

# 天山中部近 10 年森林质量变化分析 ——以乌鲁木齐河流域为例

丁程锋<sup>1</sup>, 刘东红<sup>2</sup>, 张绘芳<sup>3</sup>, 李霞<sup>1</sup>, 高亚琪<sup>3</sup>

(1. 新疆农业大学草业与环境科学学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 滁州学院地理信息与旅游学院, 安徽滁州 239000;  
3. 新疆林业科学院现代林业研究所, 乌鲁木齐 830000)

**摘要** 【目的】为天山中部天然林保护工程实施效果的定量评定和区域环境保护提供可靠依据。【方法】以天山中部乌鲁木齐河流域雪岭云杉天然林分布区为研究区, 基于 2003 年 Landsat 5 TM 和 2013 年 Landsat 8 OLI 数据、2009 年 SPOT-5 数据以及 2009 年研究区实地调查数据, 使用监督分类和像元二分模型, 分析实施天然林保护后, 研究区 2003 至 2013 年天然林的质量变化。【结果】自 2000 年天山中部天然保护工程实施以来, 研究区林地面积增加 0.94%; 在研究区中南部人类活动干扰较小的中高海拔区, 中等郁闭林地、密林分别增加了 39.33% 和 5.55%, 草地面积增加 5.98%。研究区其它地类(耕地、建设用地)面积增加 150.22%, 水体面积减少 29.39%。【结论】天然林保护工程实施, 使天山中部天然林保护区森林质量和生境质量向良好方向改善, 但应控制建设用地的增加并采取有效措施保护水域, 使区域环境均衡、持续发展。

关键词: 遥感; 郁闭度; 监督分类; 森林质量

中图分类号: S757.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-4330(2016)05-0935-07

## 0 引言

【研究意义】位于新疆天山北坡的云杉天然林具有涵养水源、保持水土、维护区域生态平衡的重要生态功能。建国后, 随着人口增长、农业快速发展、森林砍伐和气候变化, 使得天山北坡天然林受到不同程度的破坏, 从而影响了其重大生态功能的持续发挥。1998 年国家决定在新疆国有林区开展天然林保护工程试点, 自 2000 年正式实施天然林保护工程(以下简称天保工程)已有 15 年时间, 对天然林保护效果的定量监测与评定已成为政府职能部门和行业专家关注的重点。研究实施天保工程后森林质量及面积的变化, 将为实施效果的定量评定及天保工程实施区森林经营政策的制定提供科学依据。【前人研究进展】近年来,

已有学者运用遥感技术进行森林因子的估测: 刘玉峰等<sup>[1]</sup>以西天山云杉林为研究对象, 以高空间分辨卫星遥感影像为基础数据, 运用空间统计学的方法对研究区的林分冠幅进行了定量估计; 李虎等<sup>[2]</sup>基于遥感和地面实地调查数据, 对比分析了 1986、1996 和 2007 年 3 期的森林生物量监测数据, 对西天山云杉林生物量的时空分布进行了动态变化分析。罗杰等<sup>[3-5]</sup>以道孚县甲斯孔林场为研究区, 利用 TM、SPOT-5 遥感影像, 分析研究区天然林面积变化和植被覆盖率的变化, 进行川西天然林动态监测。牛战勇等<sup>[6]</sup>以密云半城子为研究区, 基于 TM 数据提取归一化植被指数, 并结合实地调查数据, 计算叶面积指数, 采取空间统计学的方法对林分冠幅进行了定量估计。诸多学者基于遥感数据, 使用像元二分模型, 从森林郁闭

收稿日期(Received): 2015-12-04

基金项目: 新疆公益性科研院所基本科研业务经费资助项目(XMBM000001953); 安徽省滁州学院培育项目(2014PY02) 联合资助。

作者简介: 丁程锋(1991-), 男, 安徽安庆人, 硕士研究生, 研究方向为生态遥感, (E-mail) 1125380263@qq.com

通讯作者(Corresponding author): 高亚琪(1961-), 男, 新疆人, 教授级高级工程师, 研究方向为林业遥感、地理信息及资源监测与评价, (E-mail) gyq611003@163.com

度估测<sup>[7-8]</sup>、植被覆盖度反演<sup>[9-10]</sup>等方面,探索遥感技术在森林质量监测方面的应用。【本研究切入点】使用遥感技术研究森林资源质量变化,大都基于对林地面积变化和郁闭度变化的分析,这为研究使用遥感技术分析研究区森林质量变化提供了思路。由于对天山中部国有天然林保护区森林质量变化的遥感研究鲜见报道,以2003和2013年Landsat系列遥感影像和2009年的SPOT-5影像为数据基础,结合2009年乌鲁木齐河流域森林资源二类调查数据,使用遥感技术分析天山中部乌鲁木齐河流域天保区森林面积和郁闭度的变化。【拟解决的关键问题】掌握自实施天保工程以来天山中部森林质量的变化情况,为天山北坡天保区森林资源遥感定量监测提供技术支持,并为天保工程实施区森林经营政策的制定和调整提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于天山中部 $86^{\circ}45' \sim 87^{\circ}56'E$   $43^{\circ}00' \sim 44^{\circ}07'N$ 间的乌鲁木齐河流域。流域山体高大,地形陡峻,平均海拔3006 m,平均坡度 $48.5^{\circ}$ ,年径流量 $2.37 \times 10^4 m^3$ ,是乌鲁木齐市 $350 \times 10^4$ 余市民生活、生产用水的主要来源。流域南起乌鲁木齐河上游天山山脉依连哈比尕山分水岭,北至古尔班通古特沙漠南缘的东道海子,西接头屯河流域,东到乌拉泊和柴窝堡洼地之间的分水岭,由南至北各支流泉沟汇入东道海子<sup>[11]</sup>。

流域内土壤和植被垂直地带变化明显,土壤类型主要有分布于高山带的高山草甸土、中山带的灰褐色森林土和黑钙土、后峡盆地的山地栗钙土。植被分布以中山带雪岭云杉(*Picea schrenkiana*)为主,林内常见小乔木天山花楸(*Sorbus tianschanica*)和崖柳(*Salix floderusii*)<sup>[12]</sup>;阔叶树主要有天山桦(*Betula tianschanica*)、密叶杨(*Populus talassica*)和白柳(*Salix alba*),多分布在低山河谷区<sup>[13]</sup>。

### 1.2 材料

研究所收集的数据有:2003年8月17日分辨率30 m的Landsat 5 TM数据、2013年8月28日分辨率15 m的Landsat 8 OLI数据、2009年分辨率2.5 m的SPOT-5数据;2009年乌鲁木齐河

流域森林资源二类调查数据及林相图。利用ENVI 5.0对不同时期遥感数据进行研究区范围裁剪,并对TM、OLI和SPOT-5数据进行几何精校正,误差控制在1个像元以内。为方便不同分辨率遥感数据间的对比分析,将上述遥感数据统一重采样为15 m空间分辨。

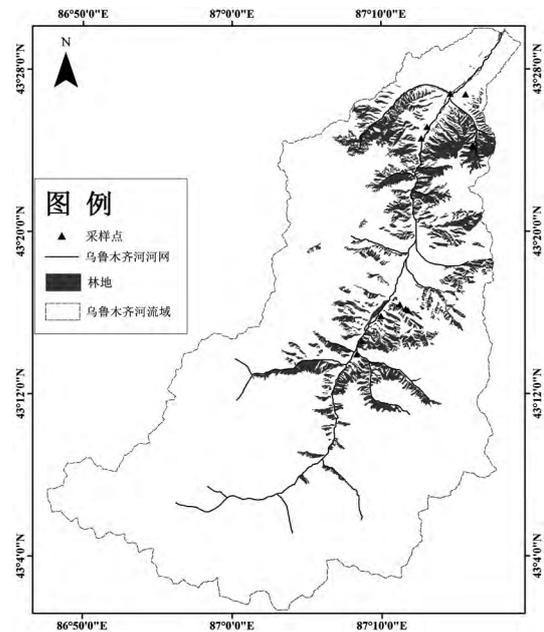


图1 采样点分布

Fig. 1 The distribution map of sampling point

### 1.3 方法

#### 1.3.1 林地面积提取

在影像预处理基础上,根据研究区实际土地利用类型及研究需要,将地类划分为林地、草地、裸地、水体、冰雪、其他(耕地、建筑用地)等六类,并根据各地类在遥感影像上的特征,建立各自地类的解译标志。根据解译标志及实地调查数据,确定遥感影像上不同地类的典型训练样区,在ENVI软件中采用最大似然法进行监督分类,并使用Confusion Matrix功能计算分类精度。2003年总体分类精度和Kappa系数分别为91%和0.88%,2013年总体分类精度和Kappa系数分别为93%和0.91%,均达到了分类要求。将分类结果中的小斑点处理后,导入ArcGIS中,对照研究区实地调查数据和2009年林相图,并结合Google Earth,对明显错分处进行手动修改,得到乌鲁木齐河流域2003和2013年两期土地利用类型分布图,利用ArcGIS空间分析功能对两期土地利用类型数据进行叠加分析,计算各地类面积并导出属性

表;最后根据两期土地类型分布图的属性表建立转移矩阵,分析研究区各地类及森林面积变化。以 2009 年森林二类调查数据为基础,于 2015 年 7

月,对部分林地变化区域进行实地验证,根据遥感数据与国家正规地形图数据,利用 3S 技术制成采样点分布图。表 1 图 1

表 1 研究区地类解译标志

Table 1 The interpretation marks in the study area

地类 Land group	影像色调 Hue	特征描述 Description
林地 Forest	酒红色	多指雪岭云杉,多成片分布于山地阴坡
草地 Grassland	鲜红色	主要指高山草甸,成片分布
裸地 Bare land	藏蓝色、浅黄色	主要指大片的岩石或细小砂石地
水体 Water	天蓝色	颜色较纯,杂质较少
冰雪 Ice - snow	白色	分布于雪线以上的高山区
其它 Other	红白色、蓝白色	集中分布于河流两侧及边缘地区,呈斑块状分布

### 1.3.2 林地郁闭度确定

使用 ENVI 软件提取 2003 和 2013 年遥感影像的 NDVI 值,用像元二分模型估测不同期影像森林郁闭度,并分析不同时段森林郁闭度变化。

像元二分模型计算公式如下<sup>[7]</sup>:

$$fc = (NDVI - NDVI_s) / (NDVI_v - NDVI_s)$$

式中  $NDVI_s$  是没有植被覆盖的裸地像元 NDVI 值,  $NDVI_v$  是有植被覆盖的林地像元 NDVI 值。NDVI 计算公式如下:

$$NDVI = (P_{nir} - P_r) / (P_{nir} + P_r)$$

式中  $P_{nir}$  和  $P_r$  分别代表近红外波段和红光波段的反射率。理论上,当地面完全被植被覆盖时  $NDVI_v$  值为 1,地面无植被覆盖时  $NDVI_s$  值为 0,但实际上,不同期植被生长情况不同,并受相邻像元影响,因此,  $NDVI_s$  和  $NDVI_v$  的值要根据研究区的 NDVI 值分布情况进行确定。先计算出不同时期的 NDVI 分布图,再结合研究区 2009 年森林资源实地调查数据,计算裸地像元和植被覆盖像元的  $NDVI_s$  和  $NDVI_v$  值。在对研究区 NDVI 值进行分析的基础

上,确定图像上 NDVI 的最大值  $NDVI_v = 0.76$ ;  $NDVI_s$  取值是在研究区图像上任取符合条件的 10 个样点,其平均值为  $NDVI_s$ , 结果为:  $NDVI_s = 0.3$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 研究区地类面积变化

对研究区 2003 和 2013 年的遥感影像监督分类后,得到研究区 2003 和 2013 年各地类面积变化表。结果显示,2003 年乌鲁木齐河流域土地类型中裸地面积最大,其次是草地,二者分别为  $52.65 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 、 $0.46 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,占研究区总面积的 47.36%、41.47%;林地面积远小于草地和裸地,为  $9 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,占研究区总面积的 8.10%。2013 年草地面积增加,裸地减少,二者面积分别为  $48.86 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 、 $46.28 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,占研究区总面积的 43.95%、41.63%;林地面积  $9.09 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,占研究区总面积的 8.17%。2013 年裸地和水体呈现减少趋势,草地、林地、冰雪、其它均呈现增加趋势。表 2

表 2 研究区 2003 和 2013 年各地类面积

Table 2 The land use area change table in 2003 and 2013 in the study area

年份 Year		林地 Forest	草地 Grassland	裸地 Bare land	水体 Water	冰雪 Ice - snow	其它 Other
2003	面积( $10^3 \text{ hm}^2$ )	9.00	46.10	52.65	0.46	2.72	0.23
	比例( % )	8.10	41.47	47.36	0.41	2.46	0.21
2013	面积( $10^3 \text{ hm}^2$ )	9.09	48.86	46.28	0.32	6.04	0.57
	比例( % )	8.17	43.95	41.63	0.29	5.44	0.52
	增减( % )	0.08	2.48	-5.73	-0.12	2.98	0.31

2.2 各地类间转移矩阵

为掌握各种地类之间的相互转换情况,在 ArcGIS 中将研究区两期土地类型图进行空间叠加,统计并分析乌鲁木齐河流域各地类面积间的变化。

结果表明,2013 年,研究区林地面积增加  $0.09 \times 10^3 \text{hm}^2$ ,增加部分主要由裸地转化而来,增加的位置多处于研究区中南部人为可及度较低、

干扰较小的区域。研究期内草地面积增加  $2.77 \times 10^3 \text{hm}^2$ ,主要由  $8.04 \times 10^3 \text{hm}^2$  的裸地转化而来,其位置大多位于研究区南部。裸地在研究期内面积明显减少,转出大于转入,其主要去向为草地和冰雪,其中转出的草地面积最大,为  $8.04 \times 10^3 \text{hm}^2$ ;其次是转出的冰雪,面积达  $3.39 \times 10^3 \text{hm}^2$ 。对比两期影像可知,裸地转为冰雪多位于靠近冰川的高海拔区。表 3

表 3 研究区各土地类型转移矩阵

Table 3 The change of land use types transfer in the study area ( $10^3 \text{hm}^2$ )

		2013						
		林地 Forest	草地 Grassland	裸地 Bare land	水体 Water	冰雪 Ice - snow	其它 Other	总计 Total
2003	林地	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00
	草地	0.00	40.81	4.99	0.06	0.00	0.24	46.10
	裸地	0.09	8.04	40.92	0.04	3.39	0.18	52.65
	水体	0.00	0.01	0.20	0.22	0.00	0.03	0.46
	冰雪	0.00	0.00	0.14	0.00	2.59	0.00	2.73
	其它	0.00	0.01	0.04	0.00	0.06	0.12	0.23
	总计	9.09	48.86	46.28	0.32	6.04	0.57	111.16

受乌鲁木齐河流域人口增加、旅游开发等活动的影响,研究期内水体覆盖面积缩小、其它地类面积增加;其中水体面积在研究期内减少  $0.14 \times 10^3 \text{hm}^2$ ,主要转化为裸地;其它地类的面积增加了  $0.34 \times 10^3 \text{hm}^2$ ,主要由草地和裸地转化而来,但几乎没有转出,该地类面积增加的区域主要位于研究区北部离乌鲁木齐较近处以及沿河的乌鲁木齐环鹏有限公司厂区。

2.3 研究区森林郁闭度变化

2.3.1 森林郁闭度估测

对研究区森林郁闭度的计算是基于 ENVI 软件计算出研究区归一化植被指数  $NDVI$ ,再通过像元二分模型估测研究区的森林郁闭度。为提高郁闭度估测精度,先将研究区森林划分为针叶林、阔叶林后,去除分布于河谷地带面积极少的阔叶林,再按照疏林地 ( $0.1 \sim 0.29$ )、中等郁闭度林地 ( $0.3 \sim 0.59$ )、密林 ( $> 0.6$ ) 三个等级,对云杉针叶林进行郁闭度提取和变化分析。根据 1.3 中的方法,使用 SPOT-5 数据,求得 2009 年研究区疏林地的森林郁闭度;同理求取研究区针叶林和阔叶林的  $NDVI_p$  与  $NDVI_s$ ,根据各类型  $NDVI_p$ 、 $NDVI_s$  值求得相应森林郁闭度。将研究区疏林地、针叶林和阔叶林的郁闭度分布图进行空间叠加,得到

乌鲁木齐河流域 2009 年森林郁闭度的分布。

为验证利用像元二分模型估测 2009 年森林郁闭度的准确性,以及该模型是否适用于反演 2003 和 2013 年的森林郁闭度,将研究区估测的森林郁闭度与相应实地实测值进行比较分析。将实测数据和影像估测数据绘制散点图,并进行回归。结果表明:决定系数 ( $R^2$ ) 为 0.7424,拟合效果较好,像元二分模型适用于 2003 和 2013 年的森林郁闭度估测。将该模型用于乌鲁木齐河流域 2003 和 2013 年的森林郁闭度估测,得到乌鲁木齐河流域森林郁闭度分布图。图 2,图 3

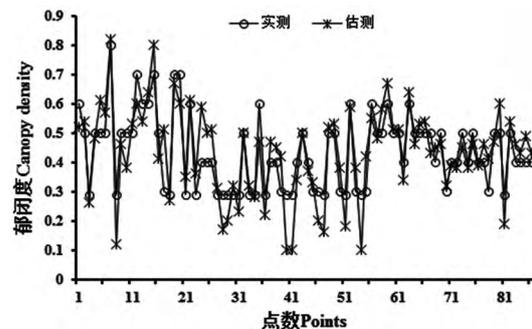


图 2 实测值与估测值散点图

Fig. 2 The scatter plot of the measured and estimated value

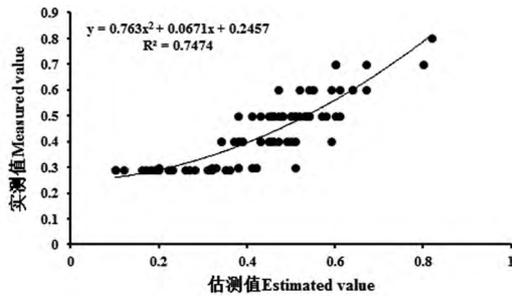


图 3 实测值与估测值拟合方程

Fig. 3 The fitting equation of the measured and estimated value

### 2.3.2 研究区森林郁闭度变化

在 ArcGIS 中将两期郁闭度提取数据进行空间叠加,统计乌鲁木齐河流域疏林地、中度郁闭林地及密林间面积的变化。结果表明,2013 年,研究区疏林地面积减少  $2.12 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,占原有林地面积的 23.52%,其中有  $2.18 \times 10^3 \text{ hm}^2$  转为中度

郁闭;中度郁闭林地面积增加  $2.08 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,占原有林地面积的 23.14%,有  $0.09 \times 10^3 \text{ hm}^2$  和  $0.31 \times 10^3 \text{ hm}^2$  中度郁闭林地分别转化为疏林地和密林地;密林地面积增加  $0.04 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,占原有林地面积的 0.38%,分别由  $0.03 \times 10^3 \text{ hm}^2$  和  $0.31 \times 10^3 \text{ hm}^2$  的疏林地和中度郁闭林地转入,同时,有  $0.30 \times 10^3 \text{ hm}^2$  密林转为中度郁闭林地。2015 年 7 月,对研究区部分郁闭度变化的小班进行現地验证(验证小班 11 个,面积  $0.24 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,占 2013 年林地总面积的 2.6%),结果表明,在林地边缘及林间空地存在大量天然更新幼树,其树龄在 15~25 a。郁闭度提取的结果显示,研究区郁闭度增加的林地主要分布在人为干扰较小的中南部及中高海拔区。总体上,研究区中等度郁闭林地和密林地都有增加。表 4

表 4 研究区森林郁闭度面积转移矩阵

Table 4 The transfer matrix of forest canopy area in the study area ( $10^3 \text{ hm}^2$ )

	郁闭度等级 Canopy density grade	2013			总计 Total
		<0.29	0.29~0.59	>0.59	
2003	<0.29	0.85	2.18	0.03	3.06
	0.29~0.59	0.09	4.91	0.31	5.31
	>0.59	0.00	0.30	0.31	0.61
	总计 Total	0.94	7.39	0.65	8.98

## 3 讨论

2013 年,研究区冰雪面积增加  $3.31 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,冰雪面积包括 1 号冰川和高海拔处雪地,2003、2013 年 1 号冰川面积分别为 168.6、173.7  $\text{hm}^2$ ,1 号冰川面积呈缓慢减少趋势,这与众多学者研究结论一致<sup>[14-16]</sup>。王璞玉等<sup>[16]</sup>指出自 1850 年以来全球最暖的 12 年中有 11 年出现在 1995~2006 年时段,乌鲁木齐河源 1 号冰川区最高气温则出现在 2002 年<sup>[14]</sup>,在气候变化强烈的条件下,1 号冰川逐渐消融。但研究冰川面积增加,则是由于冰川强积累和强消融均处在夏季 6~8 月<sup>[17]</sup>,研究使用的 2003、2013 年两期遥感数据对应 6~8 月,2013 年北疆夏季气温偏低,降水充沛,冰雹和局地暴雨频繁<sup>[18]</sup>,由于 2013 年生长季的低温和充沛降水,导致除 1 号冰川外,其它高海拔区冰雪面积增加。

## 4 结论

自 2000 年天山中部实施天保工程以来,研究区林地面积增加 0.94%,中等郁闭林地、密林分别增加了 39.33% 和 5.55%;草地面积增加 5.98%,增加区域主要位于中南部受人类活动影响较小的中高海拔区,在人为干扰较强的北部旅游区,郁闭度变化不明显。2003 至 2013 年,研究区其它地类面积增加 150.22%,水体面积减少 29.39%。可见,在实施天保工程的研究区,由于重视了对树木、植被的保护,森林和草地面积均有所增加,森林质量稳步提高,生境逐渐好转。但人类活动对其它用地和水体的干扰强度加大,水域面积明显缩减,人工用地急剧增加。随着经济进一步发展,应进一步强化对水资源的保护,减少和限制人工用地的扩展,使区域环境均衡、持续发展。

## 参考文献(References)

- [1] 刘玉峰, 陈冬花, 郑朝贵. 高分辨率遥感数据云杉林林分冠幅估计[J]. 新疆农业大学学报, 2013, 36(2): 153-157.  
LIU Yu-feng, CHEN Dong-hua, ZHENG Chao-gui. (2013). Estimation on Forest Stand Crown of the *Picea schrenkiana* Based on High Spatial Resolution Imagery [J]. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 36(2): 153-157. (in Chinese)
- [2] 李虎, 慈龙骏, 方建国, 等. 新疆西天山云杉林生物量的动态监测[J]. 林业科学, 2008, 44(10): 14-19.  
LI Hu, CI Long-jun, FANG Jian-guo, et al. (2008). Dynamic Monitoring of *Picea schrenkiana* Forest Biomass in West Tianshan Mountain Region of Xinjiang [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 44(10): 14-19. (in Chinese)
- [3] 罗杰, 周广华, 赖家明, 等. 遥感技术在川西天然林资源监测中的应用—以道孚县甲斯孔林场为例[J]. 四川农业大学学报, 2010, 28(3): 303-318.  
LUO Jie, ZHOU Guang-hua, LAI Jia-ming, et al. (2010). Application of Remote Sensing Technique to Monitoring the Natural Forest Resources in Western Sichuan—A Case Study in Jiasikong Forest Farm in Dao-fu County [J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 28(3): 303-318. (in Chinese)
- [4] 胡涛. 川西天然林保护工程区森林景观格局变化及其固碳效益—以道孚县木茹林场为例[D]. 成都: 四川农业大学, 2010.  
HU Tao. (2010). *Landscape change and benefit of carbon fixing of natural forest protection project in Western Sichuan—The case of Muru forest farm in Dao-fu County* [D]. Master Dissertation. Sichuan Agricultural University, Chengdu. (in Chinese)
- [5] 周广华. 基于遥感的川西天然林保护工程监测研究—以甘孜州道孚县甲斯孔林场为例[D]. 成都: 四川农业大学, 2010.  
ZHOU Guang-hua. (2010). *The Research of Monitoring Natural Forest protection project Base on Remote Sensing in Western Sichuan—Take Jiasikong Forest Farm in Dao-fu County as an Example* [D]. Master Dissertation. Sichuan Agricultural University, Chengdu. (in Chinese)
- [6] 牛战勇, 冯娟, 谷建材, 等. 基于叶面积指数的森林郁闭度遥感反演研究[J]. 林业资源管理, 2014, (1): 46-51.  
NIU Zhan-yong, FENG Juan, GU Jian-cai, et al. (2014). Forest Canopy Density RS Inversion Research Based on LAI [J]. *Forest Resources Management*, (1): 46-51. (in Chinese)
- [7] 徐定, 彭道黎. 基于像元二分模型的森林郁闭度估测方法[J]. 东北林业大学学报, 2013, 41(2): 119-122.  
XU Ding, PENG Dao-li. (2013). Estimation of Forest Canopy Closure Based on Dimidiate Pixel Model [J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 41(2): 119-122. (in Chinese)
- [8] 李永宁, 张宾兰, 秦淑英, 等. 郁闭度及其测定方法研究与应用[J]. 世界林业研究, 2008, 21(1): 40-46.  
LI Yong-ning, ZHANG Bin-lan, QIN Shu-ying, et al. (2008). Review of Research and Application of Forest Canopy Closure and Its Measuring Methods [J]. *World Forestry Research*, 21(1): 40-46. (in Chinese)
- [9] 张超, 余树全, 李士生. 基于多时相 LANDSAT 影像的庆元县植被覆盖变化研究[J]. 浙江农业大学学报, 2011, 28(1): 72-79.  
ZHANG Chao, YU Shu-quan, LI Tu-sheng. (2011). Image analysis of vegetation coverage and changes in Qingyuan County using multi-temporal Landsat remote sensing [J]. *Journal of Zhejiang A&F University*, 28(1): 72-79. (in Chinese)
- [10] 郭芬芬, 范建容, 严冬, 等. 基于像元二分模型的昌都县植被盖度遥感估算[J]. 中国水土保持, 2010, (5): 65-67.  
GUO Fen-fen, FAN Jian-rong, YAN Dong, et al. (2010). Remote sensing estimation of vegetation cover in Changdu County Based on Dimidiate Pixel Model [J]. *Soil and Water Conservation in China*, (5): 65-67. (in Chinese)
- [11] 姚海燕, 张民. 乌鲁木齐河流域水管理信息系统[J]. 水文, 2006, 26(2): 78-80.  
YAO Hai-yan, ZHANG Min. (2006). The Water Management Information System for the Urumqi River Basin [J]. *Journal of China Hydrology*, 26(2): 78-80. (in Chinese)
- [12] 苏宏新. 全球气候变化条件下新疆天山云杉林生长的分析与模拟[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2005.  
SU Hong-xin. (2005). *Analyzing and simulating the growth of Picea schrenkiana forests in Xinjiang under global climate change* [D]. PhD Dissertation. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing. (in Chinese)
- [13] 折远洋. 天山乌鲁木齐河山区径流特征及其对气候变化响应研究[D]. 兰州: 西北师范大学硕士论文, 2013.  
ZHE Yuan-yang. (2013). *Characteristics of Runoff and Its Response to Climate Change at the Alpine Area of Urumqi River in the Tianshan Mountains* [D]. Master Dissertation. Northwest Normal University, Lanzhou. (in Chinese)
- [14] 李忠勤, 沈永平, 王飞腾, 等. 冰川消融对气候变化的响应—以乌鲁木齐河源1号冰川为例[J]. 冰川冻土, 2007, 29(3): 333-342.  
LI Zhong-qin, SHENG Yong-ping, WANG Fei-teng, et al. (2007). Response of Glacier Melting to Climate Change—Take Urumqi Glacier No. 1 as an Example [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 29(3): 333-342. (in Chinese)
- [15] 李忠勤, 沈永平, 王飞腾, 等. 天山乌鲁木齐河源1号冰川消融对气候变化的响应[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(3): 132-137.  
LI Zhong-qin, SHENG Yong-ping, WANG Fei-teng, et al. (2007). Response of Melting Ice to Climate Change in the Glacier No. 1 at the Headwaters of Urumqi River, Tianshan Mountain [J]. *Advances in Climate Change Research*, 3(3): 132-137.

- ( in Chinese)
- [16] 王璞玉,李忠勤,李慧林. 气候变暖背景下典型冰川储量变化及其特征——以天山乌鲁木齐河源 1 号冰川为例[J]. 自然资源学报 2011 26(7):1 189-1 198.  
WANG Pu-yu, LI Zhong-qin, LI Hui-lin. (2011). Ice Volume Changes and Their Characteristics for Representative Glacier against the Background of Climatic Warming - A Case Study of Urumqi Glacier No. 1, Tianshan, China [J]. *Journal of Natural Resources*, 26(7):1 189-1 198. ( in Chinese)
- [17] 刘潮海,谢自楚,王纯足. 天山乌鲁木齐河源 1 号冰川物质平衡过程研究[J]. 冰川冻土, 1997, 19(1):17-24.  
LIU Chao-hai, XIE Zi-chu, WANG Chun-zu. (1997). A Research on the Mass Balance Processes of Glacier No. 1 at the Headwaters of the Urumqi River, Tianshan Mountains [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 19(1):17-24. ( in Chinese)
- [18] 新疆维吾尔自治区地方志编纂委员会. 新疆年鉴[J]. 乌鲁木齐:新疆年鉴社 2014:261-265.  
Local Chronicles Compilation Committee of Xinjiang Uygur Autonomous Region. (2014). *Xinjiang Yearbook* [J]. Urumqi: *Xinjiang Yearbook Press*:261-265. ( in Chinese)

## Analysis of the Forest Quality Change in the Central Tianshan Mountain in Recent Decent: A Case Study in the Urumqi River Basin

DING Cheng-feng<sup>1</sup>, LIU Dong-hong<sup>2</sup>, ZHANG Hui-fang<sup>3</sup>, LI Xia<sup>1</sup>, GAO Ya-q<sup>3</sup>

(1. College of Pratacultural and Environmental Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Geographic Information and Tourism College, Chuzhou University, Chuzhou Anhui 239000, China; 3. Research Institute of Modern Forestry, Xinjiang Academy of Forestry, Urumqi 830000, China)

**Abstract [Objective]** To provide the reliable basis for the quantitative evaluation and regional environmental protection effect for the Central Tianshan Mountains natural forest protection project. **[Method]** Taking the natural forest located in the middle Tianshan Mountains in Urumqi River Basin as the study area, basing on the 2003 and 2013 Landsat TM\OLI data, 2009 and 2009 Forest SPOT-5 data field surveying data, and using the supervised classification and pixel two-division model to analyze forest quality changes from 2003 to 2013 after implementation of protection project for natural forest in the study area. **[Result]** With implementation of protection project since 2000 middle Tianshan Mountains natural protection project, the forest coverage of the study area increased by 0.94 percent; the small disturbance of human activities in middle and high altitude area and the south-central of the study area, medium canopy density and jungle forest area increased by 39.33% and 5.55% respectively, grassland area increased by 5.98%, other areas (cultivated land, construction land) increased by 150.22%, water area decreased by 29.39%. **[Conclusion]** It is suggested that since the implementation of natural forest protection project, the forest quality and habitat quality of natural forest reserve in the middle of Tianshan Mountains has been improved, but the construction land should be controlled and effective measures be taken to protect the water so that the regional environment would be balanced and sustainable development be continuously on the rise.

**Key words:** remote sensing; canopy density; supervised classification; quality of the forest

Fund project: Supported by the Basic Science and Technology Research Support Funds of Non-profit Research Institutions of Xinjiang Uygur Autonomous Region (XMBM000001953); The Cultivation Project of Chuzhou University in Anhui Province, (NO.2014PY02)