

遥感数字图像 处理系统开发实践教程

邓 磊 谢东海 周西嘉 张儒侠 罗来平 编 著



首都师范大学出版社
CAPITAL NORMAL UNIVERSITY PRESS

遥感数字图像处理系统 开发实践教程

邓 磊 谢东海 周西嘉 编著
张儒侠 罗来平



首都师范大学出版社
CAPITAL NORMAL UNIVERSITY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

遥感数字图像处理系统开发实践教程/邓磊等编著. —北京: 首都师范大学出版社, 2014. 7

ISBN 978-7-5656-1960-1

I. ①遥… II. ①邓… III. ①遥感图像—数字图像处理—教材 IV. ①TP751.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 151890 号

YAOGAN SHUZI TUXIANG CHULI XITONG KAIFA SHIJIAN JIAOCHENG

遥感数字图像处理系统开发实践教程

邓磊 谢东海 周西嘉 张儒侠 罗来平 编著

责任编辑 孙志强

首都师范大学出版社出版发行

地 址 北京西三环北路 105 号

邮 编 100048

电 话 68418523 (总编室) 68982468 (发行部)

网 址 www.cnupn.com.cn

北京集惠印刷有限责任公司印刷

全国新华书店发行

版 次 2014 年 9 月第 1 版

印 次 2014 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 18.5 插页 2

字 数 361 千

定 价 47.00 元

版权所有 违者必究

如有质量问题 请与出版社联系退换

前 言

本书着重介绍了如何采用二次开发方式,利用 C# 开发语言,借助 ArcGIS Engine 和 ENVI/IDL 等较为流行的地理信息系统和遥感平台,构建一个遥感数字图像处理系统,实现遥感图像处理中常用的功能。通过本书的学习,读者能够对 ArcGIS Engine 和 ENVI/IDL 的许多功能有清晰的了解,并能够掌握其二次开发方法,实现从学习到应用的快速转化。

本书的内容安排和篇章设计遵循遥感数据处理的流程,分为《基础篇》和《提高篇》两部分,共 10 章内容。

第一部分为基础篇,包括第 1~6 章,主要内容为:

第 1 章 绪论,首先对遥感数字图像处理系统的基本概念、系统构成和功能,以及常见的商业遥感数字图像处理系统进行介绍;然后从软件开发的角度的分析了遥感数字图像处理系统的开发内容和常用的开发方式。

第 2 章 搭建开发环境,简要说明了 C# 语言的发展历程及其集成开发环境,然后详细说明了在 .Net 环境下,如何使用 ArcGIS Engine 来搭建应用程序框架,以及如何调用 IDL 语言和 ENVI 函数。

第 3 章 图像的读取与显示,详细阐述了在 C#、ArcGIS Engine 和 ENVI 共同搭建的开发环境下,如何对遥感数字图像进行读取和格式转换等数据处理技术;主要介绍了遥感数字图像信息统计和金字塔构建的方法,并从图像显示的角度给出了灰度渲染、分类渲染、唯一值渲染和 RGB 渲染等渲染方式的实现方法。

第 4 章 遥感数字图像增强,从辐射增强、空间增强、光谱增强、图像运算和频率域增强等方面选取了典型的算法,详细介绍了如何利用 C# 和 ENVI/IDL 联合编程,快速实现多种图像增强的方法。

第 5 章 遥感数字图像校正,分别介绍了遥感图像几何校正和辐射校正的概念,给出了实现几何校正和辐射校正的重要接口及函数,并用实例展示了利用二次多项式法进行图像几何校正的过程,以及利用黑暗像元法及 QUAC (Quick Atmospheric Correction Algorithm) 方法进行图像辐射校正的过程。

第 6 章 遥感数字图像分类,以 ISODATA (Iterative Self-organizing Data Analysis Techniques Algorithm) 非监督分类方法和最大似然监督分类方法为例,介绍了程

序实现的相关函数，并对两种方法的实现过程进行了演示。

第二部分为提高篇，包括第7~10章，主要内容为：

第7章 操作矢量数据，首先介绍 Shapefile 和 Geodatabase 这两种重要矢量数据格式的读取和编辑方法；然后展示了如何在地图控件中动态地绘制点、线、面三种要素，并对其渲染方法和编辑方法作了细致的讲解。

第8章 调用 ArcGIS 模型，首先介绍了 ArcGIS 空间分析建模的概念、实现工具，以及使用 Model Builder 模块建立模型的过程，然后对如何在 C# 程序中调用 ArcGIS 模型的方法进行了详细的介绍。

第9章 利用 GDAL 搭建遥感数字图像处理系统，首先对 GDAL 图像处理库进行了简单的介绍，并演示了安装和配置的方法；然后用图像读取、显示和投影变换等实例，讲解了如何在 C# 程序中调用 GDAL 函数。

第10章 遥感数字图像管理系统，介绍了如何综合利用前面章节的知识，以及 C#、ArcGIS Engine 和数据库技术，开发一套遥感数字图像管理系统。

书中每一个处理模块都包含了相关概念、原理及其实现过程的细致介绍，通过开发实例及详细的代码和注释，对读者进行指导。对于每个模块开发中调用的重要接口和方法，书中都进行了专门的说明，以帮助读者更好地理解开发的重点，也便于日后的查找和使用。此外，本书还以“小提示”等形式，介绍与模块相关的知识和开发技巧，以扩展读者的知识范围，提高开发效率。

本书由邓磊拟定教材大纲，各章具体编写分工为：第1章由邓磊编写；第2章由曹高明、张儒侠编写；第3、4章由周西嘉编写；第5章由徐鹏杰、邓磊、谢东海、周西嘉编写；第6章由冯宗敏编写；第7、8章由徐鹏杰编写；第9章由谢东海、周西嘉编写；第10章由周西嘉、尹川和袁德阳编写；全书由邓磊、张儒侠进行统稿。

本书所有例子可以在 Windows（如 Windows XP、Vista、Windows7 或 Windows8）系统、ArcGIS Engine 9.3、Visual Studio 2008、ENVI 4.7、IDL 7.1 下测试通过。在配套光盘中，给出了本书所有章节所涉及的程序源代码和测试数据。若通读本书，并完成书中所述的示例，将为读者在遥感数字图像处理的理论和实践方面打下良好的基础。这本书可能不能让你学会真正的编程，但希望这本书能让读者对开发一个“复杂”的遥感数字图像处理系统不再望而生畏，也希望能让读者更加轻松地学习和理解编程。

最后，由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2013年11月于北京

目 录

第一部分 基础篇

第1章 绪 论 / 2

1.1 基本概念 / 2

1.1.1 遥感数字图像 / 2

1.1.2 遥感数字图像的类型 / 2

1.1.3 遥感数字图像处理 / 3

1.2 遥感数字图像处理系统 / 4

1.2.1 系统构成及主要功能 / 4

1.2.2 几种遥感数字图像处理系统简介 / 4

1.3 遥感数字图像处理系统的开发 / 7

1.3.1 开发内容 / 7

1.3.2 常用的开发方式 / 7

第2章 搭建开发环境 / 9

2.1 认识 C# / 9

2.1.1 C#的发展历程 / 9

2.1.2 C#的编程环境 / 9

2.1.3 .NET Framwork 的概念 / 10

2.1.4 ArcGIS Engine 简介 / 10

2.2 搭建遥感数字图像处理系统框架 / 11

2.3 C#语言中调用 IDL 的方法 / 22

第3章 图像的读取与显示 / 29

3.1 数据读取技术 / 29

3.1.1 使用 AE 接口读取遥感数字图像 / 29

3.1.2 使用 ENVI 函数读取遥感数字图像 / 33

- 3.1.3 文件格式转换/ 37
- 3.2 数据显示技术/ 40
 - 3.2.1 信息统计及金字塔构建/ 40
 - 3.2.2 数据渲染/ 42

第4章 遥感数字图像增强 / 50

- 4.1 辐射增强/ 50
 - 4.1.1 直方图显示/ 50
 - 4.1.2 直方图变换/ 52
 - 4.1.3 直方图均衡化/ 55
 - 4.1.4 直方图匹配/ 58
- 4.2 空间增强/ 61
 - 4.2.1 卷积运算/ 61
 - 4.2.2 平滑与锐化/ 65
 - 4.2.3 图像融合/ 76
- 4.3 光谱增强/ 81
 - 4.3.1 彩色空间变换/ 81
 - 4.3.2 主成分变换/ 85
- 4.4 图像运算/ 90
- 4.5 频率域增强/ 93

第5章 遥感数字图像校正 / 99

- 5.1 几何校正/ 99
 - 5.1.1 几何校正的概念/ 99
 - 5.1.2 几何校正功能实现/ 100
- 5.2 辐射校正/ 116
 - 5.2.1 辐射校正的概念/ 116
 - 5.2.2 大气辐射校正功能实现/ 116

第6章 遥感数字图像分类 / 125

- 6.1 非监督分类/ 126
 - 6.1.1 ISODATA 分类法/ 126
 - 6.1.2 K 均值分类法/ 127
 - 6.1.3 ISODATA 分类实现/ 127

- 6.2 监督分类/ 137
 - 6.2.1 监督分类的概念/ 137
 - 6.2.2 最大似然分类法/ 137
 - 6.2.3 最大似然分类法的实现/ 138
- 6.3 分类后处理/ 194
 - 6.3.1 分类后处理的概念和基本方法/ 194
 - 6.3.2 主/次要分析/ 194
 - 6.3.3 类别集群与类别筛选/ 195
 - 6.3.4 主/次要分析的实现/ 196

第二部分 提高篇

第7章 操作矢量数据 / 206

- 7.1 矢量数据的读取/ 206
 - 7.1.1 Shapefile 数据格式介绍/ 206
 - 7.1.2 Geodatabase 数据格式介绍/ 215
- 7.2 基于地图控件的数据显示/ 218
 - 7.2.1 点对象的渲染方式/ 218
 - 7.2.2 线要素的渲染方式/ 220
 - 7.2.3 面要素的渲染方式/ 221
- 7.3 基于地图控件的动态绘图技术/ 223
- 7.4 要素的编辑/ 227

第8章 调用 ArcGIS 模型 / 234

- 8.1 空间分析建模简介/ 234
 - 8.1.1 ArcGIS 空间建模/ 234
 - 8.1.2 Geoprocessing/ 234
 - 8.1.3 ArcGIS ToolBox 工具简介/ 234
- 8.2 构建一个数据处理模型/ 236
- 8.3 在 C# 调用 Model 的方法/ 241

第9章 利用 GDAL 搭建遥感数字图像处理系统 / 244

- 9.1 GDAL 简介/ 244
- 9.2 安装和配置 GDAL/ 244
- 9.3 利用 GDAL 读取图像基本信息/ 245

- 9.4 利用 GDAL 显示图像/ 248
- 9.5 利用 GDAL 进行投影转换/ 252

第 10 章 遥感数字图像管理系统 / 255

- 10.1 系统简介/ 255
- 10.2 基本特点与功能/ 255
- 10.3 开发环境简介/ 256
- 10.4 主要模块设计/ 257
 - 10.4.1 数据添加/ 257
 - 10.4.2 数据查询/ 267
 - 10.4.3 数据输出/ 282

附 录 / 285

第一部分

基础篇

- 第 1 章 绪论
- 第 2 章 搭建开发环境
- 第 3 章 图像的读取与显示
- 第 4 章 遥感数字图像增强
- 第 5 章 遥感数字图像校正
- 第 6 章 遥感数字图像分类

第1章 绪 论

1.1 基本概念

1.1.1 遥感数字图像

数字图像是用有限数字值表示的图像。一幅图像可定义表示为一个二维函数 $f(x, y)$ ，当空间坐标 x, y 和幅值 f 均为有限的离散数值时，称该图像为数字图像。一幅 $m \times n$ (m 表示行数， n 表示列数) 的数字图像可用矩阵表示为：

$$\begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0,n-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \cdots & f(1,n-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(m-1,0) & f(m-1,1) & \cdots & f(m-1,n-1) \end{bmatrix}$$

遥感数字图像是指以数字形式进行采集、存储、运算、表达和传输的遥感影像。一幅遥感数字图像可以由一个或多个波段(Band)构成，而每个波段则由多个像素(Pixel)组成。

像素是构成遥感数字图像最基本的单元，像素的最基本特征包括三个方面，即大小、位置和像素值。像素的大小，即每个像素单元的面积大小，也被称为遥感数字图像的分辨率；像素的位置，即该像素在图像中的行号与列号。一幅遥感数字图像的每个波段可以视为一个 $m \times n$ 矩阵，矩阵中的每一个元素代表该波段中的一个像素；像素值又被称为 DN 值(Digital Number)，在遥感图像中，DN 值一般代表遥感传感器探测到的该像素对应地面目标的电磁辐射强度。

1.1.2 遥感数字图像的类型

按照遥感数字图像中波段数目的不同，我们可将其分为单波段、多波段和超波段数字下图像。单波段数字图像是指在某一波段范围内工作的传感器获得的遥感数字图像。多(超)波段数字图像是指利用多(超)波段传感器对同一地区、同一时间获得的不同波段范围的数字图像。

按遥感数字图像像素值(灰度值)可分为二值图像、灰度图像和彩色图像。二值图像中每个像素灰度由 0 或 1 构成，在计算机屏幕上表示为黑白图像；灰度图像中每个像素灰度由不同的数值组成，如：0~15 或 0~31...或 0~255 等。0 表示黑色，15 或

31 或 255 等表示白色, 其他值居中渐变, 表示不同的灰度; 彩色图像则是由红、绿、蓝三个数字层构成的图像, 三层数据共同显示即为彩色图像。

图 1-1 显示了一幅具有三个波段的彩色图像及其对应的数字矩阵。

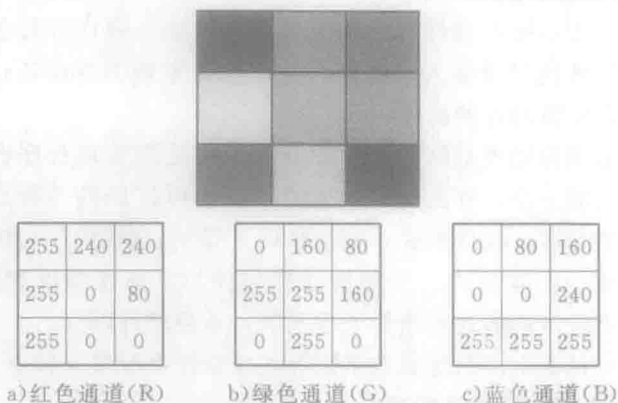


图 1-1 多波段图像的彩色显示(见插页彩图 1-1)

从图中可以看到, 此图像之所以具有不同的色彩, 是由于其红色(R)、绿色(G)和蓝色(B)通道被分别赋予三个波段的图像, 并按照加色法的原理显示在电脑屏幕上。例如, 图 1-1a 中第 1 行第 1 列位置上的像素, 对应红色通道的 DN 值为 255, 而同一位置上对应的绿色和蓝色通道的 DN 值均为 0, 故该位置上的像素显示为红色。

1.1.3 遥感数字图像处理

遥感数字图像处理是指采用数字图像处理的方法, 对遥感图像进行一系列的操作, 达到某一处理目的和要求的过程。根据遥感数字图像处理目的的不同, 可分为以下几种:

(1) 图像转换: 指遥感数字图像存储模式或格式的转换。例如模拟图像和数字图像之间的转换, 以及不同图像数据存储格式之间进行的转换等。

(2) 图像增强: 为了便于图像的识别与分析, 针对性地增强图像中的某些信息, 改善其视觉效果。常见的图像增强处理包括直方图增强、空间滤波、彩色空间变换、频率域增强和多源信息融合等。

(3) 图像校正: 主要包括几何校正与辐射校正。几何校正用于解决由于遥感平台姿态变化、地球自转、大气折射、地面起伏等原因引起的图像几何位置畸变; 辐射校正则用于解决由于遥感传感器系统、大气吸收和散射等原因引起的图像模糊、分辨率和对比度下降等问题。

(4) 信息提取与解译: 综合应用图像处理、地理信息系统、地学分析、模式识别和人工智能等技术, 对遥感数字图像中蕴含的信息进行识别、提取和表达, 主要包括非监督分类、监督分类和空间信息提取等。

1.2 遥感数字图像处理系统

1.2.1 系统构成及主要功能

遥感数字图像处理系统由硬件部分和软件部分构成。硬件部分包括进行遥感数字图像处理所必需的计算机以及输入、储存、处理和显示输出等设备；软件部分是指进行遥感数字图像处理所需的各种程序。

一般来说，遥感图像处理系统的软件部分由图像处理管理程序和图像处理算法程序等组成，应具备功能齐全、界面友好、适用性强和可扩展性等特点。为满足通常的遥感数字图像处理的内容，软件系统一般包括以下模块：数据导入和导出、图像增强、辐射校正、几何校正、图像分类、分类后处理与评价、信息提取和统计分析等功能。需要指出的是，本书所讨论的遥感图像处理系统，系指软件部分。

下面将简要介绍目前主流的遥感数字图像处理软件系统及其特点。

1.2.2 几种遥感数字图像处理系统简介

1. ENVI

ENVI(The Environment For Visualizing Images)是由美国 ITT(ITT Visual Information Solutions)公司开发的一套功能齐全的遥感数字图像处理系统。提到 ENVI，首先需要提到的是 IDL(Interactive Data Language)。IDL 是一种用于数据分析和开发图像化应用程序的编程语言。IDL 的语法简单，具有高速图像显示能力，同时直接面向数组进行数学运算，并且提供了大量的数学运算工具，可以对数组直接进行运算而无须循环，大大提高了运行速度。它不仅为可视化、交互数据分析提供了便利的环境，而且为系统开发和科学研究提供了强大的工具。

IDL 语言具有以下优势：

(1)拥有丰富的数学分析函数、程序和算法，使用者可以直接运用其自带的函数库和软件包实现所需的处理。

(2)面向数组的计算方式为快速数值分析和图像处理提供了方便，而且具有高级图像处理能力，能够处理二、三维图形图像。

(3)语法简单，具有兼容性，初学者能够较快学习和掌握开发技巧。

(4)具备灵活方便的程序发布和数据兼容功能，可以将程序和数据分开，并实现跨平台的程序发布。

利用 IDL 语言开发的 ENVI，包含了数据输入输出、常规处理、几何校正、辐射校正、多光谱分析、高光谱分析、雷达分析、地形地貌分析、矢量应用、神经网络分析、区域分析、正射影像制作和三维图像制作等多种遥感影像处理功能。ENVI 不但具有强大的图像处理能力，并且开放了其丰富的函数库，能够在 IDL 中方便地调用这些函数，这就极大地提高了遥感数字图像处理系统的二次开发效率，降低了开发难度。

ENVI/IDL 已经成为商业、企业以及科研工作者项目开发的首选工具。

基于上述优点, ENVI/IDL 在遥感数字图像处理方面得到了广泛应用。本书在部分章节中也采用了在 C# 的框架下, 利用 IDL 语言调用 ENVI 函数库的方式, 快速实现遥感数字图像的处理模块。因此, 掌握 IDL 语言基础知识、了解 ENVI 函数库的使用方法, 可以达到事半功倍的效果。

2. ERDAS IMAGE

ERDAS IMAGE 是由美国 ERDAS 公司开发的遥感数字图像处理系统, 是一个内容丰富、功能强大的遥感图像处理工具。其主要功能包括: 图像处理、地形分析、数字化、栅格 GIS、数据硬拷贝等。在图像处理功能中, 包括了图像增强、数据预处理、图像镶嵌、三维立体分析、监督分类和非监督分类, 以及分类后处理、图像校正等功能。此外, 还包含丰富的功能扩展模块, 如大气校正(ATCOR)、自动配准(Auto-Sync)、面向对象信息提取(Objective)、混合像元分解(Subpixel)以及数字摄影测量(LPS)等模块, 使遥感图像的处理更加方便快捷。

面向不同需求的用户, ERDAS IMAGE 采用开放的体系结构、模块化的方式提供给用户, 以 IMAGE Essentials、IMAGE Advantage 和 IMAGE Professional 三种形式为用户提供了低、中、高三档产品架构, 并有丰富的功能扩展模块供用户选择, 使产品模块的组合具有极大的灵活性, 用户可根据自己的应用要求和资金情况, 合理地选择功能不同的模块或组合。

ERDAS IMAGE 提供了三种二次开发的方式供不同类型的用户使用:

(1) 利用 Modeler

空间建模工具 Modeler 是 ERDAS 下的一个模块, 是一个面向目标的模型语言环境, 由空间建模语(SML)和模型生成器(Model Maker)组成, 提供了 23 类共 200 多个函数和操作算子, 可以操作栅格数据、矢量数据、矩阵、表格等多种类型的数据。用户只需要在窗口中绘出模型的流程图, 设定流程图中各元素的参数, 即可实现对 ERDAS IMAGE 功能的重新组织, 实现自己的模型。此种方法的优势在于其基于图形的编程方式, 点击鼠标即可调用 ERDAS IMAGE 的强大功能, 适合于编程基础较为薄弱的用户。

(2) 基于 EML 的二次开发

EML 即 Erdas Macro Language, 是宏语言的一种, EML 语言可用于定义用户界面, 并提供某些基本过程的编辑能力, 包括修改标准的 ERDAS 图形用户界面和定制自己的应用程序界面。该工具的优点是不需要对程序进行编译, 对用户界面进行客户化时十分方便。缺点是二次开发的功能有限, 不具备良好的开发环境, 同时, 还需要用户熟练掌握它的控件属性, 否则在使用时很容易出错。

(3) 基于 C ToolKit 的二次开发

C ToolKit 是为 ERDAS IMAGINE 用户提供的—个 C 函数库,经常与 EML 配合使用,以方便用户修改软件的版本或者开发—个完整的应用模块,从而扩展软件功能,满足特定的需要。它包括—套 C 语言应用编程接口 API,是软件开发者在 ERDAS IMAGINE 软件环境中创建用户化应用的—个完整开发包。主要用于高水平用户的软件用户化与功能扩充。

3. ECognition

ECognition 是由德国 Definiens Imaging 公司开发的智能化影像分析软件,其主要功能包括多源数据融合、图像多尺度分割、基于样本的图像监督分类、基于知识的模糊分类和面向对象的遥感信息提取等。该系统最大的特点是没有单纯地基于光谱信息进行遥感图像分类,而是采用面向对象的分类方法,极大提高了高空间分辨率图像的自动识别精度。ECognition 软件界面友好、简单,与其他遥感、地理信息软件的互操作性强,为用户提供了一个遥感与 GIS 集成的平台。基于以上优点,ECognition 已广泛应用于自然资源和环境调查、农业、林业、土地利用、国防、管线管理、电信城市规划、制图、自然灾害监测和地矿等方面。

4. GDAL 函数库

严格地讲, GDAL(Geospatial Data Abstraction Library)函数库并不能称为遥感数字图像处理系统,但使用 GDAL 开发的软件非常丰富,包括著名的 Google Earth、ESRI ArcGIS 和 SkylineGlobe 等。GDAL 是—个在 X/MIT 许可协议下的开源栅格空间数据转换库,支持目前所有主流的操作系统(Linux, MacOS X 和 Windows)。它利用抽象数据模型来表达所支持的各种文件格式,还具有—系列命令行工具来实现对数据的读取、写入、转换和处理。GDAL 几乎支持目前所有的栅格图像格式(详细的图像格式列表参考: http://www.gdal.org/formats_list.html),并且可以用多种流行的编程语言来调用,如 C, C++, C#, Java, Python 等。此外, OGR 是 GDAL 项目的—个分支,功能与 GDAL 类似,只不过它提供对矢量数据的支持。OGR 同时还集成了著名的地图投影库: PROJ. 4,并对其进行了封装,使用户可以用简单的接口来完成复杂的地图投影运算。GDAL 的核心函数采用 C 和 C++来编写,在数据读取和运算方面性能优异,并且接口简单易用,已经成为基于 C 和 C++开发遥感图像处理系统的首选 I/O 库。目前最新的版本是 1.9.2,该版本可以支持 64bit 的系统开发。本书将在第 9 章对其开发和使用进行详细的介绍。

5. 其他

常见的遥感数字图像处理系统还包括 PCI GEOMATICA 和 ER Mapper 等国外知名的遥感软件,以及 ImageInfo、Supermap、MapGIS 和 GeoBeans 等国内领先的地理信息系统及遥感软件。这些软件都具备丰富的遥感及地理信息系统数据的处理工具,

并且各具特色,可帮助用户在同一个系统化的界面下完成他们所需的工作。

1.3 遥感数字图像处理系统的开发

1.3.1 开发内容

遥感数字图像处理系统的开发工作主要包括应用需求分析、框架构建、功能设计、模块编写和测试调试等,是一个以应用需求为导向,从整体到部分、从设计到实施的过程。在系统的开发过程中,需要考虑和研究的主要问题包括:

(1)应用需求分析。应用需求是开发一个遥感数字图像处理系统的原动力,决定了系统设计时所需要包含的功能和应当具备的处理能力。

(2)框架设计。系统框架是如何对已确定的需求进行技术实现而做出的规划。在制定好系统框架后,可运用成套、完整的工具,在规划的步骤下完成系统开发的任务。

(3)系统功能划分。功能设计与划分是系统设计中最核心的部分,是应用需求实现方式的设计表达。良好的功能设计和划分应做到结构清晰、功能全面、易于操作人员使用和理解。

(4)用户界面设计。用户界面是人与计算机之间进行交流和沟通的信息通道。界面设计是一个由不同学科参与的复杂工程。一般而言,用户界面的设计要以人为中心,遵循三大原则:置界面于用户的控制之下、减少用户的记忆负担以及保持界面的一致性。

(5)模块及接口设计和编写。模块是系统的基本组成部分,是功能的具体实现,也是实现遥感图像处理的基本单元。接口是软件不同部分之间的交互接口,决定了系统内部模块之间、系统与外部设备之间如何通信。系统开发中最主要的工作都集中在模块及接口的设计和编写方面。

(6)性能优化及容错性。开发遥感数字图像处理系统的目的是尽可能地代替或减少人工操作,提供快速、高效、稳定的数据处理功能,因此如何优化系统的效率、保持系统的稳定性,是贯穿于整个系统实现过程中的重要问题。

(7)软件测试。软件测试是在规定的条件下对程序进行操作,以发现程序错误,衡量软件质量,并对其是否能满足设计要求进行评估的过程。成熟的软件必须通过严格的测试调试才能交付使用。在软件开发的过程中,测试的难度不亚于软件模块编写,其实施的周期也较长,甚至超过软件模块的开发周期,因此必须高度重视。

(8)可移植性和重用性。软件的可移植性是指软件可以在不同的操作系统上顺利运行,重用性意味着软件具有可维护性和扩展性。一个成功的软件系统应该具有良好的移植性和重用性,可以持续进行软件模块的升级和版本更新,适应用户对软件性能和功能的不断要求。

1.3.2 常用的开发方式

目前遥感数字图像处理系统常用的开发方式主要包括基础开发和二次开发。基础

开发是指开发者不借助已有的相关平台,使用编程语言,自己设计和编写图像处理模块和显示模块等系统组成部分。二次开发是指开发者借助已有的处理平台(如 ArcGIS、Supermap 和 ENVI 等),在现有的软件基础上进行定制修改和功能扩展,实现自己需要的功能,而不改变原有系统的内核。

借助成熟的图像处理平台提供的接口,二次开发方式能够较为轻松地对其功能进行定制和修改,以满足实际的应用需求。这类平台大多已经提供了成熟易用的显示方法和处理模块,同时支持多种语言环境下的调用,能够满足大多数常用的处理要求。

对于编程技术还不是很熟练的开发人员而言,选择基础开发的方式将面临技术难度大、开发周期长等困难,而且其中涉及的算法选择与实现、代码组织与优化等工作也十分繁重,所以二次开发方式已经成为遥感图像处理系统开发中常用的方式。

一般来讲,对于采用二次开发方式进行遥感数字图像处理系统开发的人员,应满足下列要求:

(1)掌握至少一门该平台所支持的编程语言。

(2)对该平台的功能熟悉,有一定的操作经验。

(3)熟悉该平台的数据结构、代码结构,以及系统的框架结构等。如果采用的是接口式的二次开发,则需要对其接口比较熟悉。