

基于 MODIS 的福建省植被生态环境遥感本底值研究^{*}

江振蓝¹,沙晋明²

(1. 闽江学院 地理科学系,福州 350108; 2. 福建师范大学 地理科学学院,福州 350007)

摘 要:从 MODIS 数据中提取反映福建省植被生态环境的植被、湿度、热度、土壤亮度等遥感指数,与在 GIS 环境下生成的地形数据(高程和坡度)及趋势面拟和形成的气象数据进行复合,生成综合评价影像(共 17 层),按一定的数学方法对评价指标进行处理与筛选,确定最后的参评指标,通过多元线性回归方法确定各指标的权重,建立福建省植被生态环境遥感本底值模型,并利用该模型对福建省植被生态环境进行评价。

关键词:遥感本底值;植被生态环境;RS/ GIS;线性回归

中图分类号:X171.1;TP79

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)04-0011-05

Study on the RS Background Value of Vegetation Eco-environment Based on MODIS in Fujian Province

JIANG Zhen-lan¹, SHA Jin-ming²

(1. Geographic Sciences Department of Minjiang College, Fuzhou 350108, China;

2. Geographic Sciences Institute of Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract:RS indexes such as vegetation, humidity, heat and soil lightness, which reflect the vegetation eco-environment of Fujian, are abstracted from MODIS data. They are integrated with terrain data (of altitude and gradient) generated on the basis of GIS and meteorologic data developed in way of trend-surface fitting, with overall evaluation images (in 17 layers) formed as the outcome. The evaluation indexes are handled and selected through mathematic approaches. After the final evaluation indexes are decided, the proportion of each index is identified through multi-factors linear regression. At last, RS background value-based on model of Fujian's vegetation eco-environment is established, and is used to evaluate the vegetation eco-environment of Fujian.

Key words:RS background value; vegetation eco-environment; RS/ GIS; linear regression

植被生态环境遥感本底值是根据遥感影像求算的系列图像,这个研究既着眼于植被生态环境因子的研究,还要从遥感总体上把握控制,所以植被生态环境遥感本底值非常难获取,但是植被生态环境遥感本底值是实现对植被生态环境的定量化分析、流程化处理的一个重要环节,可为今后植被生态环境遥感监测的业务化运行奠定坚实的基础。它的出现势必推动植被生态环境监测、遥感评价走向成熟;它

的获取将提高遥感对植被生态环境监测的效率,是一个前沿课题。

研究区选择在位于北纬 23°33' ~ 28°19', 东经 115°50' ~ 120°43' 的福建省。福建省处于我国东部湿润区,地带性植被以南亚热带和中亚热带阔叶林为主。境内群山耸峙,丘陵连绵,河谷盆地众多,沿海河口冲击平原和岛屿星罗棋布,影响了各地中、小气候,直接或间接影响了植被类型的分布。由于受

* 收稿日期:2007-03-18

基金项目:闽江学院科研项目(YKY05007)

作者简介:江振蓝(1977-),女,讲师,主要研究方向:遥感与地理信息系统。

人类活动的影响,原生植被多遭破坏,目前自然植被特别是常绿阔叶林残存无几,仅分布于偏远山区或峡谷山地。现状植被以次生植被为主,主要有马尾松、杉木林、竹林、灌丛林等^[1-3]。

1 资料来源及方法

1.1 资料来源

所用资料来源于武汉大学 MODIS 接收处理中心的 MODIS 1B 数据,选取 2002 年 10 月 3 日福建省基本为晴空并接近星下点轨道的数据,目的是尽可能减小云对地表观测的影响和轨道边缘的图像变形,轨道接收的时段为北京时间上午 10:00~12:00。

1.2 预处理

将研究所需福建省 MODIS 数据的 1,2 通道(250 m 分辨率)、3~7 通道(500 m 分辨率)及 31 通道(1 000 m 分辨率)的数据从轨道文件中取出,对其做投影转换,本文中采用的投影为高斯克列格投影,并对图像进行重采样,重采样后空间分辨率均为 500 m。

卫星数据在使用前,都必须进行定标处理,它是将卫星观测的计数值转换为可用的物理值的过程。MODIS 数据的定标方法与 AVHRR 大致相同,仅在公式的形式上有微小差异。对于反射通道,定标结果为像素点的反射值,对于热红外通道,定标结果为像素点的辐射率值^[4]。

1.2.1 MODIS 反射通道数据的定标

反射通道(1~7 通道)科学数据集存放的是探测器观测得到的原始数字信号(DN)经修正、定标、调整和缩放后生成的 16 比特计数值(SI),定标的反射率通过下式导出:

$$RB, T, FS = \text{reflectance_scalesB} \\ (SIB, T, FS - \text{reflectance_offsetsB}) \quad (1)$$

式中, RB, T, FS 为定标后的反射率; SIB, T, FS 为 MODIS 1B 数据中的存储值; reflectance_scalesB 为缩放比; reflectance_offsetsB 为缩放截距。reflectance_scalesB 和 reflectance_offsetsB 仅与波段有关。

在本研究中, MODIS 数据主要用于遥感指数的提取。虽然在卫星探测过程中,由于探测点的太阳天顶角不同会造成探测值的偏差,但对于遥感指数的提取并不造成影响,故不进行太阳天顶角的订正。

1.2.2 MODIS 辐射通道数据的定标

热红外通道(31 通道)科学数据集存放的是探测器观测得到的原始数字信号(DN)经修正、定标、调整和缩放后生成的 16 比特计数值(SI),定标的辐

射率通过下式导出:

$$LB, T, FS = \text{radiance_scalesB} \\ (SIB, T, FS - \text{radiance_offsetsB}) \quad (2)$$

式中, LB, T, FS 为定标后的辐射率; SIB, T, FS 为 MODIS 1B 数据中的存储值; radiance_scalesB 为缩放比; radiance_offsetsB 为缩放截距。radiance_scalesB 和 radiance_offsetsB 仅与波段有关。

在本研究中,我们不需要知道绝对温度值,只需要一个反映温度的量,因此直接采用辐射率,不进行地表温度的反演。

1.3 福建省植被生态环境涉及要素指数的提取

植被生态环境遥感本底值所涉及的要素指数是一系列具有明确专题指示的遥感影像(如水、热、植被等),从植被生态环境现状质量、植被的生态环境容量等几方面分别反映了植被生态环境状况。根据 MODIS 数据的特点及研究区的特征,评价指数主要提取以下几项:

1.3.1 遥感指数

(1) 植被指数。归一化植被指数 *NDVI*: MODIS 观测通道的设计非常有利于捕捉这种反差,第一波段 CH1(0.62~0.67 μm)处在叶绿素的吸收带,第二波段 CH2(0.84~0.88 μm)则处在绿色植物的光谱反射区。归一化植被指数 *NDVI* 是反映植被生态环境的重要指标^[5,6],其计算公式为: $NDVI = (CH2 - CH1) / (CH2 + CH1)$ 。

比值植被指数 *RVI*: 计算公式为: $RVI = CH2 / CH1$ 。*RVI* 是为了估算和监测植被覆盖,最早发展的植被指数。但 *RVI* 对大气的影响敏感,而且当植被覆盖不够浓密时(小于 50%),它的分辨能力很弱,在植被覆盖浓密的情况下效果最好。

大气阻抗植被指数 *ARVI*: 计算公式为: $ARVI = (CH2 - CH4) / (CH2 + CH4)$ 。它在红光波段完成大气自我校正,减小了由于大气气溶胶引起的大气散射对红波段的影响。*ARVI* 与 *NDVI* 有同样的动态范围,但对大气的敏感性是 *NDVI* 的 4 倍。

(2) 热度指数。MODIS 的 31 波段 CH31 的中心波长与 TM6 的中心波长一致(11.030 μm),且 CH31 的比辐射率相对稳定^[2],故经辐射定标后的 CH31 辐射率值可作为温度的相对指标。

(3) 湿度指数。*NDMI*: MODIS 的第 4 波段 CH4(0.545~0.565 μm)对水体反射,而第 6 波段 CH6(1.628~1.652 μm)处于水的吸收带。采用这两个波段经标准化处理产生湿度指数,其计算公式为: $NDMI = (CH4 - CH6) / (CH4 + CH6)$ ^[7]。

作物水分指数 MI :计算公式为: $MI=100 \times NDVI/CH31^{[8]}$ 。作物水分指数是一个对区域土壤水分含量和作物水分状况较为敏感的指数。

(4)土壤亮度指数。 $CH1$ 、 $CH4$ 的光谱响应与植被、水体光谱变化规律相反的特征,利用 $CH1$ 和 $CH4$ 波段的比值经标准化处理来获得土壤亮度指数^[7],计算公式为: $(CH1-CH4)/(CH1+CH4)$ 。

(5)主成分分析的前 3 个分量。主要是对 $CH1$ 、 $CH2$ 、 $CH3$ 、 $CH4$ 、 $CH6$ 、 $CH7$ 六个波段进行主成分分析,取前 3 个主成分参与评价。

以上各式中, $CH1$ 、 $CH2$ 、 $CH3$ 、 $CH4$ 、 $CH6$ 、 $CH7$ 分别为 MODIS 的第 1、第 2、第 3、第 4、第 6、第 7 波段的反射率值; $CH31$ 为第 31 波段的辐射率值。

1.3.2 地形数据

主要是地形地貌(高程、坡度)数据:从 1:10 万地形数据中提取等高线,利用 ARC/INFO 获取的高程和坡度信息,空间分辨率为 500 m ×500 m。其步骤如下^[9]:首先,利用 ARCTIN 命令生成 TIN;其次,利用 TINLATTICE 命令将 TIN 转换成网格数据,即研究所需的高程栅格数据;第三,在 GRID 环境下,利用 SLOPE 函数生成坡度数据;最后,将生成的高程和坡度的栅格数据转换成 ENVI 可读的影像数据格式,经过投影转换,生成可与遥感指数数据

进行复合的影像数据。这组数据将作为重要的两层数据参与植被生态环境的评价。

1.3.3 气象数据

利用各站点的经度()、纬度()、海拔高度(h)与各要素进行趋势面拟合来获取年平均气温、年降水量、年蒸发量、10℃ 积温和湿润指数(计算公式为:年降水量/年蒸发量)数据,空间分辨率为 500 m ×500 m。

2 模型的建立

在本研究中,考虑到研究的复杂性,我们采用线性回归计算出各个要素的权重^[7,10,11]。其具体步骤如下:

(1)综合评价影像的形成。将遥感指数、地形数据及气象数据等专题层叠加形成综合评价影像(共 17 层)。

(2)标准兴趣区的确定及遥感本底值的分级。主要根据野外调查的结果,参考影像的特征来确定标准兴趣区及标准兴趣区的遥感本底值,根据福建省植被生态环境类型相应地将研究区植被生态遥感本底值确定为 9 级,建立植被生态环境质量评价标准见表 1^[12]。

表 1 遥感本底值划分标准

等级	遥感本底值	生态类型	植被覆盖和植被类型	水热特征
9	500 - 451	高覆盖阴湿阔叶林及针阔混交林生态环境类型区	典型植被为常绿阔叶林:甜槠、米槠、青冈、南岭栲、闽粤栲,覆盖率 90 %	70 % ~ 80 %,阴凉
8	450 - 401	中覆盖潮阴阔叶林及针阔混交林生态环境类型区	亚热带针阔林、常绿落叶阔叶林、刺叶栎	60 % ~ 70 %,阴凉
7	400 - 351	低覆盖薄罩针叶林生态环境类型区	针叶林(马尾松、杉木、油松)	40 %,阴
6	350 - 301	灌木潮润生态环境类型	常绿阔叶林及灌木	50 % ~ 60 %,温暖
5	300 - 251	草甸草丛潮冷生态环境类型区	草甸、山地草丛植被(禾本科为主)	30 %,冷凉
4	250 - 201	经济林生态环境类型区	芒果、相思树、果园、茶园、竹园等	30 %,温暖
3	200 - 151	湿地生态环境类型	各类农作物	50 %,燥热
2	150 - 101	旱裸地燥热生态环境类型区	旱作作物、草灌	20 %,燥热
1	100 - 51	人工建筑生态环境类型区	居民点及建设用地	20 %,燥热

(3)指数的标准化。为了使所提取的各项遥感指数与地形数据及气象数据具备可比性,因此对评价数据要经过标准化处理,标准化处理公式如下:

$$a = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \times 10 \quad (3)$$
式中: a ——指数的标准化值; X ——指数值; X_{\max} ——指数最高阈值; X_{\min} ——指数最低阈值。

(4)指数的统计。将标准兴趣区在综合影像中打开,按兴趣区统计获得具有所有指数的记录。

(5)非线性指数线性化。有些指数与遥感本底值并没有显著的线性关系,对这样的指数需要进行线性化处理。对于与遥感本底值线性关系不够显著的指标,我们可以利用曲线估计的回归模型建立一个简单而又比较合适的函数,利用这一函数将其转换为线性关系^[13]。在本研究中主要是对高程进行线性化处理。

(6)确定评价指标。主要是针对同一要素的多

个指数。由于同一要素的多个指数间存在很强的相关性,为了尽可能避免冗余信息,根据各个指数与遥感本底值的相关分析,取同类要素中相关系数最大的那个指数代表该类要素参与评价。本文中,评价

指标的确定主要是针对遥感指数中的植被指数、湿度指数及气象数据。各类指数与遥感本底值的相关系数如表 2:

表 2 各指数与遥感本底值的相关系数

指数			指数		
		相关系数 R			相关系数 R
植被指数	$NDVI$	0.95768	温度指标	年均温	- 0.67551
	RVI	0.98083		10 积温	- 0.58197
	$ARVI$	0.94362		年蒸发量	- 0.38134
湿度指数	$NDMI$	- 0.58986	水分指标	年降水	0.58114
	MI	0.95104		湿润指数	0.63272

根据各指数与福建省植被生态遥感本底值相关系数的大小,植被指数中 RVI 最大;湿度指数中 MI 最大;温度指标中年均温最大;水分指标中湿润指数最大。故最后采用 RVI , $CH31$, MI , $NDSI$, $PC1$, $PC2$, $PC3$, 高程、坡度、年均温及湿润指数等 11 个指数作为最终的评价指标。

(7) 模型的建立。对 RVI , $CH31$, MI , $NDSI$, $PC1$, $PC2$, $PC3$ 、高程、坡度、年均温及湿润指数等 11 个指数的统计值进行线性回归,建立评价模型如式(4)。

$$\text{遥感本底值} = -103.959 + 41.474 \times RVI - 6.527 \times CH31 + 17.715 \times MI - 9.27 \times NDSI + 10.917 \times PC1 + 20.543 \times PC2 - 7.723 \times PC3 + 4.507 \times \text{高程}$$

$$\text{的自然对数} - 6.003 \times \text{坡度} + 7.359 \times \text{年均温} + 1.93 \times \text{湿润指数} (R = 0.993, R^2 = 0.987, F = 560.438, a = 0.000)$$

式(4)表明, RVI , MI , $PC1$, $PC2$, 高程、年均温及湿润指数与遥感本底值呈正相关关系,而 $CH31$, $NDSI$, $PC3$ 及坡度与遥感本底值呈负相关关系。这能真实地反映各指数在植被生态环境中所起的实际作用。

(8) 获取遥感本底值图像。将模型中各指数的权重带到影像中进行代数运算,获得的最后图像为福建省植被生态环境质量遥感本底值图像(图 1)。根据遥感本底值等级标准对图像进行划分,得到福建省植被生态环境质量等级图(图 2)。

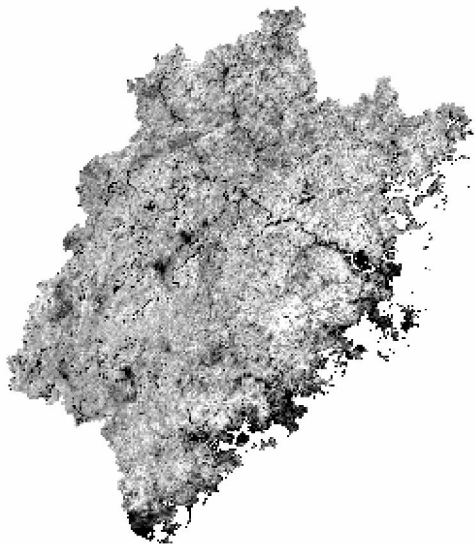


图 1 福建省植被生态遥感本底值

(9) 评价结果的精度分析。植被生态环境质量评价等级图的精度分析可以用评价图和标准数据或图件或地面实测数据进行对比。目前普遍采用的是混淆矩阵方法,用 Kappa 系数来分析整个评价图的精度。

在本研究中我们采用福建省植被生态环境 5 次野外调查的 120 个点及福州市植被生态环境 3 次野

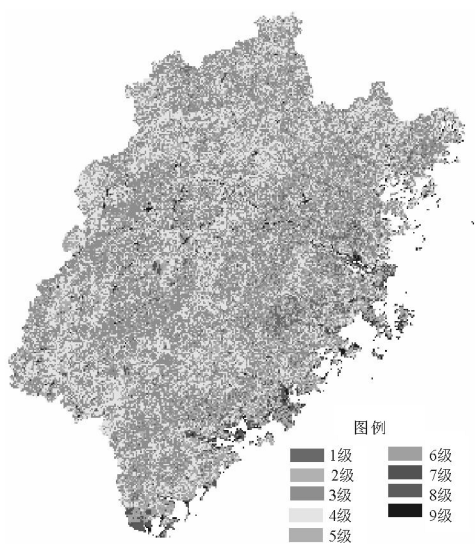


图 2 福建省植被生态环境质量等级图

外调查的 31 个点(共 151 个点)的地面实测数据进行精度分析。计算结果为:总体精度为 86.09%,总 Kappa 系数为 0.826 8,高于最低允许判别精度 0.7 的要求^[14]。

3 结 论

(1) 福建省植被生态环境基本分布态势与地形

基本吻合,地势自西向东两起两伏(图 3),植被生态环境质量也相应两起两落(图 2)。

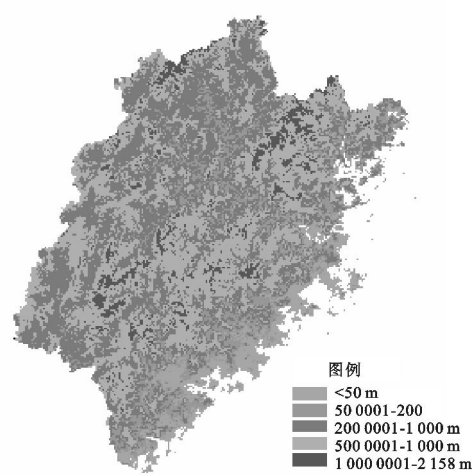


图 3 福建省高程栅格图

福建省内陆植被生态环境质量普遍好于沿海植被生态环境质量。植被生态环境最差的出现在居民点、河流沿岸、沿海地区及半岛、岛屿等人为活动剧烈或自然条件(水分条件)较差的地区;而海拔较高的山区,植被生态环境则较好,这主要是由于福建省人口的分布特点及经济活动习惯决定的。河流沿岸、沿海地区及半岛、岛屿地区往往是经济发达地区,人口密集,迫于人口和经济发展的压力,如城镇发展占用耕地、园地、林地、草地等、毁林开荒、滥砍滥伐、过度开采以及天然火灾,植被生态环境破坏严重。而在山区,由于海拔较高、人口密度小、人为干涉较少,对植被生态环境的破坏也相对较小。

(2)对福建省植被生态环境质量等级进行统计,结果如表 3。

表 3 福建省各级植被生态环境质量统计

等级	像元数	百分比/ %	等级	像元数	百分比/ %
1	14039	2.89	6	20392	4.2
2	47667	9.82	7	10200	2.1
3	181663	37.41	8	6318	1.3
4	147135	30.30	9	5325	1.1
5	52892	10.89	总计	485633	100

从表 3 中可以看出,福建植被生态环境质量以 3 级所占比例为最大,其后依次为 4 级、5 级、2 级,这 4 个等级占总面积的 88.42 %。这与福建省的实际植被生态环境情况是相吻合的。虽然福建省的森林覆盖率大于 60 %,但天然林已为数不多,基本上以人工林和次生林为主,针叶林约占林地总面积的 70 %,造成了福建植被生态环境以 3、4 级为主。

从表 4 中也可以看出,1 级、9 级、8 级、7 级的面积所占比重要比这几级植被生态环境的实际比重小。这主要是因为所用 MODIS 影像数据的分辨率为 500 m ×500 m,像元基本上多为混合像元造成的,如人工建筑生态类型与其它植被生态环境类型的混合像元评价出的结果要好于纯人工建筑生态类型评价的结果。但本研究进行的是宏观植被生态环境评价,这并不影响评价的总体结果。

参考文献:

[1] 林鹏. 福建植被[M]. 福州:福建科学出版社,1989.

[2] 钱乐祥,朱鹤健. 福建土地退化灾害研究[M]. 北京:中国环境科学出版社,1999.

[3] 赵昭柄. 福建省地理[M]. 福州:福建人民出版社,1993.

[4] 刘闯,葛成辉. 美国对地观测系统(EOS)中分辨率成像光谱仪(MODIS)遥感数据的特点与应用[J]. 遥感信息,2000,(3):45 - 48.

[5] 刘玉洁,杨忠东. MODIS 遥感信息处理原理与算法[M]. 北京:科学出版社,2001. 240 - 243.

[6] 田庆久,闵祥军. 植被指数研究进展[J]. 地球研究进展,1998,13(4):328 - 333.

[7] 徐建春,赵英时,刘振华. 利用遥感和 GIS 研究内蒙古中西部地区环境变化[J]. 遥感学报,2002,6(2):142 - 148.

[8] 江东,王乃斌,杨小唤,等. 植被指数 - 地面温度特征空间地生态学内涵及其应用[J]. 地理科学进展,2001,20(2):146 - 152.

[9] 杨存建,刘纪远,张增祥,等. 遥感和 GIS 支持下的中国退耕还林还草决策分析[J]. 遥感学报,2002,6(3):205 - 211.

[10] 方开泰. 实用多元统计分析[M]. 上海:华东师范大学出版社,1989.

[11] 方开泰,全辉,陈庆云. 实用回归分析[M]. 北京:科学出版社,1988. 204 - 232.

[12] 江振蓝,沙晋明,杨武年. 基于 GIS 的福州市生态环境遥感综合评价模型[J]. 国土资源遥感,2004,(3):46 - 48.

[13] 赵静珍,等. 一元回归统计分析模型在土地利用动态监测中的应用[J]. 河北省科学院学报,2001,18(4):206 - 210.

[14] Wang FJ. A Knowledge-Based Vision System for Detecting Change at Urban Frings[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1993, 31(1):131 - 135.