

彭一平, 刘振华, 肖北生, 等. 基于高分遥感的县域耕地质量监测[ J ]. 江苏农业学报, 2019, 35( 4 ): 841-846.  
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2019.04.013

## 基于高分遥感的县域耕地质量监测

彭一平<sup>1,2,3,4</sup>, 刘振华<sup>1,2,3,4</sup>, 肖北生<sup>5</sup>, 胡月明<sup>1,2,3,4</sup>

(1.华南农业大学, 广东 广州 510642; 2.国土资源部建设用地再开发重点实验室, 广东 广州 510642; 3.广东省土地信息工程技术研究中心, 广东 广州 510642; 4.广东省土地利用与整治重点实验室, 广东 广州 510642; 5.广东省土地开发整治中心, 广东 广州 510635)

**摘要:** 耕地作为土地资源的精华, 其质量变化与农业可持续发展息息相关。目前耕地质量监测技术存在监测范围小、投入大、效率较低等问题, 难以实现耕地质量快速监测。本研究以中国自主高分遥感卫星数据及其他耕地相关数据为基础, 依据“状态-压力-响应(PSR)”框架, 从生产压力指标(*PPI*), 耕地状态指标(*LSI*), 社会行为指标(*SAI*)三方面构建指标体系, 利用遥感反演得到耕地质量评价指标, 快速获取耕地质量分布信息。以广州市从化区为例, 对监测的耕地质量评价结果与实际耕地质量评价结果进行比较, 结果表明: 利用本研究建立的监测模型获取的从化区耕地质量为11~16等的面积分别为98.89 hm<sup>2</sup>、813.06 hm<sup>2</sup>、4 994.10 hm<sup>2</sup>、9 927.60 hm<sup>2</sup>、5 630.21 hm<sup>2</sup>和1 811.69 hm<sup>2</sup>, 总体精度达到77.84%, Kappa系数为0.720 9, 模拟结果可靠。这为耕地质量评价提供了新的思路。

**关键词:** 耕地质量; 遥感监测; GF-1 卫星; 指标评价

**中图分类号:** TP75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2019)04-0841-06

## Research on county cultivated land quality monitoring based on high resolution remote sensing

PENG Yi-ping<sup>1,2,3,4</sup>, LIU Zhen-hua<sup>1,2,3,4</sup>, XIAO Bei-sheng<sup>5</sup>, HU Yue-ming<sup>1,2,3,4</sup>

(1. South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. Key Laboratory of Construction Land Improvement, Ministry of Land and Resources, Guangzhou 510642, China; 3. Guangdong Province Engineering Research Center for Land Information Technology, Guangzhou 510642, China; 4. Guangdong Province Key Laboratory for Land Use and Consolidation, Guangzhou 510642, China; 5. Guangdong Land Development and Management Center, Guangzhou 510635, China)

**Abstract:** As the essence of land resources, cultivated land is closely related to the sustainable development of agriculture. There are some problems in monitoring the quality of arable land, such as small monitoring scope, large investment, and low efficiency, which make it difficult to monitor rapidly. Using GF-1 data and other cultivated land related data, this study built an indicator system according to the "pressure-state-response (PSR)" framework including the production pressure index (*PPI*), cultivated land status index (*LSI*) and social behavior index (*SAI*). The evaluation index of cultivated land quality was obtained by remote sensing inversion, and the information on the quality distribution of cultivated land was

obtained quickly. Taking Conghua District of Guangzhou as an example, the evaluation results of estimated cultivated land quality were compared with those of actual cultivated land quality. The result showed that the quality of cultivated land in the Conghua area obtained by the monitoring model had six degrees, from 11 to 16, and the areas were 98.89 hm<sup>2</sup>, 813.06 hm<sup>2</sup>, 4 994.10 hm<sup>2</sup>, 9 927.60 hm<sup>2</sup>, 5 630.21 hm<sup>2</sup> and 1 811.69 hm<sup>2</sup>, respectively. The overall accuracy

收稿日期: 2018-09-25

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0800301, 2016YFC0501801);  
广东省林业科技创新项目(2015KJCX047); 青海省科技计划项目(2017-ZJ-730); 广州市科技计划项目(201804020034)

作者简介: 彭一平(1994-), 男, 广东揭阳人, 硕士生研究生, 主要从事土地监测和遥感技术研究。(E-mail) 517903632@qq.com

通讯作者: 胡月明, (E-mail) ymhu@scau.edu.cn

was 77.84%, and the Kappa coefficient was 0.720 9, which showed that the simulation results were reliable. In conclusion, these results provide new ideas for the evaluation of cultivated land quality.

**Key words:** cultivated land quality; remote sensing monitoring; GF-1 satellite; indicator evaluation

耕地是珍贵而有限的自然资源,耕地质量关系到国家粮食安全、农产品质量安全及生态安全,是保障社会持续健康发展、满足人民物质需要的必要基础<sup>[1]</sup>,而快速获取耕地信息对于耕地管理具有重要意义。目前国内外用于获取耕地质量信息的手段主要是进行实地调查,但由于中国耕地资源存在分布范围广且质量不稳定,传统的调查方法难以满足耕地质量管理的需要。随着科技的发展,利用遥感手段进行土地信息的监测已经成为研究的重点,遥感能快速并且准确地获取土地变更信息,实现地区性的土地资源调查以及土地利用变化信息的监测。

为探究利用遥感监测耕地质量的可行性,有关学者开展了一系列的研究,张韬等<sup>[2]</sup>以 TM 影像为数据源,对内蒙古乌拉盖开发区进行土地资源质量等级的遥感识别,结合自然地理与社会因素对研究区进行评价,并编制出乌拉盖开发区土地资源质量等级分布图。刘凌云等<sup>[3]</sup>采用 QuickBird 遥感影像,用屏幕矢量化方法对陕西省杨凌区进行土地分类,结合 GIS 划分耕地评价单元,完成耕地的分等定级。方琳娜等<sup>[4]</sup>以山东省即墨市为研究区域,以 SPOT 多光谱影像及耕地地力调查数据为数据源,构建耕地质量评价遥感指标体系。杨建锋等<sup>[5]</sup>采用 LandSat 遥感影像为数据源,提取耕地质量评价指标,进而进行耕地等别识别评价研究。

前人关于耕地质量遥感监测的研究主要集中在 GIS 和遥感结合来获取耕地质量信息<sup>[6]</sup>,遥感主要是获取部分耕地质量指标,影像也主要采用 TM 和 SPOT 数据, TM 空间分辨率较低,而 SPOT 费用较高。因此,获取的耕地质量信息周期长的问题并没有得到很好的改进,为了提高耕地质量评价的效率,本研究依据“状态-压力-响应(PSR)”框架,利用中国自主高分遥感卫星数据进行耕地指标的提取,旨在有效获取耕地质量分布信息。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

广州市从化区地处广东省中部,广州市东北面,

珠江三角洲到粤北山区的过渡带。其地理坐标为东经113°17′~114°04′,北纬23°22′~23°56′,东邻龙门县,南与增城、广州白云区接壤,西与广州花都区、清远市相连,北与清远佛冈县、新丰县毗邻。全区总面积1 974.5 km<sup>2</sup>,设有太平、温泉、良口、吕田、鳌头 5 个镇以及街口、城郊、江埔 3 个街道。

### 1.2 数据来源及预处理

采用 2014 年 11 月 22 日和 2015 年 4 月 15 日的两景空间分辨率为 16 m×16 m 的高分一号数据, 2013 年 12 月 27 日的空间分辨率为 8 m×8 m 高分一号影像以及 30 m×30 m 分辨率的 DEM 数据为基础数据源,对高分一号影像进行辐射定标、大气校正及正射校正等预处理。为结合利用不同传感器的遥感数据信息特征,采用 Pansharpen 融合算法对全色和多光谱数据进行融合。

### 1.3 评价指标体系的构建

依据前人相关研究结果<sup>[4,7-8]</sup>,按照 PSR 框架,将土地质量指标(LQI)分成 3 组:生产压力指标(PPI)、耕地状态指标(LSI)和社会行为指标(SAI)。同时,考虑到从化区耕地、自然和社会经济情况,选取坡度和土壤退化指数表征生产压力指标,土壤肥力指数和土壤水分指数表征耕地状态指标,以及采用土地利用程度指数表征社会行为指标,以此构建从化区耕地质量监测评价指标<sup>[4]</sup>。具体评价指标如表 1 所示。

表 1 研究区耕地质量评价指标<sup>[4]</sup>

Table 1 Evaluation index of cultivated land quality in the study area

目标层	准则层	指标层
耕地质量评价指标 (LQI)	生产压力指标 (PPI)	坡度 (Slope)
		土壤退化指数 (RVI)
	耕地状态指标 (LSI)	土壤肥力指数 (NDVI)
		土壤水分指数 (DVI)
	社会行为指标 (SAI)	土地利用程度指数 (LUD)

鉴于中国高分影像数据的接收情况,同时考虑到从化区水田上农作物在四月份基本上为禾苗,光谱信息主要以水体光谱为主,此时的植被指数不宜用于获取耕地等级评价指标,因此采用的是11月份高分数据;对于旱地和水浇地而言,其地上农作物主要为花生、玉米及蔬菜,其在四月份时为生长茂盛时期,地面覆盖较好,因此采用四月份遥感数据用于水浇地和旱地的研究。

#### 1.4 评价指标的获取

##### 1.4.1 生产压力指标(PPI)

1.4.1.1 坡度 地形坡度是影响耕地空间分布的主要因素之一,同时也是影响耕地质量变化的重要因素之一。随着地形坡度的增加,地块的土壤侵蚀危险性越大,耕作和水土保持措施布设也会越受限制,因此耕地主要分布在地势平坦的平原地区。由此可见,不同坡度耕地直接影响着耕地质量,而本研究区位于珠江三角洲与粤北山区之间的过渡地带,地处山区,耕地质量状况受地形坡度的影响程度更深,因此将地形坡度作为衡量耕地质量状况的一项重要指标。

1.4.1.2 土壤退化指数 选取比值植被指数(RVI)作为反映土壤退化指数的生产压力指标参与评价,其计算公式如下:

$$RVI = \rho_{\text{nir}} / \rho_{\text{red}} \quad (1)$$

式中, $\rho_{\text{nir}}$ 表示近红外波段的反射率, $\rho_{\text{red}}$ 表示红光波段的反射率。RVI值越大说明该区域植被指数越高,耕地环境的胁迫程度越低,生产压力越小。

1.4.2 耕地状态指标 根据前人相关研究结果<sup>[4]</sup>,选取土壤肥力指数和土壤水分指数作为耕地状态指标。

1.4.2.1 土壤肥力指数 归一化植被指数(NDVI)能够准确地反映植被的覆盖程度,体现土壤肥力<sup>[9-10]</sup>。采用归一化植被指数来反映植被覆盖信息,用于表征耕地质量的状态,其具体公式如下:

$$NDVI = (\rho_{\text{nir}} - \rho_{\text{red}}) / (\rho_{\text{nir}} + \rho_{\text{red}}) \quad (2)$$

NDVI数值越高,说明该区域植被覆盖度越高,土壤肥力越高,相应的耕地质量越好。

1.4.2.2 土壤水分指数 Lesley-Ann等<sup>[11]</sup>经过研究发现,在遥感影像中,差值植被指数(DVI)能有效地反映地表湿度信息,从而体现土壤的水分状况。而在农业生产过程中,土壤水分对其影响非常重要,土壤水分条件与耕地质量状况息息相关。因此本研究

选取差值植被指数用于反映土壤水分信息,进而表征研究区的耕地质量状态。其中,差值植被指数具体公式如下:

$$DVI = \rho_{\text{nir}} - \rho_{\text{red}} \quad (3)$$

1.4.3 社会行为指标 社会行为是耕地质量状况非常重要的一个影响因素,如:耕地的管理水平、利用方式以及投入情况等均影响着耕地质量状况<sup>[12]</sup>。由于耕地的投入情况、管理水平不同最终体现在耕地利用方式上,从而使各类耕地在利用程度上和耕地质量上出现差异,因此本研究选取土地利用程度(LUD)作为代表社会行为指标,研究耕地质量的状况。在上述研究的基础上,对遥感影像中所获取的耕地类型进行赋分,获取各用地类型土地利用程度分值<sup>[13]</sup>。

本研究主要采用最大似然分类法获取土地利用程度信息。最大似然分类法是用统计方法根据最大似然比贝叶斯判决准则建立非线性判别函数集,假设分布函数都满足正态分布,选择训练样区,计算各待分类样区的归属概率,进而对图像进行分类的一种方法<sup>[14]</sup>。采用混淆矩阵对分类结果进行精度验证。其分类的总体精度为87.5%、Kappa系数为0.8513,说明分类效果较好。在此基础上,对研究区内耕地进行进一步耕地信息提取,如图1所示,其总体评价精度如表2所示,总体精度为0.94856。

本研究在从化区土地利用图的基础上,对不同耕地类型进行提取,然后分别对其进行质量评价,因此,在耕地质量综合评价的过程中,不考虑社会行为指标。

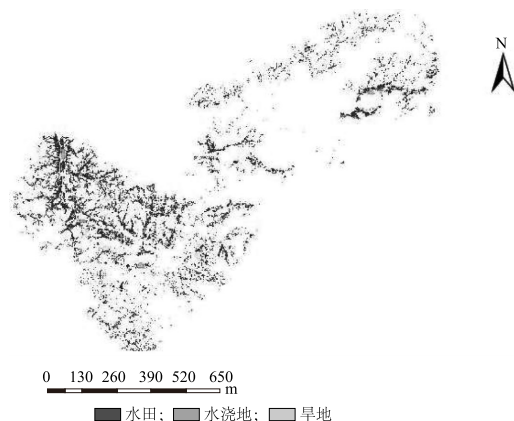


图1 耕地信息分布图

Fig.1 Distribution map of cultivated land information

### 1.5 耕地质量监测评价指标等级划分

不同的评价指标对于耕地质量的影响程度差异较大,必须对各耕地质量监测评价指标进行等级划分,找出各个评价指标与耕地质量等级之间的关系,获取各指标的等级划分值,用于耕地质量评价。为此,以第二次全国土地调查数据和实际调研数据为参考数据,结合野外调查的大量样本数据,对研究区的 *NDVI* 指数、*RVI* 指数、*DVI* 指数和坡度进行多组阈值设置试验,确定最优阈值区间(表 3、表 4、表 5、表 6)。

表 2 耕地分类精度评价

Table 2 Classification accuracy evaluation of cultivated land

参考图像	分类图像			
	水田	水浇地	旱地	总和
水田	5 373	58	79	5 510
水浇地	46	2 371	112	2 483
旱地	136	92	1 052	1 280
总和	5 555	2 521	1 243	9 273

表 3 坡度级别设置阈值划分

Table 3 Threshold setting of slope level

坡度	级别
0°~2.0°	16
2.1°~5.0°	15
5.1°~8.0°	14
8.1°~15.0°	13
15.1°~25.0°	12
>25.0°	11

表 4 水田的 *NDVI*、*RVI* 和 *DVI* 设置阈值

Table 4 Threshold setting of *NDVI*, *RVI* and *DVI* for paddy fields

<i>NDVI</i> 指数	<i>RVI</i> 指数	<i>DVI</i> 指数	级别
≥0.56	≥3.41	≥0.32	16
0.46~0.55	2.51~3.40	0.23~0.32	15
0.26~0.45	1.81~2.50	0.15~0.22	14
0.17~0.25	1.39~1.80	0.11~0.14	13
0.05~0.16	1.00~1.38	0.05~0.10	12
<0.05	<1.00	<0.05	11

### 1.6 构建耕地质量监测评价模型

以中国高分一号遥感数据为主要数据源,依据

“状态-压力-响应(PSR)”框架构建耕地质量评价指标体系,利用遥感反演得到耕地质量评价指标,确定各指标值与耕地质量之间的关系,采用德尔菲法确定各指标的权重。根据专家打分的结果,确定 *SLOPE*、*DVI*、*NDVI* 和 *RVI* 的权重分别为:0.20、0.25、0.25、0.30,最终得到的从化区耕地质量综合评价模型为:

表 5 水浇地的 *NDVI*、*RVI* 和 *DVI* 设置阈值

Table 5 Threshold setting of *NDVI*, *RVI* and *DVI* for irrigated land

<i>NDVI</i> 指数	<i>RVI</i> 指数	<i>DVI</i> 指数	级别
≥0.53	≥3.2	≥0.351	16
0.45~0.52	2.7~3.1	0.261~0.350	15
0.33~0.44	2.0~2.6	0.169~0.260	14
0.11~0.32	1.2~1.9	0.041~0.168	13
0.05~0.10	0.7~1.1	0.010~0.040	12
<0.05	<0.7	<0.010	11

表 6 旱地的 *NDVI*、*RVI* 和 *DVI* 设置阈值

Table 6 Threshold setting of *NDVI*, *RVI* and *DVI* for dry land

<i>NDVI</i> 指数	<i>RVI</i> 指数	<i>DVI</i> 指数	级别
≥0.26	≥1.7	≥0.15	13
0.18~0.25	1.3~1.6	0.08~0.14	12
<0.18	<1.3	<0.08	11

$$LQI = 0.20 \times CLQG_{SLOPE} + 0.25 \times CLQG_{DVI} + 0.25 \times CLQG_{NDVI} + 0.30 \times CLQG_{RVI} \quad (4)$$

式中,  $CLQG_{SLOPE}$ 、 $CLQG_{DVI}$ 、 $CLQG_{NDVI}$  和  $CLQG_{RVI}$  分别表示 *SLOPE*、*DVI*、*NDVI* 和 *RVI* 的等级。根据公式(4),结合已有的耕地质量分等定级相关数据,在得到的 *LQI* 等级值中采取四舍五入的方法确定最终耕地质量等级,最终汇总各专题分类信息。

## 2 结果与分析

根据上述研究得到的耕地质量综合评价模型,对研究区域的耕地质量进行计算分析,最终得到从化区耕地质量评价等级结果。同时统计出各等级耕地面积的相关信息(表 7)。



表 7 从化区耕地各等级质量的面积信息

Table 7 Area information of cultivated land at different quality levels in Conghua District

等别	像元数	总面积 (hm <sup>2</sup> )
16	70 769	1 811.69
15	219 930	5 630.21
14	387 797	9 927.60
13	195 082	4 994.10
12	31 760	813.06
11	3 863	98.89

根据实地考察,采集 5 177 个样点,并结合第二次全国土地调查的相关数据,对评价结果进行验证,结果如表 8 所示。

表 8 耕地质量评价精度验证

Table 8 Accuracy verification of cultivated land quality evaluation

分类	制图精度 (%)	用户精度 (%)
16	78.42	92.67
15	70.95	93.50
14	86.92	59.49
13	75.58	72.31
12	51.57	100.00

本研究结果的总体精度达到 77.84%,Kappa 系数为0.720 9。表明利用本研究构建的模型获取的耕地质量评价结果是可靠的。

为了进一步验证信息提取精度可靠性,本研究以第二次全国土地调查中耕地质量评价结果作为参考,对研究区域进行局部放大(图 2)。

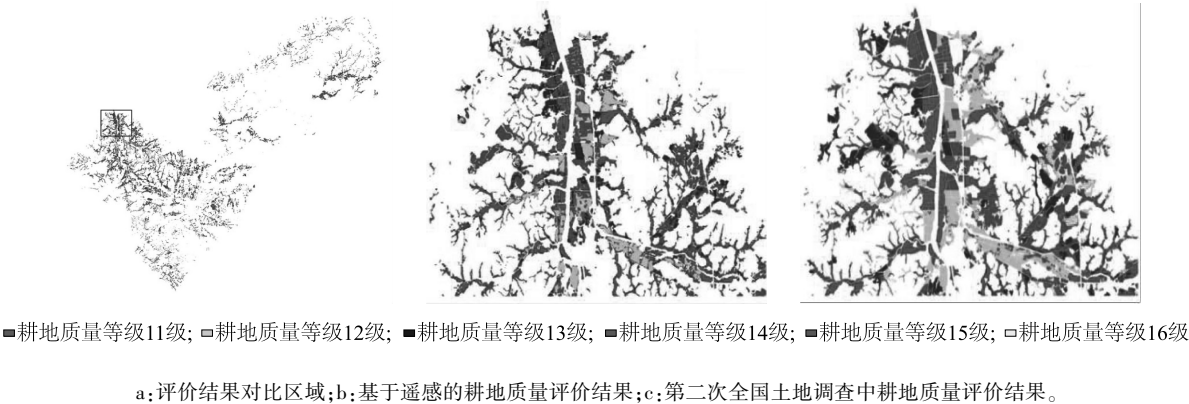


图 2 两种耕地质量评价结果比较

Fig.2 Comparison of two cultivated land quality evaluation results

从图 2 可以看出,2 种评价结果的耕地等级空间分布基本一致,但存在一定的精度误差,这是因为耕地质量评价模型中所用的参数多用植被指数获取,耕地质量受植被影响很大,而我们获取的高分遥感影像数据为 4 月份和 11 月份的数据,在该研究区内这 2 个月有些耕地农作物已有收割,这对我们研究区的耕地质量划分造成了一定的影响。

### 3 讨论

本研究按照压力-状态-响应(P-S-R)框架,利用中国高分影像获取评价指标,采用德尔菲法确定指标的权重,进而构建耕地质量监测评价模型,最终得到从化区耕地质量评价等级结果。同时参考第二次

全国土地调查结果,结合实地考察,对评价结果进行验证。最终总体精度为 77.84%,Kappa 系数为 0.720 9。因此,我们获取的耕地质量评价结果是可靠的,利用中国高分卫星进行耕地质量信息提取具有一定的可行性。

目前利用遥感技术进行土壤耕地质量评价研究主要采用 TM 和 SPOT,在此方法中研究区的农作物覆盖较为简单,可直接利用土地利用程度指数(LUD)与其他 4 个耕地质量模型的指标参数进行耕地质量评价;模型评价中直接用每个指标的百分值进行耕地质量评价,此外 SPOT 数据购买价格高。本研究在前人的基础上,考虑广州从化区较为复杂的土地利用类型,经过不断试验,优化了耕地质量评

价指标,没有直接考虑社会行为指数,而是每一个影响指标都是在土地利用的基础上,参考有关耕地质量划分资料对每个指标进行等级划分,然后再用4个耕地指标的等级划分值获取耕地质量划分结果。另外,本研究使用的遥感影像是由中国自主研发、发射的高分一号遥感卫星获取,这也对高分一号影像数据的有效使用提供了依据。

由于时间、卫星数据和资金的限制,本研究仅选取了两期高分一号影像数据进行试验,这很大程度影响模型的可靠性。随着中国高分卫星的发展,今后可结合多源遥感数据,进一步完善模型。此外,多数耕地质量的主控因子可以通过遥感识别获取。但由于高分一号影像数据只有4个波段,导致很多主控因子(如土壤酸碱度、灌溉保证率和剖面构型等)无法通过此数据进行反演,这也导致了评价结果精度不够理想。在今后的研究中可结合多源遥感数据,进一步完善评价指标体系,以获取更加理想的评价结果。

#### 参考文献:

- [1] 徐明岗. 耕地质量调查监测与评价意义重大[N]. 农民日报, 2016-07-28(3).
- [2] 张 韬,王 炜. 遥感信息在土地资源等级划分与质量评价中的应用[J]. 干旱区资源与环境, 2003, 17(6): 60-65.
- [3] 刘凌云,孙依斌,崔晓临. QuickBird 遥感影像在区域耕地定级中的应用研究[J]. 水土保持通报, 2007, 27(5): 53-57.
- [4] 方琳娜,宋金平. 基于 SPOT 多光谱影像的耕地质量评价——以山东省即墨市为例[J]. 地理科学进展, 2008, 27(5): 71-78.
- [5] 杨建锋,马军成,王令超. 基于多光谱遥感的耕地等别识别评价因素研究[J]. 农业工程学报, 2012, 28(17): 230-236.
- [6] 李 婷,吴克宁. 基于遥感技术的耕地质量评价研究进展与展望[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(15): 5-9.
- [7] 郭旭东,邱 扬,连 纲,等. 基于 PSR 框架的土地质量指标体系研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 2003(5): 479-489.
- [8] 蒲秋实. 基于 PSR 框架的小城镇土地集约利用评价指标体系研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2008.
- [9] TURNER B L, MEYER W B. Land use and land cover in global environmental change: considerations for study[J]. Int Soi Sci J, 1991, 130: 669-680.
- [10] 王家圣. 由卫星图像的植被指数推算像元内的植物覆盖度——比值法与归一化差法的比较[J]. 遥感信息, 1988(4): 39.
- [11] LESLEY- ANN L, DUPIGNY- GIROUX. Using AirMISR data to explore moisture- driven land use- land cover variations at the Howland Forest, Maine; a case study[J]. Remote Sensing of Environment, 2007, 107: 376-384.
- [12] 张衍毓,王 静,史衍玺,等. 基于农户的耕地质量认识及其响应机制研究[J]. 资源科学, 2006(2): 74-81.
- [13] 孙希华. 基于 GIS 和 RS 的章丘市农业自然资源质量综合评价[J]. 山东师范大学学报(自然科学版), 2004, 19(1): 48-50.
- [14] 王利民,刘 佳,杨福刚,等. 基于分层非监督分类的油菜面积识别研究[J]. 中国农学通报, 2018, 34(23): 151-159.

(责任编辑:陈海霞)