

若尔盖白河牧场地上生物量 与遥感植被指数关系研究*

(山西大学环境与资源学院 太原 030006)

□温美佳

(中国医学科学院药用植物应用研究所/濒危药材繁育国家工程实验室 北京 100193)
(北京协和医院)

贾光林 (青岛农业大学动物科技学院/经济草本植物应用研究所 青岛 266109)

宋经元 谢彩香** 刘美子 郑司浩 辛天怡

(中国医学科学院药用植物应用研究所/濒危药材繁育国家工程实验室 北京 100193)
(中国协和医科大学)

摘 要:目的:为探讨利用遥感影像进行草原地上生物量估测,更好服务于保护区内的植被生态建设。方法:本文采用 TM 影像研究若尔盖地区白河牧场地上生物量与遥感植被指数的关系,分别建立了 7 种植被指数 (NDVI、RVI、DVI、SAVI、MSAVI、PVI、GVI) 与地上生物量的线性和 6 种非线性 (对数、反函数、二次多项式、三次多项式、复合、幂函数) 回归模型。结果:植被指数 MSAVI、NDVI、SAVI、RVI、GVI、DVI、PVI 与白河牧场地上生物量模型表现出三次多项式回归模型最优,其次是二次多项式、反函数曲线模型、对数曲线模型、线性模型、幂函数曲线模型、复合曲线模型。结论:基于 MSAVI 的地上生物量的三次多项式模型的模拟效果最好,复相关系数 $R^2=0.823005$,精度检验结果表明该模型的平均误差为 38.7%,拟合精度达到 61.3%,能够满足中尺度地上生物量的估测。

关键词: TM 影像 回归模型 植被指数 地上生物量

doi: 10.3969/j.issn.1674-3849.2012.01.009

生物量是土地荒漠化监测与评价的一个重要指标,地上生物量的测量方法有地面实测法与遥感监测法。地面实测法完全依靠地面样方测定来估测地上生物量,费时费力、效率低,还受到诸多客观条件

限制,不适合大尺度下地上生物量估测。草地遥感是最具有挑战性的生物量估测方法,其核心是通过个别样地资料,建立遥感参数与地上生物量的相关关系,从宏观角度对地上生物量进行拟合。20 世纪 80 年代,新西兰学者发现归一化植被指数 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)、比值植被指数

收稿日期:2012-01-13

修回日期:2012-02-13

* 国家自然科学基金项目 (30801519) “荒漠区濒危药用植物资源调查多级监测体系研究,负责人:谢彩香;日本津村株式会社;中国医药保健品有限公司;大黄资源可持续利用研究,负责人:陈士林。

** 通讯作者:谢彩香,研究员,主要研究方向:中药资源学研究, Tel: 010-57700267, E-mail: cxxie@implad.ac.cn。

(Ratio Vegetation Index, RVI) 与地上绿色植被生物量有很好的相关性, 并提供了在木本植物覆盖度小于 10% 的情况下, 直接用 NDVI 监测草地总产草量的方法。Anderson 和 Todd 将 TM 影像应用与美国科罗拉多州的地上生物量估产。Fried 等人利用 TM 影像建立植被指数和地上生物量之间的多元回归关系模型, 估算了美国堪萨斯州东北部一个试验场的草地生物量。地上生物量模型具有很强的地域性和时效性, 本文利用 TM 影像提取的植被指数, 运用统计学方法探讨白河牧场地上生物量和植被指数的关系, 试图筛选出适合估算白河牧场地上生物量的最优优化关系模型, 为大规模的草地估产和生态恢复提供理论支持。

一、研究区域概况

若尔盖县位于青藏高原东部边缘地带, 地处阿坝藏族自治州北部, 介于北纬 $33^{\circ}05' \sim 34^{\circ}19'$, 东经 $102^{\circ}10' \sim 103^{\circ}37'$ 之间, 面积 10164 km^2 , 若尔盖县地域辽阔, 资源富集, 其中可利用草地面积 $63 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 是四川省重要的草饲畜牧业基地。县内平均海拔 3500 m , 属典型的丘状高原。该区具有青藏高原大陆季风气候特征, 属高原寒温带湿润气候, 寒冷潮湿、冬长夏短、气候多变。冬季寒冷干燥多大风, 日照强, 昼夜温差大, 年平均气温 1.1°C , 年均降水量 656.8 mm 。整个草场周围高, 中间低, 从南向北倾斜。区内高寒草甸草地植物组成主要以四川嵩草 (*Kobresia setchwanensis*)、甘肃嵩草 (*K. kansuensis*)、高山嵩草 (*K. pygmaea*) 以及老芒麦 (*Elymus sibiricus*) 等多年生莎草科、丛生禾本科植物为主, 伴生有双子叶草本植物和灌木。

二、数据获取与处理

本研究采用的 TM 影像购于中国科学院对地观测与数字地球科学中心, 成像时间为 2008 年 7 月, 空间分辨率为 30 m 。地面数据

采集在 2008 年 7 月进行, 野外采样布点结合国家草原生态监测点分布, 选取具有一定代表性的面积为设置 $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$ 的样地 20 个, 每个样地内布设 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 小样方 3 个, 获取小样方内所有植物地上部分, 用收割称重法测量地上鲜生物量, 取 3 个小样方地上生物量的算术平均值的 900 倍作为该样地的地上生物量, 即与 TM 影像中的像元面积所对应。同时利用 GPS 记录下样点中心的经纬度。

三、植被指数选择

植被指数是一种利用卫星探测数据的线性或非线性组合来反映植被的存在、数量、质量、状态及时空分布特点的指数, 是利用卫星影像不同波段探测数据组合而成的, 能反映植物生长状况的指数。大量研究表明, 植被指数与多种植被参数具有很好的相关性, 可用来诊断植被的一系列生物物理参量, 如叶面积指数 (Leaf Area Index, LAI)、植被覆盖率、生物量、光合作用有效辐射吸收系数。到目前为止, 已研究发展了 40 多种植被指数。本研究选择了国内外研究常用的 7 种植被指数: NDVI、RVI、差值植被指数 (Difference Vegetation Index, DVI)、土壤调整植被指数 (Soil Adjusted Vegetation Index, SAVI)、修改型土壤调整植被指数 (Modified Soil-Adjusted Index, MSAVI)、垂直植被指数 (Perpendicular Vegetation Index, PVI) 以及绿度植被指数 (Green Vegetation Index) 进行分析 (表 1)。上述植被指数反映植物特点各有优

表 1 7 种植被指数计算公式表

植被指数类型	计算公式	来源
归一化植被指数 NDVI	$NDVI = (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)$	Deering 等, 1975
比值植被指数 RVI	$RVI = TM4 / TM3$	Birth 和 Cve, 1968
差值植被指数 DVI	$DVI = TM4 - TM3$	Richatdson, 1977
土壤调整植被指数 SAVI	$SAVI = (1 + L) (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3 + L)$	Huete, 1988
修改型土壤调整植被指数 MSAVI	$MSAVI = (2TM4 + 1 - \sqrt{(2TM4 + 1)^2 - 8(TM4 - TM3)}) / 2$	Qi 等, 1994
垂直植被指数 PVI	$PVI = (0.355TM4 - 0.149TM3)^2 + (0.355TM3 - 0.852TM4)^2$	Wiegand, 1977
绿度植被指数 GVI	$GVI = -0.1603TM1 - 0.2819TM2 - 0.4939TM3 + 0.794TM4 - 0.0002TM5 - 0.1446TM7$	Crist, 1985

注: $TM1, 2, 3, 4, 5, 7$ 为 TM 影像的波段, MSAVI 计算公式中 L 值采用 0.15 (Huete, 1994)。

缺点。

四、结果分析

1. 植被指数与地上生物量的相关性分析

通过 SPSS15.0 对植被指数与地上生物量进行相关性分析,样本相关系数是根据样本观测值计算的,抽取的样本不同,其具体的数值也会有所差异。样本相关系数是总体相关系数的一致估计量。样本相关系数公式为:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

如表 2 所示,在 99% 的置信区间内,地上生物量与 NDVI、SAVI 存在相关性,如表 3 示,在 99% 的置信区间内,地上生物量与 w1、w2、w3 呈极显著相关,地上生物量与 w2 相关性最高。

2. 地上生物量与植被指数关系模型的建立

通过影像提取的 7 种植被指数,与同期野外实测样地生物量进行相关分析,并选取一元线性与非线性(对数、反函数、二次多项式、三次多项式、复合、幂函数)6 种数学方程来拟合它们之间的关系。

表 4 列出了各种植被指数与地上生物量的线性及非线性回归模型,从线性经验模型来看,地上生物量和 MSAVI 的拟合效果 ($R^2=0.529617$) 比其他几种植被指数要好,其次是 NDVI ($R^2=0.491798$)、SAVI ($R^2=0.491298$)、RVI ($R^2=0.357663$)、GVI ($R^2=0.328466$)、DVI ($R^2=0.320087$)、PVI ($R^2=0.215712$)。对于非线性模型的二次多项式模型,地上生物量和 MSAVI 的拟合效果 ($R^2=0.823005$) 比其他几种植被指数要好,其次是 NDVI ($R^2=0.809937$)、SAVI ($R^2=0.809793$)、RVI ($R^2=0.719975$)、GVI ($R^2=0.677787$)、DVI ($R^2=0.662833$)、PVI ($R^2=0.403487$)。对于三次多项式,地上生物量与 MSAVI 的拟合效果 ($R^2=0.823005$) 比其他几种植被指数要好,其次是 NDVI ($R^2=0.809937$)、SAVI ($R^2=0.809793$)、RVI ($R^2=0.719975$)、GVI ($R^2=0.677787$)、DVI ($R^2=0.662833$)、PVI ($R^2=0.404765$)。对数模型的拟合效果普遍较差,地上生物量与 MSAVI 的拟合效果最好 ($R^2=$

0.565223), 其余依次为 NDVI ($R^2=0.547325$)、SAVI ($R^2=0.546849$)、RVI ($R^2=0.445727$)、GVI ($R^2=0.403632$)、DVI ($R^2=0.369931$)、PVI ($R^2=0.233112$)。对于幂函数模型,拟合效果最好的是 MSAVI ($R^2=0.351869$),其次是 NDVI ($R^2=0.335176$)、SAVI ($R^2=0.334866$)、RVI ($R^2=0.242228$)、GVI ($R^2=0.23734$)、DVI ($R^2=0.219827$)、PVI ($R^2=0.127746$)。

总体来看,MSAVI 与地上生物量的模拟效果好于其余 6 种植被指数,RVI、GVI、DVI、PVI 和地上生物量的拟合效果较差,其余几种拟合效果接近,原因则可能是由于 MSAVI 较其他植被指数对植被覆盖度敏感度高。

综上所述,使用 TM 影像提取的不同植被指数监测研究地上生物量的结果差别较大。本文所选的 7 种植被指数中,MSAVI 植被指数更适宜用于监测白河牧场地上生物量,其次是 NDVI、SAVI、RVI、GVI、DVI、PVI。但是针对某一特定植被指数而言,不同回归模型的拟合效果又各有优劣,因此还需要筛选出适用于监测白河牧场地上生物量的最优化模型。

3. 植被指数地上生物量回归模型的比较

从表 4 可看出,就植被指数 MSAVI 而言,二、三次多项式模型的结果 ($R^2=0.823005$) 优于反函数曲线模型 ($R^2=0.599121$)、对数曲线模型 ($R^2=0.565223$)、线性模型 ($R^2=0.529617$)、幂函数曲线模型 ($R^2=0.351869$)、复合曲线模型 ($R^2=0.319081$)。其余植被指数和地上生物量模型基本表现为三次多项式大于二次多项式、反函数曲线模型、对数曲线模型、线性模型、幂函数曲线模型、复合曲线模型。各种植被指数与生物量的模型除二、三次多项式外模拟效果均较差,MSAVI 和地上生物量的二、三次多项式模型模拟效果最好,复相关系数最大,拟合曲线如图 1 所示。

表 2 各植被指数与地上生物量的相关分析 (N=20)

植被指数 相关系数	NDVI	RVI	DVI	SAVI	MSAVI	PVI	GVI
Pearson Correlation	-0.492*	-0.358	-0.320	-0.491*	-0.530*	-0.216	-0.328
Sig. (2-tailed)	0.028	0.122	0.169	0.028	0.016	0.361	0.157

表 3 各波段与地上生物量的相关分析 (N=20)

植被指数 相关系数	w7	w6	w5	w4	w3	w2	w1
Pearson Correlation	0.271	-0.150	-0.022	-0.111	0.614**	0.652**	0.626**
Sig. (2-tailed)	0.248	0.529	0.926	0.641	0.004	0.002	0.003

表 4 植被指数与地上生物量回归模型

植被指数	模型类型	模型	相关系数
NDVI	线性模型	$6220.798-8278.224x$	0.491798
	对数曲线模型	$-1272.521-4847.786\ln x$	0.547325
	反函数曲线模型	$-3377.154+2724.821/x$	0.599312
	二次多项式模型	$39459.125-134410.1x+11742.11x^2$	0.809937
	三次多项式模型	$39459.125-134410.1x+11742.11x^2$	0.809937
	复合曲线模型	$5764.234 (0.068) x$	0.284368
RVI	幂函数曲线模型	$475.305x^{-1.671}$	0.335176
	线性模型	$3761.452-590.088x$	0.357663
	对数曲线模型	$4931.010-2615.640\ln x$	0.445727
	反函数曲线模型	$-1396.950+10458.113/x$	0.530039
	二次多项式模型	$17749.680-8409.840x+1049.124x^2$	0.719975
	三次多项式模型	$17749.680-8409.840x+1049.124x^2$	0.719975
DVI	复合曲线模型	$2240.523 (0.859) x$	0.163484
	幂函数曲线模型	$3551.803x^{-0.8}$	0.242228
	线性模型	$3987.661-23.702x$	0.320087
	对数曲线模型	$14133.105-2726.638\ln x$	0.369931
	反函数曲线模型	$-1475.455+300271.43/x$	0.420041
	二次多项式模型	$30331.851-555.808x+2.616x^2$	0.662833
SAVI	三次多项式模型	$30331.851-555.808x+2.616x^2$	0.662833
	复合曲线模型	$2641.692 (0.993) x$	0.172151
	幂函数曲线模型	$84777.924x^{-0.912}$	0.219827
	线性模型	$6213.735-5525.763x$	0.491298
	对数曲线模型	$680.634-4841.914\ln x$	0.546849
	反函数曲线模型	$-3372.774+4072.187/x$	0.598874
MSAVI	二次多项式模型	$39455.696-89843.49x+52467.041x^2$	0.809793
	三次多项式模型	$39455.696-89843.49x+52467.041x^2$	0.809793
	复合曲线模型	$5749.859 (0.166) x$	0.284041
	幂函数曲线模型	$932.035x^{-0.1669}$	0.334866
	线性模型	$9032.264-10428.154x$	0.529617
	对数曲线模型	$-1000.821-7587.785\ln x$	0.565223
PVI	反函数曲线模型	$-6074.563+5424.388/x$	0.599121
	二次多项式模型	$83261.165-228130.653x+158212.213x^2$	0.823005
	三次多项式模型	$83261.165-228130.653x+158212.213x^2$	0.823005
	复合曲线模型	$15923.338 (0.029) x$	0.319081
	幂函数曲线模型	$514.156x^{-2.659}$	0.351869
	线性模型	$3947.954-20.450x$	0.215712
GVI	对数曲线模型	$13640.431-2542.624\ln x$	0.233112
	反函数曲线模型	$-1143.792+310230.574/x$	0.249929
	二次多项式模型	$40296.960-654.705x+2.731x^2$	0.403487
	三次多项式模型	$28665.137-344.780x+0.008x^3$	0.404765
	复合曲线模型	$2475.622 (0.994) x$	0.107215
	幂函数曲线模型	$52613.105x^{-0.784}$	0.127746
	线性模型	$3430.117-28.360x$	0.328466
	对数曲线模型	$10522.764-2156.320\ln x$	0.403632
	反函数曲线模型	$-864.615+150120.283/x$	0.478813
	二次多项式模型	$17145.520-474.288x+3.452x^2$	0.677787
	三次多项式模型	$17145.520-474.288x+3.452x^2$	0.677787
	复合曲线模型	$2163.073 (0.992) x$	0.166505
	幂函数曲线模型	$24558.281x^{-0.714}$	0.23734

4. 模型验证

为了评价模型的模拟效果,选取 MSAVI 的三次多项式模型进行模型验证,采用未参与建模的 20 个样方数据进行模型精度验证,并计算误差系数。误差系数 (%) = (预测值-实测值) / 实测值×100%。检验结果(表 5)表明利用三次多项式模型 $Y=83261.165-228130.653x+158212.213x^2$ 模拟的地上生物量数值总体上和实测值较接近,预测值与实测值的误差范围为-1.2429~1.9233Kg/m²。误差系数在 5%以内的有 3 个样方数据;在 5%~10%的样方有 1 个;大于 10%的样方数据有 16 个。估算误差/实测值的标准差为 0.5721,平均误差 38.7%,拟合精度达到 61.3%。同时显著性检验表明,估算值与实测值在 0.01 水平下没有显著性差异,这说明利用基于 MSAVI 的地上生物量的三次多项式模型估算是可行的。

五、结论与讨论

通过以上分析,获得以下结论:

(1) 7 种植被指数 MSAVI、NDVI 和地上生物量之间具有显著的相关关系,利用植被指数与地上生物量建立拟合模型监测白河牧场上生物量是完全可行的。

(2) 植被指数和地上生物量 MSAVI、NDVI 模型表现出较好的拟合效果,都通过 0.01 水平显著性检验。植被指数拟合效果基本表现为三次多项式回归模型最优,二次多项式次之。MSAVI 与地上生物量模型则表现出三次多项式模型最优,其次为二次多项式、反函数曲线模型、对数曲线模型、线性模型、幂函数曲线模型、复合曲线模型。

(3) 基于 MSAVI 的地上生物量的三次多项式模型 $y=83261.165-228130.653x+158212.213x^2$ 为监测若

尔盖县白河牧场地地上生物量的最优化关系模型,利用样方验证模型精度结果表明其拟合精度为 61.3%,可以通过该模型模拟出若尔盖县白河牧场地地上生物量的空间分布。

(4) 对于研究区遥感数据,通过掩膜技术,仅提

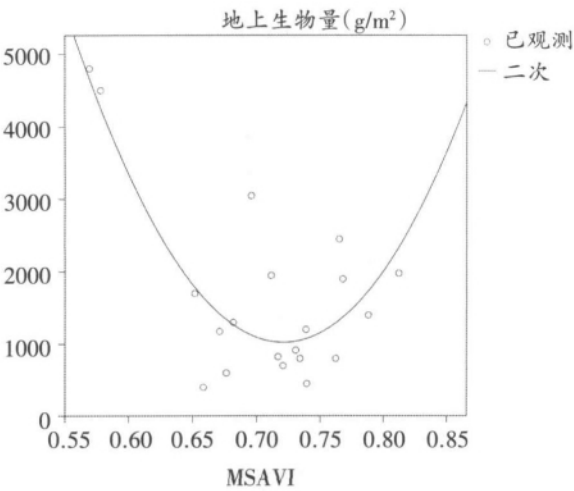


图1 MSAVI 的三次多项式拟合图

表5 基于 MSAVI 的三次多项式回归模型检验

编号	样地	经度(°)	纬度(°)	海拔(m)	实际值(g/m²)	预测值(g/m²)	差值(g/m²)	误差系数(%)
1	样地4	102.4363	33.40447	3439	4800	4660.73	-139.27	-2.99%
2	样地6	102.4593	33.35217	3443	1175	1418.921	243.9214	17.19%
3	样地9	102.4089	33.31653	3448	400	1642.923	1242.923	75.65%
4	样地14	102.4499	33.40247	3442	4500	4256.441	-243.559	-5.72%
5	样地15	102.4228	33.39483	3438	1980	2336.011	356.0106	15.24%
6	样地16	102.4515	33.38525	3438	1200	1074.247	-125.753	-11.71%
7	样地17	102.4749	33.36444	3438	825	1026.926	201.9255	19.66%
8	样地18	102.4510	33.37019	3439	600	1339.725	739.7246	55.21%
9	样地19	102.4449	33.35603	3441	1700	1785.808	85.8079	4.80%
10	自选A	102.4653	33.36017	3438	915	1038.876	123.8761	11.92%
11	自选B	102.4518	33.39103	3435	2450	1329.526	-1120.47	-84.28%
12	自选C	102.4489	33.38194	3440	800	1293.7	493.7004	38.16%
13	自选D	102.4485	33.39831	3437	1300	1268.336	-31.6641	-2.50%
14	自选E	102.4399	33.33861	3448	3050	1126.651	-1923.35	-170.71%
15	自选F	102.4486	33.34261	3439	1950	1038.803	-911.197	-87.72%
16	自选G	102.4442	33.33503	3459	1900	1370.459	-529.541	-38.64%
17	自选H	102.4476	33.35481	3440	700	1024.169	324.1692	31.65%
18	自选I	102.4107	33.30706	3467	450	1077.686	627.6857	58.24%
19	自选J	102.4342	33.31586	3477	1400	1733.565	333.5653	19.24%
20	自选K	102.4454	33.31892	3449	800	1051.497	251.4967	23.92%

取草地植被遥感数据,其它地类不包括在内。根据所建立的生物量估算模型,逐像元计算整个研究区域内的地上生物量,将所有像元的生物量相加来估算研究区草地地上生物量,进一步求算适宜载畜量,并将其与实际载畜量比较,就可以确定哪些草地还有潜力,哪些草地属于超载,从而为草地的更新和可持续利用提供科学依据。

(5) 本文利用7月份的地面数据与同期的卫星影像数据建立的地上生物量估产模型只反映卫星摄影时地上生物量的分布状况,同时只能在一定程度上说明该研究区域地上生物量的分布趋势,而更深入的研究则需要对地上生物量进行长期定点监测以建立地上生物量动态监测模型,并结合地面实测光谱数据对模型进行校正才能使模型估算结果更接近真实值。

参考文献

1 干友民, 成平. 若尔盖亚高山草甸地上生物量与植被指数关系研究. 自然资源学报, 2009, 24(11): 1963~1972.

2 陈云浩, 李晓兵, 史培军. 基于遥感的植被覆盖变化景观分析—以北京海淀区为例. 生态学报, 2002, 22 (10): 1581~1586.

3 牛宝茹, 刘俊蓉, 王政伟. 干旱区植被覆盖度提取模型的建立. 地球信息科学, 2005, 7(1): 84~88.

4 陶伟国, 徐斌, 杨秀春. 草原产草量遥感估算方法发展趋势及影响因素. 草业学报, 2007, (4): 1~8.

5 Taylor BF, Dini PW, Kidson JW. Determination of seasonal and interannual variation in New Zealand pasture growth from NOAA 7 data. *Remote Sensing of Environment*, 1985, 18: 177~192.

6 Anderson GL, Hanson JD, Hass RH. Evaluating Landsat thematic mapper derived vegetation indices for estimating aboveground biomass on semiarid rangelands. *Remote Sensing of Environment*, 1993, 45: 165~175.

7 Todd SW, Hoffer RM, Milchunas D G. Biomass estimation on grazed and ungrazed rangeland using spectral indices. *International Journal of Remote Sensing*, 1998, 19 (3): 427~438.

8 Friedl M A, Michaelsen J, Davis FW, et

- al. Estimating grassland biomass and leaf area index using ground and satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 1994, 15 (7): 1401~1420.
- 9 李建龙,戴若兰,任继周. 遥感技术在新疆阜康县草地估产中的应用研究. *中国草地*, 1998, (1): 11~14.
- 10 黄敬峰,王秀珍,王人潮,等. 天然草地牧草产量遥感综合监测预测模型研究. *遥感学报*, 2001, 5(1): 69~74.

Study on Pertinence between the RS Vegetation Indexes and Aboveground Biomass of Baihe Pasture of Zoige County

Wen Meijia^{1,2}, Jia Guanglin³, Song Jingyuan², Xie Caixiang², Liu Meizi², Zheng Sihao², Xin Tianyi²

(1. College of environment and resources, Shanxi University, Taiyuan 030006, China;

2. National Engineering Laboratory for Breeding of Endangered Medicinal Materials,

Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of

Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100193, China;

3. Animal Science Institute, Qingdao Agricultural University, Institute of Economic Herbs Application, Qingdao 266109, China)

Abstract: To study the aboveground biomass using remote sensing (RS) on the grassland, and serve better for the protection area, the TM images technology was used to research the relationship between aboveground biomass and RS Vegetation Indexes of Baihe Pasture of Zoige County. The linear and 6 nonlinear (Logarithmic, Inverse functions, Quadratic polynomial, Cubic polynomial, Composite and Power function) regression models were established respectively to estimate the pertinence between 7 vegetation indexes (NDVI, RVI, DVI, SAVI, MSAVI, PVI, GVI) and aboveground biomass. Results indicated that, the cubic polynomial regression model was the best model for the 7 vegetation indexes, followed by the quadratic polynomial model, inverse function curve model, logarithmic curve model, linear model, power function curve model and composite curve model. The cubic polynomial model based on MSAVI- aboveground biomass was the best model, the multiple correlation coefficient R^2 , average error, rating precision was 0.823005, 38.7%, 61.3% respectively. This model was able to meet the mesoscale estimates of the aboveground biomass.

Key words: TM image; regression model; vegetation index; Aboveground biomass

(责任编辑 李沙沙 张志华, 责任译审 王 瑞)