

# 环境资源动态监测与评估系统<sup>①</sup>

黄 彰<sup>1,2</sup>, 蔺启忠<sup>1</sup>, 王钦军<sup>1</sup>, 陈 玉<sup>1</sup>, 丁海峰<sup>1</sup>, 肖 磬<sup>3</sup>, 张医钦<sup>4</sup>

<sup>1</sup>(中国科学院遥感与数字地球研究所, 北京 100094)

<sup>2</sup>(中国科学院大学, 北京 100049)

<sup>3</sup>(核工业二三零研究所, 长沙 410007)

<sup>4</sup>(中国石油天然气华东勘察设计研究院, 青岛 266071)

**摘 要:** 针对新疆喀什地区开展环境资源监测和变化研究的需求, 基于 ArcEngine 组件和丰富的功能类, 通过有序的空间分析操作组合, .afr 格式的“虚拟栅格”作为影像波段运算的良好媒介, 结合多线程并发技术, 构建了一个订单式快速简单实现环境资源动态监测与评估的系统。对系统的总体设计和核心功能设计作了重点介绍, 包括任务管理, 水体、植被、冰雪信息提取, 动态监测与评估, 和专题图出图等功能, 并给出了系统的应用实例。该系统符合环境资源动态监测与评估的业务化应用要求, 可及时宏观地监测区域的环境资源变化发展情况, 服务于区域经济建设需要, 可以广泛应用于环境资源监测领域, 具有一定的通用性和扩展性。

**关键词:** 环境资源; 地理信息系统; 动态监测; 遥感; 信息提取

## Dynamic Monitoring and Evaluation System on Environment and Resources Based on GIS

HUANG Zhang<sup>1,2</sup>, LIN Qi-Zhong<sup>1</sup>, WANG Qin-Jun<sup>1</sup>, CHEN Yu<sup>1</sup>, DING Hai-Feng<sup>1</sup>, XIAO Sang<sup>3</sup>, ZHANG Yi-Qin<sup>4</sup>

<sup>1</sup>(Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, China)

<sup>2</sup>(University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

<sup>3</sup>(No.230 Research Institute of Nuclear Industry, Changsha 410007, China)

<sup>4</sup>(Geotechnical Engineering Company Chinaeast Investigation, Design and Research Institute, CNPC, Qingdao 266071, China)

**Abstract:** Aiming at the demand for monitoring and change research on environment and resources in Kashgar of Xinjiang province, a rapid order-style dynamic monitoring and evaluation system on environment and resources was constructed. Based on ArcEngine components and rich functional classes, the system was built upon the combinations of orderly spatial analysis operations, “virtual raster” in .afr format as a decent medium for band operations on remote sensing images, and multithreading technology. The architecture of the system and its core functions were exhaustively introduced, including task management, information extraction on water bodies, vegetation and ice, dynamic monitoring and evaluation, and thematic map production. Furthermore, the system application examples were presented. Meeting the requirements on operational applications, the system provided a good way to timely monitor changes and developments on environment and resources in a region, thus contributing to the regional economic development. The system can be widely used in the field of monitoring on environmental factors and resources, which displayed certain versatility and scalability.

**Key words:** environment and resources; GIS; dynamic monitoring; remote sensing; information extraction

喀什地区自古以来就是“丝绸之路”的重要驿站, 有着明显的区位优势。2010年5月, 中央新疆工作会议

上中央正式批准喀什设立经济特区, 未来十到二十年, 喀什将面临一个发展变化高速时期。中科院也确定把

① 基金项目:国家自然科学基金(41171280);国家科技支撑计划(2012BAK15B05,2012BAH27B05)

收稿时间:2014-03-04;收到修改稿时间:2014-04-01

与新疆维吾尔自治区的合作摆在更加突出的战略地位, 进一步加大科技支疆工作的力度, 支持新疆地区创新能力建设, 加强战略资源、生态环境等领域的前瞻研究和重大科技活动. 因此, 面向中亚地区特别是新疆地区开展资源环境的监测和变化研究, 建立一个旨在快速准确实现环境资源信息提取、任务管理、基于信息提取结果动态监测与变化评估、专题图出图的业务化运行系统, 服务区域可持续发展, 满足国家战略需求, 为喀什地区的社会经济实现跨越式发展乃至促进中亚地区的合作共赢、和谐发展做出应有的贡献, 具有重要的现实意义.

对于水体<sup>[1-3]</sup>、植被<sup>[4-7]</sup>、冰雪<sup>[8,9]</sup>的动态监测一直是遥感监测技术研究的重点, 近年来, 有关环境资源的遥感监测系统在逐步发展<sup>[10]</sup>, 开发了湖北省资源环境监测信息系统<sup>[11]</sup>、福建省生态环境动态监测与管理信息系统<sup>[12]</sup>、国家资源环境遥感监测数据系统<sup>[13]</sup>、宏观生态环境遥感监测系统<sup>[14]</sup>等, 应用到各省和国家各决策机构的资源环境监测中. 湖北省资源环境监测信息系统的原始资料库丰富, 能从土地利用、植被变化和水质变化方面展现资源环境变化情况, 但其图表表现形式较为单一; 福建省生态环境动态监测与管理信息系统主要采用生态环境多媒体电子地图集方式展现监测情况, 出图美观, 但人为干预要求较大, 成图周期较长; 国家资源环境遥感监测数据系统的综合分析、评价, 以及趋势预测等功能丰富了监测的表现形式, 但其原始数据系统庞大, 数据管理系统和监测系统的接口存在有效衔接问题. 宏观生态环境遥感监测系统既能保证常规情况下的监测水平, 又具备紧急模式下的应急监测能力, 但其监测功能侧重于单一年份的数据产品处理, 缺乏监测结果年际变化的对比和分析. 大部分系统都侧重于用单一年份的影像数据生成栅格指数产品实现监测, 而缺乏监测时间区段的基于信息提取数据的监测成果对比分析以实现进一步的变化评估, 变化的空间分布指示不明确. 信息提取、任务管理、动态监测与评估等常规操作不够流程化和智能化, 未形成高效快速的业务化处理解决方案. 为了能够基于遥感影像快速准确地实现大范围的环境资源信息提取, 并进一步服务于动态监测、变化评估以及专题图出图, 形成订单式的动态监测与评估解决方案, 本文设计了一套遥感环境资源动态监测与评估系统.

采用 C# .Net 程序设计语言, 构建丰富的功能类, 借助于 ArcEngine 组件为图形制作控件并调用其空间处理接口灵活构建有序的空间分析操作组合, .afr 格式的“虚拟栅格”作为影像波段运算的良好媒介, Oracle 数据库综合管理业务相关数据表, 结合多任务调度和多线程并行来实现产品快速和业务化生产.

## 1 系统设计

### 1.1 系统的设计目标和原则

喀什遥感环境资源动态监测与评估系统的目标是: 针对喀什、新疆地区、乃至中亚地区遥感应用的特点, 建立遥感数据综合处理与应用服务的平台, 形成相对完善的环境资源监测与评估的数字模拟环境, 服务喀什、新疆和中亚地区经济建设的需要. 利用对地观测技术、计算机信息技术, 以各类环境资源专题数据库、遥感、GIS、相关模型与参数为基础, 研制一套集遥感数据录入、数据处理、环境资源动态监测与评估为一体的快速综合数据处理与服务系统. 具体的核心功能如下: 以人机交互选取训练样本区或者指数法的工作模式, 实现水体、冰雪、植被的信息(空间分布、面积等)提取, 允许信息提取任务订单式定制和批量化执行, 并对水体、冰雪、植被覆盖范围动态变化进行评估和专题图成图输出.

系统设计遵循以下原则:

(1)各功能操作业务化: 利用空间处理操作接口的有序组合完整地模拟各项业务需求, 借助多线程的编程思想, 保证各项业务高效、互不干扰地运行; (2)易操作性: 界面简洁, 互动性良好, 操作控件简单好用; (3)良好的扩展性: 系统功能模块具有统一定义规范且相互独立, 能根据业务的需要不断地拓展新功能模块.

### 1.2 系统总体设计

如图 1 所示, 本系统在逻辑结构上分为: 数据层、应用层和表示层.

(1) 数据层: 主要由基础地理数据、遥感数据、地图模板组成. 基础地理数据主要提供各比例尺行政区划数据和辅助数据. 遥感数据主要包含 LandSat5/8 的 TM 遥感影像数据, 影像数据清晰、质量好, 无偏移错位情况, 完成了辐射校正和几何校正. 地图模板则包含指北针、比例尺、经纬网、专题分类颜色设置的模板定义文件.

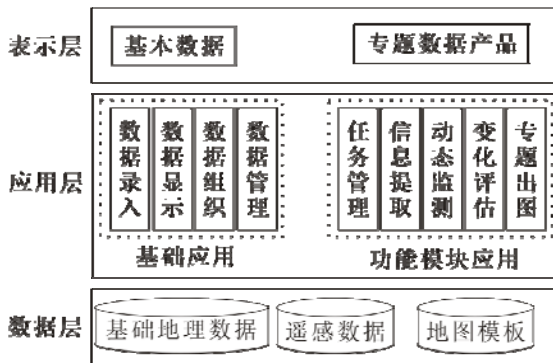


图 1 系统总体框架结构图

(2)应用层: 包括基础应用和功能模块应用. 基础应用包含数据录入、显示、组织和管理. 影像信息通过遥感数据编录系统的配置文件读入, 按照规定格式录入每一景影像的相关信息, 包含影像编号、影像名称、成像时间、相对路径、影像左上角及右下角经纬度等基本信息. 其中, 每一景影像的影像编号都是唯一的, 影像和影像编号一一对应. 录入系统的影像依据其相对路径和名称自动生成和影像名称同名的.afir文件, 该文件是一个轻量级数据文件, 无需重新拷贝编录系统下的影像数据即可将影像的相关波段组合, 以支持影像的快速显示, 从而实现本系统与影像编录系统的无缝衔接. 功能模块应用则对应系统需求, 包括任务管理, 环境资源要素信息提取, 动态监测与变化, 和专题图出图.

(3)表示层: 主要由各个业务功能界面组成, 有效支持用户交互. 包含基础数据和原始数据显示、信息提取结果的展示、监测和评价结果的展示、专题图和统计评价结果的生成、可视化表达等.

## 2 核心功能模块设计

根据系统设计目标, 系统的功能划分为任务管理、信息提取、动态变化与评估和专题图出图模块, 其功能结构图如下所示. 其中, 任务管理模块实现对 TM 遥感影像信息提取任务的订单式任务定制、批量化处理和检索, 任务制定后, 自动在选定的遥感影像上利用指数法+默认阈值分割实现各类环境资源要素的信息提取业务化执行, 结果以矢量格式(.shp)保存, 一定程度上免除手工矢量化的繁琐工作. 信息提取模块则提供更多人工干预的选择, 提供两种方式实现对水体、冰雪、植被覆盖信息的提取. 第一种: 用户在影像上圈选样本区, 系统在样本区上提取波段特征, 进而以该特征为目标在整幅影像匹配; 第二种: 由用户选定波段计算水体、冰雪和植被的归一化指数, 应用到整幅影像, 再利用可调整的阈值区段实现整幅影像环境资源要素的信息提取. 动态变化与评估模块实现环境资源要素的覆盖面积和空间分布随时间的变化评估. 专题图出图模块则在动态变化与评估的查询结果基础上, 以面积变化统计柱状图 and 变化空间分布专题图的可视化方式快速便捷地展示区域环境资源要素发展情况.

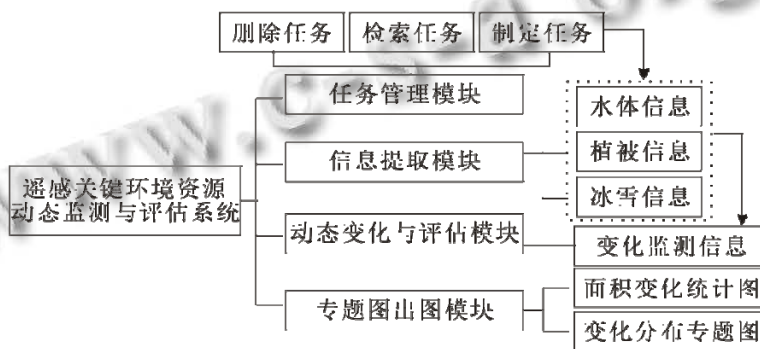


图 2 系统功能结构图

据此, 将各功能模块的业务需求抽象为数据库中的表数据存储结构与表关系结构(图 3). 影像编号 IMAGE\_ID 是影像的唯一标识符, 通过该编号可以指定信息提取任务的对应影像, 指示已完成或未完成任务

的对应影像, 决定信息提取矢量数据的命名名称. 每一景影像的空间范围由其影像的左上角、右下角经纬度限定, 与此有关的 SPATIAL\_COLUMN 字段是进行空间检索的关键字段. 根据空间范围的检索条件,

可检索出待处理的影像集合, 指定动态变化监测与评估的空间范围. 其中, 每一项动态变化监测与评估的需求对应 CHANGE\_DETECTED 表中的

一条记录, 而其对应的变化评估细节数据则用其标识符 CHANGE\_ID 字段映射到 CHANGE\_DETAIL 表中.

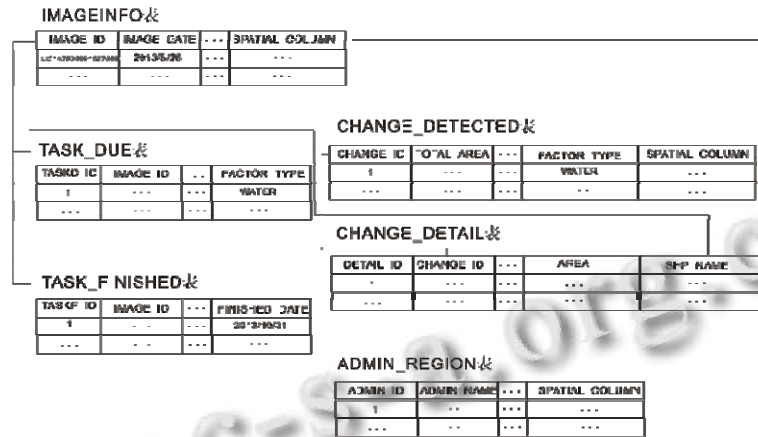


图 3 表数据存储结构与表关系结构

### 2.1 任务管理模块

任务管理模块主要实现对水体、植被、冰雪这三类重要指示性环境资源要素订单式信息提取任务的制定、删除、执行以及条件检索, 从而使信息提取任务实现业务化处理(图 4). 系统支持信息提取任务的批量化添加和并发处理, 每一条任务形成一项完成信息提取业务的线程, 各线程逐一添加、启动、执行并退出. 订单式的任务总体作为多线程并发处理, 既能在共享系统资源的基础上分别监控各项任务的处理过程又能确保相互间不干扰, 保证系统的稳定性和健壮性, 在简单操作下即可快速准确获取信息提取的矢量数据, 有效提高系统的处理效率和用户体验.

其中, 信息提取任务的业务化处理关键: 分别利用归一化水体指数( $NDWI$ )<sup>[1]</sup>、归一化植被指数( $NDVI$ )<sup>[4]</sup>和归一化冰雪指数( $NDSI$ )<sup>[15]</sup>在上节所述的影像同名.afir 轻量级波段组合文件上计算得到结果影像(亦是.afir 格式). 相关指数计算公式如下所示:

$$NDWI = (\rho_g - \rho_{nir}) / (\rho_g + \rho_{nir}) \quad (1)$$

$$NDVI = (\rho_{nir} - \rho_r) / (\rho_{nir} + \rho_r) \quad (2)$$

$$NDSI = (\rho_g - \rho_{swir}) / (\rho_g + \rho_{swir}) \quad (3)$$

式中,  $\rho_g, \rho_r, \rho_{nir}, \rho_{swir}$  分别为绿波段、红波段、近红外波段、短波红外波段的反射率.

创建  $NDVI$  类函数参数接口  $INDVIFunction$

Arguments, 指定参与计算的波段, 并通过栅格函数接口  $IFunctionRasterDataset$  实现指数法计算, 得到计算结果影像. 基于结果影像二阶标准差拉伸后的灰度分布情况, 创建栅格地图代数接口  $IMapAlgebraOp$ , 将各波段绑定到地图代数接口并构建波段计算表达式执行运算, 根据灰度直方图的平均值  $\mu$  和标准差  $\sigma$  设置默认阈值为  $(\mu+2\sigma)$  高值分割影像. 基于分割的结果, 调用转换接口  $IConversionOp$  的  $RasterDataToPolygonFeatureData$  函数实现栅格转换矢量, 调用概括接口  $IGeneralizeOp$  的  $MajorityFilter$  和  $RegionGroup$  函数实现滤波、区域重组等操作, 形成有序空间分析业务处理 workflow, 得到相应矢量图斑.

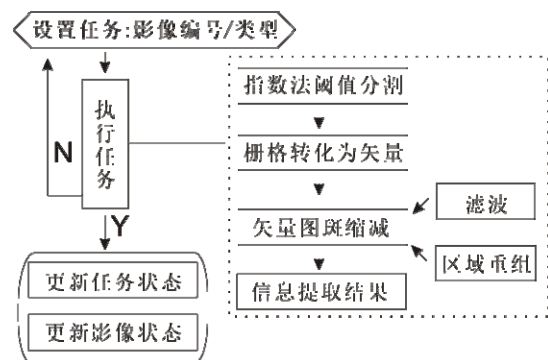


图 4 信息提取任务批处理流程图

### 2.2 信息提取模块

信息提取模块实现对水体、冰雪、植被覆盖信息

的训练样本区式提取和指数法信息提取,两种方式都提供了更多人工干预的选择,使得提取结果最优化(图 5)。训练样本区式信息提取是先由用户圈选训练样本区,系统会根据样本区的影像波段提取各波段的灰度平均值,再利用 SAM 光谱角填图法应用到整幅影像,最终获取匹配结果。而指数法信息提取仍然沿用上一节所述的 NDWI、NDVI 和 NDSI 等基本指数,但是新增了支持人工选定波段构造指数算式和阈值调整设置,以便更灵活地基于各影像动态调整阈值获取最优结果。其中,信息提取关键步骤都由地理处理接口有序组合连接形成明晰的业务处理实例。结果以矢量格式保存,以便后期的面积统计和专题图渲染。结果矢量数据可再编辑,编辑操作包括删除、新增图斑和修改节点。

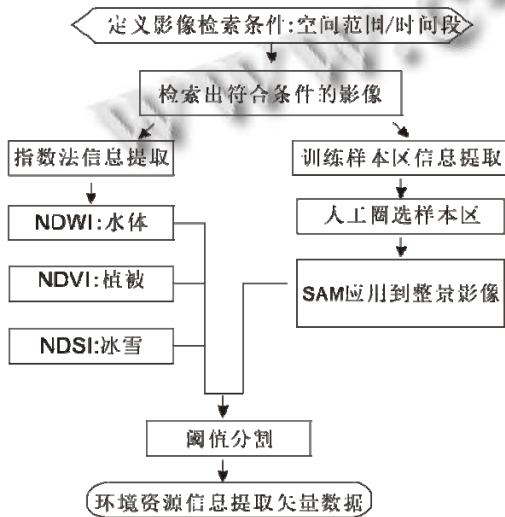


图 5 信息提取流程图

### 2.3 动态变化与评估模块

动态变化与评估模块实现水体、冰雪、植被的覆盖区面积变化和空间分布变化评估(图 6),评估的结果以可视化的方式在专题图出图模块展示。通过经纬度范围或者行政区划的名称可指定评估的空间范围。由于每一景影像对应一份信息提取矢量数据,所以需逐年整合评估区内的信息提取矢量数据,然后依次将其与构成评估区的空间数据执行叠加操作。

变化评估的关键步骤通过有序的空间分析操作组合形成业务实例,并在数据库中以表记录抽象描述。其具体处理思路是,通过将评估的起始时间、终止时间对应的信息提取整合数据  $T_1$  和  $T_2$  执行擦除和相交操作,获取评估的首末两年环境资源要素空间分布变

化矢量数据。同时,统计评估时间区段内的各年环境资源要素覆盖面积,以描述动态变化评估的各年细节数据。

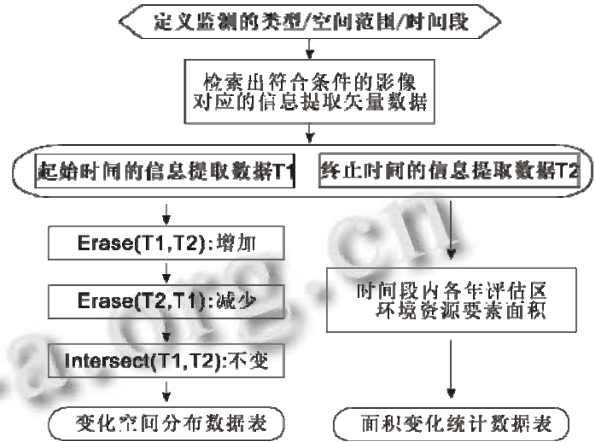


图 6 动态监测与变化评估流程图

### 2.4 专题图出图模块

专题图出图模块实现地图的整饰出图,包括符号设置:颜色、样式、尺寸,和整饰元素添加:指北针、比例尺、经纬网、图名等。或者,通过预设地图模板直接应用到图幅。地图模板根据常用输出风格预先设置了指北针、比例尺和经纬网的位置、样式和尺寸以及专题要素的颜色设置,可基于矢量输出要素直接套用。地图可按照唯一值、比例等方式渲染,最终确认后,以通用格式成图输出(图 7)。

该模块的输出结果包含变化评估区资源环境空间分布图、变化空间分布专题图、面积变化统计柱状图和年际变化的跟踪条动态显示。其中,变化空间分布专题图以首末两年的变化评估专题图形式更具体直观地显示变化的空间分布情况,分层设色反映关键环境资源要素的增加、减少和不变情况;面积变化统计柱状图则可显示该区环境资源要素的具体数值变化。

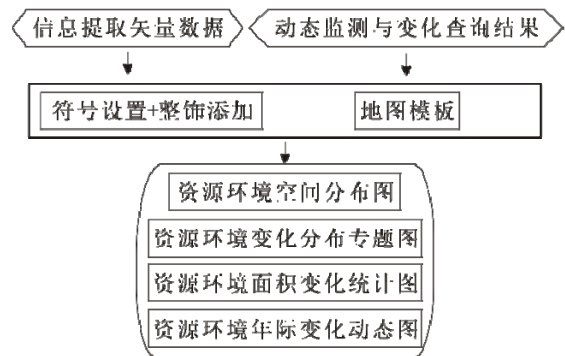


图 7 专题图出图流程图

### 3 系统关键技术

#### 3.1 ArcGIS Engine

ArcGIS Engine<sup>[16]</sup>是一套用于构建应用的完整的嵌入式 GIS 组件库和工具包,可利用它创建一个新的或扩展原有的可定制的桌面应用程序。ArcGIS Engine 是一套庞大的 COM 组件集合,为有效管理 ArcGIS Engine 中数目众多的 COM 对象,ESRI 将它们放在不同的组件库中,在 .Net 环境下,它们被组织在了不同的命名空间内。使用 ArcGIS Engine,开发者能将 GIS 功能嵌入到已有的应用程序中,如基于工业标准的产品以及一些商业应用,也可以创建自定义的应用程序,可快速构建针对特定行业的 GIS 系统,以降低开发的难度、成本和费用,为组织机构中的众多用户提供 GIS 功能。利用它开发软件,不需要安装 ArcGIS 桌面程序,只需要单独的运行许可(Runtime)就可以运行。

#### 3.2 虚拟栅格

本文中所述的 .afr 文件是函数栅格数据集,一种“虚拟栅格”,代表在栅格数据集上的函数应用。它包含栅格函数及相关参数,是在原始影像栅格数据集上进行函数运算的良好媒介,不改变原始数据集的像素即可有效快速实现复杂的影像函数运算、栅格掩膜和分割、栅格计算和统计,并能把得到的结果文件进行永久性输出。

#### 3.3 多线程技术

多线程(英语: Multithreading),是指从软件或者硬件上实现多个线程并发执行的技术,是用来解决动态、高度异步和并发问题的有效手段<sup>[17]</sup>。它往往用于在后台操作的同时还需要进行后台的计算或逻辑判断的情况,因此,其具有很大的灵活性,同时也使原来需要复杂技巧才能解决的问题变得容易起来,从而提升整体处理性能。线程,也被称为轻量进程,是指运行中的程序的调度单位。线程是进程中的实体,它可以与同进程的其他线程共享数据,但拥有自己的栈空间,拥有独立的执行序列。一个进程可以拥有多个线程,一个线程必须有一个父进程。线程不拥有系统资源,只运行一些必需的数据结构;它与父进程的其他线程共享该进程所拥有的全部资源。线程可以创建和撤销线程,从而实现程序的并发执行。如下所示,展现了一种基本的多线程类结构模板:

```
class Program
```

```
{
    private event EventHandler OnNumberClear;
    public List<Thread> ThreadCollection = new
    List<Thread>();
    public int count = 0;
    private void run()
    {
        while (true)
        {
            Monitor.Enter(this);//锁定,保持同步
            Console.WriteLine("线程 {0} 正在运行
            {1}", Thread.CurrentThread.Name, count);
            if (count == 50)
            {
                OnNumberClear(this,new EventArgs());//
                引发完成事件
            }
            count += 1;
            Monitor.Exit(this);//取消锁定
            Thread.Sleep(5);
        }
    }
    public Program()
    {
        for (int i = 0; i < 10; i++)
        {
            Thread mythread = new Thread(run);
            mythread.Name = string.Format("{0}",
            i);
            ThreadCollection.Add(mythread);
        }
        OnNumberClear += new
        EventHandler(Program_OnNumberClear);
    }
    void Program_OnNumberClear(object sender,
    EventArgs e)
    {
        Console.WriteLine("执行完了,停止了
        所有线程的执行.");
        foreach (Thread thread in
        ThreadCollection)
        {
            thread.Abort();
        }
    }
}
```

```

    }
    public void Action()
    {
        foreach (Thread thread in
ThreadCollection)
        {
            thread.Start();
        }
    }
    static void Main(string[] args)
    {
        Program program = new Program();
        program.Action();
    }
}

```

### 4 系统开发应用实例

系统以 Visual .Net 为编程环境, C# 为开发语言, 构造独立的功能类文件, ArcEngine 组件为图形制作控件, Oracle 管理相关业务数据表, 多任务调度和多线程并行完成开发. 本文实现的遥感环境资源动态监测与评估系统是一个融合信息提取、任务管理、动态监测与变化评估、专题图出图的业务化运行系统, 具有信息提取速度快, 批量化处理, 人机互动性好等特点.

界面是用户与系统交互的接口, 界面风格简单、语义清晰、功能模块操作简便. 主界面分为工具栏、窗口区、菜单区和功能模块标签区, 具备地图放大、缩小、复位、漫游等基本功能. 用户可轻松地进行影

像数据和任务的检索, 订单式制定信息提取任务, 基于信息提取结果实现动态变化监测, 并快速地模板式专题图出图. 系统实现的部分界面, 如图 8-9 所示.

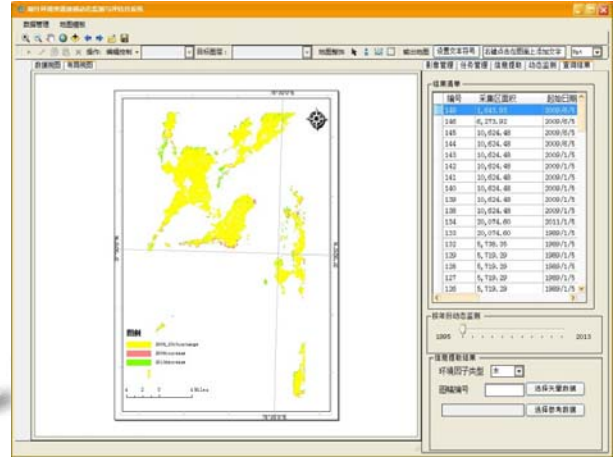


图 9 变化空间分布专题图模板式出图界面

图 10 展示了基于 TM 影像的信息提取结果的效果图, 左边部分是 LandSat5/8 原始影像经二阶标准差拉伸后假彩色合成图像(4,3,2), 图面暗红色、深灰黑色、白色高亮区域分别指示了影像的植被、水体和冰雪覆盖区. 右边部分是影像经信息提取操作后生成的矢量 shape 数据叠加原图的显示效果图, 分别用绿色、深蓝色和冰蓝色指示植被、水体和冰雪的提取图斑. 信息提取结果准确覆盖相应环境资源要素的空间分布范围, 抗云体、阴影干扰能力强, 要素特征捕捉能力强, 且图斑缩减整合程度适合, 提取效果很好. 将高分辨率影像解译的信息提取结果作为准确值, 测试系统的信息提取正确率, 区域内特征地物提取正确率在 85%左右, 专题图配准几何误差控制在 5%以内.

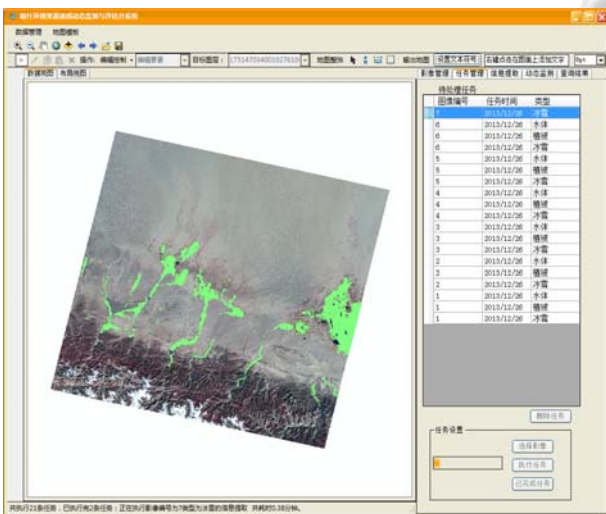
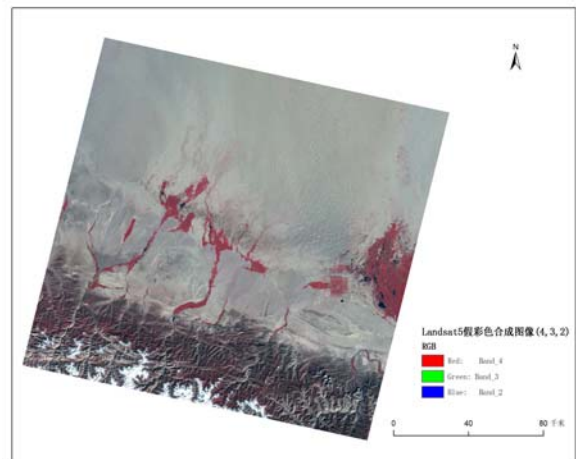
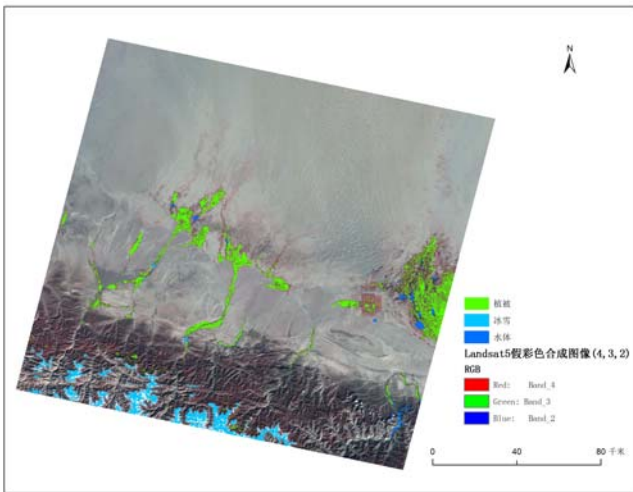


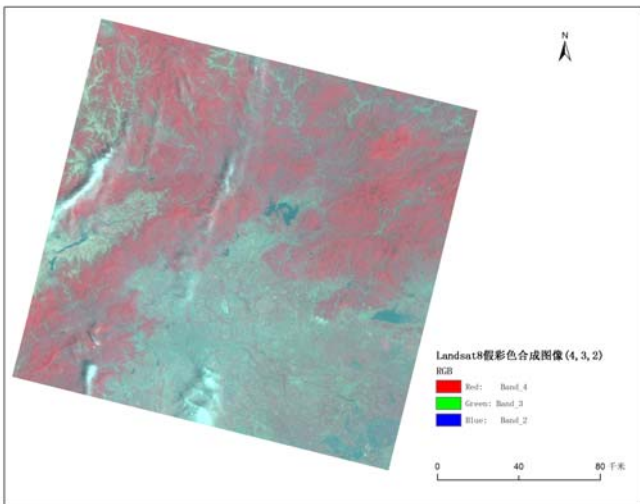
图 8 信息提取任务批量化处理界面



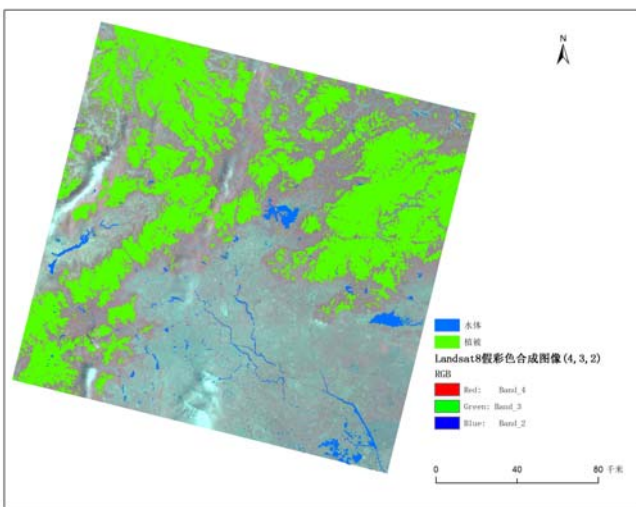
(a) LandSat5 原始影像假彩色合成图像(4,3,2)



(b) LandSat5 影像的植被、水体、冰雪提取数据叠加效果图



(c) LandSat8 原始影像假彩色合成图像(4,3,2)



(d) LandSat8 影像的植被、水体、冰雪提取数据叠加效果图

图 10 基于 TM 影像的信息提取结果的效果图

进一步, 利用 2004 年到 2010 年间喀什地区的 LandSat5/8 的 TM 遥感影像数据共 20 景作信息提取任务的业务化处理, 得到每景影像的平均处理时间统计表如表 1 所示. 每景影像的信息提取操作平均处理时间都控制在 3min 以内. 其中, LandSat5 每景影像的平均大小为 266.5M, 而 LandSat8 每景影像的平均大小为 542.5M, 因此, LandSat5 每景影像的信息提取平均速度为 2.48M/s, 而 LandSat8 每景影像的信息提取平均速度为 3.11M/s, 两者的平均速度为 2.8M/s, 处理速度都较快. 每景影像的实际处理速度受影像质量、大小、环境资源要素覆盖度和分布复杂度等因素影响. 由于水体分布较广, 且存在面状湖泊和狭长型水系不同的分布状态, 总体处理时间较长, 每景平均处理时间约为 1-2min; 植被覆盖也分布较广, 相较于水体, 分布更为集中, 处理时间较短; 冰雪分布较少, 处理时间最短.

表 1 每景影像信息提取任务的业务化操作平均处理时间统计表

平均处理时间(单位:s)	LandSat5 影像	LandSat8 影像
水体提取	69.6	113.6
植被提取	30.6	52.4
冰雪提取	7.2	8.4
总体信息提取	107.4	174.4

## 5 结语

喀什遥感环境资源动态监测与评估系统主要由遥感数据处理技术、空间分析技术、多线程并发技术等集成. 其符合环境资源遥感动态监测与评估的业务化应用要求.

本系统的信息提取功能很大程度上免除了手工量化的繁琐工作. 系统的动态监测与评估功能可监测评估区内的环境资源要素的变化情况, 并提供监测结果具体指示变化的空间分布并专题图出图. 另外, 本文提出的 .afr 格式“虚拟栅格”轻量级数据文件可有效地实现影像各波段的快速组合和复杂的影像波段函数运算, 可应用于其他类似的系统中作为影像波段数据整合和运算的有效手段. 该系统提供了一种订单式快速简单的遥感数据信息提取、动态监测与评估的业务化处理方案, 具有一定的通用性和扩展性, 有利于快速监测区域的环境资源变化发展情况, 为科学研究和决策提供技术支撑.



## 参考文献

- 1 毕海芸,王思远,曾江源,赵岩,王辉,殷慧.基于 TM 影像的几种常用水体提取方法的比较和分析.遥感信息,2012,27(5):77-82.
- 2 于欢,张树清,李晓峰,那晓东,孔博.基于 TM 影像的典型内陆淡水湿地水体提取研究.遥感技术与应用,2008,23(3):310-315.
- 3 Xu H. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. International Journal of Remote Sensing, 2006, 27(14): 3025-3033.
- 4 林川,宫兆宁,赵文吉.基于中分辨率 TM 数据的湿地水生植被提取.生态学报,2010,30(23):6460-6469.
- 5 牛宝茹,刘俊蓉,王政伟.干旱半干旱地区植被覆盖度遥感信息提取研究.武汉大学学报(信息科学版),2005,30(1):27-30.
- 6 张学儒,刘林山,张镱铨,张继平,聂勇,张华.基于 ENVI ZOOM 面向对象的高海拔灌丛植被提取——以定日县为例.地理与地理信息科学,2010,26(4):104-108.
- 7 陈晋,陈云浩,何春阳,史培军.基于土地覆盖分类的植被覆盖率估算亚像元模型与应用.遥感学报,2001,5(6):416-422.
- 8 李治国.山地冰川变化监测研究综述.国土与自然资源研究,2012,(2):94-96.
- 9 Raup B, Käab A, Kargel JS, Bishop MP, Hamilton G, Lee E, et al. Remote sensing and GIS technology in the Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS) project. Computers & Geosciences, 2007, 33(1): 104-125.
- 10 黎刚.环境遥感监测技术进展.环境监测管理与技术,2007,19(1):8-11.
- 11 王思远,刘纪远,张增祥,张宗科.资源环境监测信息系统集成平台的设计与实现.计算机工程与应用,2002,38(8):230-233.
- 12 廖克,郑达贤,陈文惠,沙晋明.福建省生态环境动态监测与管理信息系统的设计.地球信息科学,2003,5(1):22-27.
- 13 诸云强,贾萍,江东,李爽.国家资源环境遥感监测数据系统设计.吉首大学学报(自然科学版),2005,26(1):30-32.
- 14 王勇,庄大方,徐新良,江东.宏观生态环境遥感监测系统总体设计与关键技术.地球信息科学学报,2011,13(5):672-678.
- 15 张飞,关洪军,许春华.利用 TM 图像提取玛纳斯河流域上游积雪信息的方法研究.高原山地气象研究,2011,31(1):69-73.
- 16 张丰,杜震宏,刘仁义.GIS 程序设计教程.杭州:浙江大学出版社,2012.15-18.
- 17 袁贞明,张量.GIS 的前 k 个最短路径分布式多线程实现.计算机工程,2005,31(9):37-38,162.