第30卷 第2期

2013年3月

# 多种遥感分类方法提取冰川边界探讨

─以喀纳斯河源地区为例<sup>①</sup>

怀保娟<sup>1</sup>, 李忠勤<sup>12</sup>, 孙美平<sup>1</sup>, 夏明营<sup>1</sup>

(1. 西北师范大学地理与环境科学学院,甘肃 兰州 730070; 2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 冰冻圈科学国家重点实验室/中国科学院天山冰川站,甘肃 兰州 730000)

摘 要:综合目视解译和计算机自动解译的方法 将冰川解译的传统方法及面向对象图像特征提取方法应用于喀 纳斯河源的冰川边界提取中,并对提取出的单条冰川逐一分析。研究发现:面向对象的图像特征提取方法能较好 的提取具有特征类型的地物;目视解译的方法虽然费时费力,但适用于任何类型冰川的提取;传统比值阈值、雪盖 指数法、监督分类与非监督分类在无表碛覆盖 积雪覆盖较少的纯冰区效果明显。对阿尔泰山喀纳斯河源区的40 条冰川进行解译,对多种方法进行比较,得到喀纳斯河源地区精确的冰川边界。结果表明:喀纳斯河源区冰川总体 上呈退缩趋势,1959—2011 年冰川面积共减少了23.43 km<sup>2</sup>。

关键词:冰川解译;面向对象特征提取;传统方法;冰川边界;喀纳斯河源

在 21 世纪冰川变化对全球气候变化具有指示 性作用愈加明显,且对水资源也有明显的影响,因此 冰川变化研究备受关注<sup>(1)</sup>。山地冰川地处偏远,数 量众多,信息提取难度大,但随着航空遥感光学图 像、数字高程模型、雷达等新技术数据的不断出现和 发展,借助遥感手段研究冰川的性质和特征、监测冰 川的动态变化成为冰川学研究发展的重要趋势,也 有效解决了现代冰川研究中高山区资料受限等问 题<sup>(2-3)</sup>。

冰川变化的遥感监测方法主要有两类: 目视解 译的信息提取、计算机辅助分类方法。目视解译方 法虽然精度较高,但费时费力<sup>(4)</sup>。计算机解译分类 已日趋成熟,目前根据遥感数据提取冰川边界的方 法众多。传统方法有: 比值阈值法<sup>(5)</sup>、雪盖指数 法<sup>(6)</sup>、监督分类与非监督分类法<sup>(7)</sup>、地图信息图谱 方法<sup>(8)</sup>、多波段 K-L 变换方法<sup>(9)</sup>、基于 GIS 的模糊 数学与 DEM 方法<sup>(10)</sup>;随着遥感技术的成熟,面向对 象的信息提取方法<sup>(11)</sup>、热红外遥感方法<sup>(12)</sup>等也相 继应用于冰川的提取中。Jacobs 等<sup>(13)</sup>根据 1961 年 利用航空相片生成的 1:50 000 地形图和 1993 年 Landsat5 TM 影像运用目视解译的方法,对加拿大 Barnes 冰帽进行研究; Bayer 等<sup>(14)</sup>应用比值阈值法 TM4/TM5 提取了阿尔卑斯山的 Pasterze 冰川边界; Aniya 等<sup>(15)</sup>运用非监督分类方法,对南美 Patagonia 冰原的冰川参数信息进行了编目; 李震等<sup>(16)</sup>综合目 视判读与统计分类方法,提取冰川界限形成冰川边 界图; 宋波等<sup>(17)</sup>综合遥感图像和 DEM 等多种数据, 提出了一种基于遥感和地理信息系统的改进的半自 动集成分类方法。

综上所述 利用遥感手段提取冰川边界的方法 虽然较多 但是并没有通用的、成熟的方法,在实际 操作过程中,都是尝试多种方法进行比较,选择合适 的方法。本文综合目视解译以及计算机解译的方 法,对阿尔泰山喀纳斯河源区的40条冰川进行解 译,对多种方法进行比较,探讨其优劣,得到喀纳斯 河源地区精确的冰川边界。

## 1 研究区概况

喀纳斯河是布尔津河流域(87°20′~81°57′E, 49°01′~49°14′N)的支流 源出阿尔泰山南坡,第一 次冰川编目时,共有冰川40条,编码5A255E,平均 冰川雪线3100m。阿尔泰山区所有大于10km<sup>2</sup>的 3条冰川均分布在该区,其中,喀纳斯冰川长10.8 km,面积30.13km<sup>2</sup>,末端高度2416m,为阿尔泰山 区最低值,是阿尔泰山区最大的复式山谷冰川<sup>(18)</sup>。

基金项目:国家自然科学基金创新研究群体项目(41121001);国家重点实验室自主项目(SKLCS – ZZ – 2012 – 01 – 01) 作者简介:怀保娟(1988 –),女,硕士研究生,主要从事冰川变化方面的研究.E-mail: huaibaojuan@126.com

① 收稿日期: 2012-04-18; 修订日期: 2012-09-10

喀纳斯河源一带分布有阿尔泰山区的多数山谷 冰川,平均冰川末端高度2600m。喀纳斯河源地区 因山谷冰川占据有利的地形位置,冬季由于风吹雪 等作用而使积累区大于周围地区,夏季由于地形的 遮蔽使日射减小,两者都有利于冰川的发育<sup>(19)</sup>。

## 2 数据来源与预处理

本文所用的 1:50 000 地形图是 1959 年拍摄的 航片调绘而成,用高精度扫描仪进行扫描,并对地形 图进行几何纠正。影像数据为 Landsat5 TM 数字图 像,由7 个波段组成,分辨率除6 波段为 120 m 外, 其余波段为 28.5 m,图像的接收日期为 2011 年 9 月 15 日,无云、少雪 轨道号 144/026,为 USGS 经过 正射校正处理后,来自于 USGS (http://www.usgs. gov)的数据共享平台。数字高程模型来源于 SRTM (Shuttle Radar Topography Mission),由美国太空总 署(NASA)和国防部国家测绘局(NIMA)联合测量。 使用修订版 V4.1 版本,分辨率 90 m,该数据标称绝 对高程精度是 ± 16 m,绝对平面精度是 ± 20 m。

对TM影像、SRTM 以地形图作为参考坐标进行 坐标归一化处理。均采用统一的 UTM(45N带)投 影和 WGS84 椭球体建立坐标系统,对地形图进行投 影变换,以便于图像间的配准。在喀纳斯河源山地 受地形的影响,使得影像像元所接收的有效光照差 别很大,导致遥感影像自动分类的错分、难分现象, 影响到信息提取精度。本文借助于数字高程模型, 针对地面坡度及太阳高度角等地形效应的不同造成 的影像辐射失真问题进行地形校正,对校正后的影 像进行锐化处理,这样可以更有效的区分雪斑和有 冰雪覆盖的冰川。处理流程如图1所示。

对处理后的数据进行误差评价,地形图纠正误



差在一个像元以内; TM 影像几何精纠正的误差为 0.5 个像元。从地形图上选取 50 个高程同名点 与 DEM 上的同名点进行比较,来评价 DEM 的精 度 结果表明,喀纳斯河源区 DEM 的最大高差为 +12.92 m。

由于遥感影像的空间分辨率与均方根误差都影 响到 冰 川 边 界 提 取 的 准 确 性,据 Hall、Silvreio 等<sup>(20-21)</sup>计算冰川长度和面积变化不确定性的公式:

$$U_{T} = \sqrt{\sum \lambda^{2}} + \sqrt{\sum \varepsilon^{2}}$$
$$U_{A} = 2U_{T} \sqrt{\sum \lambda^{2}} + \sqrt{\sum \varepsilon^{2}}$$

式中:  $U_T$  为长度不确定性;  $\lambda$  为影像分辨率;  $\varepsilon$  为配 准误差;  $U_A$  为面积不确定性。计算的单条冰川面积 的最大误差为 ±0.002 5 km<sup>2</sup>。

## 3 研究方法

目前,国内外学者利用遥感方法提取冰川边界 的方法虽然多,但并没有通用的、成熟的方法,且大 多集中在传统方法的遥感解译上,方法的对比也局 限于传统方法。如: Paul<sup>(22)</sup>利用高分辨率 SPOT 影 像验证了不同方法提取冰川边界,发现比值阈值方 法精度较高; Sidjak 等<sup>(7)</sup>对加拿大 Illecillewaet 冰原 冰川进行了冰川编目,运用监督分类的最大似然法 提取冰川边界,并与雪盖指数法、波段比值法相比 较,认为在 Illecillewaet 冰川区监督分类方法能准确 区分冰川区与非冰川区; 张世强等<sup>(23)</sup>运用多种传统 分类方法,利用 TM 影像提取青藏高原喀喇昆仑山 区现代冰川边界,认为比值阈值法提取出的冰川边 界效果最佳。

本试验综合冰川解译的传统方法和面向对象的 图像特征提取方法,提取喀纳斯河源冰川边界,对各 种方法进行分析讨论。

### 3.1 传统方法

3.1.1 阈值法 阈值法是基于冰川的反射特性与 其他地物的差异 在可见光和中红外波段的图像中, 冰川和周围环境有一定差别。本文选取目视效果较 好的 TM2 波段确定阈值为 200 时,为确定性冰川 区 结果如图 2a。分析表明,阈值法虽然简单,但是 很难有效地将冰川区与非冰川区划分出来。

3.1.2 波段运算方法 雪盖指数(normalized difference snow/ice index, DNSI)的波段运算方法

是植被指数的推广,主要基于冰川在 TM2 波段的 强反射和5 波段的强吸收特性。其运算公式为: NDSI = (CH(2) - CH(5)]/(CH(2) + CH(5)]。本 文依据该地区的经验阈值,结合遥感影像的目视判 读,确定阈值为0.5~0.7,计算结果如图 2b。分析 可知 利用雪盖指数计算阈值的方法要比直接取阈 值的准确率稍微高一些,但在确定阈值时难以把握, 而且该方法在冰川的表碛分布区以及积雪覆盖区很 难识别。

在近红外和中红外波段,由于冰雪具有很低的 反射率,所以利用这两个波段值特征进行波段相减 运算,可得到冰川的边界区域(图2c),这种方法是 提取冰川边界的一种较为简单的方法。

比值运算对于区分和增强光谱亮度值不明显, 而不同波段的比值差异较大的地物效果明显。选取 TM3、TM5 波段做比值,以阈值为2来提取冰川边界 (图2d),结果发现该方法精确度较高,但不能区分 水体与冰雪区,因为 TM3 和 TM5 波段下,水体和冰 雪具有相似的反射光谱特征。

3.1.3 非监督分类、监督分类 非监督分类是在 没有先验类别作为样本的条件下,主要根据像元间 相似度的大小进行归类合并的方法,此方法不需要 人为干涉。本文使用非监督分类法的 ISODATA 方 法,对喀纳斯河源地区冰川进行分类(图 2e),发现 分类精度很低,有其他地物误分到冰川地域中,且此 种方法适用于无云、无表碛覆盖、雪盖较少的冰川, 因此不推荐该方法。 监督分类法是从研究区域选择具有代表性的训 练场地作为样本 根据已知训练区提供的样本 通过 选择特征参数 建立判别函数 据此对样本像元进行 分类 依据样本类别的特征来识别非样本像元的归 属类别。本文采用了最小距离方法进行监督分类, 结果如图 2f ,显示监督分类精度明显要高于非监督 分类。

3.1.4 决策树自动阈值分类 采用人工生成决策 树方法时 构建合理的分类决策树比较复杂,主要表 现在参与分类的每个特征在分割阈值的设定上具有 很强的主观性,同时需要进行大量的试验和调整,而 决策树自动阈值分类有效避免了这些问题。本文在 对训练样本进行统计分析的基础上,在决策树分类 之前,选择了大量地物类别样本参考点来确定分类 阈值,确保样本参考信息的准确性和全面性,维持决 策树分类的精度,自动确定决策树分割阈值,如图 2j。分析结果发现,决策树自动分类过程中无法识 别样点数据中的误差,还有明显的错分,因此如何结 合数据挖掘算法,自动构建决策树还需要进一步研 究解决。

### 3.2 面向对象的图像特征提取

以面向对象分类技术集合临近像元为对象,来 识别感兴趣的光谱要素,充分利用多光谱数据丰富 的光谱、形状、结构、纹理以及图像中地物之间的上 下文信息,结合专家知识进行分类,显著提高分类精 度,而且分类后的图像含有丰富的语义信息,并以高 精度的分类结果或者矢量输出<sup>(24)</sup>。



本试验是在 ENVI-EX 遥感处理平台上实现的, 主要包括影像分割和知识规则的建立。运用多尺度 分割算法 综合遥感图像的光谱特征和形状特征 计 算图像中每个波段的光谱异质性与形状异质性的综 合特征值 然后根据各个波段所占的权重 计算图像 所有波段的加权值,当分割出对象或基元的光谱和 形状综合加权值小于某个指定的阈值时,进行重复 迭代运算 直到所有分割对象的综合加权值大于指 定阈值 即完成图像的多尺度分割操作<sup>(24)</sup>。为保证 信息提取的准确度,根据目视效果不断调试尺度参 数 经过反复试验 最后确定纯冰的分割尺度参数为 60% 合并尺度参数为 70%。图像分割完成后,对 每个对象的各个波段的光谱特征、纹理特征、空间结 构等相关指数的计算结果 参照直方图 寻找各波段 相关信息的阈值 选择目标地物与其他地物差异性 较明显的指数分别进行阈值设置,并根据目视预览 效果 对各指数的阈值进行反复设置试验 综合所有 相关指数的阈值 最终确定冰川的提取边界 建立纯 冰提取的知识规则: ①引入冰雪指数 NDSI; ②选取 TM3、TM5 波段做比值,以阈值为2 来提取冰川边 界;③对冰川纹理特征、形态特征、面积等取一定 的阈值来提取冰川。具体知识规则: NDSI > 0;TM3/TM5 > 2; bandration > -0.1。结果如图 2h ,发 现这种基于目标的提取方法能更好地提取具有特征 类型的地物。

## 4 验证及讨论

为验证本文所用方法的有效性,选取专家目视 解译并结合野外经验的方法,将专家经验应用于影 像叠加 DEM 的目视判读中,根据野外考察经验,解 译出喀纳斯河源的精确冰川边界(图3),该方法精 度高,但耗时耗力。同时将1959年地形图冰川数据 数字化,与2011年数据进行比较,分析冰川变化。 计算出专家目视解译的2011年喀纳斯河源区冰川 面积为69.981 km<sup>2</sup>,面向对象特征提取方法得到的 边界面积为70.501 km<sup>2</sup>,监督分类得到的面积为 61.318 km<sup>2</sup>,波段比值法得到的面积为64.774 km<sup>2</sup>。

此外 通过对各种遥感方法得到的单条冰川进 行逐一分析 探讨以上遥感方法提取不同类型冰川 的优劣 得出结果如表 1。

利用多种遥感方法提取的 2011 年冰川边界 选

用专家目视解译的结果与 1959 年两期边界进行叠加 对喀纳斯河源流域冰川变化进行分析 从图 3 可以明显看出 喀纳斯河源区冰川总体上呈退缩趋势, 2011 年冰川面积为 69.981 km<sup>2</sup>,1959—2011 年冰川 面积减少了 23.43 km<sup>2</sup>。

#### 表1 冰川边界提取方法比较

 
 Tab. 1
 Comparison of glacier outline detection among different methods

分类方式	适用冰川类型
目视解译	任何类型
比值阈值	纯冰、无表碛覆盖; 不能区分水体与冰雪区
监督分类	纯冰、无表碛覆盖、雪盖较少
非监督分类	适用于无云、无表碛覆盖、雪盖较少区
雪盖指数法	纯冰、无表碛覆盖; 表碛分布区及积雪覆盖 区域很难识别
决策树自动阈值	冰川区与非冰川区有明显的错分
面向对象	无表碛覆盖,能抑制云和雪的干扰,可区分 水体与冰雪





## 5 结 论

(1) 在现代冰川面积变化的研究中,目视解译 精度较高,虽然耗时耗力,但适用于任何类型的冰川 解译,仍是现代冰川解译研究中不可或缺的手段。

(2)传统计算机自动解译方法各有优缺点,阈 值法操作简单,但是区分效果不明显;雪盖指数法比 直接用阈值法要精确些,但是结果也不尽人意;非监 督分类方法精度较低;监督分类方法准确度明显高 于非监督分类,但是部分积雪和岩石还是容易被错 分;波段比值法操作相对简单,精度较高。决策树自 动生成研究是现阶段及今后的一种趋势,避免了人 工生成决策树时的主观性,但从冰川提取结果来看, 该方法无法识别样点数据中的误差,有明显的错分, 因此如何结合数据挖掘算法,自动构建决策树还有 待于进一步研究。

(3)面向对象的提取方法能更好地提取各种具有特征类型的地物,应用于冰川的提取具有较高精度。这种新方法能高效提取冰川,且能有效抑制云和雪的干扰,在自动解译冰川方面具有良好的应用前景。

(4)本试验存在的问题:目前计算机自动分类 方法还不能够完全解决同物异谱和异物同谱现象, 对于冰碛物覆盖型冰川,基于遥感有效自动提取方 法仍在探索中,自动解译并未考虑这一部分冰川的 变化。

参考文献(References):

- IPCC. Climate change 2001: The scientific basis (C) // Houghton J T ,Ding Y ,Griggs D J ,et al. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report. Cambridge ,UK: Cambridge University Press 2001.
- (2) Paul F Kaab A ,Maisch M ,et al. The new remote sensing derived Swiss glacier inventory: Methods (J). Annuals of Glaciology 2000, 34: 355 - 361.
- (3) Haeberli W , Cihlar J , Barry R G. Glacier monitoring within the global climate observing system (J). Annals of Glaciology 2000 31 (1):241 - 246.
- (4) 颜东海 李忠勤 高闻宇 等. 祁连山北大河流域冰川变化遥感 监测 (J). 干旱区研究 2012 29(2):245-250. (Yan Donghai, Li Zhongqin, Gao Wenyu, et al. RS-based monitoring of glacier change in the Beidahe River Basin in the Qilian Mountains (J). Arid Zone Research 2012 29(2):245-250.)
- (5) Bolch T. Climate change and glacier retreat in northern Tianshan (Kazakhstan/Kyrgyzstan) using remote sensing data (J). Global and Planetary Change 2007 56:1-12.
- (6) Hall D K ,Bayr K J ,Bindschadler R ,et al. Changes in the Pasterze Glacier ,Austria ,as measured from the ground and space (C) //The 58th Eastern Snow Conference. Ottawa: Ontaria 2001: 193 – 197.
- (7) Sidjak R W ,Wheate R D. Glacier mapping of the illecillewaet ice field ,British Columbia ,Canada ,using landsat TM and digital elevation data (J). International Journal of Remote Sensing ,1999 20 (2): 273 - 284.
- (8) 叶庆华 陈锋 姚檀栋.近30 a 来喜马拉雅山脉西段纳木那尼峰地区冰川变化的遥感监测研究(J).遥感学报 2007 J1(4):
  511-520. (Ye Qinghua ,Chen Feng ,Yao Tandong. Tupu of glac-ier vari-ations in the Mt. Naimona Nyi region ,Western Himalayas , in the last three decades (J). Journal of Remote Sensing 2007 J11 (4):511-520.)
- (9) 张明华. 基于 ETM<sup>+</sup> 影像的西藏南迦巴瓦峰地区海洋性冰川 信息提取(J). 冰川冻土 2005 27(2):226-232. (Zhang Minhua. Extracting the temperate glacier information in the Mount Namjagbarwa, Tibet Autonomous Region, based on ETM<sup>+</sup> Image (J). Journal of Glaciology and Geocryology 2005 27(2):226-

232.)

- (10) Serandre I ,Barbero R ,Rabagliati R ,et al. Glacier retreat in the 1980s in the Breonie ,Aurine and Pustersi group( easter Apls ,Italy) in landsat TM (J). Hydrological Science Journal des Sciences Hydrologiques ,1999 ,44( 2) : 279 - 296.
- (11) 聂勇 涨镱锂,刘林山,等.近30 a 珠穆朗玛峰国家自然保护区 冰川变化的遥感监测(J).地理学报,2010,65(1):13-28.
  (Nie Yong, Zhang Yili, Liu Linshan, et al. Monitoring glacier change based on remote sensing in the Mt. Qomolangma National Nature Preserve, 1976-2006(J). Acta Geographica Sinica 2010, 65(1):13-28.)
- (12) Lougeay R. Detection of buried glacial and ground ice with thermal infrared remote sensing (C) //Advanced Concepts and Techniques in the Study of Snow and Ice Resource. Washington ,DC: National Academy of Sciences ,1974: 487 – 494.
- (13) Jacobs J D Simms E L Simms A. Recession of the southern part of Barnes Ice Cap ,Baffin Island ,Canada ,between 1961 and 1993 , determined from digital mapping of landsat TM (J). Journal of Glaciology ,1997 A3:98 - 102.
- (14) Bayer K J ,Hall D K ,Kovalick W M. Observations on glaciers in the eastern Austrain Alps using satellite data (J). International Journal of Remote Sensing ,1994 ,15(9): 1733-1742.
- (15) Aniya M Sato H Naruse R et al. The use of satellite and airborne imagery to inventory outlet glaciers of the southern patagonian ice field south America (J). Photogrammetric Engineering & Remote Sensing J996 62(12):1 361 – 1 369.
- (16) 李震 孙文新,曾群柱.综合 RS 与 GIS 方法提取青藏高原冰川 变化信息:以布喀塔格峰为例(J).地理学报,1999,54(3):263 268. (Li Zhen, Sun Wenxin, Zeng Qunzhu. Deriving glacier change information on the Xinzang(Tibetan) Plateau by integrating RS and GIS techniques (J). Acta Geographica Sinica,1999,54 (3):263-268.)
- (17) 宋波,何元庆,庞洪喜,等.基于遥感和 GIS 的我国季风海洋型 冰川区冰碛物覆盖型冰川边界的自动识别(J).冰川冻土, 2007 29(3):456-462. (Song Bo, He Yuanqing, Pang Hongxi, et al. Identifying automatically the debris-covered glaciers in China's monsoonal temperate glacier regions based on remote sensing and GIS(J). Journal of Glaciology and Geocryology 2007 29(3):456 -462.)
- (18) 刘潮海.中国冰川目录(II)阿尔泰山区(M).兰州:中国科学院兰州冰川冻土研究所,1982:1-17.(Liu Chaohai. Glacier List of China II. Altay Mountains (M). Lanzhou: Institute of Glaciology and Cryopeclogy, Chinese Academy of Sciences,1982:1-17.)
- (19) 王立伦,刘潮海,康兴成,等.我国阿尔泰山现代冰川的基本特征:以哈拉斯冰川为例(J).冰川冻土,1983,5(4):27-38.
  (Wang Lilun, Liu Chaohai, Kang Xingcheng, et al. Fundamental features of modern glaciers in the Altay Shan of China (J). Journal of Glaciology and Geocryology,1983,5(4):27-38.)
- (20) Hall D K Bayr K Schfner W et al. Consideration of the errors inherent in mapping historical glacier positions in Austria from ground and space (1893 - 2001) [J]. Remote Sensing of Environment 2003 & 6:566 - 577.

(21) Silverio W Jaquet J M. Glacial cover mapping (1987 – 1996) of the Cordillera Blanca (Peru) using satellite imagery (J). Remote Sensing of Environment 2005 95(3): 342 – 350.

(22) Paul F. Comparison of TsM-derived glacier areas with higher resolution data sets (C) //Paul F. Proceedings Earsel Workshop on Remote Sensing of land Ice and Snow. Bern: European Association of Remote-sensing Laboratories Special Interest Group Land Ice and Snow 2002.

(23) 张世强,卢健,刘时银,等.用高光谱图像提取青藏高原喀喇昆

仑山区现代冰川边界(J). 武汉大学学报:信息科学版 2001, 26(5):435-440. (Zhang Shiqiang ,Lu Jian ,Liu Shiyin ,et al. Deriving glacier border information on Qinghai Tibet by TM high spectrum image(J). Geomatics and Information Science of Wuhan University 2001 26(5):435-440.)

 (24) 韦玉春 汤国安 杨昕 ,等. 遥感数字图像处理教程 (M). 北京:
 科学出版社 2007. (Wei Yuchun ,Tang Guo'an ,Yang Xin ,et al. Remote Sensing Digital Image Processing Tutorial (M). Beijing: Science Press 2007.)

## **Discussion on RS Methods for Glacier Outline Detection**

-A Case Study in Headwaters of the Kanas River

HUAI Bao-juan<sup>1</sup>, LI Zhong-qin<sup>12</sup>, SUN Mei-ping<sup>1</sup>, XIA Ming-ying<sup>1</sup>

(1. College of Geography and Environmental Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, Gansu, China; 2. State Key Laboratory of Cryospheric Sciences & Tianshan Glaciological Station, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, Gansu, China)

**Abstract:** In this paper, the manual digitization method and computer automatic interpretation method were integrated, and the traditional method of glacier interpretation and the object-oriented image feature extraction method were applied to extract the glacier boundary in headwaters of the Kanas River. Through the application, it was found that: (1) Human interpretation could be the best tool for extracting high-level information from satellite imagery for many glacier types; (2) Classification methods based on threshold band ratios or normalized band differences like NDSI were proven to be accurate and as the robust methods for interpreting clean glacier ice, but they may lead to errors for the glaciers covered by surface moraine; (3) The object-oriented method could be used to extract the surface features, and its accuracy was high in extracting glacier information, especially the disturbance of cloud and snow cover could be restricted; (4) The classification method of automatic threshold decision tree needs to be further studied; (5) An interpretation of 40 glaciers in headwaters of the Kanas River was carried out, the various methods were compared, and the values of precise glacial boundary were derived. The results showed that the glaciers in headwaters of the Kanas River were holistically in a retreat trend, and their area was reduced about 23.43 km<sup>2</sup> during the period of 1959 – 2011.

**Key words**: glacier interpretation; object-oriented image feature extraction method; traditional method; glacier boundary; headwaters of Kanas River