

高光谱图象处理分析系统 HIPAS 的系统设计及实现*

王向军¹⁾ 杨惠琼²⁾ 郑兰芬¹⁾ 胡起秀²⁾

¹⁾(中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101)

²⁾(清华大学计算机科学与技术系, 北京 100084)

摘要 描述了高光谱图象处理与分析系统软件(HIPAS)的系统设计、体系结构和主要特点,阐述了高光谱图象处理系统应具备的功能以及面向对象的设计方法在软件系统设计中的应用。实践表明,采用面向对象的设计方法和新一代的编程语言,可以快速开发出性能满足高光谱图象处理用户需求的图象处理系统。实践证明,采用优化的处理算法,目前的微机系统也能完成通常的光谱图象处理任务。

关键词 高光谱图象处理 面向对象 IDL 语言

0 引言

高光谱分辨率遥感或成像光谱遥感技术的发展是本世纪在对地观测方面所取得的重大技术突破之一。成像光谱技术将成像技术与光谱技术结合在一起,在对目标对象的空间特征成像的同时,对每个空间象元经过色散形成几十个乃至几百个窄波段以进行连续的光谱覆盖^[1]。随着成像光谱技术的发展,我国在机载成像光谱仪的研制方面已取得了长足的进步,中国科学院上海技术物理研究所研制的成像光谱仪已形成系列,主要包括:模块化航空成像光谱仪 MAIS、推扫式高光谱成像仪 PHI 等,下一代实用型模块化成像光谱仪 OMIS 正在研制之中。这些成像光谱仪所获取的海量数据急需有相应的处理分析软件与之配合,从而在应用上对软件提出了越来越高的要求。高光谱图象的处理和分析问题已成为该技术推广应用亟待解决的问题。近年来我们发展了一套与我国自行研制的机载成像光谱仪相配套的实用化、功能较完善的高光谱图象处理与分析软件系统。该系统运行的软件环境是建立在 Windows NT 操作系统上,以 IDL 语言作为主要的程序运行和开发环境,采用广泛应用的 PC 机为硬件平台,适合于广大的普通用户需求。

1 系统设计目标

本系统在微机平台上开发,需在较短的时间内完成,同时要考虑到将来的发展,系统必须具有可移植性,能够扩展到不同的平台。系统应当便于用户操作,便于维护。

2 需求分析

成像光谱数据具有超多波段、高光谱分辨率像谱合一与海量数据的特点,从而使得常规图象处理系统难于甚至无法处理分析其所包含的丰富地学信息。根据多年进行成像光谱应用研究的经验,经过广泛的调查,认为一个高光谱的处理系统应具备以下功能:

(1) 成像光谱数据预处理。处理由航空遥感器上获取的原始数据,进行必要的数据整理、系统校正,为进一步分析处理作准备。

(2) 数据交换。能与其他系统相互交换数据,能够控制磁带机等大容量的数据存储设备。

(3) 图象数据的空间分析。这是常规的图象处理功能,包括图象的各种空间变换、滤波处理等。

(4) 光谱分析。这是针对图象光谱信息的处理,包括光谱维的滤波、分析等。

* 本文研究得到国家“863”高技术项目(No. 863-308-10-02)及国家自然科学基金重点项目(No. 49493400)资助

收稿日期:1999-01-27;收到修改稿日期:1999-10-12

(5) 图象的光谱定标。将图象数据的灰度信息转换为反射率值。

(6) 光谱数据库的支持。包括数据库的建立、查询、更新以及光谱数据分析。

(7) 光谱数据的交互分析。包括图象光谱曲线的提取、三维光谱切片及图象立方体的生成及显示等。

(8) 关注区域(ROI)功能。由用户交互式选择图象区域,针对指定的区域执行一定的处理算法。

(9) 用户二次开发接口。允许用户在已开发的软件基础上开发新的功能,并可以方便地加入系统中。

具有以上功能的高光谱图象处理分析系统不仅包含了各种常规的图象处理算法,如图象增强模块、图象分类模块等,而且针对高光谱图象数据的分析和处理,专门开发了几何精处理、图象光谱信息的可视化表达、图象光谱复合分析、光谱数据库等模块,为进行高光谱图象研究提供了便利工具。

3 开发环境的选择

选择能在微机系统上运行的 IDL 语言作为主要的程序运行和开发环境。IDL (Interactive Data Language) 语言是第四代科学计算可视化语言,集开放性、高维分析能力、科学计算能力、实用性和可视化分析为一体,它可以在多种硬件平台上运行,可以方便地与 C、C++ 连接,还支持数据库的 ODBC 接口标准。IDL 语言内置的数学库函数可以大大地减少图象处理算法开发的工作量,用 IDL 语言写的程序可以不加修改地在其他可以运行 IDL 的平台上运行,这样开发出来的系统自然地具有可移植性。由于 IDL 语言是解释性语言,其运行速度受到影响,对于速度要求较高的功能可以直接用标准 C 语言编写,利用 IDL 与 C 的接口在 IDL 语言中调用 C 模块实现高速度。在本系统中,由于预处理模块需要快速处理大量的原始数据,该模块的处理功能都是由 C 语言写成的。为了使 C 语言模块不致影响整个系统的可移植性,本系统中的 C 语言模块都只用作计算,不涉及对操作系统的访问和其它底层调用。系统中涉及到用户界面和系统调用的部分都由 IDL 语言实现,例如,由 IDL 生成的界面完成文件读写,然后将数据指针传给 C 语言的 DLL 库函数,由 C 的库函数完成相应运算后再返回调用点。在其它操作系统中,只需稍作修改,就可同样实现 IDL 对 C 程序的调用。

数据库模块以微机系统上广泛采用的 Foxpro 来实现,Foxpro 开发方便,功能强大,支持 Windows NT 的动态数据交换(DDE)功能,可以通过 DDE 实现 IDL 与 Foxpro 之间的数据交换。

4 对象设计和系统框架

4.1 数据抽象

按照面向对象的设计思想,分析高光谱数据处理过程,对系统要处理的数据进行抽象,定义出系统要处理的对象,将它们分为两大类:数据对象和界面对象。数据对象包括系统要处理的数据集合,界面对象处理用户与系统之间的交互通信。

4.2 对象封装

基本数据对象定义了基本的对象数据结构,同时封装了操作对象数据的函数。对象的内部数据结构是不可访问的,只能通过对象的函数来操作对象数据。对象经过封装后可以象一个部件一样用在各个程序中,不用担心对象的功能受到影响。

界面对象由 IDL 的基本界面元素 widget 构成,widget 的数据由 IDL 的函数维护,外部过程不能直接访问,只能通过调用 widget 的函数来改变 widget 的属性。由 IDL 的 widget 为基础创立的 HIPAS 用户界面对象也对用户界面对象的数据进行了封装,以保证对象的稳定和界面的易修改。

4.3 多态性

IDL 语言的许多函数可以支持不同的数据类型,例如 ROT 旋转函数可以旋转字节型、整型及浮点型的矩阵数据。HIPAS 系统在设计时充分利用了这一特性。定义的数据对象支持多种数据类型,相同的对象函数功能可以支持多种不同的数据类型。

4.4 系统框架

系统按照模块可以划分为:

(1) 系统管理模块。负责系统初始化设置,调用各种模块。

(2) 用户界面模块。产生用户界面,接收用户的输入,显示输出结果。

(3) 数据处理模块。根据不同的输入对数据进行加工,产生输出结果。

(4) 基本对象访问模块。提供对基本对象数据的访问功能。

由系统管理模块启动主程序,调用用户界面模块。根据用户不同的输入参数,驱动数据处理模块,数据处理模块根据功能及输入参数调用基本对象访问模块,读入需要处理的数据对象,经过处理后将结果写回。如图1所示。

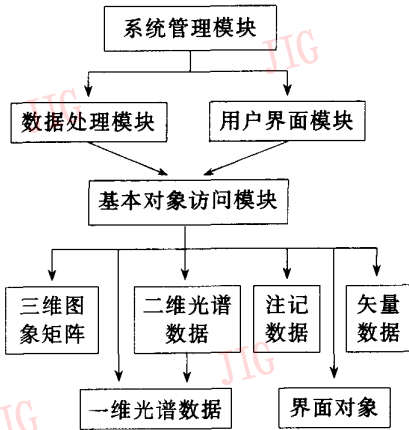


图1 系统框架

系统的主界面用 IDL 的 widget 构成,采用菜单驱动的方式,由用户选取的菜单消息来驱动处理程序。如图2所示。

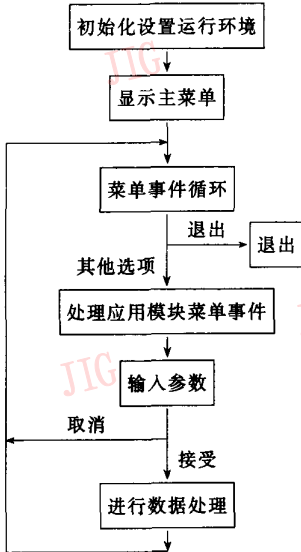


图2 系统的运行流程

5 基本数据对象

系统包括两类对象:数据对象和界面对象。数据对象包括系统要处理的数据集合,界面对象用来处

理用户与系统的交互通信。

本系统包括以下数据对象:

(1) 图象对象

对象数据包括图象矩阵数据及关于图象的一些信息,如:象元数、行数、波段数、矩阵排列格式、地理参考信息等。

(2) 查找表对象

对象数据为查找表及查找表的数据范围。

(3) 伪彩色表对象

对象数据为彩色表,用于密度分割。

(4) GCP 地面控制点对象

对象数据保存了 GCP 数据,用于图象的几何纠正。

(5) 滤波核矩阵

对象数据为用户定义的滤波核矩阵。

(6) 数学公式

(7) 光谱数据

本系统的界面对象由 IDL 的基本界面元素 widget 构成,其对应的生成函数都是以 widget_ 作为函数名的开头。在 IDL 中常用的 widget 类型有 widget_base(widget 基类)、widget_button(按钮)、widget_draw(图象显示 widget)、widget_droplist(下拉式列表框)、widget_label(标签)、widget_list(列表框)、widget_slider(滚动条)、widget_table(表格)等。HIPAS 系统由这些基本对象构成了图象显示、光谱显示、参数输入、状态信息显示等用户界面对象。系统的主要界面用菜单加以驱动,图3为 HIPAS 系统的主菜单,图4(a)、(b)为图象显示界面,图5为光谱数据库的部分界面。

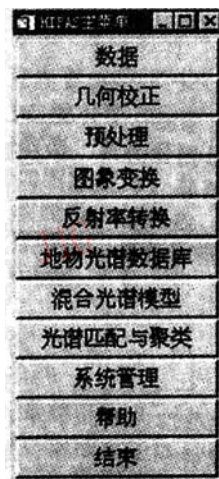
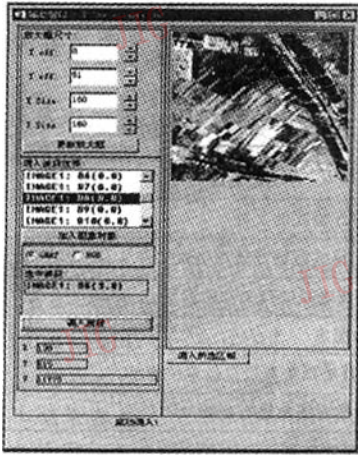


图3 HIPAS 主菜单



(a) 图象显示辅助窗口



(b) 图象显示主窗口及浮动菜单

图 4

重要的索引作用。

6.2 对象存储区

对象存储区由一块块连续的对象数据组成。主要的对象有 7 种,分别是:图象矩阵、地面控制点、查找表、伪彩色表、滤波核矩阵、数学公式、光谱数据。所有的对象存储区由两部分组成:对象描述头和对象数据区。

6.3 对象描述头

对象描述头中首先记录着一些公共的信息,比如:对象类型、版本号、创建日期、注释以及描述头大小等数据。紧接着就是与自身有关的一些信息,例如图象矩阵,其对象描述头里就记录着图象的波段数、象元数、行数、象素类型以及波段信息等等。这些数据在以后的对象数据存放时会被用到。

6.4 对象数据

对象数据才是系统最终处理的实质部分,其内容因对象类型而异。如图象矩阵对象的数据就是各波段的图象矩阵,地面控制点对象的数据就是地面控制点的位置和实际的控制点的个数。

7 主要功能

HIPAS 系统的功能主要分为 7 个模块,包括:数据输入输出、数据预处理、传统图象处理、光谱分

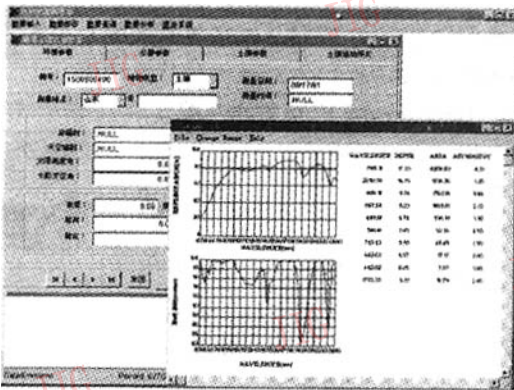


图 5 光谱数据库界面

6 文件结构定义

HIPAS 系统需要处理多种数据对象,各种对象在磁盘文件中都有不同的格式。在 HIPAS 系统中我们定义了对象数据库文件格式,将各种数据对象包含在统一的磁盘文件中,减少系统文件访问模块的与外部接口的复杂性,文件结构主要分为两大部分:文件头和对象存储区。

6.1 文件头

在文件头中记录了文件的类型标志、版本号、创建日期、所含的各种对象的信息等等。这些信息,尤其是对象信息,其中记录着各个对象的类型、存储位置以及总的长度,在以后的数据访问中起着很

析、交互式分析、光谱数据库和专用工具。各个模块目前所具有的功能概述如表1。

² 该系统在多项遥感应用课题的高光谱图象处理中得到了实际应用,尤其是图象预处理和图象镶嵌

的效果较好。经测试,系统的集成预处理功能在集中完成 MAIS 数据的格式转换、边缘辐射校正、正切校正、镜象变换以及磁带读写等处理时,可以达到 520MB/小时的处理速度。

表1 HIPAS 功能概述

系统模块	系统功能	功能描述
数据输入/输出	数据输入	将各种图象文件转成 HIPAS 格式的文件
	数据输出	将 HIPAS 格式文件转成无格式数据或通用格式文件
	磁带备份	在磁带和 Windows NT 系统之间进行文件的读写
数据预处理	几何纠正	用同步 GPS 数据校正原始图象
	噪声去除	自动或手工去除仪器噪声及对图象坏行进行定位修补
数据预处理	MAIS/PHI 系统辐射定标	用 MAIS/PHI 仪器定标参数对图象进行定标
	图象浏览	快速浏览用户所选择的图象立方体
	光谱模拟	对指定的传感器进行光谱数据模拟
传统图象处理	图象变换	对图象进行空间及光谱域的变换,包括数据拉伸、FFT 变换、PCA 变换等
	图象滤波	对图象进行空间域滤波,包括低通滤波、高通滤波、用户自定义滤波器等
	图象分类	用监督或非监督方法对图象进行分类,包括最大似然分类和 ISODATA 分类
	图象配准	根据地理坐标校准图象或将图象与基准图象进行配准
光谱分析	光谱滤波和变换	光谱维低通滤波,对反射率图象立方体进行光谱导数变换
	混合象元分解	实现基于线性混合模型的混合光谱分解
	光谱匹配	利用光谱特征进行图象分类
	定量参数估计	从图象反演定量参数
交互式分析	X、Y、Z 曲线和光谱切片	交互地从图象立方体中提取光谱曲线和三维光谱切面并显示
	图象注记	添加及编辑图象注记
	ROI 工具	用户定义图象中感兴趣的区域
光谱数据库	数据库的基本功能	创建、修改、查询光谱数据库,提取光谱特征
专用工具	图象融合	将图象数据和光谱数据进行融合分析处理
	用户二次开发接口	提供用户扩展系统功能的接口

8 结束语

HIPAS 系统采用面向对象的方法实现了基本的图象处理功能和高光谱图象分析功能,集成了光谱数据库和控制点数据库,并为用户的二次开发提供了接口,是遥感工作者进行高光谱图象处理分析的有力工具。

致谢 在系统发展过程中我们得到了遥感信息开放实验室的帮助,在此表示谢意。

参考文献

- 1 陈述彭,童庆禧,郭华东主编. 遥感信息机理研究,北京:科学出版社,1998.
- 2 IDL User's Guide. Research Systems, Inc, 1997.
- 3 ENVI User's Guide. Research Systems, Inc, 1997.
- 4 郑人杰著. 实用软件工程. 重庆:科学技术文献出版社重庆分社, 1988.
- 5 Jeb Long. Visual Foxpro 3 Developer's Guide. 中译本,北京:机械工业出版社,1996.



王向军 1992年毕业于清华大学计算机系,1995年毕业于中国科学院遥感应用研究所,获硕士学位。现为中国科学院遥感应用研究所助理研究员。研究方向为高光谱遥感应用,模式识别,图象处理,软件工程。

杨惠琼 1996年毕业于清华大学计算机系,现为清华大学计算机系硕士研究生。研究方向为计算机视觉,模式识别,图象处理及高光谱遥感应用。

郑兰芬 1964年南京大学毕业,现为中国科学院遥感应用研究所博士生导师。主要研究方向为成像光谱遥感机理,技术发展,成像光谱图象处理与分析模型算法以及其在地质环境农业方面的应用。

胡起秀 清华大学计算机系教授。主要从事计算机技术和应用,信号处理原理及应用方面的研究。

The Design and Implementation of Hyperspectral Image Processing and Analysis System (HIPAS)

Wang Xiangjun¹⁾, Yang Huiqiong²⁾, Zheng Lanfen¹⁾ and Hu Qixiu²⁾

¹⁾ (Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

²⁾ (Department of Computer Science & Technology, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract This paper describes the Hyperspectral Image Processing and Analysis System (HIPAS). The HIPAS, built on Interactive Data Language (IDL), and implemented on Windows NT workstations, meets the requirements for rapid preprocessing of imaging spectrometer data and easy prototyping of algorithms. Integrated with a spectral library, which was implemented on the FoxPro, a popular used database environment in Windows NT platform, the spectral analysis model was established to support the hyperspectral image analysis. The design, structure and main characteristics of HIPAS are described in this paper. The functions needed in the hyperspectral image processing system and the applications of object-oriented design method used in the design of software system are discussed. Designed using the object-oriented methods, the HIPAS system is robust and easy to be expanded. It shows that based on the personal computer hardware system and using an optimized software algorithm, the basic requirement of hyperspectral image processing can be satisfied.

Keywords Hyperspectral image processing, Object-oriented, IDL