

草原植被遥感监测方法研究进展

徐 斌¹, 杨秀春¹, 侯向阳², 陶伟国¹, 覃志豪¹

1. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081

2. 中国农业科学院科技管理局, 北京 100081

[摘要] 在回顾我国草原植被遥感监测方法的基础上, 重点介绍目前农业部在草原植被遥感监测中所使用的方法及其局限性。提出我国草原植被遥感监测今后应关注和解决的重点问题, 指出草原植被遥感监测方法的研究重点应集中在提高草原植被遥感监测的精度和方法标准化上, 并建议应加强我国草原遥感监测和信息化管理平台的建设。

[关键词] 草原植被; 遥感监测; NDVI; 方法进展

[中图分类号] S812

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2007)09-0005-04

Advance of Technology of Remote Sensing Monitoring for Grassland Vegetation

XU Bin¹, YANG Xiuchun¹, HOU Xiangyang², TAO Weiguo¹, QIN Zhihao¹

1. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

2. Administration of Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

Abstract: The advance of technology of remote sensing monitoring for grassland vegetation in China, especially administered by the Ministry of Agriculture of China, is reviewed in this paper. Some key issues are discussed. It is suggested that priority fields should be focused on the precision and standardization. Information management platform of remote sensing monitoring of grassland will also play an important role and should be constructed.

Key Words: grassland vegetation; remote sensing monitoring; NDVI; method development

CLC Number: S812

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2007)09-0005-04

0 引言

草原植被遥感监测是利用 3S 技术, 即 RS(遥感)、GIS(地理信息系统)、GPS(全球定位系统), 结合地面调查结果而实现对草原植被的监测。草原植被遥感监测内容主要包括草原植被长势、草原植被生物量监测等内容。随着 3S 技术的发展与成熟, 特别是对地观测技术的迅速发展, 高空间与时间分辨率卫星遥感数据获取技术的不断完善, 草原植被遥感监测也迅速发展。再加之畜牧业生产可持续稳定发展需求的推动, 使得近几年我国利用遥感技术对草原植被、草原灾害等的监测手段得到了长足发展。我国是草原大国, 有天然草地近 3.9 亿 hm^2 , 占国土总面积的 41.41%^[1], 但北方和青

藏高原草原 90% 已经或正在退化^[2], 成为我国最严重的生态环境问题。草原植被的宏观遥感监测是快速、准确了解草原状况, 实现对草原科学管理和保护的重要依据。

1 草原植被长势遥感监测

草原植被长势是指草原植被的总体生长状况与趋势, 通常是用监测年份草原植被长势状况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, 以往的植被状况可以是过去某个时间段的平均状况或实际状况^[3]。草原植被长势监测分为地面监测和遥感监测, 地面监测是通过样地、样方测定植被的长势指标并与以

收稿日期: 2007-03-25

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目 (2006AA10Z242)

作者简介: 徐 斌, 男, 北京市海淀区中关村南大街 12 号中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 研究员, 主要从事草原遥感研究;

E-mail: xubin@mail.caas.net.cn

往的测定结果进行比较,来说明现在草原植被的生长情况;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密切相关的特点,对不同时期遥感信息进行处理,来间接反映草原植被长势的一种方法^[4]。草原植被长势的遥感监测的论文较少,而作物长势的遥感监测方面的论文很多,草原植被长势遥感监测可以部分借鉴作物长势遥感监测的方法。

1.1 遥感监测原理

草原植被遥感监测的原理是建立在草原植被光谱特征基础之上的,即植被在可见光部分(被叶绿素吸收)有较强的吸收峰,近红外波段有强烈的反射率,形成峰值,这些敏感波段及其组合可以反射植被生长的空间信息与状况,通常用植被指数来反映植被的生长信息。常用的植被指数有归一化植被指数、差值植被指数、比值植被指数等。归一化植被指数(NDVI)是最为常用的反映植被状况的指数之一,表示为 $NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_R) / (\rho_{NIR} + \rho_R)$, 其中, ρ_R 为可见光敏感波段的反射率, ρ_{NIR} 为近红外敏感波段的反射率。归一化植被指数与植物的叶面积指数(LAI)有很好的相关性,在草原植被的长势监测中,已被作为反映植被生长状况的重要指标^[3, 5-7]。

1.2 方法

利用监测年份和前一年(或以往多年平均值)生长季每日覆盖全国的MODIS数据,经过辐射定标、几何校正等过程,计算每天的NDVI值,并进行每旬的最大值合成,得到2年监测期间每旬的最大NDVI值,用监测年每旬的NDVI值减去前一年同时段的NDVI值,得到2年每旬NDVI差值图,对差值图进行分类计算,表示监测年草原植被每旬的长势情况;每月与每旬的计算过程相同,月NDVI最大值合成使用的是当月每天的NDVI值;整个生长季用的是每旬的平均值^[3],具体方法如下。

1.2.1 植被指数计算

植被指数可用归一化植被指数,具体计算见遥感监测原理部分介绍。通常NDVI值越大,植被越茂密;相反,NDVI越小,地表植被越稀疏。

1.2.2 草原植被长势等级划分

对监测年份和前一年(或以往多年平均值)生长季每旬通过最大值合成的NDVI,计算各个像元的草原植被长势指数差值,然后根据该指数大小进行等级划分,表示草原植被长势等级,具体如下。

$$R = NDVI_t - NDVI_q$$

式中 R 是草原植被长势指数, $NDVI_t$ 是监测年份某时段合成的NDVI像元值, $NDVI_q$ 是前一年(或以往多年平均值)同时段合成的NDVI像元值。为了对全国草原植被长势进行科学评价,根据 R 值大小,将草原卫星遥感图像像元分为5个等级,依次为好、较好、持平、较差和差^[3]。对一些因浓云覆盖而不能进行有效监测的像元、

裸土以及非草地等像元,规定为非监测区。

1.2.3 图像数据统计与分析

在草原植被长势空间分布图的基础上,利用GIS、ENVI等软件对草原长势状况按省级行政单元进行统计,得到生长季每旬分行政单元的草原植被长势统计数据,由此得到全国和分省的草原植被长势动态变化图表并加以分析。

1.3 结果简述

2005年和2006年对全国的草原植被长势进行了遥感监测,农业部对外公布了监测结果。2005年主要结果有:2005年全国草原总体长势比2004年略差,监测的草原面积约32615万 hm^2 ;6-9月长势比2004年同期长势好的草原面积约占草原监测总面积的14.70%,长势较好的占18.09%,长势基本持平的占30.77%,长势较差的占21.66%,长势差的占14.77%^[3];2005年前期长势较好,后期长势较差;内蒙古中部和西南长势较差,内蒙古东北和青藏高原东部长势较好等。

2 草原植被生物量遥感监测

草原植被生物量的监测是草原资源合理利用和载畜平衡监测的重要依据。草原植被生物量的测定方法主要有直接收获法、产量模拟模型和遥感模型等方法。直接收获法是齐地面剪割所获得的产草量;产量模拟模型法结合气候、土壤和技术等条件因素,建立模拟模型进行产量测定,一般需要连续和详细的数据;遥感生物量模型法是利用遥感产品,结合地面测定的参数和植物生长规律建立生物量测产模型,再用遥感数据反演植被生物量。遥感测产模型法是随着现代遥感技术的发展、遥感数据时空分辨率逐渐提高而发展起来的,利用遥感数据进行草原测产的方法和模型发展较快,渐趋成熟,已经有广泛应用^[8-9]。

遥感模型大致分为两大类,一类是综合模型,另一类是统计模型或经验模型。综合模型借助遥感信息和植被信息、气象因子等来建立,由于包含了更多的信息量,可以较精确地反映植被的生物物理参数,遥感数据的引入是为了弥补数据的不足或避免获取某些植被生长的环境条件因子的繁琐性,由于需要的参数多、数据种类多,数据获取比较困难,应用受到限制^[10-11]。

统计模型或经验模型不涉及机理问题,主要是对观测数据与遥感信息进行统计和相关分析,建立适当的模型用于测算。目前主要的统计模型是对植被指数(如NDVI, RVI等)与生物量或产量进行回归分析,得到测算的统计模型,或者引入植被的环境影响因子(例如气温、降水、土壤含水量等)资料作为输入量来提高统计模型的测算精度。统计模型主要有线性、幂函数、指数、对数和Logistic模型等形式,回归的方法有一元回归、多元回归、逐步回归等,模型的质量与地面样本量的多少

有很大关系^[12-13]。

用遥感方式来估算植被或草原生物量研究相对较多,Prince 和 Tucker^[14]较早利用了多光谱扫描仪(Multi Spectral Scanner, MSS)的第 7 与第 5 波段的比值来推算地上部分草地植被生物量。朴世龙^[15]等利用 CASA 模型估算了我国 1997 年植被净第一性生产力(Net Primary Productivity, NPP)及其分布,结果表明:1997 年我国植被 NPP 为 1 195 PgC(1PgC=10¹⁵ g 碳),约是世界陆地植被年 NPP 的 4.0%;我国植被 NPP 的主要分布趋势是从东南沿海向西北逐渐减小。陈利军^[16]等运用 NOAA/AVHRR 的可见光、近红外和热红外波段来提取和反演地面参数,进而准确估算陆地植被 NPP,以 1990 年每旬的 8 km 分辨率的 NOAA/AVHRR 1~5 通道的影像为数据源,对中国每旬的陆地植被 NPP 进行估算,然后累加得出全年的 NPP 值,根据计算结果,对中国大陆植被 NPP 的分布规律进行了分析,结果显示遥感模型能够以面代点,比较真实地反映陆地植被 NPP 的时空分布状况。姜立鹏^[17]等在光能利用率模型的基础上,考虑了温度和地面水气压差的影响,建立了基于 MODIS 数据的草地 NPP 遥感估算模型。模型所需参数,除月平均日照百分率外,均由 MODIS 数据反演获得,并利用 2003 年的 1 km 分辨率的 MODIS 1B 数据和全国 586 个气象站点的累年月平均日照百分率数据,计算了我国草地逐月 NPP,然后累加得到全年 NPP,与实测数据较为接近。徐斌等^[8]根据 MODIS 遥感数据和同期地面调查数据,对我国 2005 年草原产草量进行了系统估算;针对 6 个不同类型草原区建立了 NDVI 和地面样方产草量之间的关系模型,最后运用这些模型推算全国草原产草量分布。近年来,草原产草量的遥感监测任务每年由农业部下达,并由相关单位进行业务化监测,其监测结果作为官方数据由农业部对外公布。

2.1 遥感监测的原理与方法

草原植被生物量遥感监测的原理与植被长势监测的原理基本相似,不再赘述,下面主要简述草原植被生物量遥感监测的方法^[8]。

2.1.1 监测方法与技术流程

选用 2005 年 7~8 月的 1 km 分辨率的 MODIS 数据。首先分日计算归一化植被指数 NDVI,进行旬、月的最大值合成,经几何校正、拼接等过程得到全国的 NDVI 分布图;其次根据地面样点的采样时间和经纬度信息,在对应时间段的 NDVI 分布图中利用 GIS 技术提取每个采样点 1 km 范围内的 NDVI 均值,一般为 3~4 个像元的平均值;再次,在建立 NDVI 与对应草原地面样方鲜草重量数据库的基础上,分区域建立 NDVI 与地面产草量之间的回归方程,即监测模型。

2.1.2 分区域建立模型

我国地域广阔,草原类型多样,如果全国采用同一

模型,模型精度低。因此,在气候、草原类型等客观差异的基础上,将全国划分为 6 大区域分别建立草原产草量遥感监测模型,这 6 大区域分别为东北温带半湿润草甸草原区,蒙甘宁温带半干旱草原和荒漠草原区,华北暖温带半湿润-半干旱暖性灌丛区,西南亚热带湿润热性灌草丛区,新疆温带、暖温带干旱荒漠和山地草原区,青藏高原高寒草原区。

2.1.3 模型精度的检验

主要采用平均相对误差和均方根绝对误差这两个指标来评价模型精度,为了进一步验证所建立和优选出的模型方法和精度,用不同区域内随机预留的样方产草量作为样点实际鲜草产量,用与上述样方空间所对应的 MODIS 数据计算出的产草量作为模型测算的产草量,然后计算模型产草量与实际产草量的平均相对误差和均方根绝对误差。

2.1.4 产草量干重的折算

用遥感模型通过 2005 年 7~8 月 MODIS 数据计算出的 6 大区域产草量是鲜重,需折算为风干重产草量。折算系数根据不同草地类型的风干重系数进行,参考《中国草地资源》中有关规定确定^[1]。

2.1.5 统计结果分析

对遥感测产结果,用 GIS 技术叠加全国省级行政区划矢量图和 1:10 000 000 草地类型分布矢量图,产生全国产草量区域空间分布图,并进行分级显示;然后分别提取各省区、各草地类型和省区内不同草地类型的产草量和面积数据,在此基础上对 2005 年 8 月产草量进行统计分析,并进而与 2004 年同期遥感数据计算出的草原产草量结果进行对比,以分析草原产草量的年际变化情况。

2.2 结果简述

徐斌等^[8]的研究结果表明,2005 年全国草原干草总产量达到 29 421.39 万 t,干草平均单产达到 829.67 kg/hm²;干草产量位列前 7 位的省区依次是内蒙古、青海、新疆、四川、西藏、黑龙江和甘肃;总产草量位于前 5 位的草地类型依次为高寒草甸类、温性草原类、低地草甸类、温性草甸草原类与山地草甸类;2005 年 8 月全国草原产草量与 2004 年同期相比总体持平;青海、甘肃 2 省区的草产量略有增加;内蒙古减少约 3%;西藏、新疆和四川 3 省区基本与 2004 年同期持平。

3 结论与展望

1) 草原植被遥感监测方法随着 3S 技术的进步,特别是对地观测技术的进步取得了长足的发展。从 2005 年开始,农业部组织相关单位进行草原植被遥感监测,并将草原植被监测结果每年对外公布。

2) 目前关于草原植被长势遥感监测的研究相对较少,作物长势遥感监测的研究相对较多,方法较为成熟,

草原植被长势遥感监测的方法可以借鉴作物长势的遥感监测方法;生物量遥感监测的研究较多,但方法类型分散,公认成熟的方法并不多见。关于草原植被遥感监测的方法研究还需要加强和完善。

3) 草原植被遥感监测方法的研究重点应集中在以下方面:① 提高草原植被生物量(产草量)遥感监测的精度,使植被长势遥感监测方法标准化,将草原植被遥感监测的内容扩展到草原植被退化等方面;② 加强研究和建立草原遥感监测和信息化管理平台,突破数据的融合与不同尺度数据的转换以及草原监测管理系统中的一些技术难题和关键技术,提高草原遥感监测与管理的信息化与现代化水平,以满足行业的迫切需求。

参考文献 (References)

- [1] 中华人民共和国农业部畜牧兽医司, 全国畜牧兽医总站. 中国草地资源 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996: 346-383.
Animal Husbandry Vet Bureau of Department of Agriculture of China, Animal Husbandry Vet Central Station of China. China grassland resources [M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1996: 346-383.
- [2] 杜青林. 中国草业可持续发展战略 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 77-84.
DU Qinglin. Sustainable development strategy of China's grass industry[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2006: 77-84.
- [3] 徐斌, 陶伟国, 杨秀春, 等. 基于 MODIS 数据的中国草原植被长势遥感监测[J]. 草地学报, 2006, 14(3): 242-247.
XU Bin, TAO Weiguo, YANG Xiuchun, *et al.* MODIS - based remote sensing monitoring upon the vegetation growth of China's grassland [J]. Acta Agrestia Sinica, 2006, 14(3): 242-247.
- [4] 王乃斌. 中国小麦遥感动态监测与估产 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996: 124-144.
WANG Naibin. Winter wheat dynamic monitoring and yield estimation with remote sensing in China[M]. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1996: 124-144.
- [5] 吴炳方, 张峰, 刘成林, 等. 农作物长势综合遥感监测方法[J]. 遥感学报, 2004, 8(6): 498-514.
WU Bingfang, ZHANG Feng, LIU Chenglin, *et al.* An integrated method for crop condition monitoring [J]. Journal of Remote Sensing, 2004, 8(6): 498-514.
- [6] 刘玉洁, 杨忠东, 等. MODIS 遥感信息处理原理与算法[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 232-240.
LIU Yujie, YANG Zhongdong, *et al.* Principles and algorithms of processing MODIS remote sensing information [M]. Beijing: Science Press, 2001: 232-240.
- [7] XU B, QIN Z H, LIU J, *et al.* Remote sensing monitoring of grassland in north China's key provinces [C]//IEEE 2005 International Geosciences and Remote Sensing Symposium. United States: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2005, (5): 3082-3085.
- [8] 徐斌, 杨秀春, 陶伟国, 等. 中国草原产草量遥感监测[J]. 生态学报, 2007, 27(2): 1-9.
XU Bin, YANG Xiuchun, TAO Weiguo, *et al.* Remote sensing monitoring upon the grass production in China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(2): 1-9.
- [9] 查勇, GAO J, 倪绍祥. 国际草地资源遥感研究新进展[J]. 地理科学进展, 2003, 22(6): 607-617.
ZHA Yong, GAO J, NI Shaoxiang. Most recent progress of international research on remote sensing of grassland resources[J]. Progress in Geography, 2003, 22(6): 607-617.
- [10] DI BELLA C, FAIVRE R, *et al.* Remote sensing capabilities to estimate pasture production in France [J]. International Journal of Remote Sensing, 2004, 25(23): 5359-5372.
- [11] CAYROL P, CHEHBOUNI A, *et al.* Grassland modeling and monitoring with SPOT-4 VEGETATION instrument during the 1997-1999 SALSA experiment[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2000, 105: 91-115.
- [12] KAWAMURA K, AKIYAMA T, *et al.* Monitoring of forage conditions with MODIS imagery in the Xilingol steppe[J]. Inner Mongolia International Journal of Remote Sensing, 2005, 26(7): 1423-1436.
- [13] MUTANG A, SKIDMORE A K. Narrow band vegetation indices overcome the saturation problem in biomass estimation [J]. International Journal of Remote Sensing, 2004, 25(19): 3999-4014.
- [14] PRINCE S D, TUCKER C J. Satellite remote sensing of rangelands in Botswana II: NOAA/AVHRR and herbaceous vegetation [J]. International Journal of Remote Sensing, 1986, 7(11): 1555-1570.
- [15] 朴世龙, 方精云, 郭庆华. 利用 CASA 模型估算我国植被净第一性生产力[J]. 植物生态学报, 2001, 25(5): 603-608.
PIAO Shilong, FANG Jingyun, GUO Qinghua. Application of CASA model to the estimation of Chinese terrestrial net primary productivity [J]. Acta Phytocologica Sinica, 2001, 25(5): 603-608.
- [16] 陈利军, 刘高焕, 励惠国. 中国植被净第一性生产力遥感动态监测[J]. 遥感学报, 2002, 6(2): 129-135.
CHEN Lijun, LIU Gaohuan, LI Huiguo. Estimating net primary productivity of terrestrial vegetation in China using remote sensing [J]. Journal of Remote Sensing, 2002, 6(2): 129-135.
- [17] 姜立鹏, 覃志豪, 谢雯, 等. 基于 MODIS 数据的草地净初级生产力模型探讨[J]. 中国草地学报, 2006, 28(6): 72-76, 82
JIANG Lipeng, QIN Zhihao, XIE Wen, *et al.* A research of net primary productivity model of grassland based on MODIS data [J]. Chinese Journal of Grassland, 2006, 28(6): 72-76, 82.

(责任编辑 岳臣)