

# 影像分辨率对植被覆盖度提取的影响

张婧<sup>1</sup>, 刘咏梅<sup>1</sup>, 徐健<sup>2</sup>, 杨勤科<sup>1</sup>

(1. 西北大学 城市与环境学院, 西安 710127; 2. 中国石油长庆油田分公司, 西安 710018)

**摘要:**研究植被指数以及植被覆盖度演算结果与影像分辨率的关系可以为遥感影像在大、中尺度下的合理利用提供理论依据。以陕西省安塞县的县南沟以及纸坊沟的部分区域作为研究区,对 SPOT、MODIS、TM、ALOS、IKONOS 五种基本分辨率的影像进行了 NDVI 的计算并利用像元二分模型反演出植被覆盖度,在此基础上进行了统计分析和空间结构分析,实验结果表明 30 m 分辨率的 TM 影像无论是在统计结果还是在精度分析中均适用于小流域范围,而 500 m 分辨率的 MODIS 以及 1 000 m 分辨率的 SPOT 数据可以在研究区扩大至 10 000 km<sup>2</sup> 条件下使用。

**关键词:**NDVI; 植被覆盖度; 尺度效应

**中图分类号:**TP751;P237

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2014)03-0120-05

## Scale Effect Analysis of the Extraction about Vegetation Coverage

ZHANG Jing<sup>1</sup>, LIU Yong-mei<sup>1</sup>, XU Jian<sup>2</sup>, YANG Qin-ke<sup>1</sup>

(College of Urban and Environmental Science, Northwest University,

Xi'an 710127, China; 2. Petrochina Changqing Oilfield Company, Xi'an 710018, China)

**Abstract:** Research on the relationship between vegetation index, vegetation coverage calculation results and the image resolution can provide theory basis for the rational use of remote sensing image under the large-scale and middle scale. This paper selects Xiannangou and Zhifanggou watersheds of Shaanxi Province as the study regions. The five basic resolution images of SPOT, MODIS, TM, ALOS, IKONOS were used to calculate the NDVI and vegetation coverage. And then the analysis on statistical characteristics and spatial structure was performed. The results show that TM images (30 m resolution) is applied to small watershed in terms of both statistical results and the accuracy analysis. The MODIS (500 m resolution) and the SPOT (1 000 m resolution) can be used for the study area with up to 10 000 m<sup>2</sup>.

**Key words:** NDVI; vegetation coverage; scale effect

基于遥感影像提取的植被类型、分布等信息,可为土地利用、植被覆盖变化和土壤侵蚀等方面的检测和评价分析提供重要支撑<sup>[1]</sup>。随着遥感技术、理论的逐渐成熟,不同遥感平台及传感器的相继出现,为植被遥感的应用提供了更为多样的影像,人们可利用的影像分辨率选择也越来越多。如 IKONOS(4 m)、SPOT(5 m)、ALOS(12 m)、TM(30 m)、MODIS(250 m)、SPOT VEGETATION (1 000 m)等。因而探讨遥感影像分辨率对植被覆盖度提取的影响具有十分重要的意义。针对分辨率对植被遥感的影响,一些学者进行了系列研究。Friedl 等发现 NDVI 本身也依赖于分辨率<sup>[2]</sup>。Shoshany 等以 TM 数据为资料,建立了

植被盖度与地表反射间的经验关系模型,为区域尺度上植被盖度定量化提供了模型基础<sup>[3]</sup>。Qi 和 Marssett 利用 TM 和 SPOT VEGETATION 影像测量了圣地亚哥流域植被盖度,揭示了不同研究区域 TM 和 SPOT VEGETATION 两种分辨率影像测量出的植被盖度与实地盖度的相关性<sup>[4]</sup>。Woodcock 通过计算对比重采样后的系列分辨率 TM 影像的局部方差,对不同用地类型的适宜分辨率进行了探讨,但是该研究仅针对重采样的数据进行<sup>[5-6]</sup>。总的看来,遥感影像分辨率对植被信息提取的影响了解不够,以至于对一个遥感像元尺度上建立的模型在另一个像元尺度也可能不适用,这使得目前研究对遥感观测的信

收稿日期:2013-10-11

修回日期:2013-11-01

资助项目:国家自然科学基金项目“面向土壤侵蚀评价的结构性植被盖度遥感模型研究”(41171225);水利部行业专项经费项目“基于 GIS 的黄土丘陵区年侵蚀产沙模型研究”(201201081)

作者简介:张婧(1988—),女,陕西洋县人,硕士研究生,主要从事基于遥感的土壤侵蚀评价研究。E-mail:404238617@qq.com

通信作者:杨勤科(1962—),男,陕西陇县人,教授,主要从事区域土壤侵蚀评价和侵蚀地形分析研究。E-mail:qkyang@nwu.edu.cn

息缺乏有效理解,95%的海量遥感数据无法有效利用、遥感技术应用很难有突破性发展<sup>[7]</sup>。

本文即通过对从高分辨率到低分辨率的一系列影像计算 NDVI 并用相同算法(像元二分模型)反演出其植被覆盖度,运用统计方法及分区分析方法,探讨不同分辨率下 NDVI 及植被覆盖度的变化规律;同时针对中、低分辨率影像则通过扩大其表达空间范围来进一步讨论尺度效应影响,为多种分辨率遥感数据提取植被覆盖度信息提供理论支持。

1 研究区与数据处理

1.1 研究区概况

本研究针对不同分辨率数据设置不同范围的样区——高分辨率样区和低分辨率样区。高分辨率样

区(样区 1)选择在陕西省安塞县西南方向,面积约为 173 km<sup>2</sup>,样区有一景 4 m 分辨率的 IKONOS 影像。区内包括纸坊沟和县南沟两个流域(其中县南沟流域不完整)。该样区内沟谷密集,地表起伏大,为典型的黄土丘陵沟壑区。低分辨率样区(样区 2)选择在延河中下游及其毗邻地区,属典型的黄土丘陵沟壑区,面积约 10 000 km<sup>2</sup>,样区内有 SPOT、TM 和 MODIS 影像。

1.2 数据源

本文选用从低分辨率到高分辨率的系列影像,其分别为:1 km 分辨率的 SPOT VEGETATION 数据、500 m 分辨率的 MODIS 影像、30 m 分辨率的 TM 影像、10 m 分辨率的 ALOS 影像以及 4 m 分辨率的 IKONOS 影像。各数据的基本信息如表 1 所示。

表 1 不同分辨率影像基本情况

数据类型	获取时间	空间分辨率	原始投影	波段数	行列数	面积/km <sup>2</sup>
SPOT VEGETATION(1)	2010-06	1 km	Plate Carree/WGS 84	4	12×14	168
SPOT VEGETATION(2)	2010-06	1 km	Plate Carree/WGS 84	4	100×100	10000
MODIS(1)	2010-06	500 m	Albers Conical Equal Area/WGS 84	7	25×29	182
MODIS(2)	2010-06	500 m	Albers Conical Equal Area/WGS 84	7	200×200	10000
TM	2010-06-17	30 m	UTM/WGS 84	7	406×476	173
ALOS	2009-07-25	10 m	UTM/WGS 84	4	1011×1187	173
IKONOS	2010-06-14	4 m	UTM/WGS 84	4	3032×3562	173

1.3 数据预处理

由于实验所用影像已经做过初步校正处理,这里对系列影像的预处理主要为投影转换、几何校正和影像裁剪。根据研究区域的范围大小以及其所处位置选择高斯投影。将 5 种不同分辨率的影像转换到统一投影系统下<sup>[8]</sup>。对各分辨率影像进行裁剪,得到 5 种分辨率的高分辨率样区数据以及低分辨率样区的 SPOT VEGETATION 和 MODIS 两套数据。

2 基于像元二分模型的植被覆盖度提取

2.1 归一化植被指数(NDVI)计算

植被指数种类是多种多样的,归一化植被指数(Normalized Digital Vegetation Index, NDVI)作为理论及技术最为成熟的算法,是对植物生长状态和植被覆盖的最佳指示因子,其在植被遥感中应用最为广泛<sup>[9]</sup>。其计算公式如下:

$$NDVI=(IR-R)/(IR+R) \tag{1}$$

式中:IR——近红外波段的反射率;R——红波段的反射率。本研究所用的数据中,SPOT VEGETATION 本身就是 DNVl 数据,故而对其进行必要的转换后直接应用<sup>[10]</sup>。其他影像通过公式(1)进行计算<sup>[11]</sup>。

2.2 盖度计算

2.2.1 植被覆盖度计算 植被覆盖度是指植被冠层的垂直投影面积与土壤总面积的百分比<sup>[12]</sup>。NDVI 与植被覆盖度间存在着线性相关关系,通过建立线性模型可以完成从 NDVI 到地表的植被覆盖度的反演过程。本文选择现在应用较广的像元二分模型来反演植被覆盖度<sup>[13]</sup>。其计算公式为:

$$NDVI_{fc}=(NDVI-NDVI_{soil})/(NDVI_{veg}-NDVI_{soil}) \tag{2}$$

式中:NDVI<sub>fc</sub>——一个像元植被覆盖度;NDVI——该像元的归一化植被指数;NDVI<sub>soil</sub>——裸地对应的 NDVI 值;NDVI<sub>veg</sub>——植被地对应的 NDVI 值。图像中植被地对应的 NDVI 值 NDVI<sub>veg</sub> 和裸地对应的 NDVI 值 NDVI<sub>soil</sub> 分别取 NDVI<sub>max</sub> 与 NDVI<sub>min</sub>,其中 NDVI<sub>max</sub>、NDVI<sub>min</sub> 可通过实地测试、遥感测量来确定,或者设置为某置信区间(0.5%~95.5%)内 NDVI 的最大值与最小值<sup>[14-15]</sup>。

2.2.2 盖度分级 考虑到实际应用,本研究按照《土壤侵蚀分类分级标准》中的植被盖度分级标准<sup>[16]</sup>,将区域按其植被覆盖度大小分为 5 个等级。经重新分类,获取各影像的植被覆盖度等级图及相应的统计特征值。

### 3 分辨率对植被覆盖度提取的影响分析

植被覆盖度的尺度效应分析主要从统计学和空间分布两方面对各分辨率影像计算出的 NDVI 以及植被盖度进行比较。具体分析如下:

#### 3.1 空间结构与统计特征

各种不同分辨率 NDVI 和植被盖度图(图 1 和图

2)可见,随着分辨率的降低,影像结构不断粗糙,在高分样区(范围较小)粗分辨率数据(MODIS1, SPOT1)已没有明显的结构特征,因而不能用于植被覆盖信息的提取和分析。但如果分析区域足够大(这里的样区是 10 000 km<sup>2</sup>),则 500 m 和 1 000 m 分辨率的遥感数据能够看出结构特征,依然可用于植被信息的提取和分析(图 3)。

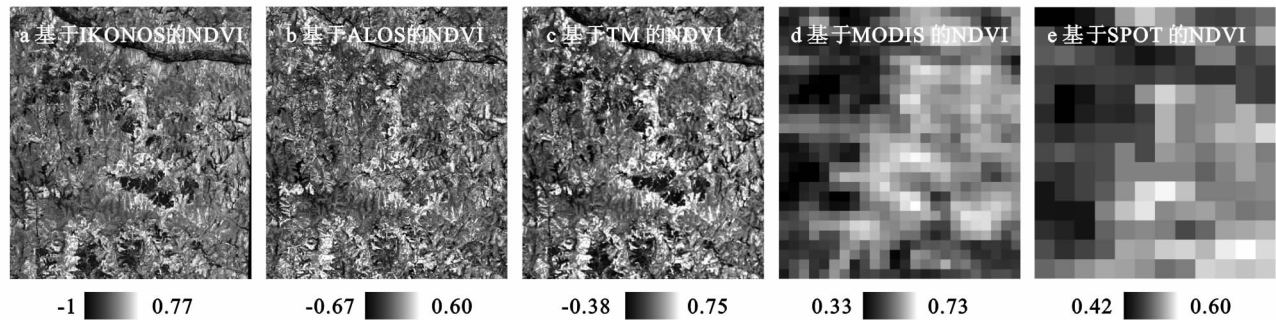


图 1 样区 1 不同分辨率影像的高分样区 NDVI 信息汇总

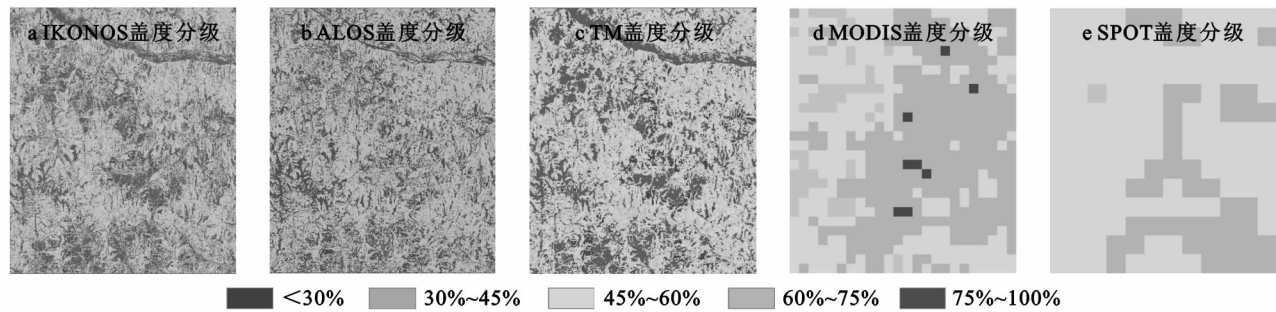


图 2 高分样区不同分辨率影像植被盖度分级信息汇总

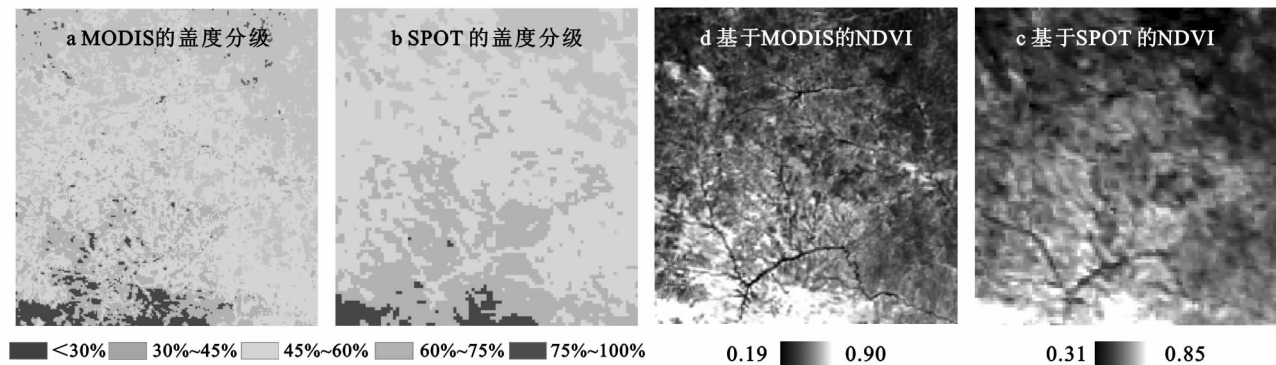


图 3 低分样区不同分辨率影像 NDVI 及植被盖度分级信息汇总

表 2 不同分辨率 NDVI 影像统计参数

误差	IKONOS	ALOS	TM	MODIS(1)	MODIS(2)	SPOT(1)	SPOT(2)
最大值	0.7683	0.6022	0.7500	0.7325	0.8967	0.6040	0.8480
最小值	-1.000	-0.6693	-0.3846	0.3261	0.1909	0.4200	0.3120
均值	0.3207	0.2490	0.2938	0.5520	0.4813	0.5180	0.5020
标准差	0.1577	0.1460	0.1289	0.0878	0.1101	0.0386	0.0792

对比各高分样区的 NDVI 参数(见表 2)发现:随着分辨率的降低,各尺度 NDVI 影像的取值范围不断收拢,呈现最大值不断减小,最小值随之不断增加的

现象。当空间分辨率降低到 1 km,其 NDVI 取值收拢到 0.288~0.408。相对的不同分辨率 NDVI 影像参数的标准差也随着分辨率下降而不断减小,表明随

着分辨率的降低,图像的对比度在下降,提取植被信息的效果随着降低<sup>[17]</sup>。各影像 NDVI 均值随分辨率的变化不大。在分析高分样区不同分辨率植被覆盖度影像参数(见表 3)后发现植被覆盖度参数变化情

表 3 不同分辨率植被盖度参数统计

误差	IKONOS	ALOS	TM	MODIS(1)	MODIS(2)	SPOT(1)	SPOT(2)
最大值	1.0000	1.0000	1.0000	0.7769	0.9539	0.6701	0.9705
最小值	0.000	0.0009	0.0052	0.3533	0.1852	0.4472	0.3164
均值	0.4720	0.4509	0.4442	0.5896	0.5103	0.5688	0.5475
标准差	0.2293	0.1988	0.1918	0.0949	0.1163	0.0455	0.0969

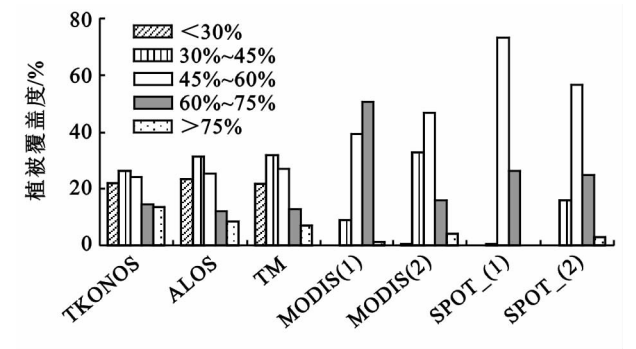


图 4 不同分辨率植被覆盖度直方图

从 IKONOS 到 TM,随着分辨率的降低,植被盖度分级结果中处于边缘的两个等级所占比例在不断下降,而中间等级盖度所占比例却在不断上升。但是 TM、ALOS、IKONOS 这三种影像的植被盖度分级结果中各等级盖度所占比例分布情况均能大致服从正态分布的规律;当分辨率下降到 500 m 时,植被盖度分级结果已经明显出现盖度分布向中间等级集中的极端现象,较低和较高级别的值在分布中已经不占有比例,在该空间范围下这两个分辨率影像所反演出的盖度与地表的实际植被覆盖产生很大的偏差,盖度分级信息有所缺失,不能准确、如实地表达出研究区的盖度分布。在比较大的范围内,各级的值(NDVI 和植被覆盖度)与小范围内高分辨率数据的值相似,说明在扩大表达范围的情况下,所要关注的对象规模变大,这使得在该情况下影像像元的大小与关注对象大小相当,图像能够表达该尺度下的信息,因而各级的值与较小范围内高分辨率数据相似。

3.3 植被覆盖度提取的精度分析

在统计分析的基础上通过对比植被覆盖度信息在不同分辨率遥感影像中的信息空间分布与真值的差异,可以从空间分布的精度方面研究分辨率对盖度提取结果的影响。

在土地利用及景观分析中常用土地利用/景观转移矩阵来分析区域土地利用的数量、结构以及各用地类型的变化<sup>[18]</sup>。可以将其扩展到揭示同一地区不同分辨率影像反演的植被盖度分级各类型间数量的空

况与 NDVI 影像类似。

3.2 盖度分级的尺度效应

分析各样区植被覆盖度直方图(图 4),可以看出不同分辨率影像的植被覆盖度分布呈现以下规律:

间结构变化特征研究中来。本文用同一地区不同分辨率序列变化来替换同一地区时间序列变化,以 IKONOS 各盖度面积数据作为参考基准,研究分辨率变化对不同盖度等级区的反演结果带来的面积变化。计算结果见表 4。对 TM 做相应的面积和百分比矩阵(由于 MODIS 和 SPOT 不能完整的反演出该地区盖度分布,所以这里不对其做分析),结果见表 5。分析可见:(1) 基于 ALOS 的提取结果,各列分布比较分散,而基于 TM 的结果则在矩阵  $i$  行  $i$  列相对比较集中;(2) TM 矩阵  $i$  行  $i$  列的值均大于 ALOS 的百分比,也就是 TM 的盖度数据较 ALOS 的盖度小。对比真值,对各等级不变的面积求和(这部分可以理解为反演结果与真值相符的部分),计算出其占总面积的百分比,ALOS 为 31.5041%,TM 为 43.5065%,TM 的反演结果更接近于 IKONOS。

表 4 ALOS 反演盖度分布转移矩阵

盖度	<30%	30%~45%	45%~60%	60%~75%	>75%
<30%	18.43	35.06	31.29	11.55	3.67
30%~45%	10.24	41.41	34.59	10.35	3.41
45%~60%	7.04	34.29	40.69	13.58	4.40
60%~75%	6.14	28.09	40.03	19.01	6.74
>75%	5.11	23.06	36.33	22.68	12.82

表 5 TM 反演盖度分布转移矩阵

盖度	<30%	30%~45%	45%~60%	60%~75%	>75%
<30%	47.83	37.87	11.95	2.02	0.33
30%~45%	8.83	49.23	34.66	6.34	0.94
45%~60%	3.21	29.02	52.02	13.84	1.90
60%~75%	2.25	16.26	47.83	28.00	5.66
>75%	1.20	8.87	31.06	37.22	21.65

3.4 不同分辨率植被覆盖度信息量对比

针对以上的分析结果可以看出,高分样区小流域范围的植被盖度提取结果 TM、ALOS、IKONOS 三种影像的反演结果相差不大,也就是说在样区 1 范围内 TM 的反演结果可以满足需要。这里将 TM 以一

定的间隔通过重采样得到 50~1 000 m 分辨率,计算其植被覆盖度的信息量。在这里采用 Woodcock 以局部方差来表示影像信息量的方法<sup>[5-6]</sup>,对 TM 重采样序列反演结果进行对比,结果如图 5 所示。

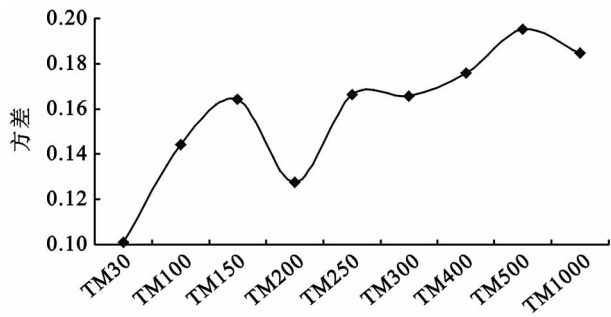


图5 TM植被覆盖度数据重采样序列局部方差统计

根据分辨率与局部方差的关系,当分辨率近似等于我们研究的对象大小时,局部方差的变化会出现一个峰值。结合图5可以看出TM重采样到150 m其反演的植被盖度局部方差有一个峰值。说明在以173 km<sup>2</sup>面积小流域为研究对象时,150 m近似等于在流域内所关注的对象大小,该分辨率下的图像能够表达该尺度下的信息,其可以满足研究需要。

## 4 结论

本文通过对同一地区相同时段植被遥感常用的几种分辨率影像计算NDVI,并以此为基础反演植被覆盖度信息,分析分辨率对植被覆盖信息提取的影响,得出以下结论:(1)在大、中尺度下,粗分辨率影像应用比较广泛,但是分辨率对影像反演出的植被盖度精度常常被使用者忽略。分析分辨率对盖度提取的影响显得十分重要;(2)高分辨率的NDVI及植被覆盖度影像各统计参数分布范围较大,有相对较大的标准差,植被覆盖度分级结果则呈现良好的正态分布,但是随着分辨率不断降低,NDVI及盖度值的分布范围都在不断缩小,并且有向中间值收敛的规律;盖度分级结果分布呈现逐渐向中间集中的趋势,到500 m的MODIS已经不能表达地表盖度分布规律;(3)但当空间范围扩大,MODIS和SPOT的反演结果有所改善,基本可以反映地表植被盖度的概率分布;(4)引进土地利用常用的土地利用转移矩阵以及信息量算法可以大致评价盖度反演结果,以分辨率引起的各等级覆盖度内的面积变化为研究对象,用矩阵表示各等级内不变的面积作为反演精度,其结果表明较小面积流域为研究对象时,150 m分辨率遥感影像依然可满足植被覆盖度提取的需要。

### 参考文献:

[1] 梅安新,彭望球,秦其明. 遥感导论[M]. 北京:高等教育

出版社,2007.

- [2] Friedl M A, Davis F W, Michaelsen J, et al. Scaling and uncertainty in the relationship between the NDVI and land surface biophysical variables: An analysis using a scene simulation model and data from FIFE[J]. Remote Sensing of Environment, 1995, 54(3): 233-246.
- [3] Shoshany M, Kutiel P, Lavee H. Monitoring temporal vegetation cover changes in Mediterranean and arid ecosystems using a remote sensing technique: case study of the Judean Mountain and the Judean Desert[J]. Journal of Arid Environments, 1996, 33(1): 9-21.
- [4] Qi J, Marsett R C, Moran M S, et al. Spatial and temporal dynamics of vegetation in the San Pedro River basin area[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2000, 105(1): 55-68.
- [5] Strahler A H, Woodcock C E, Smith J A. On the nature of models in remote sensing[J]. Remote Sensing of Environment, 1986, 20(2): 121-139.
- [6] Woodcock C E, Strahler A H. The factor of scale in remote sensing[J]. Remote sensing of Environment, 1987, 21(3): 311-332.
- [7] 苏理宏, 李小文, 黄裕霞. 遥感尺度问题研究进展[J]. 地球科学, 2001, 16(4): 544-548.
- [8] 汤国安, 张友顺, 刘咏梅. 遥感数字图像处理 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [9] 罗亚, 徐建华, 岳文泽. 基于遥感影像的植被指数研究方法述评[J]. 生态科学, 2005, 24(1): 75-79.
- [10] Xiao X, Boles S, Liu J, et al. Characterization of forest types in Northeastern China, using multi-temporal SPOT-4 VEGETATION sensor data[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 82(2): 335-348.
- [11] 李忠峰, 李雪梅, 蔡运龙. 基于 SPOT-VEGETATION 数据的榆林地区土地覆盖变化研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(2): 56-59.
- [12] 刘咏梅. 基于高时间分辨率遥感数据的区域水土保持植被综合分类研究: 以黄土高原为例[D]. 陕西杨凌: 中国科学院水利部水土保持研究所, 2006.
- [13] 汤国安, 张友顺, 刘咏梅. 遥感数字图像处理[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [14] 张云霞, 李晓兵, 陈云浩. 草地植被盖度的多尺度遥感与实际测量方法综述[J]. 地球科学进展, 2003, 18(1): 85-93.
- [15] 马娜, 胡云锋, 庄大方. 基于遥感和像元二分模型的内蒙古正蓝旗植被覆盖度格局和动态变化[J]. 地理科学, 2012, 32(2): 251-256.
- [16] 水利部水土保持司. GB/SL190-2007 土壤侵蚀分类分级标准[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008.
- [17] 负培东, 曾永年, 历华. 不同遥感影像融合方法效果的定量评价研究[J]. 遥感信息, 2007(4): 40-45.
- [18] 鲁春阳, 齐磊刚, 桑超杰. 土地利用变化的数学模型解析[J]. 资源开发与市场, 2007, 23(1): 25-27.