

MODIS 积雪遥感监测系统的研制

傅 华¹ 沙依然¹ 黄 镇² 李 聪¹ 王 蕾¹

(1. 新疆维吾尔自治区气候中心, 乌鲁木齐 830002; 2. 新疆维吾尔自治区气象台)

提 要: 利用 MODIS 高光谱、多波段资料和气象台站观测资料, 以逐步判别与 Bayes 判别等数学统计的方法结合不同目标物的光谱特性, 同时考虑下垫面条件和季节等对积雪深度分布的影响, 建立 MODIS 积雪深度回归模型; 以面向对象的编程技术, 采用 Microsoft Visual C++、.NET 软件开发工具, 通过“类”概念的设计方法, 建立 MODIS 积雪遥感监测业务系统, 计算出积雪面积、覆盖度、各层雪深、雪水当量等多个反映测区积雪总量的物理参数, 制作出各类积雪产品。该系统投入业务试运行后, 系统运行稳定可靠并在 2006 年度冬季北疆地区雪灾监测服务和 2006 年新疆春季洪涝灾害决策服务中发挥了重大作用。

关键词: MODIS 积雪监测 积雪产品 雪深反演 地理信息系统

Development of a MODIS Snow Remote Sensing Monitoring System

Fu Hua¹ Sha Yiran¹ Huang Zhen¹ Li Cong¹ Wang Lei¹

(1. Xinjiang Uygur Autonomous Region Climate Center, Urumqi 830002;
2. Xinjiang Uygur Autonomous Region Meteorological Bureau)

Abstract: On the basis of the mathematical model and Bayes distinction principle, with the object-oriented method of exploitation, under the Windows 2000 operating systems, an EOS/MODIS snow remote sensing monitoring system is successfully developed by using the Microsoft Visual C++、.NET. With 3S technology, the system has realized the seamless connection between various modules as well as the multiplex snow identification (automatic and man-machine interaction). The system runs well, and may provide the high grade and abundant snow products for the user.

Key Words: MODIS snow remote sensing monitoring snow product snow-depth retrieval GIS

本文得到国家气象局推广项目(CMATG2005M24)“MODIS 雪深反演数学模型与应用”项目资助

收稿日期: 2006 年 8 月 18 日; 修定稿日期: 2007 年 1 月 20 日

引 言

我国气象部门在 1980 年代中期就利用气象卫星制作全国积雪覆盖图,1990 年代初开发了一些省级和国家级的 NOAA 气象卫星雪深反演模型和积雪监测系统,新疆气象局也开展了 NOAA 气象卫星资料反演雪深的工作,这些系统都是在 DOS 环境下开发的,受当时的软硬件条件所限,系统的性能较低,系统化和业务化程度不够。2001 年底在保障气象卫星信息源的基础上,新疆建立了省级气象部门第一家 EOS/MODIS 接收处理系统,并使之成为“科技部数据大平台新疆 EOS/MODIS 资料接收基地”,而积雪监测和积雪产品专题图的制作一直采用归一化差分积雪指数 NDSI 分层阈值法和图像处理软件等相结合的方法,目视解译、人工经验判识和大量的人工操作已不能适应雪情分析、灾害监测等需求。因此利用美国地球观测卫星的 EOS/MODIS 卫星资料,考虑积雪、云、地表、水体等多种目标物的不同光谱特性和 DEM、地表粗糙度、土地覆盖类型等多个因子以及季节变化等因素,采用数学模型的逐步判别和 Bayes 判别等方法,结合 GIS 技术,完成积雪面积、覆盖率、深度数据的科学获取以及为配合积雪遥感监测的业务化运行,采用科学的技术手段和现代化管理形式,开发 GIS 支持下的 EOS/MODIS 积雪遥感监测系统在雪深反演数学模型的基础上建立的一个信息处理系统。系统集 MODIS 数据处理、图形图像处理、应用、统计分析、地理信息合成等功能

为一体,多层次、图文并茂地展现了积雪的分布特征。为使系统具有矢量栅格一体化、信息表达多样性、可移植性、良好的用户界面、可维护性和安全性等方面的特点,采用一系列技术手段将矢量和栅格两种不同性质的数据有机地结合为一体,使图形图像数据在信息表达方面,既互为补充又丰富积雪产品的内容。通过数据接口叠加各种地理信息、DEM、实时台站观测雪深信息等,帮助用户从多角度、全方位的了解积雪分布状况。同时,整个系统还要有很好的扩展性和继承性。

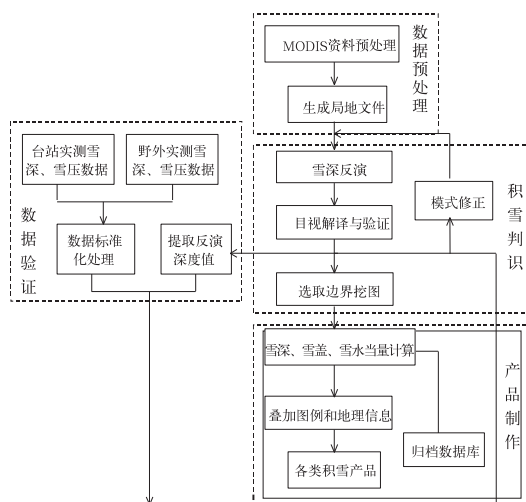


图 1 MODIS 积雪监测工作流程图

1.2 系统的硬件组成

硬件部分是由 MODIS 接收预处理平台(接收系统的后端机),应用处理平台,输出平台三部分组成。使用奔 4 1GB 以上内存的 PC 机两台,彩色打印机或喷墨绘图仪一台。各平台之间通过局域网和互联网,采用 Notes、ftp、E-mail 等方式进行数据交换,构成了积雪监测系统的硬件平台。

1.3 系统的软件结构

由于本系统是一个准业务系统,因此要求系统的工作流程与业务流程保持一致。工作

流程分数据预处理、积雪判识、数据验证、产品制作等4部分,各流程之间既相互联系又相互独立,图1表示了MODIS积雪遥感监测系统内部的信息流向及系统的逻辑处理功能。

2 主要技术方法

(1) 软件开发平台。本系统采用 Microsoft Visual C++ .NET 软件开发工具,完成 MODIS 资料的局地文件检验、太阳高度角订正、景观分类、积雪深度计算、面积估算等处理;通过 MFC 类库使用 CListCtrl、CTreeCtrl 完成图形、图像界面的显示工作;利用 MapGIS6.0、MapInfo4.0、ERDAS IMAGINE 8.4 等软件工具获取地理信息,通过矢栅一体化的叠加、配准,输出生成专题图图像文件。

(2) 参数字典技术。该系统在整个积雪监测和积雪分析过程中用到了参数字典的技术,如在积雪监测过程中,字典给出地县流域的地名、代号、范围(长和宽),当需要增加或修改一个地区、县、流域的积雪监测时,只要对字典进行修改,即不需要修改程序,系统就可根据需要进行积雪监测。同样,在对反演雪深和叠加气象台站雪深进行对比分析时,图像放大与缩小,不同的地区显示在同一个屏幕范围内等都用到此项技术,字典技术的使用使系统更灵活,更易于修改和维护。

(3) 多线程管理技术^[5]。在实现系统多窗口调用时,为了防止多点故障对系统造成的影响,增加监测系统的稳定性,在调用窗口事件和消息的发送上采用了用户界面线程技术,针对每个发送点启动一个线程单独完成该点的信息发送,对频繁的人工干预进行了有效的管理。在实现气象台站观测雪深、雪密度数据实时传输时,采用了工作线程技术,用来执行程序的后台处理任务及运行控制,比如调度、对串口的读写操作等,实现了反演

雪深数据与实测雪深数据的实时验证分析。

(4) 应用软件与商用软件的无缝连接^[6]。一般商用软件都是自成体系,给用户提供的信息是有侧重的、有授权限制的、与用户业务系统分离的,操作员在进行积雪监测、质量检查时不方便也不够用。本系统利用微软 COM 组件接口调用“EOSshop”遥感应用处理软件的方式,获取资料调用的作业状态并对资料作相应处理后,返回本系统继续处理,流畅地完成积雪监测的作业流和数据流的全过程,实现应用软件与商用软件的无缝连接,使得业务系统成为一个有机的整体。

(5) 大图像、多通道数据的处理方法。就大区域而言(如北疆、南疆地区 250m 分辨率的 LD2 数据量达 1GB 左右),我们采用的是内存动态分配管理(指针)的方法,随着数据处理的进程临时释放和加载数据,这样既解决了内存压力过大的矛盾,也不会影响到处理进程,对超大数据的处理就跟一般数据处理感觉一样,达到了实时业务所要求的高时速、高效率的目的。

(6) 矢栅一体的组织方法。将各种类型的矢量数据(如:居民点、河流、公路、高程等)转换成以经纬度所表示的文本文件,通过调用文本文件和对应的图像文件,对矢量数据和栅格数据进行叠加、配准,经过有效地结合形成带有地理信息的积雪专题图,最后做一体化显示和分析。

(7) 基本操作参数化。在实际操作过程中,一般系统或多或少需要设置一些操作参数,因此为了获得一个满意的结果往往需要多次操作。为了简化操作过程,系统中对一些反复操作,特别是对地理信息这种多层数据的读取和显示等进行了分类、参数化,用简单的命令代替了复杂的操作过程(称宏操作)。

3 系统的主要功能和应用

系统除了具备基础信息处理、图像处理、

应用处理、专题图制作、地理信息叠加等基本功能外,为了便于用户使用雪深数据和分析反演雪深的准确性,还设计了提取某范围内

每点的反演雪深数据、实时叠加观测台站雪深、雪密度数据、拼图、旬月最大积雪合成等必要的使用功能,如图2所示。

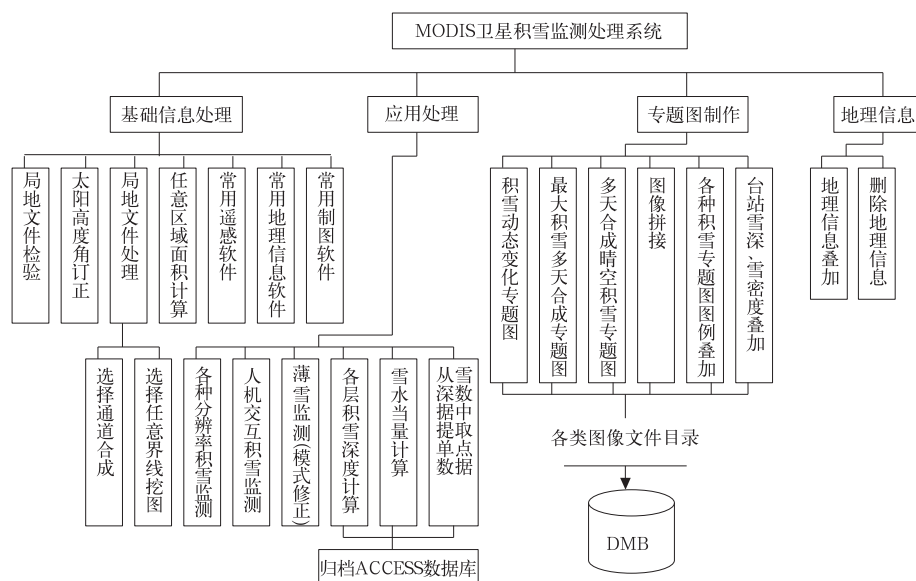


图2 积雪监测系统主界面

(1) 基础信息处理:将 MODIS 资料的 HDF 文件投影生成等经纬度局地 LD2 文件,并对局地文件的通道数、通道顺序、文件大小进行检查,对反射率通道数据做太阳高度角订正,生成新的局地文件,为进一步开展生态环境遥感监测等各项工作提供科学的基础数据。

(2) 应用处理:包括积雪监测、人机交互薄雪判识等功能。积雪监测首先对 MODIS 资料进行局地文件检验,将预处理过的局地文件结合土地覆盖数据进行云、雪、水体、地表等分类^[4],生成景观分类数据文件 *.SNW,然后根据不同季节,采用不同的积雪深度回归模型结合预处理的局地文件、景观分类结果文件、土地覆盖数据进行积雪深度计算,生成雪深(1~5cm、6~10cm、11~15cm、16~20cm、21~30cm、>30cm)数据文件 *.SNW、图像文件 *.SDF,在 MODIS 应用处理 EosShop 平台基础上,对图像文件

*.SDF 进行通道合成,选择地区、县、流域边界挖图等,并另存为 *.BMP 图像文件的雪深初级产品。另外,在自动判识雪深,尤其在对薄雪判识不理想的情况下,可采用积雪指数、阈值加减相结合的方法进行人机交互薄雪判识修正。

(3) 专题图制作:在图像文件 *.SDF 的基础上,对积雪深度、积雪面积进行计算和统计,计算出某地市县、河流流域的积雪总面积、积雪覆盖率和各层的雪深面积及雪水当量等物理参量,生成数据文件并存入数据库。将数据文件中的积雪信息叠加到初级产品图像中,完成新疆各地市县流域的积雪监测、积雪动态变化、最大积雪旬月多天合成、多天合成晴空积雪产品等专题图的制作。

(4) 地理信息叠加:在积雪产品专题图的基础上,可根据用户的需要采用矢量栅格一体化的组织方法进行地理信息叠加和分析,如:地州市县名、团场乡镇名、公路(省干

线和国家干线)、河流、DEM 等,为灾情分析和评估等提供准确、科学的依据。

4 应用举例

MODIS 积雪遥感监测系统于 2005 年 11 月投入业务试运行后,经反演数据和气象台站观测数据(北疆地区)验证分析,除塔城地区为 83.2%以外,反演精度达到了 85.2%以上,平均反演精度为 86.2%,与野外实测数据(北疆地区)验证分析,反演精度达到了 92%以上,表明该系统可满足业务要求。

4.1 积雪专题图及相关产品的应用

系统可实时提供不同季节的新疆分区、县、流域的积雪产品专题图。图 3(见彩页)是利用 2006 年 1 月 6 日 15 时监测的北疆地区 MODIS 卫星资料,经过积雪数学模型反演得到 500m 分辨率积雪专题图。系统以旬月报的形式,提供某段时间以来某地、县、河流流域的最大积雪深度专题图。还可根据需要提供不同时间同一个地点的积雪变化情况,为及时掌握某地区近期积雪动态变化提供了第一手宝贵资料。图 4(见彩页)是 2005 年 12 月 13 日到 12 月 22 日阿勒泰地区的积雪变化图。

多天合成晴空积雪专题图是针对一段时间以来如果没有晴空的 MODIS 资料,可将两张近期都有云(不同位置)的 MODIS 数据进行数据融合,达到对有云部分的有效剔除,形成一张全晴的积雪专题图,以弥补多天来没有全晴资料的空缺(图略)。这种情况一般在积雪稳定期使用比较合适(考虑到积雪具有连续性这一特点);非稳定期一般不使用(如春、秋两季),因为积雪每天都在发生变化。

4.2 地理信息在积雪监测中的应用

在专题产品图制作过程中,用户可以根据需要自动叠加 1:25 万基础地理信息,如:

公路、河流、居民点等。DEM 数据作为地表特征分类的辅助数据集参与到了地表粗糙度、坡度、坡向等地形参数计算中,除此之外,利用数字高程模型相关算法,在遥感图像处理软件的支持下,实现积雪专题产品三维可视化制作,使用户更加清楚地了解到积雪的分布是在平原区、前山带还是后山区。矢栅一体化的应用,形象、身临其境地将有关信息表达出来,增加了系统的现实感(图 5 见彩页)。

5 展望

MODIS 积雪遥感监测系统,在 2006 年度冬季北疆地区雪灾监测服务和 2006 年春季洪涝灾害决策服务中发挥了重大作用,宏观准确的积雪定量化产品成为农业生产和环境灾害监测决策服务支持系统的重要组成部分和各级党委、政府、农牧业、水利部门宏观决策的科学依据,也为今后促进气象科技成果迅速向社会生产力转化,提高新疆气象局的积雪遥感监测服务能力和业务水平,拓展服务领域打下了坚实基础。该系统可向北方多雪地区进行推广,应用前景十分广阔。另外,在积雪遥感监测系统中嵌入 Web GIS 功能,建立一套基于 3S 技术积雪遥感灾害监测评估系统,并通过 Internet 网站实时发布灾情信息是今后研究努力的方向。

参考文献

- [1] 陈元琰. VisualC++、NET MFC 类库应用详解[M]. 北京:科学出版社,2004:241-291
- [2] 李兰友. VisualC++、NET 图形图像编程[M]. 北京:电子工业出版社,2002:445-447.
- [3] 何斌,马天予,王运坚,等. VisualC++ 数字图像处理[M]. 北京:人民邮电出版社,2003:384-433.
- [4] 李三妹,傅华,黄镇,等. 用 MODIS 资料反演积雪深度参量[J]. 干旱区地理,2006,29(5):110-113.
- [5] 高峰. 数据库实时监控系统的设计与实现[J]. 气象,2005,31(3):83-84.
- [6] 郭发挥,王颖. 气象辐射资料准实时处理系统的研制[J]. 气象,2003,29(7):19-20.

傅 华等：MODIS积雪遥感监测系统的研建

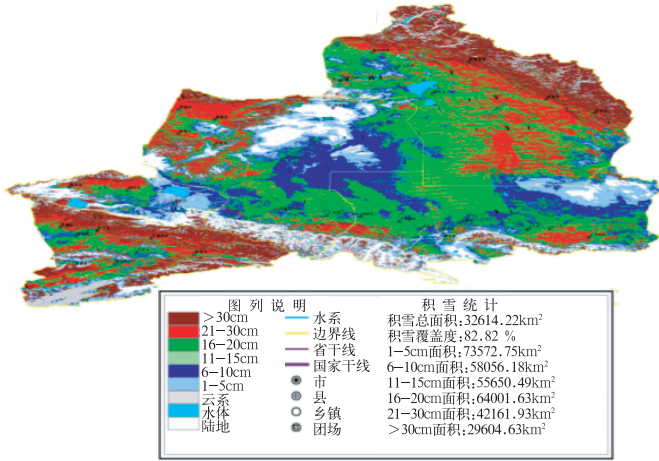


图3 2006年1月6日北疆地区EOS/MODIS积雪监测专题图
图中白色表示为裸地，湖蓝色为水体，灰色为云，其他不同颜色代表不同的积雪深度

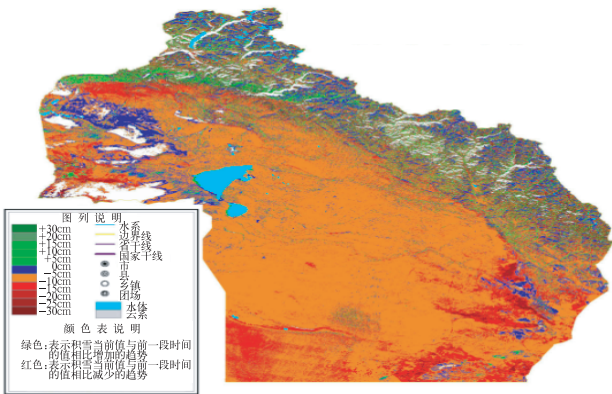


图4 2005年12月13-22日阿勒泰地区积雪动态变化评价图
绿色表示积雪在增加，为正变化；红色表示积雪在减少，为负变化
(±20cm以下5cm为一个级别，>20cm以上10cm为一个级别)，
颜色越深表示积雪增加或减少的越多，蓝色表示无积雪变化，
白色表示无积雪区

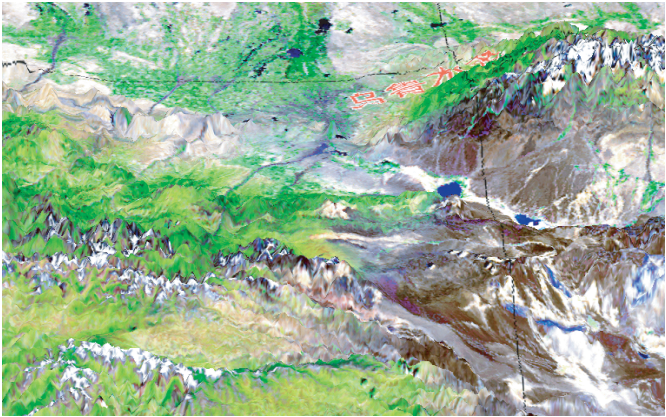


图5 乌鲁木齐地区三维积雪专题图