

基于 MODIS 增强型植被指数的青海省 牧草产量估产研究

杨英莲^{1,2} 邱新法³ 殷青军⁴

(1. 南京信息工程大学资源环境与城乡规划系, 210044; 2. 中国大气本底基
准观象台; 3. 南京信息工程大学空间信息系; 4. 青海师范大学)

提 要: 利用青海省 22 个生态环境监测站在 2003 和 2004 年牧草生长季内各月所测的牧草鲜草产量数据, 并搜集了该时段内逐日的 MODIS 遥感数据, 通过对图像的预处理, 云区识别, 植被指数的计算及月最大植被指数的合成, 形成了与牧草产量数据相对应的 MODIS EVI 数据。然后按牧草生长季和草地类型建立了牧草鲜草产量与 MODIS 植被指数的关系模型。结果表明, 牧草产量和 MODIS EVI 之间存在较高的相关性, 用指数函数建立产量模型效果较好。按牧草生长季建立的牧草产量检测模型比按草地类型建立的模型相关性要高。

关键词: MODIS 植被指数 牧草产量 监测模型

Study on Monitoring System of Qinghai Grassland Output Based on MODIS EVI Data

Yang Yinglian^{1,2} Qiu Xinfa³ Yin Qingjun⁴

(1. Department of Urban & Rural planning and Resource Management in Nanjing University of Information
Science & Technology, Nanjing 210044; 2. China Global Atmosphere Watch Baseline Observatory;
3. Department of Spatial Information Science, Nanjing University of Information
Science & Technology; 4. Qinghai Normal University)

Abstract: Qinghai Province is one of five largest pasturing areas and ranks fourth in China. It is of great importance to learn the growth status of grass in time to eco-environment protection and sustainable development of stock raising. Based on the data of fresh grass weight per square meter from 22 eco-environmental monitoring stations (which were established by Qinghai Meteorological Bureau in 2002) during grass growing season from 2003 to 2004, as well as the same period of

基金项目: 中国气象局推广项目(CMATG2005M42); 科技部科技公益研究专项(2002DIB10052)共同资助

收稿日期: 2007 年 2 月 6 日; 修定稿日期: 2007 年 3 月 20 日

MODIS data, by preprocessing, cloud detecting, EVI computing and monthly maximum EVI compositing, MODIS EVI data were obtained corresponding to grass output data. The relationship between grassland output and EVI was established according to the grass growing season and grassland type. The results show that grassland output have a good correlation with MODIS EVI, and it can be better described by the exponential function. Furthermore, the grassland output model based on the grass growing season is better than that of based on grassland type.

Key Words: MODIS EVI grassland output monitoring model

引言

NOAA/AVHRR 资料用于草地估产已有很多的研究^[1-3],方法主要是建立 AVHRR NDVI 与草产量之间的一元线性模型和指数模型。随着 1999 年 Terra/MODIS 卫星的发射,利用 MODIS-NDVI 与 MODIS-EVI 反演牧草产量的研究工作更是方兴未艾^[4-6]。青海省气象局曾利用 NOAA/AVHRR 建立了草地资源遥感动态监测系统,为当地畜牧业生产和生态环境保护做出了重要的贡献^[7]。

基于 MODIS 的 EVI 植被指数与 AVHRR NDVI 植被指数相比,具有以下一些特点:第一,具有较高的空间分辨率,可详细地反映地表植被特征。第二,红光和近红外探测波段的范围设置更窄,不仅提高了对稀疏植被探测的能力,而且减少了水汽的影响,同时,引入了蓝光波段对大气气溶胶进行了修正^[8-9]。另外,MODIS 带有的 3 个在轨道标器对于太阳反射波段的定标可以大大提高定标精度,避免了由定标不确定性导致的植被指数的不确定性。因此 MODIS EVI 更能稳定地反映植被状况。本研究利用青海省 22 个生态环境观测站点 2003 年和 2004 年所测牧草鲜草产量资料和与之相对应时段的 MODIS EVI 资料,建立了基于 MODIS EVI 数据的青海省牧草产量监测模型,并投入了业务使用,取得较好的服务效果。

1 研究区概况

青海省是中国五大牧区之一,其天然草场面积占全国草场面积的十分之一,位居第四。全省天然草场面积大,分布广,所处自然条件差异显著。草场类型有山地干草原、高寒干草原、山地草甸、高寒草甸、山地荒漠、平原荒漠、高寒荒漠,沼泽化草甸,灌丛、疏林等。其中高寒草甸面积为 $2400 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占全省草地面积的 65.06%, 构成了全省草场的主体。

2 资料来源

2.1 牧草产量实测值

研究中所用牧草地地面实测资料由青海省气象局 2002 年所建的青海省 22 个生态环境监测站(图 1, 见彩页)提供,数据为 2003、2004 年 5、6、7、8 月底所测的牧草单位面积的鲜草重量,单位为: $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

2.2 MODIS 遥感数据

MODIS 资料是由青海省遥感中心接收的 2003、2004 年 5、6、7、8 月份逐日的经过 MODIS 接收处理系统预处理(投影、定标、太阳高度角订正等)后生成的青海省范围的数据,然后进行云区识别,植被指数 EVI 的计算及多时相植被指数的合成。

3 遥感资料的处理

3.1 云区识别

采用归一化云检测指数^[10]的方法。它可表示为:

$$I_{CD} = (B_1 - B_{18}) / (B_1 + B_{18}) \quad (1)$$

其中, B_1 和 B_{18} 对应于 MODIS 的第 1 波段 (0.62~0.67 μm) 和第 18 波段 (0.931~0.941 μm)。由于云、雪反射光谱在 MODIS 的第 1 波段呈高反射特征,而在第 18 波段因受水汽影响,其反射特征为吸收谷,故其云检测指数为正 ($I_{CD} > 0$); 而土壤反射光谱在这两个波段处的反射特性差异不大,所以云检测指数接近 0 ($I_{CD} = 0$); 植被反射光谱在第 1 波段呈低反射,而在第 18 波段呈高反射,因此其云检测指数为负 ($I_{CD} < 0$)。由此得到的结果中,云和陆地的分界线清晰,云的特征明显,但云和雪还需作进一步的区分。

由于雪在可见光波段有较高的反射率,在近红外波段有较强的吸收特性;而大多数云(尤其是积云),在短波近红外波段的反射率仍然比较高,1995 年 Hall 等建立了运用归一化积雪指数的方法将雪和积云区分开来。

$$I_{NDS} = (B_4 - B_6) / (B_4 + B_6) \quad (2)$$

式中, B_4 、 B_6 分别是 MODIS 第 4 波段 (0.545~0.565 μm) 和第 6 波段 (1.628~1.652 μm) 的反射率。

对于薄云可用两种方法将其与雪区分开来。一是根据水汽在 MODIS 第 26 波段 (1.36~1.39 μm) 的强吸收特征,设定判断阈值;二是利用 MODIS 第 20 波段 (3.66~3.84 μm) 和 31 波段 (10.78~11.28 μm) 的亮温差来判断薄卷云。

3.2 植被指数 EVI 的计算

基于 MODIS 的增强性植被指数可表达

为^[8]:

$$I_{EV} = 2.5(B_2 - B_1) / (B_2 + C_1 B_1 + C_2 B_3 + L) \quad (3)$$

其中: L 为土壤调节参数,一般取 1,参数 C_1 和 C_2 分别为红光和蓝光的大气修正系数,一般取 6.0 和 7.5, B_1 、 B_2 和 B_3 分别为红光、绿光和蓝光波段反射率,对应于 MODIS 的第 1 波段 (0.62~0.67 μm)、第 2 波段 (0.841~0.876 μm) 和第 3 波段 (0.459~0.479 μm)。

3.3 最大植被指数的合成

为了排除云雾等的影响,采用最大植被指数合成法(即 MVC 法),MVC 倾向于选择最“晴空”的、最接近于星下点和最小太阳天顶角的像元。在研究中根据牧草监测资料的时段,合成最大植被指数图,研究中以月为单位,合成 2003 和 2004 年 5、6、7、8 月的最大植被指数图。

4 建立监测模型

4.1 按牧草生长季建立回归方程

在 2003、2004 年 5、6、7、8 月的月最大植被指数图上读取青海省 22 个生态环境监测站的 EVI 值,并与同期的牧草实测值建立回归方程,经对比,指数关系拟合效果最佳,牧草生长季内各月的产量检测模型见图 2。

4.2 按草地类型建立回归方程

由于 22 个牧草监测站中高寒草甸类占了 14 个,加之高寒草甸草地占全省草地面积的 65% 以上,因此以高寒草甸类为例,建立了高寒草甸草地牧草产量监测模型,结果见表 1。与其他类型相比,按草地类型建立的监测模型相关性较差。

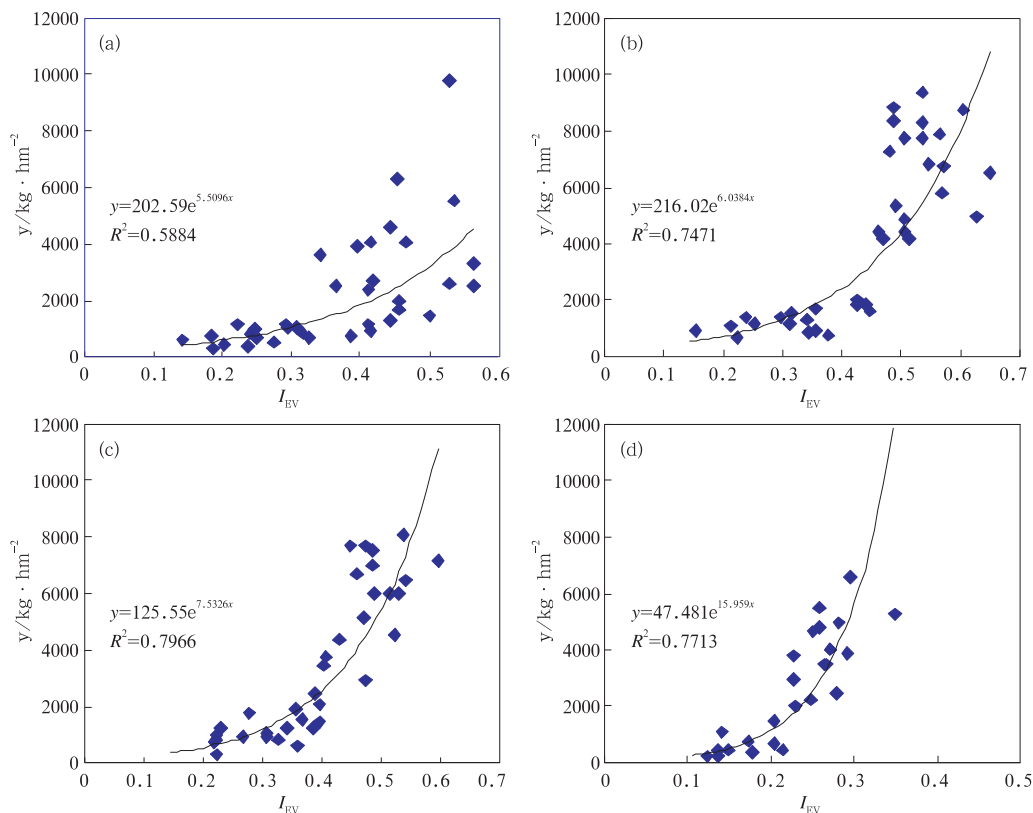


图 2 按牧草生长季的产量监测模型

a. 5 月, b. 6 月, c. 7 月, d. 8 月; y 为产量, x 为植被指数 I_{EV}

表 1 高寒草甸草地牧草产量监测模型

年份	方程	R^2	样本数
2003	$y=290.475e^{5.4278x}$	0.548	54
2004	$y=650.19e^{3.5783x}$	0.3384	50
2003—2004	$y=417.585e^{4.5606x}$	0.4693	104

注: y 代表产量, 单位 $kg \cdot hm^{-2}$; x 代表 I_{EV} 值

5 应用实例

选取 2006 年 8 月 6 日 MODIS 晴天资料, 利用 8 月份牧草产量检测模型进行牧草监测。按青海省草地资源等级将产量分为如下 8 个等级^[11], $< 750kg \cdot hm^{-2}$ 、 $750 \sim 1500kg \cdot hm^{-2}$ 、 $1500 \sim 3000kg \cdot hm^{-2}$ 、 $3000 \sim 4500kg \cdot hm^{-2}$ 、 $4500 \sim 6000kg \cdot hm^{-2}$ 、 $6000 \sim 7500kg \cdot hm^{-2}$ 、 $7500 \sim 9000kg \cdot$

hm^{-2} 和 $> 9000kg \cdot hm^{-2}$, 结果(图 3, 见彩页)。同时, 在 8 月 7—10 日进行了野外考察和观测, 实测值与模式计算结果对比见表 2。可见, 利用牧草生长季内监测模型进行全省范围牧草产量的监测, 能够满足为地方政府服务的需要。

6 结论

由上可见, 牧草产量和 MODIS EVI 数据之间具有较高的相关性, 其指数关系模型能较好地反映牧草地上部分草地生物量。另外, 按草地类型建立的监测模型 R^2 值明显小于按牧草生长季建立模型的 R^2 值。

表 2 牧草实测产量和模型计算产量

采样点	纬度/ $^{\circ}$ N	经度/ $^{\circ}$ E	实测产量/ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (等级)	计算产量/ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (等级)	牧草长势描述
1	34.797	101.547	8000(2)	8830(2)	高寒草甸草原,高度 5~15cm,盖度)98%
2	34.826	101.530	12360(1)	10970(1)	草甸草原,高度 15~30cm,盖度)98%
3	35.224	100.824	2000(6)	1287(7)	人工草场,披肩草,高度 30~40cm,盖度 60%~70%
4	35.242	101.416	1680(6)	2257(6)	草甸草,高度 5~8cm,盖度)95%
5	35.247	100.716	1080(7)	1047(7)	垂穗披肩草,盖度较低,在 70%左右,高度 10~20cm
6	35.308	101.111	1440(7)	1327(7)	草原草,高度 20~30cm,盖度 80%左右
7	35.413	100.971	6160(3)	6768(3)	草甸草地,盖度 95%左右
8	35.694	99.941	1360(7)	1116(7)	草原针茅草,盖度在 60%左右,高度 8~12cm
9	35.698	100.3	4800(4)	1230(7)	草原草,盖度在 80%左右,高度 10~18cm
10	35.749	100.22	2720(6)	1125(7)	垂穗披肩草,盖度 70%左右,高度 5~35cm
11	35.935	100.075	1360(7)	892(7)	草原针茅草,盖度在 35%~40%,高度 5~10cm

参考文献

- [1] 候英雨,王建林. 利用气象卫星资料估算全球作物总产研究[J]. 气象,2005,31(8):18-21.
- [2] 黄敬峰,王秀珍,蔡承侠,等. 利用气象卫星 AVHRR 资料监测新疆北部天然草地牧草产量[J]. 农业工程学报,2000,16(2):123-127.
- [3] 贾金明,王运行,王树文,等. 用 NOAA/AVHRR 资料动态监测小区域冬小麦长势[J]. 气象,2005,31(10):79-82.
- [4] 王正兴,刘闯,赵冰茹,等. 利用 MODIS 增强型植被指数反演草地上生物量[J]. 兰州大学学报(自然科学版),2005,41(2):10-16.
- [5] 王长耀,林文鹏. 基于 MODIS EVI 的冬小麦产量遥感预测研究[J]. 农业工程学报,2005,21(10):90-94.
- [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] 周咏梅,王江山. 青海省草地资源卫星遥感监测方法[J]. 应用气象学报,1996,7(4):507-510.
- [8] 王正兴,刘闯, Huete. 植被指数研究精展:从 AVHRR-NDVI 到 MODIS-EVI[J]. 生态学报,2003,23(5):979-987.
- [9] 张春桂. 用 MODIS 植被指数研究福州城区空间扩展变化[J]. 气象,2006,32(10):20-26.
- [10] 宋小宁,赵英时. MODIS 图像的云检测及分析[J]. 中国图形图像学报,2003,8(9):1079-1083.
- [11] 王龙明. 青海草地资源[M]. 西宁:青海人民出版社,1988. 81-102.

杨英莲等：基于MODIS增强型植被指数的青海省牧草产量估产研究

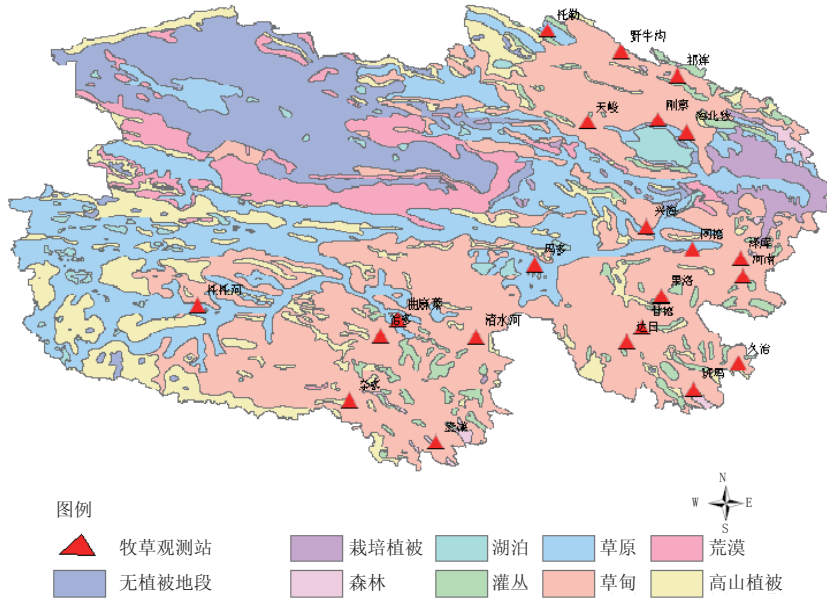


图1 青海省植被覆盖类型及22个生态环境监测站的分布图

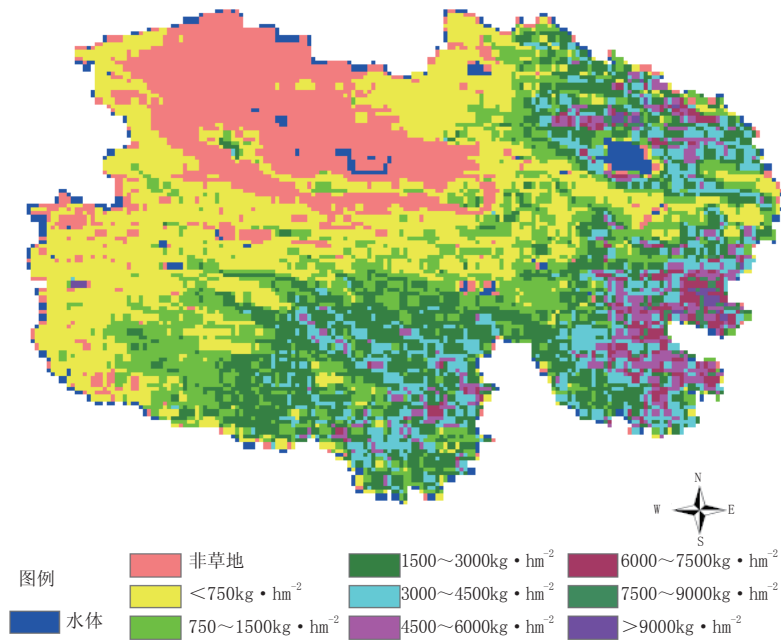


图3 2006年8月6日牧草产量监测图