

甘南草地地上部生物量遥感监测模型

王 静¹, 郭 锐¹, 王振国², 李小媛²

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省甘南州气象局, 甘肃 合作 747000)

摘 要:利用 2007 年和 2008 年 16 d 合成的 250 m MODIS 植被指数产品和地面调查资料, 分析了甘南草地地上部生物量同光谱信息之间的相关关系, 并建立了甘南草地地上部生物量遥感监测模型, 继而估算了 2007 年和 2008 年甘南州及各县草地地上部生物量。结果表明: 在牧草生长的主要时间里, 草地地上部生物量同植被指数存在极显著相关关系, 尤其与地面调查同期(8 月中下旬)的增强型植被指数 EVI 相关性最高, 相关系数达到 0.782。利用 EVI 建立的三次多项式模型模拟结果明显优于其它植被指数, 能较好地模拟草地地上部生物量。2007 年甘南草地地上部生物量平均为 5 610 kg/hm², 2008 年为 5 605 kg/hm²。与 2007 年相比, 临潭、卓尼和迭部县地上部生物量略有增加, 而合作、玛曲、碌曲、夏河和舟曲县则有所下降, 以舟曲县下降最为明显。

关键词:甘南草地; 地上部生物量; 遥感; 模型

中图分类号: TP 79

文献标识码: A

引 言

草地地上部生物量是畜牧业的基础, 因此及时准确方便的估算草地地上部生物量, 建立适宜的草地地上部生物量监测预测模型, 将为确定合理载畜量提供重要的科学依据, 对维护草原生态平衡、合理安排畜牧业生产等具有重要的理论与现实意义。

草地地上部生物量的测定方法一般有 3 种, 一是收获法, 该方法主要应用于较小地域范围的草地资源调查和监测, 简单易行、估测精度较高。但在较大草地面积上进行监测, 应用这种传统的方法不仅耗费大量人力物力, 而且会由于样点分布、样点数目等受人为主观因素的影响造成较大误差。二是产量模拟模型, 兼顾了植物生理、气候、土壤等条件因素, 估测精度较高, 但大尺度区域上的数据难以获取, 部分参数不易获得, 在宏观尺度上应用受到很大限制。三是遥感统计模型, 利用遥感数据与地面调查数据, 通过一定的统计方法建立大面积遥感地上部生物量估测模型, 该方法简单易行, 目前被广泛使用。

就草地生物量监测模型而言, 目前已开展了许多卓有成效的研究。早在 20 世纪 80 年代, 新西兰就开始采用 NOAA/AVHRR 数据计算的归一化植被指数(NDVI) 监测草地植被生产力的动态变化^[1]。1980 年代初我国也开始利用卫星遥感技术进行草地植被研究, 并取得了多方面成果^[2-7]。综合以上研究可以发现, 以往草地植被生物量遥感监测主要是基于 NOAA/AVHRR 数据, 该数据的空间分辨率为 1 km, 对空间异质性较大的草地, 小范围牧草地上部生物量变化较大, 因此在建立模型时误差较大。而目前新发展的 MODIS 数据时空分辨率和光谱分辨率均较高, 成为替代 AVHRR 数据的最佳选择。另外在以往的研究中, 由于 NOAA/AVHRR 可选取的植被指数有限, 主要是选取最常用的归一化植被指数和其它一两种植被指数建立模型, 往往忽略了其它植被指数监测草地地上部生物量的能力, 这样时常造成某一地区由于选取的植被指数不同, 因此建立的模型也存在差异。因此, 本文在以往研究成果的基础上, 以甘南草地为目标区, 综合考虑影响草地地上部生物量的多种因素, 利用 MODIS 遥感数据

收稿日期:2009-10-19; 改回日期:2010-03-22

基金项目: 甘肃省气象局气象科学技术项目“甘南草原草地生产力遥感监测及其载畜能力分析研究”, 甘肃省自然科学基金项目(2008GS01964), 兰州干旱气象研究所干旱基金项目(ZAM200715), 中国气象局气象新技术推广项目(CMATG2007Z09)共同资助

作者简介: 王静(1978-), 女, 陕西汉中, 助理研究员, 主要从事生态环境遥感研究。

提取多种植被指数,通过比较各植被指数建立的草地地上部生物量回归模型,确定甘南草地地上部生物量最佳监测模型,以进一步提高甘南草地地上部生物量遥感监测的精度。

1 研究区概况

甘南地区位于甘肃省南部,属青藏高原东部边缘地带,该区牧草茂密,植被覆盖度高,是甘肃省天然草场中自然载畜能力较高,耐放牧性最强的草场。甘南气候属典型的高原大陆性气候,高寒阴湿,多年平均降水量 400 ~ 800 mm,年均温仅 1 ~ 3 ℃,全年平均日照时间 2 200 ~ 2 400 h。草地面积 260.25 × 10⁴ hm²,占甘南总土地面积的 67.64%,可利用草地面积 249.50 × 10⁴ hm²,占总草地面积的 95.86%^[8]。草地类型有高寒草甸、山地草甸、高寒草原、温性草原、高寒荒漠、低地草甸等。甘南草地是

甘肃省重要的畜牧业生产基地,也是黄河的产流区、水源涵养区和水源补给区,素有“中华水塔”和“黄河蓄水池”之称^[9]。

2 研究方法

2.1 草地生产力测定

于 2007 年 8 月下旬对甘南草地牧草生长状况进行调查,样地主要选择在草地植被比较均一,能够反映较大区域草地特征的典型地段(表 1),每个样地选择 10 个样方进行调查。地面调查内容包括记录样地地理位置、草地类型、亚类和草地型,样地经纬度、高度、方位,记录样方内主要植物的名称、盖度、高度、地上部生物量等信息,灌木和高大草本植物测定其冠幅,并测定其鲜草生物量,样方面积为 1 m × 1 m。并于 2008 年 8 月下旬再次对甘南草地牧草生长状况进行调查,用于对模型的验证。

表 1 甘南草地野外观测样地特征

Tab. 1 The characteristics of sample station in Gannan grassland

样地号	样地位置	草地类型			主要植物类型
		类	亚类	型	
1	碌曲	高寒草甸	亚高山草甸	披碱草型	垂穗披碱草、西叶亚菊、中华蓼、珠芽蓼
2	碌曲	高寒草甸	亚高山草甸	异针茅 + 硬质早熟禾型	异针茅、硬质早熟禾、龙丹
3	碌曲	高寒沼泽化草甸			莎草、乳白香青
4	碌曲	高寒草甸	亚高山草甸	线叶嵩草 + 高山嵩草	线叶嵩草、高山嵩草、细叶亚菊、柴胡
5	碌曲	高寒草甸	亚高山草甸	野青茅 + 密生苔草	野青茅、密生苔草、乳白香青、棘豆
6	玛曲	高寒草甸	亚高山草甸	嵩草 + 披碱草型	嵩草、披碱草、针茅、花苜蓿、洽草、早熟禾
7	玛曲	高寒灌丛草甸类	亚高山灌丛草甸	杜鹃—珠芽蓼 + 黑褐苔草	锦鸡儿、金露梅、珠芽蓼、苔草、发草、杜鹃
8	玛曲	沼泽类		苔草 + 萎芩菜	苔草、萎芩菜、早熟禾、洽草、蒲公英
9	玛曲	沼泽类		苔草 + 萎芩菜	苔草、萎芩菜、防风、高山韭、酸膜
10	夏河	高寒草甸	亚高山草甸	垂穗披碱草型	垂穗披碱草、洽草、圆柱披碱草、紫羊茅
11	夏河	高寒灌丛类	亚高山灌丛草甸		金露梅、早熟禾、垂穗披碱草
12	夏河	温性草原			紫花针茅、火绒草、针茅、小叶棘豆、垂穗披碱草、黄花苜蓿

2.2 遥感数据来源

2.2.1 研究数据

采用美国 NASA LP DAAC(The Land Processes Distributed Active Archive Center)提供的 16 d 合成的 250 m MOD13 Q1 植被指数产品数据集。该产品以每年第 1 天开始,每隔 16 d 按照统一算法进行合成,在产品文件名中以日序时间说明产品合成时间。根据研究区域和地面调查时间在此选择 2007 年和 2008 年 h26v05 区日序为 225 这一时段的数据,同时考虑时滞效应以及植被生长规律,在此也考虑了植被从返青到停止生长这一阶段的数据(日序 113

~241)。该数据集包含 2 种植被指数产品(NDVI, EVI),对应的 2 个质量信息波段,以及红(620 ~ 670 nm)、近红外(841 ~ 876 nm)、蓝(459 ~ 479 nm)、中红外(2 105 ~ 2 135 nm)4 个原始波段等共 11 个波段的信息,统一采用 SIN GRID 投影。该产品已经经过了去云、辐射校正、大气校正等处理。

2.2.2 数据处理

利用 MRT 投影转换工具,对该产品进行投影转换,转换为等经纬度坐标投影,基准面为 WGS - 84 坐标系。提取 NDVI 和 EVI 以及 4 个原始波段的信息,利用 4 个原始波段计算 RVI(比值植被指数)、

DVI(差值植被指数)、SAVI(土壤调整指数)、RDVI(再归一化植被指数)、TVI(转换型植被指数)、PVI(垂直植被指数),共计8个植被指数,具体计算公式参考文献^[10-13]。

2.3 估产模型建立

将野外实地调查的各样方定位到MODIS影像上,提取各时期该样方植被指数,然后利用SPSS统计软件,分析植被指数同草地地上部生物量之间的相关性,建立生物量的线性及非线性监测模型。根据甘南草地类型图,在ARCGIS下提取甘南草地范围,并绘制甘南草地地上部生物量空间分布图,根据各县边界确定各县草地地上部生物量状况。

3 结果与分析

3.1 植被指数与草地地上部生物量之间的相关性分析

植被指数是不同遥感光谱波段间的线性和非线性

性组合,可增强植被同其它地物间的差异,强化植被特征,从而反映绿色植被生物参数特征。植被指数同甘南草地地上部生物量的相关分析如表2所示,从表2可以看出,草地地上部生物量同植被指数存在极显著的相关关系,其中,相关性在8月中下旬达到最大,相关系数均达到了0.6以上,即与牧草地上部生物量同期测定时达到最大,但在9月初后,其相关性急剧下降,除EVI外,同其它植被指数均无明显相关关系。从5月中旬到8月上旬,RVI同甘南草地地上部生物量相关性均较其他植被指数高,但在8月中下旬后,EVI同甘南草地地上部生物量相关性均明显高于其它植被指数,与地上部生物量观测同期的8月中下旬EVI,相关性最高,达到了0.782。以上结果表明,由于牧草生长具有延续性,所以植被指数同牧草地上部生物量存在较强的相关关系,但是与牧草地上部生物量测定同期的植被指数相关性最高。

表2 植被指数同甘南草地地上部生物量之间的相关性分析
Tab.2 Relativity of vegetation index and aboveground biomass in Gannan grassland

植被指数	113 5月8~ 23日	129 4月22~ 5月7日	145 5月24~ 6月8日	161 6月9~ 24日	177 6月25~ 7月10日	193 7月11~ 26日	209 7月27~ 8月11日	225 8月12~ 27日	241 8月28~ 9月12日
NDVI	0.516**	0.557**	0.508**	0.433*	0.542**	0.435*	0.618**	0.637**	0.137
EVI	0.542**	0.545**	0.566**	0.494**	0.493**	0.402*	0.488**	0.782**	0.423*
RVI	0.55**	0.624**	0.634**	0.568**	0.617**	0.549**	0.677**	0.76**	0.25
DVI	0.509**	0.527**	0.557**	0.501**	0.479**	0.361	0.419*	0.718**	0.346
SAVI	0.544**	0.548**	0.545**	0.478*	0.504**	0.382*	0.489**	0.763**	0.299
RDVI	0.542**	0.55**	0.542**	0.478*	0.511**	0.387*	0.499**	0.767**	0.327
TVI	0.508**	0.542**	0.489**	0.418*	0.536**	0.428*	0.615**	0.631**	0.135
PVI	0.297	0.480**	0.467*	0.455*	0.581**	0.507**	0.628**	0.628**	0.073

注: *表示差异显著($P < 0.05$); **表示差异极显著($P < 0.01$)

3.2 甘南草地植被生物量监测模型

根据前面的分析可以看出,植被光谱信息同牧草地上部生物量具有极显著的相关关系,因此可以借助于卫星观测到的光谱信息来反演牧草地上部生物量,建立大范围的草地地上部生物量估算模型。在此考虑植被生长规律,采用了线性模型和非线性模型建立估算模型,其中非线性模型采用对数、二次多项式、三次多项式、幂指数和指数模型建模。从表3可以看出,无论是线性模型还是非线性模型,利用EVI建立的牧草地上部生

物量模型最好,其相关性均明显高于其它植被指数建立的估算模型,其次为SAVI和RDVI建立的牧草地上部生物量模型。而利用NDVI、TVI和PVI建立的模型其相关性均明显低于其它植被指数。另外,可以看出,对于每一种植被指数,利用二次多项式和三次多项式建立的估算模型,相关性最高,其次为线性模型和对数模型,而指数模型和幂指数模型建立的估算模型相关性明显较低。最终结果表明,估算甘南草地地上部生物量的最佳模型为利用EVI建立的三次多项式模型。

表3 甘南草地地上部生物量监测模型
Tab.3 Monitoring models of aboveground biomass in Gannan grassland

植被指数	监测模型	R	R^2	F	Sig	
NDVI	线性模型	$Y = -3368.626 + 5068.870NDVI$	0.637	0.406	17.799	0.000
	对数模型	$Y = 1592.537 + 4005.786\ln NDVI$	0.616	0.380	15.913	0.000
	二次多项式	$Y = 37261.161 - 94295.1NDVI + 60492.403NDVI^2$	0.814	0.662	24.475	0.000
	三次多项式	$Y = 38644 - 99420NDVI + 66798NDVI^2 - 2576.5NDVI^3$	0.814	0.662	24.464	0.000
	幂指数模型	$Y = 1572NDVI^{4.104}$	0.490	0.241	8.258	0.008
	指数模型	$Y = 9.405e^{5.237NDVI}$	0.512	0.262	9.248	0.005
EVI	线性模型	$Y = -2160.822 + 4851.550EVI$	0.782	0.611	40.914	0.000
	对数模型	$Y = 2255.342 + 2909.847\ln EVI$	0.762	0.581	36.041	0.000
	二次多项式	$Y = 7879.580 - 27835.3EVI + 26277.717EVI^2$	0.840	0.706	30.077	0.000
	三次多项式	$Y = -4304.4 + 32708EVI - 73110EVI^2 + 53896EVI^3$	0.841	0.708	30.274	0.000
	幂指数模型	$Y = 3607.482EVI^{3.287}$	0.669	0.448	21.133	0.000
	指数模型	$Y = 24.886e^{5.460EVI}$	0.684	0.468	22.907	0.000
RVI	线性模型	$Y = -10.978 + 70.187RVI$	0.760	0.578	35.563	0.000
	对数模型	$Y = -1201.860 + 840.968\ln RVI$	0.711	0.506	26.633	0.000
	二次多项式	$Y = 360.510 + 10.058RVI + 2.110RVI^2$	0.767	0.589	17.907	0.000
	三次多项式	$Y = 3050.3 - 670.042RVI + 54.824RVI^2 - 1.250RVI^3$	0.828	0.686	17.474	0.000
	幂指数模型	$Y = 83.174RVI^{0.894}$	0.587	0.345	13.722	0.001
	指数模型	$Y = 289.152e^{0.076RVI}$	0.642	0.412	18.203	0.000
DVI	线性模型	$Y = -1572.236 + 6555.120DVI$	0.718	0.516	27.700	0.000
	对数模型	$Y = 3113.078 + 2256.186\ln DVI$	0.693	0.480	23.966	0.000
	二次多项式	$Y = 5840.181 - 35007.1DVI + 57301.815DVI^2$	0.789	0.623	20.677	0.000
	三次多项式	$Y = -14684 + 142414DVI - 446997DVI^2 + 471533DVI^3$	0.794	0.630	21.312	0.000
	幂指数模型	$Y = 10064.298DVI^{2.605}$	0.622	0.387	13.391	0.000
	指数模型	$Y = 45.767e^{7.523DVI}$	0.641	0.411	18.135	0.000
SAVI	线性模型	$Y = -2764.383 + 6183.539SAVI$	0.763	0.582	36.232	0.000
	对数模型	$Y = 2751.723 + 3516.276\ln SAVI$	0.747	0.558	32.807	0.000
	二次多项式	$Y = 12092.820 - 45013.1SAVI + 43747.917SAVI^2$	0.823	0.677	26.150	0.000
	三次多项式	$Y = 11937 + 81040SAVI - 175329SAVI^2 + 126144SAVI^3$	0.823	0.678	26.299	0.000
	幂指数模型	$Y = 6187.875SAVI^{3.934}$	0.650	0.422	19.003	0.000
	指数模型	$Y = 13.052e^{6.901SAVI}$	0.663	0.439	20.306	0.000
RDVI	线性模型	$Y = -2916.524 + 6814.245RDVI$	0.767	0.589	37.216	0.000
	对数模型	$Y = 3047.250 + 3683.695\ln RDVI$	0.752	0.566	33.926	0.000
	二次多项式	$Y = 13422.474 - 52532.4RDVI + 53482.998RDVI^2$	0.825	0.681	26.668	0.000
	三次多项式	$Y = 7611.6 - 20502RDVI - 5053.8RDVI + 35466RDVI^3$	0.825	0.681	26.678	0.000
	幂指数模型	$Y = 8531.135RDVI^{4.106}$	0.652	0.425	19.237	0.000
	指数模型	$Y = 11.152e^{7.582RDVI}$	0.664	0.441	20.492	0.000
TVI	线性模型	$Y = -12453.9 + 11528.136TVI$	0.631	0.398	17.203	0.000
	对数模型	$Y = -1024.338 + 13098.44\ln TVI$	0.624	0.390	16.618	0.000
	二次多项式	$Y = 112583.9 - 728820TVI + 322258.6TVI^2$	0.814	0.662	24.457	0.000
	三次多项式	$Y = 335314 - 1000000TVI - 1000000TVI^2 + 496951TVI^3$	0.814	0.662	24.472	0.000
	幂指数模型	$Y = 107.04TVI^{13.465}$	0.499	0.249	8.629	0.007
	指数模型	$Y = 0.001e^{11.881TVI}$	0.506	0.256	8.936	0.006
PVI	线性模型	$Y = 12938.267 + 19339.118PVI$	0.628	0.395	16.967	0.000
	二次多项式	$Y = 368436.8 + 1151477PVI + 900924.2PVI^2$	0.815	0.665	24.843	0.000
	三次多项式	$Y = 745274 - 4000000PVI - 8000000PVI^2 - 4000000PVI^3$	0.815	0.665	24.860	0.000
	指数模型	$Y = (2 * 10^8) * 0. e^{19.767PVI}$	0.499	0.249	8.643	0.007

3.3 甘南草地地上部生物量模型评价

为了检验监测模型的模拟效果,基于建立的 EVI 三次多项式模型,利用 2008 年 8 月中下旬的 MODIS 植被指数产品,模拟甘南草地地上部生物量,并同 2008 年地面调查数据进行对比分析(表 4)。结果表明,利用模型获取的模拟值同实测值之间的相对误差主要在 $\pm 20\%$ 之间,说明利用 EVI 建立的三次多项式模型能较好地反映草地地上部生物量状况。

表 4 甘南草地地上部生物量模型评价

Tab.4 Model evaluation of aboveground biomass in Gannan grassland

样地号	实测值 /(kg/hm ²)	模拟值 /(kg/hm ²)	绝对误差 /(kg/hm ²)	相对误差 /%
1	5 920	5 107	813	13.73
2	6 120	5 290	830	13.56
3	6 300	5 099	1 201	19.06
4	5 970	5 092	878	14.71
5	6 650	5 297	1 353	20.35
6	5 160	5 136	24	0.47
7	5 320	5 157	163	3.06
8	5 650	5 119	531	9.40
9	5 360	5 091	269	5.02
10	8 520	7 008	1 512	17.75
11	4 650	5 577	-927	-19.94
12	4 600	5 101	-501	-10.89
13	6 480	5 456	1 024	15.80
14	9 856	9 050	806	8.18
15	8 803	9 050	-247	-2.81
16	6 116	5 093	1 023	16.73
17	9 206	9 050	156	1.69
18	8 526	6 455	2 071	24.29

3.4 甘南草地地上部生物量空间分布

根据建立的甘南草地地上部生物量监测模型,利用 2007 年和 2008 年 8 月中下旬 MODIS 植被指数产品资料,对甘南地区草地地上部生物量进行监测,2008 年生物量分布如图 1 所示。从图上可以看出,玛曲中部和东部、碌曲中部、夏河西部草地地上部生物量较高,每 hm² 超过 6 000 kg,玛曲曼日玛、

西倾山、夏河北部的甘加以及迭部北部的部分地区生物量较低,每 hm² 低于 3 000 kg。对甘南全州及各县生物量进行统计(表 5),可以看出,与 2007 年相比,临潭、卓尼和迭部县分别增加了 2.34 %、2.10 % 和 3.21 %,合作、玛曲、碌曲、夏河和舟曲县分别减少了 1.17 %、0.20 %、1.98 %、1.54 % 和 8.20 %。就全州而言,2008 年甘南草地地上部生物量平均为 5 605 kg/hm²,与 2007 的 5 610 kg/hm² 相比,变化不大。

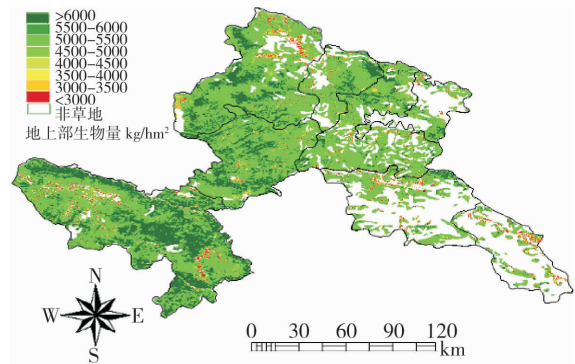


图 1 2008 年甘南草地地上部生物量空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of aboveground biomass in 2008

表 5 甘南草地地上部生物量变化

Tab.5 Aboveground biomass variations in Gannan grassland

县	2007 年地 上部生物量 /(kg/hm ²)	2008 年地 上部生物量 /(kg/hm ²)	变化值 /(kg/hm ²)	变化率 /%
合作	5 455	5 391	-64	-1.17
玛曲	5 983	5 971	-12	-0.20
碌曲	5 753	5 639	-114	-1.98
夏河	5 596	5 510	-86	-1.54
临潭	5 092	5 211	119	2.34
卓尼	5 179	5 288	109	2.10
迭部	4 922	5 080	158	3.21
舟曲	5 134	4 713	-421	-8.20
甘南	5 610	5 605	-5	-0.09

4 结 论

利用遥感技术结合地面调查已成为大面积草地地上部生物量估测的重要手段,本文利用 MODIS 植被指数产品提供的波段反射率和植被指数数据,分析了甘南草地地上部生物量同植被指数之间的相关

关系,并建立了甘南草地地上部生物量遥感监测模型。结果表明:在牧草生育期大多数时间内,植被指数同甘南草地地上部生物量均达到极显著相关关系,相关性均为与地面调查同期(8月中下旬)最高,9月初后,相关性急剧下降。利用植被指数建立的甘南草地地上部生物量遥感监测模型中,以EVI建立的三次多项式模型相关性明显高于其它植被指数,利用地面实测资料进行验证,也表明该模型能较好的模拟草地地上部生物量状况。最后根据模型估算了2007年和2008年甘南州及各县草地地上部生物量。结果表明,玛曲中部和东部、碌曲中部、夏河西部草地地上部生物量较高,每 hm^2 超过6 000 kg,而玛曲曼日玛、西倾山、夏河北部的甘加以及迭部北部的部分地区生物量较低,每 hm^2 低于3 000 kg。2007年和2008年甘南草地地上部生物量分别为5 610 kg/hm^2 和5 605 kg/hm^2 ,与2007年相比,临潭、卓尼和迭部县地上部生物量略有增加,而合作、玛曲、碌曲、夏河和舟曲县则有所下降,以舟曲县下降最为明显。

致谢:感谢美国NASA LP DAAC提供的MODIS产品资料

参考文献:

[1] Taylor B F, Dini P W, et al. Determination of seasonal and interan-

nual variation in New Zealand pasture growth from NOAA - 7 data [J]. Remote Sensing of Environment, 1985, 18: 177 - 192.

- [2] 黄敬峰, 桑长青, 冯振武. 天山北坡中段天然草场牧草产量遥感动态监测模式[J]. 自然资源学报, 1993, 8(1): 10 - 17.
- [3] 陈全功, 卫亚星, 梁天刚, 等. 使用NOAA/AVHRR资料进行牧草产量及载畜量监测的方法研究[J]. 草业学报, 1994, 3(4): 50 - 60.
- [4] 王兮之, 杜国桢, 梁天刚, 等. 基于RS和GIS的甘南草地生产力估测模型构建及其降水量空间分布模式的确立[J]. 草业学报, 2001, 10(2): 95 - 102.
- [5] 牛志春, 倪绍祥. 青海湖环湖地区草地植被生物量遥感监测模型[J]. 地理学报, 2003, 58(5): 695 - 702.
- [6] 赵冰茹, 刘闯, 刘爱军, 等. 利用MODIS - NDVI进行草地估产研究 - 以内蒙古锡林郭勒草地为例[J]. 草业科学, 2004, 21(8): 12 - 15.
- [7] 杨秀春, 徐斌, 朱晓华, 等. 北方农牧交错带草原产草量遥感监测模型[J]. 地理研究, 2007, 26(2): 213 - 221.
- [8] 郭正刚, 高新华, 刘兴元, 等. 甘南草地类型的生态经济价值与功能及其分类经营[J]. 山地学报, 2004, 22(6): 655 - 660.
- [9] 李国军, 李晓媛, 王振国, 等. 黄河上游水源补给区气候变化及对水资源的影响[J]. 干旱气象, 2007, 25(2): 67 - 70.
- [10] 田庆久, 闵祥军. 植被指数研究进展[J]. 地球科学进展, 1998, 13(4): 327 - 333.
- [11] 薛利红, 曹卫星, 罗卫红, 等. 光谱植被指数与水稻叶面积指数相关性的研究[J]. 植物生态学报, 2004, 28(1): 47 - 52.
- [12] 王正兴, 刘闯, HUETE. 植被指数研究进展: 从AVHRR - NDVI到MODIS - EVI[J]. 生态学报, 2003, 23(5): 979 - 987.
- [13] 郭锐. 植被指数及其研究进展[J]. 干旱气象, 2003, 21(4): 71 - 75.

Monitoring Model of Aboveground Biomass in Gannan Grassland Based on Remote Sensing

WANG Jing¹, GUO Ni¹, WANG Zhenguo², LI Xiaoyuan²

(1. Lanzhou Institute of Arid Meteorology, CMA, Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Key Open Laboratory of Arid Climate Change and Disaster Reduction of CMA, Lanzhou 730020, China; 2. Gannan Meteorological Bureau, Hezuo 747000, China)

Abstract: Using 16 days 250 m MODIS vegetation index dataset, the relativity of eight vegetation indexes with aboveground biomass in Gannan grassland was analyzed. And then based on this correlation, monitoring models of aboveground biomass were constructed and aboveground biomass of Gannan grassland and each county were estimated. The results showed that in most growth period, there were significant relativity between vegetation index and aboveground biomass, but it was most obviously with synchronous EVI ($r=0.782$). And the cubic polynomial model using EVI fitting aboveground biomass better than other vegetation indexes. Aboveground biomass in 2007 and 2008 are 5 610 kg/hm^2 and 5 605 kg/hm^2 , respectively. Compared with that in 2007, aboveground biomass in Lintan, Zhuoni and Diebu county increased, while Hezuo, Maqu, Luqu, Xiahe and Zhouqu decreased in 2008.

Key words: Gannan grassland; aboveground biomass; remote sensing; model