章首先介绍地理信息系统的开发方法:结构化设计方法、“自底向上”方法、快速原型法、面向对象设计方法和企业系统规划法,并对每种方法的思想、设计步骤和特点进行阐述。然后介绍地理信息系统常见的3种开发方式:独立开发、单纯二次开发和集成二次开发,阐述每种开发方式的特点,并对这3种开发方式进行比较,开发人员具体选择何种开发方式需要根据系统本身的性质和特点,以及设计者自身的具体情况来确定。最后介绍地理信息系统的开发过程,主要包含系统分析、系统设计、系统实施和系统维护与评价等阶段,对每一阶段要完成的工作内容和流程进行具体阐述。通过本章的学习,读者将对地理信息的开发具有基本的认识。

1.1 地理信息系统工程开发方法

与一般信息系统一样,地理信息系统工程开发必须采用一定的策略。地理信息系统的开发策略有5种:结构化设计方法、“自底向上”方法、快速原型法、面向对象设计方法和企业系统规划法。

1.1.1 结构化设计方法

结构化设计方法是软件发展早期形成的,“结构化”就是有组织、有计划和有规律的一种安排。结构化设计方法是利用工程分析的有关概念,将系统描述分为若干层次,采用自上向下划分模块,逐步求精的一种系统方法。

结构化设计方法的步骤是:首先,对问题进行仔细分析,确定其输入、输出数据,写出程序运行的主要过程和任务。然后,从大的功能方面把一个问题的解决过程分成几个子问题的解决过程,每个子问题形成一个模块,逐层细分,逐步求精,直到整个问题可用程序设计语言明确地描述出来为止。

结构化设计方法的特点是:先整体后局部,先抽象后具体,结构描述清晰,便于掌握系统全貌,也便于逐步细化为程序语句;但结构化设计方法对下层系统的实施往往缺乏约束力,从而因工作量大而影响具体细节的考虑,致使开发周期拉长、费用增加、评价标准难以确定等;另外缺乏一定的灵活性和适应性。

1.1.2 “自底向上”方法

“自底向上”方法出现于早期的计算机管理应用系统。它是从现行的业务现状出发,先

实现一个具体的初级功能,然后由低到高,增加计划、控制和决策等功能,实现总目标。

“自底向上”方法的步骤是:首先对系统的底层模块进行分析和设计,当下层子系统分析完成后,再进行上一层系统的分析和设计,将下层不同功能模块集中起来,这样逐层进行综合和集中,直至完成总的地理信息系统分析和设计。

“自底向上”方法的特点是:由表及里、由浅入深地解决问题,使得地理信息系统的开发易于适应组织机构真正的需要;有助于发现系统的增长需要,所获得的经验有助于下一阶段的发展,易于控制和管理。但“自底向上”方法只注重局部而忽视了对整体的把握,使地理信息系统难以实现其整体性。同时,由于系统未进行全局规划,数据的一致性和完整性难以保证,而且为了保证系统性能的需求,往往要重新调整,甚至重新设计系统。

鉴于此,在实际应用中,经常采用“自底向上”方法与结构化设计方法相结合的综合方法。综合方法充分发挥了结构化设计方法和“自底向上”方法的优点。采用综合方法进行地理信息系统软件开发的具体思路是:在开发过程中,首先建立系统的顶层模型,并对其进行模拟、分析和调整。其次,将顶层模型自顶向下地进行分解,建立该系统各个子系统模型,对这些子系统模型进行模拟、分析和调整,如有不适,则进行修改。因此,综合方法是一个“自顶向下建模,由底向上修改”的反复迭代的过程。简而言之,是在需求牵引下,自顶向下分层细化地建模,然后通过对模型的虚拟执行,由底向上逐层进行修改,直至各层的模拟结果都满足需求为止。

1.1.3 快速原型法

早期系统设计方法大多采用线性模型,即将系统设计与系统实施处理成无回归的单向发展过程。随着地理信息系统技术的发展,这种线性模型的设计方法已经不能适应地理信息系统的系统设计,其原因在于地理信息系统的服务对象(即用户)的需求不是固定不变的,而是逐渐发展的。因此,初期拟定的目标和系统数据规范等很难保持一成不变,不断地进行修改和完善是必然的。此外,现代技术的发展变化很快,要使地理信息系统的应用跟上新技术的发展常常也需要改变原有的设计。为了适应这些发展和变化的要求,地理信息系统的设计人员对传统设计方法中的原型法(Prototype Method)进行研究和发展的,使之更能适合于地理信息系统的设计工作。

原型法要求在系统建设的早期阶段,生成一个实实在在的系统原型,然后将该原型提供给用户使用,听取用户的批评意见,根据反馈信息修正系统原型,补充新的数据、数据结构和应用模型,再提交给用户使用。

原型法的基本步骤是:①识别基本要求,做出基本设想;②开发工作模型,提出一定的宏观控制模型;③程序编制和模型修正,通过软件编制不断发现技术上的扩大点,并通过与用户的交流取得对系统要求和开发潜力的新认识,调整系统设计方案;④原型设计完成,根据一定的标准判断用户需求是否已被实现,从而来决定系统是继续改进还是终止。

原型法的特点是:不必一开始就清晰地描述一切,而是当任务明确后,在软件的实现过程中,逐步对系统进行定义和改进,直至系统完成。其优点是:在系统设计过程中,包含有一个再设计阶段,它是一种动态的设计技术;该方法能够创立一个看得见摸得着的样板系统,便于用户试用和提出修改意见,这样就更有利于吸引用户介入系统设计工作;该方法对于较复杂和具有不确定性的系统目标有较强的适应性,可以使设计与实施达到更为紧密的结合。

综上所述,原型法能够比较好地适应现代地理信息系统工程的建设特点,是地学人员更愿意采用的一种开发策略。

1.1.4 面向对象设计方法

面向对象设计方法是近年来发展起来的一种新的程序设计技术,其基本思想是:将系统所面对的问题,应用继承和封装机制,按其自然属性进行分割,并按照人们通常的思维方式,建立每个对象的领域模型和联系,既模拟信息实体的内在结构,又模拟其动力机制,使设计出的软件尽可能直接地表现出问题求解的过程。整个系统由对象组成,对象之间的联系通过消息进行。由于采用了数据和操作行为封装在一起的模块化结构,使系统很容易重组。

面向对象设计方法的基本步骤包含以下几个方面。

(1) 系统分析:用问题空间中的实体(或对象)及其相互关系建立系统逻辑模型,以一种更加自然的方式描述系统的需求及体系结构。因为问题空间中的对象是相对稳定的,即使有变化,通常也只影响系统的局部或将系统需求的变化局部化,所以系统具有一个相对稳定的结构。

(2) 系统构造:系统构造包括系统设计和系统实现,在系统设计过程中,将需求模型和分析模型输入,考虑具体的实现环境,设计分析模型中的每一个对象及对象之间的相互关系,形成设计模型,最后用某种具体的编程语言描述设计模型,形成以源代码为主要内容的实现模型。

(3) 系统测试:测试过程根据需求与设计模型验证模型的正确性,形成系统测试模型。测试模型描述系统的单元测试、集成测试、系统测试过程及其测试结果。

面向对象设计方法的优点是:更接近于描述问题而不是对程序的描述,软件设计带有智能化的性质,这种形式更便于程序设计人员与应用人员的交流,软件设计也更具有普遍意义,尤其在地理信息系统的智能化要求和专家系统技术不断提高的形势下,面向对象设计方法是更有效的途径。

1.1.5 企业系统规划法

企业系统规划法认为开发一个信息系统应具备以下几个条件。

(1) 必须支持企业的战略目标。

(2) 应当表达企业的各个管理层次(即战略管理层、策略管理层、操作管理层)的需求,针对不同的管理活动,建立一个合理的框架,并据此定义信息系统。

(3) 应该向整个企业提供一致的信息。由于计算机在发展中,系统的分模块开发会形成信息的不一致性,包括形式上的不一致、定义上的不一致和时间上的不一致。因此,要制定关于信息一致性定义、技术实践等策略和规程。

(4) 应该经得起组织机构和管理体制的变化,即信息系统应具有可变更性或对环境变更的适应性。

(5) 首先应进行“自顶向下”的识别,再进行“自底向上”的设计。企业系统规划法的基本方法是“自顶向下”地识别系统目标、识别企业过程、识别数据,“自底向上”地分步设计系统。

1.2 地理信息系统的开发方式

应用型地理信息系统的开发通常分为两种方式：独立开发和二次开发。其中，二次开发又分为单纯二次开发和集成二次开发。

1.2.1 独立开发

独立开发是指不依赖于任何地理信息系统工具软件，从空间数据的采集、编辑到数据的处理分析及结果输出，所有的算法都由开发者独立设计，然后选用某种程序设计语言，如 Visual C++、Delphi、C++ Builder、Visual Studio、Visual Basic 等，在一定的操作系统平台上编程实现。

这种方式的优点在于不需要依赖任何商业地理信息系统工具软件，减少开发成本，同时因为程序员可以对程序的各个方面进行总体控制，所以，系统各组成部分之间的联系最为紧密，综合程度和操作效率最高。但由于地理信息系统的复杂性，工作量十分庞大，开发周期长，对于多数开发者来说，又由于能力、时间、财力等方面的限制，其开发出来的产品很难在功能上与商业化地理信息系统工具软件相比，而且在购买地理信息系统工具软件上省下的钱可能还抵不上开发者在开发过程中所付出的代价。地理信息系统发展初期一般采用这种方式，目前，地理信息系统的开发已经很少采用这种开发方案了。

1.2.2 单纯二次开发

单纯二次开发是指完全借助于地理信息系统工具软件提供的二次开发语言进行应用系统开发。目前，商业化的地理信息系统工具软件已经相当成熟，它们大多提供了用户进行二次开发的宏语言，如 ESRI 的 ArcView 提供了 Avenue 语言、MapInfo 公司研制的 MapInfo Professional 提供了 MapBasic 语言等。用户可以利用这些宏语言，以原 GIS 工具软件为开发平台，针对不同应用对象，开发自己的应用程序。

具体开发时，可首先采用可视化开发平台动态链接库（DLL），实现地理信息系统工具软件未提供或难以实现的功能。然后在二次开发宏语言中调用动态链接库，从而既能充分利用二次开发语言操纵地图对象的强大功能，又避免了二次开发语言功能上的不足。

这种方式省时省心，但进行二次开发的宏语言，作为编程语言功能极弱，用它们开发应用程序的界面不美观，不尽如人意。同时，二次开发语言对用户和应用开发者而言也存在学习上的负担，而且使用系统所提供的二次开发语言进行开发往往受到限制，难以处理复杂问题。

1.2.3 集成二次开发

集成二次开发是指利用专业地理信息系统工具软件或其提供的组件来实现地理信息系统的基本功能。同时，采用通用软件开发工具尤其是可视化开发工具，如 Delphi、Visual C++、Visual Studio、Visual Basic、Power Builder 等作为开发平台，进行两者的集成开发。

集成二次开发目前主要有 OLE/DDE 和组件式两种开发方式。

1. OLE/DDE 开发方式

DDE(Dynamic Data Exchange, 动态数据交换)起初作为一种基于消息的协议在 Windows (3.x 之前) 中实现, 用来在不同的 Windows 应用程序之间交换信息。但是, DDE 的最初形式很复杂, 在实际的应用程序开发中较少使用。随着 Windows 3.0 的发布, DDE 得到了很大程度上的简化, 组合到应用程序的工作也变得较为容易。DDE 服务包含了大约 25 个以最初的基于消息的协议概念为基础的函数, 利用应用程序编程接口(API)调用它则能够实现应用程序与 DDE 服务器之间的交流。

OLE(Object Linking and Embedding, 对象链接与嵌入)相比 DDE 出现得较晚, 它是一个服务可控制、结构可扩展, 基于对象集成组件的、统一的服务环境, 是应用程序共享对象的工业标准, 其实质是在应用程序中嵌入其他程序提供的对象和数据, 从而获得特定功能的程序设计方法。

OLE 提供的服务有: OLE 自动化(自动化能使程序向其他客户应用程序提供对象属性和方法, 从而使客户应用程序可以对 OLE 服务器所提供的对象进行操作)、可视化编程(指客户应用程序直接编辑 OLE 文档中的对象, 而不必切换到服务器应用程序)、OLE 复合文档(包含多个应用程序的窗口或文档)、拖放(拖放是指用户从一个应用程序中拖动信息并放入另一个应用程序中交换数据)。

OLE 自动化允许一个程序模块控制其他程序模块的执行, 换句话说, 支持自动化的程序模块的行为是可以通过编程来控制的。这种控制通过应用程序对自动化支持程序所提供的对象的访问来完成, OLE 自动化实质是两个不同的应用程序之间以客户机/服务器(C/S)方式进行的动态信息交换过程, 作为服务器一方的应用程序提供一组具有特定方法和属性的对象, 客户程序则使用标准的通信接口对其进行访问和控制。

采用 OLE 自动化技术或利用 DDE 技术进行地理信息系统集成二次开发的思路是: 用软件开发工具开发前台可执行应用程序, 以 OLE 自动化方式或 DDE 方式启动地理信息系统工具软件在后台执行, 利用回调技术动态获取其返回信息。采用这种方法能够充分利用地理信息系统工具软件强大的地理空间数据和属性数据管理能力, 以及可视化开发平台的面向对象开发功能, 实现应用地理信息开发。

使用 OLE/DDE 技术的应用型地理信息系统应用程序与其支持的工具型地理信息系统之间是一种同时并行运行的关系, 其在功能上十分灵活, 就像应用程序使用操作系统的资源一样, 但同时也增大了系统开销与不稳定性。

2. 组件式开发方式

随着软件开发技术的发展, 地理信息系统软件模式经历了多个阶段。组件式地理信息系统以其面向对象、可扩展性强等特点和优势, 目前已经成为地理信息系统的主要平台。

1) 组件技术

随着软件开发技术的发展, 尤其是面向对象(Object Oriented)技术出现以后, 软件开发模式出现了重大变化。以 C++ 面向对象技术为基础发展起来的 COM(组件对象模型)技术实现了在二进制代码级的对象重用, 且不依赖于特定的编程语言。在组件技术的概念模式下, 软件系统可以被视为相互协同工作的对象集合, 其中每个对象都会提供特定的服务, 发出特定的消息, 并且以标准形式公布出来, 以便其他对象了解和调用。组件间的接口通过一种与平台无关的语言 IDL(Interface Define Language)来定义, 而且是二进制兼容的, 使用者可以直接调用执行模块来获得对象提供的服务。早期的类库, 提供的是源代码级的重用, 只适

用于比较小规模的开发形式；组件则封装得更加彻底，更易于使用，并且不限于 C++ 之类的语言，可以在各种开发语言和开发环境中使用。

COM (Component Object Model, 组件对象模型) 是组件之间相互接口的规范, 其作用是使各种组件和应用软件能够用一种统一的标准方式进行交互。COM 本身不是一种面向对象的语言, 而是一种与源代码无关的二进制标准。它所建立的是一个软件模块与另一个软件模块之间的链接, 当这种链接建立之后, 模块之间就可以通过称为“接口”的机制来进行通信。COM 标准增加了保障系统和组件完整的安全机制, 较容易扩展到分布式环境。

基于分布式环境下的 COM 被称作 DCOM (Distributed COM, 分布式组件对象模型)。DCOM 实现了 COM 对象与远程计算机上的另一个对象之间直接进行交互。由于接口的定义和功能保持不变, DCOM 组件开发者可以改变接口功能, 为对象增加新功能, 用更好的对象来代替原有对象, 而建立在组件基础上的应用程序几乎不用修改, 从而大大提高了代码的重用性。

COM 在地理信息系统中的应用已经引起国内外一些著名软件厂商的重视。它们先后推出了各自基于 COM 的地理信息系统软件, 如 MapInfo 公司的 MapX、ESRI 公司的 MapObjects 和 ArcGIS Engine、北京超图软件股份有限公司的 SuperMap Objects 和中地数码集团的 MapGIS 等。

2) 组件式地理信息系统

面向对象技术的应用, 改变了地理信息系统的传统设计方法与思想, 于是出现了组件式地理信息系统。组件式地理信息系统的基本思想是把各大功能模块划分为几个 ActiveX 标准组件, 每个组件完成不同的功能, 如空间数据获取、坐标转换、图形编辑、数据存储、数据查询、数据分析和制图表示等。组件的生产建立在严格的标准之上, 具有良好的通用性和兼容性, 不依赖于特定的开发语言, 可以嵌入通用的开发环境 (如 Visual C++、Delphi、C++ Builder、Visual Studio、Visual Basic 等) 中, 各个控件之间, 通过可视化的软件开发工具集成起来, 形成最终的地理信息应用系统。

与传统的地理信息系统专门开发环境相比, 组件式地理信息系统技术是一种质的飞跃, 标志着地理信息应用系统开发进入了控件加通用开发语言的阶段。组件式地理信息系统代表着当今地理信息系统发展的潮流, 已成为业界标准。相对于传统的地理信息系统开发环境, 组件式地理信息系统有以下特点。

(1) 使用组件式地理信息系统可实现高效、无缝的系统集成。地理信息系统组件可直接嵌入通用开发工具中。地理信息系统组件与用户和客户程序主要通过属性、方法和事件进行交互。对于专业应用模型, 可实现代码级控制、组件间协同工作, 以及高效、无缝的系统集成。

(2) 空间数据的高效存储与管理。组件式地理信息系统采用关系数据库管理空间数据, 解决了海量空间数据的管理问题和数据安全性问题。同时, 也为多用户并发操作、历史空间数据的管理提供了解决方案, 使地理信息系统的 C/S 结构得以真正地实现, 为 B/S 结构的发展奠定了基础。利用 SQL 进行空间数据与非空间数据的操作, 大大减少了编程量。目前, Oracle 和 Informix 等厂商都推出了各自的空间数据的解决方案, 如 Oracle Spatial、Informix Spatial Data Blade。新技术极大地提高了数据存储能力和访问速度, 也为地理信息系统的进一步推广奠定了基础。

(3) 组件式地理信息系统在与 MIS 耦合方面有明显优势。由于 MIS 发展时间较长, 许

多单位已经具有 MIS 系统, 在开发过程中, 用户往往要求充分利用已有系统中的属性数据, 因此, 地理信息系统平台与 MIS 系统的耦合能力非常重要。同时, 在企业的 MIS、ERP、CRM 等系统开发中, 也可以利用控件技术, 将地理信息系统技术融入其中, 从而更加有效地实现资源共享。

(4) 良好的扩展性。组件式地理信息系统利用 ActiveX 组件技术, 将功能进行适当分割, 将传统集成式地理信息系统的功能分配在相对独立而又具有有机联系的标准 ActiveX 组件上, 降低了开发难度, 缩短了开发时间, 并减少了开发成本。用户在购买开发平台软件时, 可根据自己的需要灵活采购所需要的地理信息系统组件。

(5) 易于开发。组件式地理信息系统功能齐备, 开发者可以很快掌握地理信息系统的开发方法, 充分利用已有的经验和技能, 开发出功能强大、界面友好的地理信息应用系统。

3) 组件式地理信息系统开发方法

组件式地理信息系统开发方法是把地理信息系统的功能模块划分为多个控件, 每个控件完成不同的功能, 各个地理信息系统控件之间, 以及地理信息系统控件与其他非地理信息系统控件之间, 通过可视化的软件开发工具, 根据需把实现各种功能的“积木”搭建起来, 实现地理信息系统的各种功能及应用系统。

在这种新的软件开发方式下, 软件公司以开发组件为主要业务, 提供规格化的组件。系统集成商则汇总组件, 组合成能完成不同功能的组件, 将自己的核心技术组件化。正是这两者之间分工的泾渭分明, 使得软件行业工业化逐渐走向成熟。

4) GIS 组件的应用及评价

软件的组件化已成为软件技术发展的潮流。基于 DCOM 的 ActiveX 组件实现, 已成为软件工业的一种标准。随着未来其他非 Windows 平台对 ActiveX 的支持, ActiveX 组件化的 GIS 软件系统将对 GIS 的体系结构和 GIS 将来的应用前景产生深远影响。

虽然采用 GIS 组件在开发上有许多优势, 但是不可避免地也存在一些功能上的欠缺和技术上的不成熟, 主要包括以下几个方面。

(1) 与专业的 GIS 客户端软件相比, 采用组件技术不可避免地带来效率上的相对低下, 这在访问超大空间数据(如大数据量的遥感图像)的时候表现得尤为明显。

(2) 支持的空间数据量有限。

(3) 支持的功能有限, 由于是组件, 只覆盖了 GIS 系统的部分功能, 对于特殊领域它就显得无能为力。

(4) 系统的可靠性、容错性有待提高。DCOM 的一大特点是: 开发及使用过程中必须时刻注意 Windows 系统 OLE 系统注册表的正确性。

1.2.4 三种开发方式的比较

因为独立开发难度太大, 单纯二次开发受地理信息系统工具提供的编程语言的限制趋于淘汰, 所以, 结合地理信息系统工具软件与当今可视化开发语言的集成二次开发方式也就成为地理信息系统应用开发的主流。它的优点是既可以充分利用地理信息系统工具软件完备的空间数据库管理、分析功能, 又可以利用其他面向对象可视化开发语言具有的高效、方便等编程优点, 集二者之所长, 不仅能大大地提高应用系统的开发效率, 而且使用可视化软件开发工具开发出来的应用程序具有更好的外观效果, 更强大的数据库功能, 可靠性好, 易于移植, 便于维护, 尤其是利用地理信息系统组件进行集成开发, 更能表现出这些优势。

在进行地理信息系统设计时,具体选用哪种方法,则需要考虑系统本身的性质和特点,以及设计者自身的具体情况来确定。一般来说,对于一些大型的地理信息系统开发项目,如一个地区的综合信息管理系统,因为其图形平台、容量和可靠性等各方面的要求,一般宜选择已经成熟的地理信息系统开发工具来组织开发。对于一些小型的地理信息系统,特别是一些以数据管理、决策研究和辅助设计等具体应用为主的系统,或者是在某个行业中需要推广使用的实用系统,因为这些系统对矢量图形平台要求不高,开发的重点在于地理信息系统技术的实际功能,所以,可考虑采用 Visual Basic、Visual C++ 等开发语言来组织系统的开发,进而开发出具有自主知识产权的软件产品。

1.3 地理信息系统工程开发过程

地理信息系统工程是一个系统工程,其开发周期较长,涉及多个学科领域,包含内容也十分广泛。为了使地理信息系统达到预期目标,必须针对地理信息系统的特点,根据软件工程的思想,采用科学的开发步骤和技术,对系统建立的全过程进行控制与协调。

地理信息系统工程开发步骤可分为系统分析、系统设计、系统实施和系统维护与评价。

1.3.1 系统分析

系统分析的基本思想是从系统观点出发,通过对事物进行分析与综合,找出各种可行的方案,为系统设计提出依据,系统分析阶段也称为系统逻辑设计阶段。逻辑设计,就是建立系统的逻辑模型,在逻辑上规定新系统的功能而不涉及具体的物理实现,也就是解决“系统干些什么”而不是“系统如何去干”的问题。

系统分析的任务是对系统用户进行需求调查,对选定的对象进行初步调查研究和可行性分析,在明确系统目标的基础上,开发对系统的深入调查研究和分析,提出新系统的结构方案,并形成新系统的模型。

系统分析是使设计达到合理、优化的重要步骤。这个阶段的工作深入与否,直接影响将来的设计质量和实用性,因此必须给予高度的重视。

系统分析包括用户需求分析和可行性分析两方面内容。

1. 用户需求分析

用户需求分析是对用户需求情况的调查和分析,它是地理信息系统设计的基础。通过与系统用户进行书面或口头交流,将得到的信息根据设计要求整理后,即得到对系统的概略描述。

对用户需求情况的调查和分析主要包括以下内容:①用户的范围、领域、类型、数量、人力状况和经济基础等;②旧系统的处理方法;③用户要求新系统产生的结果和可以获得资料与数据的程度;④用户对应用界面和程序接口的要求;⑤潜在的用户及新系统的潜力。

2. 可行性分析

可行性分析是在对用户需求分析的基础上,根据社会、经济和技术条件确定系统开发的必要性和可能性。通常需要考虑的因素有效益问题、经费问题、进度预测、技术水平、有关部门和用户的支持程度。

1.3.2 系统设计

系统设计也称物理设计,其根本任务是将系统分析阶段提出的逻辑模型转化为相应的物

理模型。该阶段的工作直接在系统分析的基础上进行。

系统设计是地理信息系统整个开发工作的核心,不但要完成逻辑模型所规定的任务,而且要使设计的系统达到优化,因此始终要考虑系统的高效性、安全性、强壮性和方便性。

系统设计包含总体设计与系统详细设计两部分内容。

1. 总体设计

总体设计又称功能设计或概念设计,其主要任务是根据系统研发的目标来规划系统的规模和确定系统的各个组成部分,并说明它们在整个系统中的作用与相互关系,此外还涉及系统的软硬件配置、采用的技术规范等,以保证系统总体目标的实现。具体有以下几方面的内容。

- (1) 确定系统目标。
- (2) 确定系统规模及系统功能与组成。
- (3) 确定系统各个模块之间的相互关系描述及接口设计。
- (4) 软、硬件配置设计。
- (5) 数据源评估及数据库建库方案。
- (6) 人员培训。
- (7) 经费预算。
- (8) 成本及收益分析。

2. 系统详细设计

系统详细设计是在总体设计的基础上,使设计进一步细化、具体化、物理化,主要包括以下几方面的设计。

1) 模块设计

从新系统的数据流程图和数据字典出发,采用功能独立、规模适当的模块化设计方法,把系统规划分为若干个大模块,而每个大模块进一步细分成为若干个小模块,并标出它们之间的联系、各模块的内容和功能,以及它们的算法和流程。

2) 数据分级分类与编码设计

数据分级分类与编码设计是将现实世界的模型转换为地理信息系统能够接受的数据编码模型。不仅要从系统的角度出发,使编码满足系统内部信息交换和数据共享要求,还要考虑编码的通用性和扩展性。编码设计应遵循以下原则:如国家或上级部门已有指定的统一编码,则应采用统一编码格式,如没有标准的,则尽量靠拢相近标准,遵循统一性、系统逻辑性、准确性的原则。

3) 数据库设计

数据库是地理信息系统的核心组成部分,根据不同的应用,数据库会有不同的数据组织形式。对于给定的应用环境,应确定最优数据模型与处理模式的逻辑设计、数据库存储结构与存取方法的物理设计,并建立反映现实世界信息之间相互联系、满足用户要求、能被数据库管理系统(DBMS)接受的数据库。

4) 输入输出设计

地理信息系统的运行结果只有通过输出才能为用户所使用,因此输出的内容与格式是用户最关心的问题。常用的输出方式有屏幕显示、打印文件和软磁盘复制。从系统开发的角度看,输出决定了输入,即输入设计必须根据输出的要求来确定。常用的输入方式有键盘录入、软盘复制和数字化。

5) 人机接口设计

人机接口设计是计算机系统和用户通过屏幕进行一系列询问与回答的交互过程,其任务是确定上述交互的方法、内容与具体格式。人机交互的方式通常有菜单法、填表法和 YES/NO 回答法,设计中应注意系统响应时间的长短,对话要清楚简单,不应有二义性,同时还要做到操作方便和对用户友善。

6) 安全性设计

安全性设计包括操作权限分级、用户分级口令的设置、病毒防治及系统备份与恢复功能设计。

1.3.3 系统实施

系统实施是地理信息系统建设付诸实现的实践阶段,在这一阶段,需要投入大量的人力、物力,并占用较长的时间。系统实施是系统开发的重要阶段。

系统实施的主要任务是把系统设计的成果付诸实施,实现能够使用的实际系统。系统实施的工作内容和流程主要包括以下内容。

1. 软、硬件配置及准备

根据系统设计,配置、安装、调试相应的硬件及所需的基础软件与其他软件。由于系统设计时拟定的硬件方案往往落后于硬件的发展,此时应根据原方案,在同等价格的基础上,选择性能指标较优的硬件。

2. 人员培训

人员培训包括技术培训、管理培训、使用者培训,应根据系统的进展分阶段进行。

3. 数据采集和数据库建立

数据采集是整个系统中工作量最大的一项工作,应严格按照系统设计中的规定进行,并以采集到的数据为基础来建立数据库。

4. 模块程序的编制、调试和运行

模块程序的编制应符合软件工程化思想,尽量做到标准化与通用化,并具有相应的容错性和稳定性,所编写的程序应按照统一的格式编写程序说明,一般内容为名称、功能、使用算法、方法概要、硬件要求、使用语言、使用的外部数据、源程序语句数和设计人使用说明等。调试运行时,可采用两套数据:一套是模拟数据;另一套是实际数据。

5. 系统测试

系统测试是保证系统开发成功的重要一环。系统测试的主要内容有单元测试、组装测试、确认测试、系统测试和验收测试。在对系统进行测试之前,应制定相应的测试计划,测试计划至少应包括测试目的、内容、条件、用例、进度、步骤和评价准则;在测试时应详细记录测试过程,测试记录应作为测试文档归档保存;测试完成后,必须根据软件测试记录完成测试分析报告。

6. 系统文档材料的建立

文档材料是系统实践过程的文字总结,包括用户手册、使用参考手册、系统测试说明、程序设计说明和测试报告等。

7. 系统验收

在文档建好和系统测试阶段完成,各项功能、各项指标均达到设计标准后,汇集用户方

领导、技术负责人、系统设计员和程序员等对系统测试各项逐一进行验收,完成后由用户技术负责人签字验收。

1.3.4 系统维护与评价

系统的维护与评价阶段是系统生命周期的最后一个阶段,也是很重要的一个阶段。新系统是否有长久的生命力取决于此阶段的工作。

1. 系统维护

地理信息系统是一个复杂的大系统,受系统内、外环境的变化和各种人为的、机器因素的影响,要求系统能够适应这种变化并不断地完善,这就要进行系统维护。

系统维护是指在运行过程中,为适应环境和其他因素的各种变化,保证系统正常工作而采取的一切活动。

系统维护的主要内容有:①纠错;②完善和适应性维护;③硬件设备的维护;④数据更新。

2. 系统评价

系统评价是指对系统应达到的功能、特性和效果等指标,从技术和经济两个方面对所设计的地理信息系统的优劣进行评定。具体来说,主要是对以下各项内容进行考查。

1) 系统效率

地理信息系统的各种职能指标、技术指标和经济指标均是系统效率的反映,如系统能否及时地向用户提供有用信息、所提供信息的地理精度和几何精度如何、系统操作是否方便、系统出错概率及资源的使用效率如何等。

2) 系统可靠性

系统可靠性是指系统在运行时的稳定性。正常情况下系统应该很少发生事故,即便发生了事故也能很快修复。此外,系统可靠性还包括与系统有关的数据文件和程序是否妥善保存,以及系统是否具有后备保障等。

3) 系统的可维护性

系统的可维护性指的是地理信息系统的维护人员理解、纠正和改进系统的难易程度。通常可以从3个方面来衡量:①可理解性,是指系统结构、界面功能和内部过程能够被理解的程度;②可测试性,诊断和测试的容易程度取决于易于理解的程度;③可修改性,与系统设计时所确定的设计原则有直接关系。

4) 系统的可扩展性

任何系统的开发都是从简单到复杂不断求精和完善的过程,特别是地理信息系统常常是从清查和汇集空间数据开始,然后逐步演化到从管理到决策的高级阶段。因此,地理信息系统建成后,要使其在现行系统上不做大改动或不影响整个系统结构,就可在现行系统上增加功能模块,这就必须在系统设计时留有接口,否则,当数据量增加或功能增加时,系统就要推翻重建。

5) 系统的可移植性

可移植性是评价地理信息系统的一项重要指标。一个有生命力的地理信息系统软件,不但在于它自身结构的合理性,而且在于它对环境的适应能力,即它不仅能在一台机器上使用,还能在其他型号的设备上使用。要做到这一点,系统就必须按国家规范标准进行设计,包括数据表示、专业分类、编码标准、记录格式和控制基础等,都需要按照统一的规定,以保证