

基于遥感的自然生态环境监测与评价——以普洱市思茅区为例

沈 润, 罗 琪, 叶 蕾, 蒋永泉

云南师范大学地理学部, 云南 昆明
Email: 397940490@qq.com

收稿日期: 2020年12月11日; 录用日期: 2021年1月8日; 发布日期: 2021年1月18日

摘 要

遥感技术的发展为自然生态环境的监测提供了准确、高效的技术手段。基于2018年3月的Landsat数据以及DEM数据, 提取了植被覆盖度、土壤指数和坡度三个重要生态因子, 并将归一化后的因子带入构建的综合指数评价模型, 得出了思茅区生态环境质量指数, 最后根据指数值进行分级, 对思茅区的自然生态环境质量进行了评价与分析。研究结果表明: 思茅区的自然生态环境质量以良和差为主, 研究区东北部和东南部的生态环境质量差, 西部相对较好。该研究结果与实际情况基本符合, 因此基于遥感的自然生态环境监测与评价的方法, 能够为区域的生态环境监测、治理和改善提供重要参考。

关键词

生态环境质量, 生态因子, 遥感, 综合指数评价模型

Monitoring and Evaluation of Natural Ecological Environment Based on Remote Sensing—A Case Study of Pu'er Simao District

Run Shen, Qi Luo, Lei Ye, Yongquan Jiang

Faculty of Geographical Science, Yunnan Normal University, Kunming Yunnan
Email: 397940490@qq.com

Received: Dec. 11th, 2020; accepted: Jan. 8th, 2021; published: Jan. 18th, 2021

文章引用: 沈润, 罗琪, 叶蕾, 蒋永泉. 基于遥感的自然生态环境监测与评价——以普洱市思茅区为例[J]. 自然科学, 2021, 9(1): 64-71. DOI: 10.12677/ojns.2021.91009

Abstract

The development of remote sensing technology provides accurate and efficient technical means for monitoring the natural ecological environment. Based on the Landsat data and DEM data in March 2018, the three important ecological factors of vegetation coverage, soil index and slope were extracted, and the normalized factors were brought into the constructed comprehensive index evaluation model, and the Simao district was obtained. Eco-environmental quality index, finally classified according to the index value, to evaluate and analyze the natural ecological environment quality of Simao District. The results of the study show that the quality of the natural ecological environment in Simao District is mainly good and poor, the quality of the ecological environment in the northeast and southeast of the study area is poor, and the west is relatively good. The research results are basically in line with the actual situation. Therefore, the method of natural ecological environment monitoring and evaluation based on remote sensing can provide an important reference for regional ecological environment monitoring, management and improvement.

Keywords

Ecological Environment Quality, Ecological Factors, Remote Sensing, Comprehensive Index Evaluation Model

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着社会经济的快速发展以及自然环境的不断改变,生物多样性减少、水土流失、土地荒漠化等环境问题层出不穷,给社会经济可持续发展带来严重挑战[1]。当自然生态环境的自我调节和恢复能力下降时,将会使生态环境不断遭到破坏,从而导致区域生态失衡与环境破坏甚至危及人类生存与发展[2]。因此,对区域生态环境进行实时、快速、准确的监测是流域生态保护以及生态文明建设的重要环节。

区域生态环境评价方法主要有模糊评判法、层次分析法、网络分析法和综合指数法[3]。以往生态评价方法所选指标获取难度大,不能快速准确反映整个研究区的评价结果。遥感技术的发展推动了区域生态环境评价研究的发展,利用卫星遥感技术对生态系统进行监测和评价,便于快速、全面评价生态环境时空变化,已成为区域生态环境评价的创新点[4]。2006年原环境保护部发布的《生态环境状况评价技术规范(试行)》为生态环境状况评价提供了标准,生态环境状况指数(EI)得到广泛应用[5]。如戚涛[6]基于植被、水热条件、土壤等构建了评价模型,对清江流域的生态环境质量进行评价;周小成[7]通过建立容纳土壤侵蚀、植被指数、土壤亮度指数、坡度指数等八个二级环境影响因子对九龙流域生态环境质量进行评价;王士远[8]根据从遥感影像中提取的绿色度、湿度、亮度和干度指标,以及利用遥感生态指数对长白山自然保护区进行评价,指出生态环境质量的关键是反映生态环境的绿色度、湿度、热度和干度指标。

思茅区为普洱市市政府所在地,其森林覆盖率达到70.28%,被称为“中国天然氧吧”。作为我国唯一的绿色经济试验示范区,绿色生态发展在路上,生态系统质量提升便是重要立足点[9]。本研究从遥感影像中提取植被、土壤、坡度等影响生态环境质量的重要生态因子,通过构建评价模型,获得思茅区生

态环境质量评价结果，从而达到对思茅区生态环境质量的监测与评价，为区域生态环境保护 and 综合治理提供科学依据。

2. 研究区概况与数据来源

2.1. 研究区概况

思茅区位于云南省南部，普洱市中南部，其地理坐标为：北纬 $22^{\circ}27' \sim 23^{\circ}06'$ 、东经 $100^{\circ}19' \sim 101^{\circ}27'$ (图 1)。东西长 118 公里，南北宽 72 公里，总面积 3928 平方公里。地势西北高，东南低，中部隆起，山脉和峡谷相间分布，构成中山深谷地貌。最高海拔为 2154.8 米，最低海拔为 578 米，海拔高度落差近 1576 米，地形起伏强烈。思茅区属低纬高原亚热带季风气候区，立体气候明显，年均气温 17.8°C ，年均降雨量 1524.4 毫米，具有高温、多雨的特点，干湿季明显，冬无严寒，夏无酷暑，四季温和。思茅区有林地 494.2 万亩，森林覆盖率 70.28%，是全省第二大林区和重点林区之一。

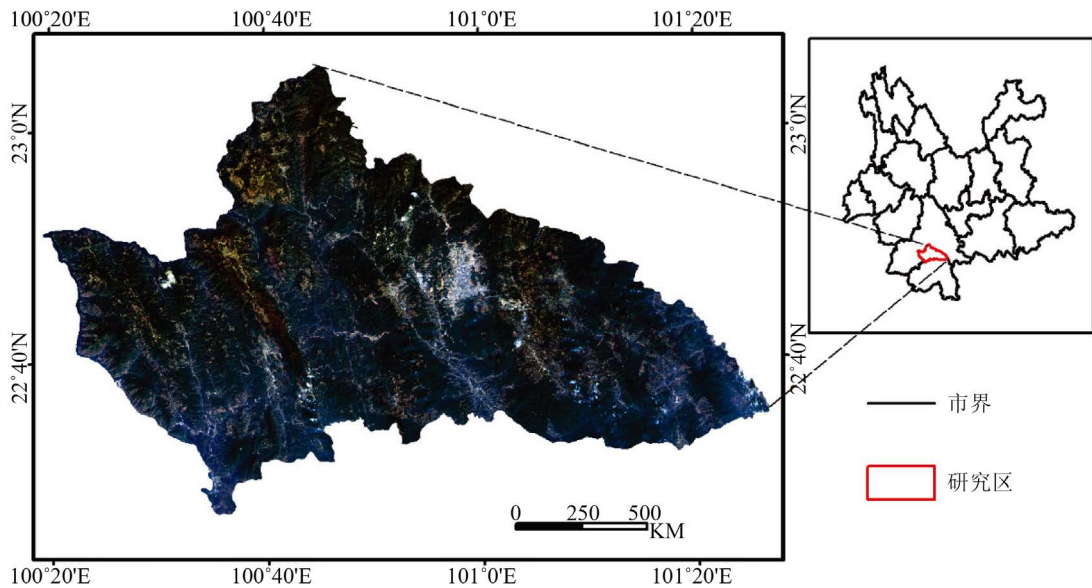


Figure 1. Location of Pu'er Simao District
图 1. 普洱思茅区区位

2.2. 数据及来源

2.2.1. Landsat 数据

Landsat 数据 1 级产品下载自美国地质调查局(USGS) (<https://glovis.usgs.gov/>)，数据成像周期为 16 d，空间分辨率为 30 m，适合进行宏观监测。由于研究区的气候为低纬高原亚热带季风气候，干湿季明显，湿季云雨天气较多，可见光数据可用性差，因此用于本文的 Landsat 数据选自这一地区干季(当年 11 月初至次年 3 月中旬)，同时考虑到影像的成像质量以及云层覆盖等因素，最终选取的影像的获取时间为 2018 年 3 月 8 日。由于研究需要用到地表反射率数据，因而本文使用 FLAASH 大气校正模型对 Landsat 数据进行大气校正。

2.2.2. 地形数据

本文选用的地形数据为数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM) (<http://www.gscloud.cn/>)。由于 DEM 数据与 Landsat 数据的分辨率不同，因此需要对 DEM 数据进行重采样。

3. 研究方法

生态环境状况主要是以生态环境状况指数(EI)来体现, 其关键在于选取影响生态环境的各个生态因子, 如植被覆盖度、土壤指数、坡度等。首先, 在 ENVI 中采用像元二分法和缨帽变换对 Landsat 数据进行运算, 获得植被覆盖度和土壤指数, 然后利用 ENVI 的地形分析工具对 DEM 数据进行地形分析以提取研究区坡度因子, 再对植被覆盖度、土壤指数和坡度进行归一化处理, 建立生态环境质量评价模型, 计算出自然生态环境指数, 最后根据评价结果对研究区生态环境质量进行分级, 得出思茅区生态环境质量分级图, 见图 2。

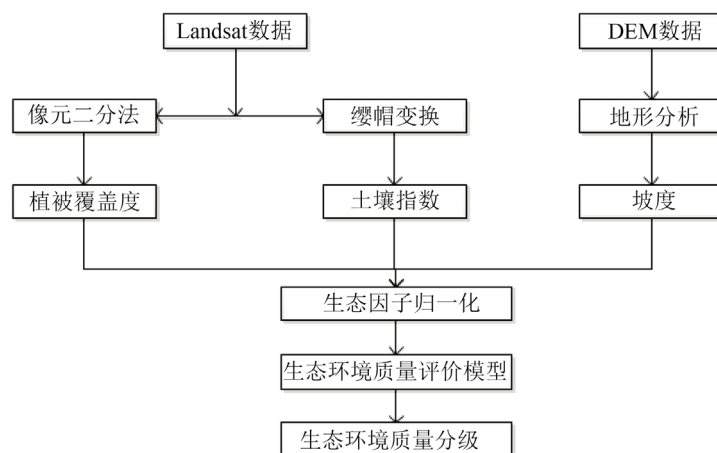


Figure 2. Technique routes chart

图 2. 技术流程

3.1. 生态因子提取

3.1.1. 植被覆盖度提取

植被覆盖度可以反映区域生态环境质量, 一般通过植被覆盖指数(PV)进行度量。植被覆盖指数是指植被(包括叶、茎、枝)在地面的垂直投影面积占统计区总面积的百分比, 是表征植被的一个重要生物物理参量[10]。本文通过基于植被指数的像元二分法获得植被覆盖度, 其估算模型为:

$$FC = (NDVI - NDVI_{\min}) / (NDVI_{\max} - NDVI_{\min}) \quad (1)$$

其中, FC 是植被覆盖度, NDVI 是归一化植被指数, $NDVI_{\max}$ 表示区域最大 NDVI 值, $NDVI_{\min}$ 表示区域最小 NDVI 值。由于图像中不可避免的存在噪声, $NDVI_{\max}$ 和 $NDVI_{\min}$ 并不一定是最大 NDVI 值和最小 NDVI 值。因此根据图像直方图分别取两头“拐点处”的值, 即一定的置信度。

3.1.2. 土壤指数提取

土壤指数是评价土壤情况的重要因子, 因此本文将土壤指数作为评价生态环境质量的重要指标。本文采用前人研究的裸土植被指数模型(GRABS) [11]:

$$GRABS = VI - 0.09178BI + 5.58959 \quad (2)$$

其中, VI 和 BI 分别为缨帽变换的绿色指数和土壤亮度指数。BI 和 VI 指数可分别用来评价裸土和植被的行为, VI 指数与不同植被覆盖有较大的相关性, 土壤亮度对植被指数有相当大的影响, 裸土信息变化的主要部分是由它们的亮度造成的, 故由 BI 和 VI 线性组合形成的裸土植被指数能很好地反映土壤的裸露情况[12]。

3.1.3. 坡度提取

坡度是影响土壤侵蚀、植被生长的主要地形因子，因此坡度因子是自然生态环境评价中必不可少的生态因子。一般情况下，土壤侵蚀量随着坡度的增大而增加，但在人为扰动下，即使坡度较小，也会因人类活动频繁或土地利用程度较高而使土壤和植被受到破坏，致使土壤侵蚀程度加重。本文利用 ENVI 的 Terrain 工具对 DEM 数据进行地形分析，以获取坡度。

3.2. 生态因子归一化

由于各评价因子的量纲不一样，没有可比性，难以进行生态环境质量的评价，因此需要对各生态因子指标进行归一化处理。各指标的量化分值依其对生态环境质量的贡献程度，采用统一顺序原则，即按照它们对生态环境正向影响的大小，从高到低分为若干级，对环境质量贡献越大，编码值越大，反之则编码值越小。

3.2.1. 植被覆盖度

根据植被对生态环境质量的贡献程度，将植被覆盖度分为 10 级，覆盖度越大编码值越大(表 1)。

Table 1. Vegetation coverage grading
表 1. 植被覆盖度分级

覆盖率%	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50
编码值	1	2	3	4	5
覆盖率%	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100
编码值	6	7	8	9	10

3.2.2. 土壤指数

由于土壤的组成与土壤侵蚀息息相关，因此本文采用的是裸土植被指数作为土壤因子，将裸土植被指数划分为 10 级，质量越好编码值越大(表 2)。

Table 2. Soil Index Grading
表 2. 土壤指数分级

指数值	-5680~-1021	-1021~-718	-718~-470	-470~-277	-277~-111
编码值	1	2	3	4	5
指数值	-111~26	26~163	163~301	301~494	494~1800
编码值	6	7	8	9	10

3.2.3. 坡度因子

一般情况下，侵蚀量和坡度成正相关，将研究区划分 10 级坡度类型，按坡度越低越有利于土地资源利用原则，较低的坡度区赋予较高分值(表 3)。

Table 3. Gradient factor rating table
表 3. 坡度因子分级表

坡度值	>43	38~43	33~38	28~33	23~28
编码值	1	2	3	4	5
坡度值	18~23	13~18	8~13	3~8	<3
编码值	6	7	8	9	10

3.3. 生态环境评价

根据确定好的归一化对照表，利用 ENVI 的密度分割工具(Raster Color Slices)进行归一化处理，再确定各生态因子对生态环境影响的权重，最后利用综合评价指数计算出研究区的评价结果，其值越大表示生态环境质量越好。本文采用的评价模型是综合指数法[13]：

$$E = W_1 * S_v + W_2 * S_s + W_3 * S_t \tag{3}$$

其中，E 为生态环境综合评价，S_v 为归一化后植被覆盖度，S_s 为归一化后土壤指数，S_t 为归一化后坡度。再采用专家打分法确定其权重：W₁ = 0.7，W₂ = 0.2，W₃ = 0.1 [14] [15]，由此可知，植被覆盖度的贡献最大，其次是裸土指数，坡度贡献最小，最后将归一化后的生态因子以及各因子的权重带入上述评价模型，得到生态环境指数，并根据指数值的高低进行分级，分为优、良、中、差共 4 个等级(表 4)。

Table 4. Ecological environment assessment grading

表 4. 生态环境评价分级

评价等级	综合评价指数	说明
优 9~10		自然生态环境基本未受到破坏，生态结构合理、稳定、生态系统自身功能和自我恢复能力很强。
良 6~9		自然生态环境基本未受到破坏，生态结构合理、稳定、生态系统自身功能和自我恢复能力较强。
中 4~6		自然生态环境基本受到破坏，生态结构合理、稳定、生态系统自身功能和自我恢复能力较弱。
差 1~4		自然生态环境破坏严重，生态结构不合理，生态系统自身功能和自我恢复能力很弱。

4. 结果分析

本文将归一化后的生态因子指标带入综合指数评价模型，得到了综合评价指数，并对评价结果进行分级，再基于 2018 年的遥感影像和 DEM 数据，获得了思茅区 2018 年生态环境质量等级图(图 3)以及各等级所占比重的统计图(图 4)。

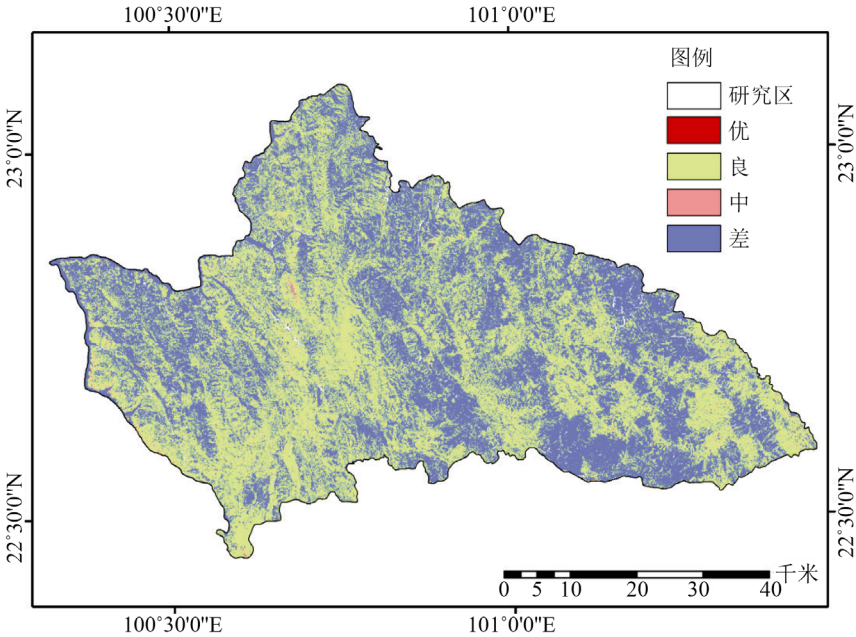


Figure 3. Ecological environment quality classification

图 3. 生态环境质量分级

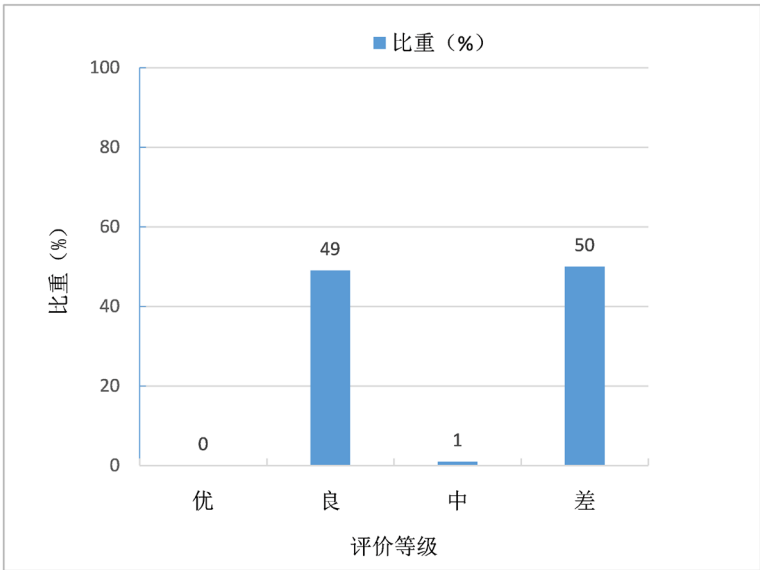


Figure 4. Statistics of the proportion of each evaluation grade
图 4. 各评价等级所占比重统计

从以上分析得出，思茅区评价等级为优的区域的比重为 0%，说明该地区不存在自然生态环境基本未受到破坏的区域；评价等级为良的区域的比重为 49%，面积为 1924.72 km²，说明该地区大部分区域的自然生态处于良好状态，主要土地利用类型为林地和草地，是思茅地区生态系统质量整体提升的巩固区域，可作为思茅市生态系统质量的集中保护地带，继续保持与完善原有对林地、草地等的保护与管理，立足当地找寻存在的问题，提出针对性的对策建议，实现思茅地区生态环境的高质量发展。评价等级为中的区域的比重为 1%，面积为 3.93 km²。评价等级为差的区域的比重为 50%，面积为 1964 km²，原因是这些地区主要受到大规模开发建设的影响，还受到较高人口密度、高坡耕地比例的影响。说明该地区的自然生态环境破坏严重，生态结构不合理，生态系统自身功能和自我恢复能力很弱。主要土地利用类型为耕地、建设用地等，是思茅地区生态环境质量的影响地段，极易受人干扰，一旦遭到破坏便很难在短期恢复，可作为思茅地区重点整治的区域。

从空间上来看，生态环境质量差的地区仍然占据较大的面积，主要集中在中部、南部地区，原因是这些区域主要为城市发展地区，经济发展较快，加之人口较多，加重了环境污染，导致生态环境质量较差；这些区域属于生态脆弱区，在生态质量改善的时期也仍处于中等级别，说明该区域自然生态环境条件相对比较落后，生态结构不合理，导致环境破坏严重，生态系统自身功能和自我恢复能力很弱，该区域进行生态恢复和重建十分困难。研究区的东南部地势较低，人类活动频繁，土地利用程度高，致使土壤和植被受到一定破坏，使其自然生态环境质量差；研究区西部地势相对较高，土壤侵蚀较东南部严重，但由于该地区植被覆盖率高，人类干扰较少，因此自然生态环境质量以良和中等为主。

普洱市思茅地区生态环境质量改善的建设性措施：1) 采取退耕还林、治沙种草、防护林建设、封禁保护现有森林和治理土地退化的措施，有效遏制普洱市思茅地区生态环境质量恶劣趋势。2) 认真贯彻落实水保方针和水土流失治理原则，建立了有效防护水土流失措施，推行生态建设工程，推动思茅地区生态环境建设，提高人民的思想素质，以及调整农村产业结构，带动土地利用结构的调整与优化。

5. 结论

本文通过遥感技术手段对思茅区的自然生态环境进行监测与评价，从影响自然生态环境的植被、土

壤和坡度等重要生态因子出发,构建了生态环境质量评价模型,对该区域的生态环境进行了评价与分析。思茅区大部分区域的生态环境以良和差为主,研究区东北部和东南部的生态环境质量差,西部相对较好。相关部门需要完善自然生态环境保护的措施,以提高其生态环境质量,尤其要加强生态环境质量差的区域的治理,制定出符合该区域自然和经济和谐发展的措施。

但是,本文仅选取了植被覆盖度、土壤指数和坡度三个生态因子,使得评价结果不够全面,并且选取的遥感数据仅一个时期的,没有进行该区域的动态监测,因此还存在些不足,后续将从时空尺度对思茅市的生态环境展开评价工作。

参考文献

- [1] 赵其国, 黄国勤, 马艳芹. 中国生态环境状况与生态文明建设[J]. 生态学报, 2016, 36(19): 6328-6335.
- [2] 夏萍娟, 陈芳清. 大型水利水电工程扰动区景观生态恢复与建设的探讨[J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(增刊 1): 103-107.
- [3] 刘立冰, 熊康宁, 任晓冬. 基于遥感生态指数的龙溪-虹口国家级自然保护区生态环境状况评估[J]. 生态与农村环境学报, 2020, 36(2): 202-210.
- [4] 刘索玄, 袁艳斌, 赵皞, 李倩. 基于遥感生态指数的水电开发区生态环境变化分析: 以清江中下游地区为例[J]. 生态与农村环境学报, 2019, 35(11): 1361-1368.
- [5] 张媛, 王靖飞, 黄云龙, 吴亦红, 李洪波. 关于生态环境状况评价指标计算的问题与探讨[J]. 河北工业科技, 2008(6): 363-365.
- [6] 戚涛. 基于遥感的区域植被生态环境质量综合评价研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中科技大学, 2007.
- [7] 周小成, 汪小钦, 江洪, 等. 九龙江流域生态环境质量遥感评价与分析[J]. 地球信息科学学报, 2009, 11(2): 231-236.
- [8] 王士远, 张学霞, 朱彤, 等. 长白山自然保护区生态环境质量的遥感评价[J]. 地理科学进展, 2016, 35(10): 1269-1278.
- [9] 马品, 郭三杰, 周芹芳, 郭丽琴. 基于 GIS 的普洱市生态系统质量评价[J]. 生态经济, 2020, 36(2): 188-195.
- [10] 朱玉霞. 基于 MODIS 数据的草原荒漠化年际动态变化研究——以内蒙古自治区为例[J]. 中国草地学报, 2007, 29(4): 2-8.
- [11] 马娜, 胡云锋, 庄大方, 等. 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.
- [12] 张衍华, 毕建杰, 高珂歆, 等. 基于遥感和 GIS 的泰安市生态环境评价及动态监测研究[J]. 山东气象, 2012, 32(1): 1-5.
- [13] 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+60.
- [14] 牛安逸, 马姣娇, 陈志云. 基于遥感技术及综合指数法的广州市自然生态环境评价[J]. 中国城市林业, 2015, 13(6): 11-15.
- [15] 况润元, 罗卫, 张萌, 等. 基于遥感的赣江源地区地表生态环境评价[J]. 江西理工大学学报, 2014, 35(5): 34-39.