天山北坡玛纳斯河流域草地长势遥感监测

吐尔逊·艾山[1,2], 吐热尼古丽·阿木提[3],
买买提·沙吾提[4,5], 李 静[1,2], 田 源[1,2]

(1. 新疆维吾尔自治区 农业资源区划办公室, 新疆 乌鲁木齐 830004; 2. 农业部 遥感应用中心 乌鲁木齐分中心, 新疆 乌鲁木齐 830004; 3. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054; 4. 新疆大学 资源与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830046; 5. 绿洲生态教育部 重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830046)

摘 要: [目的] 进行国产高分 1 号遥感数据在草地长势监测方面的应用研究,为维持草地畜牧业可持续发展、维护草原生态平衡提供科学依据。[方法] 以新疆典型草原区—玛纳斯河流域为研究靶区,在"3S"技术支持下,利用高分一号卫星数据的优越性及野外调查数据,进行国产高分一号遥感数据在草地长势监测方面的应用研究。[结果] 研究区 2014 年草地长势比 2013 年差一些,2014 年长势比 2013 年差的草地面积为 209 074.7 hm^2,占研究区草地总面积的 13.21%。研究区 2013—2014 年各类草地类型长势情况的结果显示,比 2013 年长势差的面积最大的草地类型是温性荒漠草原,面积为 109 224.6 hm^2,占温性荒漠草原面积的 36.8%,研究区草地总面积的 6.9%。[结论] 研究区草地长势监测精度比较高,即,88.6%以上,高分 1 号卫星数据是一个草地长势监测的有效数据。

关键词: 玛纳斯河流域; 草地长势; 高分 1 号; 遥感监测

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2016)05-0140-06 **中图分类号**: S812.3, TP7

文献参数: 吐尔逊·艾山, 吐热尼古丽·阿木提, 买买提·沙吾提, 等. 天山北坡玛纳斯河流域草地长势遥感监测[J]. 水土保持通报, 2016, 36(5): 140-145. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2016.05.031

Grassland Vitality Monitoring Based on Remote Sensing in Manas River Basin in Northern Slope of Tianshan Mountain

Tuerxun·Aishan[1,2], Tureniguli·Amuti[3], Maimaiti·Shawuti[4,5], LI Jing[1,2], TIAN Yuan[1,2]

(1. *Xinjiang Agricultural Resources and Regional Planning Office, Urumqi, Xinjiang Uygur Autonomous Region* 830004, *China*; 2. *Urumqi Branch Remote Sensing Application Center Ministry of Agriculture, Urumqi, Xinjiang Uygur Autonomous Region* 830004, *China*; 3. *College of Geographic Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang Uygur Autonomous Region* 830054, *China*); 4. *College of Resource and Environment Sciences, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang Uygur Autonomous Region* 830046, *China*; 5. *Key Laboratory of Oasis Ecology, Ministry of Education, Urumqi, Xinjiang Uygur Autonomous Region* 830046, *China*)

Abstract: [Objective] We analyzed the grassland vitality by using the domestic GF-1 remote sensing imagery data in order to provide the scientific basis for preserving the sustainable development of animal husbandry and maintaining the regional ecological balance. [Methods] The typical steppe area of Manasi River basin in Xinjing region was selected as the study area. Based the "3S" technology, GF-1 remote sensing images in 2013 and 2014 were collected and the field survey was conducted to monitor the growth of grassland. [Results] The growth of grassland in 2014 was poorer than that in 2013, and the area of grassland with poor growth was 209 074.7 hm^2 in 2014 more than that in 2013, which accounts for 13.21% of the total area of grassland in the study area. Comparatively, the largest area with poorer grass growth in 2014 was temperate desert grassland, which was about 109 224.6 hm^2, accounted for 36.8% of the temperate desert grassland

收稿日期: 2015-10-27 **修回日期**: 2015-11-30

资助项目: 新疆大学绿洲生态教育部重点实验室开放课题"基于遥感数据的干旱区草地信息提取研究."(XJDX0201-2013-03); 国家自然科学基金项目(41461023、41361016); 国防科工委专项项目(GF13/15-311-005)

第一作者: 吐尔逊·艾山(1981—),男(维吾尔族),新疆维吾尔族自治区阿克苏人,理学博士,高级农艺师,主要从事干旱区生态环境及农业遥感应用研究。E-mail: tursun323@163.com。

通讯作者: 吐热尼古丽·阿木提(1976—),女(维吾尔族),新疆维吾尔族自治区克苏人,理学博士,讲师,新疆阿克苏人,主要从事遥感与地理信息系统应用和生态系统模拟等方面的研究。E-mail: hturangul@gmail.com。

and 6.9% of the total grassland in the study area. [Conclusion] The monitoring accuracy of grassland vitality in the study area is high, which is more than 88.6%, indicating that GF-1 remote sensing imagery data is useful in the monitoring of grassland growth.

Keywords: Manas River valley; grassland vitality; GF-1 data; remote sensing monitoring

草原植被长势是草原植被的总体生长状况与趋势,通常与以往草原植被的状况进行对比来说明现在草原植被生长情况。草原植被长势遥感监测是利用地面遥感信息与草原植被状况有密切相关关系的特点,对不同时期遥感信息进行处理来间接反应草原植被长势的一种方法。草地资源是全球陆地绿色植物资源中面积最大的一类再生性自然资源,总面积为 6.72×10^9 hm^2,占世界陆地总面积的 52.17%[1-2]。目前天然草地是人类活动影响较为严重的区域,维持其生态功能的正常对全球及区域的生态平衡有重要意义。因此,在全球变化研究中,草地生态系统被列为重要的研究对象[3]。国内外学者早在 20 世纪初就开始了对草原的研究[4]。自 20 世纪 60 年代遥感技术出现以后,众多遥感平台已被广泛地运用于草地资源研究[5]。张旭琛等[6]以草地样地调查数据为基础,结合遥感及气象数据,对新疆伊犁地区草地植被地上生物量的空间分布特征进行遥感反演。李亚刚等[7]利用遥感技术对甘南牧区草地植被状况进行多年动态分析。时至今日,遥感在草地资源应用上的深度和广度上都有了很大进展。

中国草原分布广,面积大,是畜牧业的重要基地。中国拥有草地近 3.90×10^8 hm^2,占世界草地面积的 11.9%,是世界上第 2 大草地资源国[1-2,8]。20 世纪 90 年代末与 90 年代初相比,中国北方天然草原产草量下降 30%～50%,载畜能力大幅降低了。中国很多草原普遍存在超载过牧现象,这导致了中国草原的加速退化。新疆天然草地辽阔,面积约 5.725×10^8 hm^2,可利用面积 4.900×10^8 hm^2,居全国第 3 位,是全国 4 大牧区之一[9-10]。草地资源对生态环境的影响最为深刻,以草地为资源经营的畜牧业是新疆农业的基本组成部分[11]。新疆草原畜牧业是广大农牧民生产生活的物质基础,草原生态可持续利用与经济的持续发展和社会稳定有着密切的关系。

目前,新疆的草地资源在过度放牧、土地利用不合理、地上水源减少、地下水位下降以及气候变暖等各种自然和人为因素影响下,面临着退化、沙化、盐碱化等一系列问题[12],新疆 85%的天然草地处在退化之中。草地退化,生态环境恶化已经成为制约新疆畜牧业,乃至整个经济迅速发展的重要因素。这已严重影响到牧区经济的发展和人类的生存环境,草地生态建设迫在眉睫。

最近几年来中国高分 1 号等国产卫星的成功发射,在中国高分辨率数据自给率方面有效缓解了严重依赖国外商业遥感数据的局面。因此,本研究拟选取天山北坡玛纳斯河流域为研究区,充分利用国内外有关草地资源遥感监测理论方法的基础上,利用高分 1 号卫星数据的优越性及野外调查数据,进行国产高分 1 号遥感数据在草地长势监测方面的应用研究,准确地监测及定量评价研究区草地长势状况,并对草地长势信息提取精度进行分析。为今后高分 1 号卫星数据的在新疆草地长势监测以及草地净初级生产力(NPP)评估中的应用提供理论和技术方法手段,为区域合理安排畜牧业生产、维持草地畜牧业的可持续发展、维护草原生态平衡提供重要科学依据。

1　研究区概况

研究区地处新疆维吾尔自治区准噶尔盆地南缘,南部为天山山区,北部为古尔班通古特沙漠,中部为冲积扇平原。行政区域范围包括石河子市、塔城地区的沙湾县、昌吉回族自治州的玛纳斯县,以及分布和居住在两县境内的新疆生产建设兵团农八师(19 个农牧团场、乡)和农六师的新湖农场[13-14]。地理位置在东经 84°50′—87°06′,北纬:43°12′—45°18′,南北长为 230 km,东西长为 160 km,总面积为 3.155×10^6 hm^2。研究区内地形垂直分布完整典型,地势自东南向西北倾斜,坡降为:山区平均 50/170,平原区为 150/200。

研究区南边高山冰川是玛纳斯河、塔西河的主要水源地。中山地区系林草甸区,山体阴坡生长着大量云杉,草类植被茂密,覆盖率达 90%,是优良的夏季牧场。地貌可分为 3 大类型:南部为天山山区和丘陵地,是优良的夏牧场;中部为冲积平原区,是研究区主要粮产区;北部为沙漠区,是古尔班通古特沙漠的一部分。研究区内的山脉属天山依连哈比尔尕山中段,其中海拔最高点超过 5 200 m,北边温性荒漠带海拔 380 m 左右,属典型的温带大陆性干旱气候,年均温 8.4 ℃,年降水量 l10～200 mm,年蒸发 1 700～2 200 mm[15]。气候差异较显著,水热条件分配不均匀,草地类型丰富。研究区所处的地理位置和地形、气候特点将草地分成了低地草甸类、山地草甸类、温性草原类、温性草甸草原类、温性荒漠类、温性荒漠草原类、高寒草原类、高寒草甸类。主要有密从禾草、中生杂草、小禾草、半灌木分布在不同的草地类型中。

2 数据处理与研究方法

2.1 数据源及数据处理

通过野外调查及资料收集所得到的主要数据有：研究区1∶100草地类型矢量数据、1∶10万土地利用和土壤类型图、DEM以及一些社会经济资料；研究区2013年7月和2014年7月的高分1号卫星的16 m分辨率多光谱数据；监测区域地面同步草地长势实测数据，即，草原生长季(2013年7月和2014年7月)野外调查获得的研究区植被和土壤情况的第1手资料。

2.1.1 野外数据采集及处理 2013年7月9日至25日及2014年7月15日至25日对研究区草地进行了野外调查。研究区内在不同草地类型中设置样地26个，每一个样地内监测1 m×1 m的样方9个，样方总数为234个。在野外调查过程中，对植被高度、密度、盖度、频度、地上及地下部分生物量等指标进行测定，并记录实地坐标。在Excel软件下，对地面采集数据进行整理和汇总。

(1) 高度。按生殖枝和营养枝分别测定，即用钢卷尺测其从地面到生殖或叶顶端的绝对高度。每一种植物种随机取l0株，然后取其平均值。

(2) 密度。测定各样方内每种植物的植株数。

(3) 盖度。盖度用目测法，总盖度的测定：1 m×1 m样方的面积分成100个小方格，所有植株占整个面积的百分率；分盖度测定：在1 m×1 m样方中每种牧草占整个面积的百分率。

(4) 频度。用直径为36.5 cm样圆，随机抛10次，计算每一种植物在该群落中出现的次数。

(5) 地上生物量。采用模拟放牧法，齐地面刈割地上部分植物体，测其鲜重(风干重)，作为生物量指标。

2.1.2 遥感图像处理 凭借ENVI，ERDAS，ArcGIS等遥感和地理信息系统软件对获取的研究区高分1号卫星数据进行了辐射定标、大气校正和几何精校正、镶嵌和裁切等处理，为下一步信息提取和应用做准备。高分1号卫星数据的辐射定标、大气校正和几何精校正等处理的具体方法如下。

(1) 辐射定标。利用遥感数据对草原植被长势、产草量等状况进行监测时，由于草地和裸露地比例的不同，在相应像元的地表反照率、植被指数等生物物理因子也发生变化。而信息提取的精度很大程度上依赖于准确的辐射校正，因此，如何消除传感器、大气以及地形起伏的影响是一个重要的前提因素。针对这一难题，本研究对遥感影像进行了辐射定标。

利用以下公式(1)将高分1号卫星各载荷的通道观测值计数值DN转换为卫星载荷入瞳处等效表观辐亮度数据。

$$L_e = \frac{\mathrm{DN} - \mathrm{offset}}{\mathrm{gain}} \tag{1}$$

式中：L_e——转换后卫星相机波段等效辐射亮度($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$)；gain——定标斜率〔DN/($W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$)〕；DN——卫星载荷观测值；Bias——定标截距；offset——暗噪声偏移量。高分1号卫星各载荷的绝对辐射定标系数来源于中国资源卫星应用中心。

(2) 大气校正。本研究中，高分1号图像的大气校正使用ENVI5.1软件的Quick Atmospheric Correction工具来实现了。

(3) 几何校正。图像的几何校正在Erdas2014环境下实现了。以LANDSAT8的第8波段作为参照影像，首先对高分1号影像进行几何粗校正，再对粗校正结果进行平差处理，最后对平差结果进行几何精校正。

2.1.3 草地类型图的修正 本研究的草地类型图采用国家基础地理信息中心提供的(1998年采用遥感手段普查的)研究区1∶100万比例尺不同草地类型矢量数据。在此数据中，涉及研究区草原类型8种：低地草甸类、山地草甸类、温性草原类、温性草甸草原类、温性荒漠类、温性荒漠草原类、高寒草原类、高寒草甸类。

由于人为原因将部分草地开垦用于其他方面，所以在原类型的基础上，对现土地利用类型进行修改。研究区草地类型图采用2014年7月的高分1号卫星的16 m分辨率多光谱数据进行了修正。

对草地类型进行修改过程中充分采用了研究区不同草地类型野外调查数据和新疆维吾尔自治区草原总站提供的目前研究区草地资源分布情况数据(表1)。

表1 新疆玛纳斯县草地资源统计

序号	草地类型	海拔/m	总面积/hm²	禁牧面积/hm²
1	温性荒漠	380～800	5.243×10^6	3.00×10^6
2	低地草甸	600～1 000		
3	温性荒漠草原	1 000～1 400		
4	温性草原	1 300～1 600		
5	温性草甸草原	1 600～3 000	2.38×10^6	
6	山地草甸	1 600～3 000		
7	高寒草甸	2 800～3 200		
8	高寒草原	≥3 200		

2.2　研究方法

本研究采用 GIS、遥感等信息技术手段(本研究的技术路线见图 1),结合野外调查资料、草地类型图、土地利用图以及其他收集的社会经济统计资料,利用草地生长季(7 月)的国产高分 1 号卫星数据计算植被指数,建立草地长势信息提取规则,提取了 2013,2014 年研究区 NDVI 图。根据实测数据及归一化植被指数等作为主要信息源,加入到草地信息的提取中去,并分析了各年草地长势情况。同时构建研究区 2013—2014 年的草原长势指数模型($NDVI_{2014}-NDVI_{2013}$),对研究区 2 a 草地长势情况进行了对比分析。最后结合研究区草地长势实际情况,确定草地长势分级标准,即,NDVI 值小于−0.2 时长势差,−0.2～0.2 时长势一般或持平,大于 0.2 时长势好,并对示范区草地长势情况进行分级。

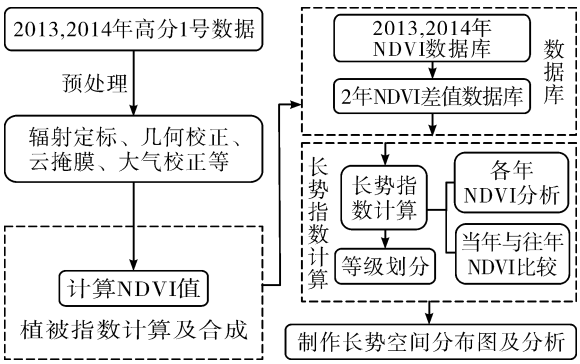


图 1　草地长势遥感监测流程

3　结果与分析

3.1　信息提取及精度分析

3.1.1　草地类型信息提取　采用 2014 年 7 月的高分 1 号卫星的 16 m 分辨率多光谱数据对研究区 1∶100万草地类型图进行了修正。修正后的研究区草地类型分布如表 2 所示。研究区 8 种草地类型中,温性荒漠、低地草甸和温性荒漠草原类的面积有明显减少特征,其他草地类型没有发生变化。这主要由于人为原因将部分草地开垦用于其他方面有关。修正后的研究区各草地类型面积统计如表 2 所示。

从表 2 中可以看出,研究区草地总面积 1 582 300 hm^2,其中温性荒漠类面积为 880 736.5 hm^2,占研究区草地总面积的 55.66%,是一个研究区草地面积中比重最大的一类。其次是温性荒漠草原,面积为 296 817 hm^2,占研究区草地总面积的 18.76%。面积最小的是高寒草原,面积为 361.7 hm^2,只占研究区草地总面积的 0.023%。

表 2　研究区 2014 年草地类型统计

草地类型	草地面积/hm^2	比例/%
低地草甸	19 817.6	1.25
高寒草甸	153 532.2	9.70
高寒草原	361.7	0.023
山地草甸	112 921.3	7.14
温性草甸草原	36 779.7	2.32
温性草原	81 314.8	5.14
温性荒漠	880 736.5	55.66
温性荒漠草原	296 817.0	18.76
合 计	1 582 300.0	100.00

3.1.2　草地长势信息提取　选择经过辐射定标、大气校正和几何精校正等预处理的牧草生长关键时期(2013 年 7 月 31 日,2014 年 7 月 19 日)16 m 多光谱高分 1 号影像,提取了研究区草地长势信息。提取研究区 2013,2014 年草地长势之后,结合草地长势实际情况,对草地长势进行了分级。同时,2013,2014 年研究区草地长势差值结果的基础上,进一步对研究区草地长势情况进行了分级,最后得到表 3 的结果。从表 3 中可以看出,研究区 2014 年草地长势相对比 2013 年差。研究区草原长势差、一般、好的量化标准是提取研究区 2013,2014 年 NDVI 之后,结合研究区草地长势实际情况,对研究区草地长势情况进行了分级,即,NDVI 值小于−0.2 时长势差,−0.2～0.2 时长势一般或持平,大于 0.2 时长势好。

表 3　研究区 2013,2014 年植被长势统计

时 间	长势情况	草地面积/hm^2	比例/%
2014 年	长势差	1 539.7	0.10
	长势一般	1 218 466.1	77.01
	长势好	362 314.5	22.90
2013 年	长势差	0	0
	长势一般	554 712.7	35.06
	长势好	1 027 667.4	64.94
$NDVI_{2014}-NDVI_{2013}$	长势差	209 074.7	13.21
	长势持平	1 343 866.9	84.91
	长势好	29 843.5	1.89

3.1.3　不同草地类型草地长势信息提取　本研究同时 2013—2014 年草地长势分级结果的基础上,对研究区 2014 年不同草地类型相对 2013 年的长势情况进行了分析。

表 4 中可以看出,比 2013 年长势差的面积最大的草地类型是温性荒漠草原,长势保持持平的草地类型主要有温性荒漠、高寒草甸和山地草甸。长势面积大小来看,比 2013 年长势好的草地类型分别为山地草甸、高寒草甸和温性草甸草原。

表 4 研究区 2013—2014 年不同草地类型植被长势统计

草地类型	长 势	草地面积/hm²	比例/%	草地类型	长 势	草地面积/hm²	比例/%
低地草甸	长势差	4 515.5	22.79	温性草甸草原	长势差	5 069.0	13.78
	长势持平	14 780.2	74.58		长势持平	27 134.0	73.77
	长势好	521.9	2.63		长势好	4 576.7	12.44
	合 计	19 817.6			合 计	36 779.7	
高寒草甸	长势差	9 380.1	6.11	温性草原	长势差	21 315.0	26.21
	长势持平	134 722.4	87.75		长势持平	58 631.9	72.10
	长势好	9 429.7	6.14		长势好	1 367.9	1.68
	合 计	153 532.2			合 计	81 314.8	
高寒草原	长势差	006.4	1.77	温性荒漠	长势差	49 354.3	5.60
	长势持平	355.3	98.23		长势持平	830 990.1	94.35
	长势好	0	0		长势好	392.1	0.04
	合 计	361.7			合 计	880 736.5	
山地草甸	长势差	9 564.6	8.47	温性荒漠草原	长势差	109 224.6	36.80
	长势持平	89 875.9	79.59		长势持平	187 503.5	63.17
	长势好	13 480.8	11.94		长势好	88.9	0.03
	合 计	112 921.3			合 计	296 817.0	

3.1.4 信息提取精度分析 精度检验样本数为 40 个，属于小样本。本研究用以下方法对草地长势信息提取精度进行检验，其过程如下：

首先，提取研究区草地长势信息。然后选取地面实测的 40 个鲜草重数据作为精度检验样本，与遥感手段获取的对应草地长势值建立各种草地长势精度检验模型，并进行精度检验。

结果显示，所建立的检验模型中，指数函数模型和多项式模型的决定系数和拟合度高，考虑到线性模型简单，在实际生产的实用性，拟将指数模型、多项式模型、线性模型定位最优模型。其中，线性模型的检验精度为 88.6%，指数模型的检验精度为 94.5%，多项式模型的检验精度为 94.2%，

3.2 结果分析

（1） 2014 年，长势一般的草地面积为 1 218 466.1 hm²，占草地总面积的 77.01%。长势好的草地面积为 362 314.5 hm²，占草地总面积的 22.9%。2013 年来说，长势一般的草地面积为 554 712.7 hm²，占研究区草地总面积的 35.06%，长势好的草地面积为 1 027 667.4 hm²，占研究区草地总面积的 64.94%。从中可以判断，研究区 2014 年草地长势相对比 2013 年差。

（2） 研究区草地长势分级分析结果显示，2014 年长势比 2013 年差的草地面积为 209 074.7 hm²，占研究区草地总面积的 13.21%。长势持平的草地面积为 1 343 866.9 hm²，占研究区草地总面积的 84.91%。长势好的草地面积为 29 843.5 hm²，占研究区草地总面积的 1.89%。

（3） 研究区 2013—2014 年各类草地类型长势情况的结果显示，比 2013 年长势差的面积最大的草地类型是温性荒漠草原，面积为 109 224.6 hm²，占温性荒漠草原面积的 36.8%，研究区草地总面积的 6.9%，其次分别为温性荒漠、温性草原、山地草甸、高寒草甸、温性草甸和低地草甸等。长势保持持平的草地类型主要有温性荒漠、高寒草甸和山地草甸。长势面积来看，比 2013 年长势好的草地类型分别为山地草甸、高寒草甸和温性草甸草原，分别为 13 480.8，9 429.7，和 4 576.7 hm²，按比例大小来看，分别是温性草甸草原、山地草甸和高寒草甸，占同类草地面积的 12.44%，11.94%和 6.14%。

4 讨论与结论

（1） 对草地类型图修正结果发现，研究区温性荒漠、低地草甸和温性荒漠草原类的面积有明显减少特征，其他草地类型没有发生变化。这主要是这些草地类型分布在玛纳斯河绿洲北部沙漠区和南部低地区，海拔比较低，容易受城市扩建，开垦种地或其它改造的影响，这引起这 3 种草地类型变化比较大的主要原因。而其他草地类型海拔比较高，不易受人类的开发利用，所以其它草地类型没有发生明显变化。

（2） 草地长势监测结果的总的趋势来看，研究区 2014 年草地长势比 2013 年差一些，其中，温性荒漠草原是比 2013 年长势差的面积最大的一个草地类型。2 a 长势变化不大的草地类型主要有高寒草甸、

高寒草原和温性草甸草原。比 2013 年长势好的草地类型主要是山地草甸。这主要是研究区 2013 年降水量比 2014 年多的原因。

(3) 研究区高分 1 号卫星数据的草地长势监测精度比较高,即,88.6%以上。采用高分 1 号卫星数据监测草地长势是可行的。

(4) 目前国内外草地长势的监测主要采用中低分辨率遥感卫星,监测结果精度相对比高分 1 号卫星的监测精度低一些。高分 1 号卫星的大幅宽和高分辨率的特点较好的实现了监测精度的更高,监测区域的更大,在满足精细监测单个草场地块的条件下,也为草地的宏观监测创造了条件。同时将会为精细研究牧户的生产行为以及其草场的变化提供可能,因此其服务对象可以扩展到牧户级别。

[参 考 文 献]

[1] 刘起.草地与国民经济的持续发展[J].草业与畜牧,1998(3):1-4.

[2] 许志信.草地建设与畜牧业可持续发展[J].中国农村经济,2000(3):32-34.

[3] 李婧梅,蔡海,程茜,等.青海省三江源地区退化草地蒸散特征[J].草业学报,2012,21(3):223-233.

[4] 张宏斌.基于多源遥感数据的草原植被状况变化研究[D].北京:中国农业科学院,2007.

[5] 查勇.草地植被变化遥感监测方法研究:以环青海湖地区为例[D].南京:南京师范大学,2003.

[6] 张旭琛,朱华忠,钟华平,等.新疆伊犁地区草地植被地上生物量遥感反演[J].草业学报,2015,24(6):25-34.

[7] 李亚刚,李文龙,刘尚儒,等.基于遥感技术的甘南牧区草地植被状况多年动态[J].草业科学,2015,32(5):675-685.

[8] 陈世荣.草原火灾遥感监测与预警方法研究[D].北京:中国科学院遥感应用研究所,2006:1-2.

[9] 许鹏.新疆草地资源及其利用[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1993.

[10] 沙吾列·阿拜汗,衣马木·艾山.新疆天然牧草资源研究概况[J].草食家畜,2007(3):51-52.

[11] 范燕敏.天山北坡中段伊犁绢蒿荒漠退化草地土壤质量的演变与评价及预警系统的研究[D].乌鲁木齐,新疆农业大学,2009.

[12] 包文忠,山薇,杨晓东,等.我国北方草地资源面临的生态危机及对策[J].中国草地学报,1998(2):68-71.

[13] 封玲,汪希成.基于 MOD 系统的干旱区绿洲生态环境演变与重建研究:以新疆玛纳斯河流域为例[J].国土与自然资源研究,2011(3):43-45

[14] 王渊刚,罗格平,冯异星,等.近 50 a 玛纳斯河流域土地利用/覆被变化对碳储量的影响[J].自然资源学报,2013,28(6):994-1006.

[15] 张军民.基于能值分析的新疆玛纳斯河流域绿洲生态经济评价[J].水土保持通报,2007,27(1):151-154.

(上接第 139 页)

(2) K20+100—K21 路段建设期间,有 2 处边坡出现滑塌、滑塌量 3 820 m^3,将滑塌量计为重力侵蚀量,实际上滑塌的 3 820 m^3 土体被清运至渣场、并未流失掉。在 K15+100—K16+200,K18+600—K20+100 和 K21—K34+998 路段也存在类似问题,因而,采用方法一计算的结果偏高。

5 结 论

在对公路上常用的水土流失量监测方法和本文中提出的水土流失量监测方法进行了对比分析的基础上,通过实例分析可知,采用本文中提出的水土流失量监测方法所获得的数值可信度更高、更合理,监测的频率越高、地貌单位划分得越细,所获取的监测数据就越准确;但采用本文中提出的水土流失量监测方法会增加监测的工作量和监测土建设施的费用。统筹协调这 2 类水土流失量的监测方法,即可在满足监测经费和工作量的前提下,获取较理想的水土流失量监测结果,进而为公路建设期间水土流失防治措施的布设、施工工艺的优化和防治效益的计算提供最基本的数据依据。

[参 考 文 献]

[1] 李锐,杨勤科,赵永安.水土流失动态监测与评价研究现状与问题[J].中国水土保持,1999(11):31-34.

[2] 胡建民,谢颂华,左长清,等.线性建设项目水土保持监测技术探讨:以江西省长江干流江岸堤防加固整治工程为例[J].水土保持通报,2004,24(2):48-51.

[3] 云南省人民政府.云南省概况[EB/OL].昆明:云南省人民政府网站.(2015-03-12)[2016-01-01].http://www.yn.gov.cn/yn_yngk/yn_sqgm/201201/t20120116_2914.html.

[4] 王小军,姚才有,周利民,等.开发建设项目水土保持监测方法探讨:以阿(荣旗)深(圳)高速公路粤赣段监测为例[J].水土保持通报,2007,27(4):80-81.

[5] 胡玉平.高速公路建设期水土流失监测方法分析研究[D].武汉:武汉理工大学,2004.

[6] 刘震.水土保持监测技术[M].北京:中国大地出版社,2003.

[7] 孟君.交通开发建设项目水土保持地面监测方法研究[D].武汉:武汉理工大学,2007.

[8] 李智广.水土流失测验与调查[M].北京:中国水利水电出版社,2005:44-49.

[9] 元江县元红公路建设有限责任公司,北京华夏山川生态环境科技有限公司.云南元江至红河二级公路(元江段)水土保持监测总结报告[R].玉溪:云南省水利厅,2013.