

巫明焱, 董 光, 税 丽, 等. 基于 Landsat 8 影像的济宁市春季主要作物种植面积变化监测[J]. 江苏农业学报, 2018, 34(3): 559-569.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2018.03.012

基于 Landsat 8 影像的济宁市春季主要作物种植面积变化监测

巫明焱^{1,2}, 董 光^{1,2}, 税 丽^{1,2}, 胡大川^{1,2}, 程武学^{1,2}, 范曙峰³

(1. 四川师范大学地理与资源科学学院中心实验室, 四川 成都 610101; 2. 四川师范大学西南土地资源评价与监测教育部重点实验室, 四川 成都 610068; 3. 江苏省常州市武进区林业工作站, 江苏 常州 213159)

摘要: 准确快速获取小春作物的播种面积、空间分布及年际时空变化信息, 可为农业部门制定政策、合理安排生产提供依据。利用多期 Landsat 8 影像, 综合不同作物的光谱特征、纹理、NDVI 值等信息, 分别建立多时相小春作物提取模型, 获取济宁市小麦和大蒜的种植信息, 分析其时空动态变化。研究表明, 济宁市大蒜和小麦的种植具有明显的区域性。小麦在农业生产上占据主导地位, 空间分布广泛且较为稳定, 种植重心偏移量较小且呈逐年下降趋势, 其固定种植区的面积每年均稳定在 $3.2 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 左右, 2014–2017 年, 种植面积先增加后减少, 但波动幅度较小; 大蒜种植区主要集中在金乡县和鱼台县, 受气象状况和市场影响, 其种植面积呈现先减少后增加的趋势, 波动幅度较大, 空间分布变化也较为明显, 种植重心偏移现象突出。本研究采用面向对象分类方法提取济宁市春季主要作物种植信息, 可为农业部门掌握小春作物种植情况, 制定农业政策提供一定的技术支持。

关键词: 冬小麦; 大蒜; 多光谱遥感; 农作物种植面积提取监测

中图分类号: S127 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2018)03-0559-11

Change detection of main spring crops area in Jining based on Landsat 8 images

WU Ming-yan^{1,2}, DONG Guang^{1,2}, SHUI Li^{1,2}, HU Da-chuan^{1,2}, CHENG Wu-xue^{1,2}, FAN Shu-feng³

(1. Central Laboratory, Faculty of Geography and Resources Science, Sichuan Normal University, Chengdu 610101, China; 2. Key Laboratory of Land Resources Evaluation and Monitoring in Southwest, Ministry of Education, Sichuan Normal University, Chengdu 610068, China; 3. The Forestry Workstation of Wujin District, Changzhou 213159, China)

Abstract: Accurately and quickly obtaining the planting area of spring crops, spatial distribution and change information, which could provide the basis for the agricultural sector in the development of production plan. Based on Landsat 8 images, the spectral characteristics, texture and NDVI values of different crops were used to establish the spring crop extraction model, and the planting information of wheat and garlic in Jining was obtained. Then, the changes of crops in time

and space were analyzed. The results showed that the planting of garlic and wheat in Jining had obvious regionality. The spatial distribution of wheat was broad and stable, and the moving distance of planting core area was small. The changeless land area for wheat cultivation was about $3.2 \times 10^5 \text{ hm}^2$ in every year. From 2014 to 2017, the

收稿日期: 2017-09-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(41371125); 四川省科技厅项目(2017JY0155); 四川省教育厅重点项目(13ZA0148)

作者简介: 巫明焱(1992-), 男, 四川乐山人, 硕士研究生, 研究方向为遥感理论技术及应用, (E-mail) image715@foxmail.com

通讯作者: 程武学, (E-mail) cw714826@163.com

planting area of wheat was increased first and then decreased. Garlic was mainly concentrated in Jinxiang and Yutai. Under the influence of the weather and the market, the planting area of garlic was decreased first and then increased, the changes of spatial distribution were significant, and the moving distance of planting core area was very large. The main crop planting information was extracted based on object-oriented method in this study, the results were helpful to master the planting information of spring crops for agricultural sector and could provide technical support for establishing agriculture policy.

Key words: winter wheat; garlic; multispectral remote sensing; detection of crop planting area extraction

小春作物是头年播种次年初夏收获的作物的统称,济宁市小春作物主要为冬小麦和大蒜,其产量占小春作物产量的 90% 以上,占全年农作物产量的 40% 左右,在全年农业生产中具有举足轻重的地位。准确快速获取小春作物的播种面积、空间分布及其年际变化信息,能为政府部门制定农业政策、合理安排生产提供重要依据^[1],同时对维护粮食安全也具有重要意义^[2]。

遥感技术的大范围、实时、准确获取等特点为农作物种植面积的提取及动态监测提供了简单易行的方法^[3-8]。许文波等^[2]结合多元遥感及 GIS 数据,建立基于 MODIS/TERRA 数据的混合像元线性分解模型对河南省的冬小麦种植面积进行了遥感监测。马丽等^[9]以 Landsat5/TM 影像为数据源,采用决策树分类方法提取了河南省原阳县的玉米种植范围,同时验证了利用地块数据对提高提取精度的作用。王久玲等^[10]基于多时相 HJ 星影像,采用面向对象法对广西贵港市甘蔗种植区进行识别,证实了 HJ 星/CCD 影像在甘蔗识别上的有效性。黄健熙等^[11]采用多期 GF-1/WFV 影像,结合随机森林分类算法,提取了黑龙江省嫩江县玉米与大豆种植面积,对大区域农作物的分类提供了一定参考。在遥感技术农情监测方面,中高分辨率多时相影像、高准确度方法、高分类精度是发展趋势。

面向对象分类方法是 20 世纪末由 Baatz M 与 Schape A 提出的基于影像对象的遥感监测手段^[12],综合考虑了像元的光谱信息、对象的内部结构、纹理及相邻对象之间的关联信息^[13],具有分类速度快、工作量大、精度高等特征,近年来在土地利用/覆被变化^[14-15]、农情监测^[16-17]、生态保护^[18-19]等领域应用广泛。现有利用面向对象分类方法进行农情监测的研究,多是采用影像对单一农作物进行种植面积提取,对多种作物种植面积的时空分异特征分析略显薄弱,尽管目前高分辨率数据在农情监测领域已有所应用,但因其获取流程复杂,需多付费,难以大

范围推广使用;而 Landsat 8 数据获取简单免费,精度基本能满足提取的要求。本研究以山东省济宁市为研究对象,选取 2014–2017 年春季 4 期 Landsat8/OLI 中分辨率遥感影像,基于面向对象分类方法对山东省济宁市小春作物冬小麦、大蒜的种植面积进行逐年提取并进行时空变化分析,以期后续作物估产估值及政府决策提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

济宁市位于山东省西南腹地(图 1),是鲁南泰沂低山丘陵与鲁西南黄淮海平原交接地带,115°52′~117°36′E,34°26′~35°57′N,总面积约 $1.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。地势东高西低,东部山峦绵亘,丘陵起伏,西部以平原洼地为主,是山东省著名的农业耕作区。全市四季分明,光照降水充足,耕地面积约 6 113.2 km^2 ,占土地总面积的 54.6%,农作物以小麦、水稻、玉米、大蒜为主,其金乡县是中国著名的“大蒜之乡”。该市兼具农业型城市和资源型城市的双重特点^[20]。



图 1 济宁市位置示意图

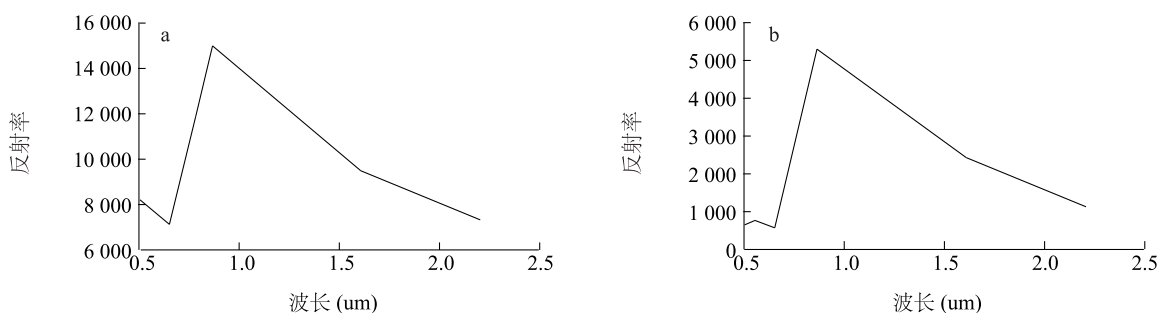
Fig.1 The location sketch map of Jinan city

1.2 数据源及预处理

研究区春季主要种植的农作物为小麦、大蒜,根据其返青时期一般在 1-4 月份,综合考虑遥感影像的成像时间、空间分辨率和光谱分辨率,本研究选取了 2014 年 3 月 21 日、2015 年 1 月 19 日、2016 年 3 月 10 日和 2017 年 2 月 9 日 4 期共 8 景的 Landsat 8/OLI 影像对山东省济宁市春季农作物的种植情况进行监测研究。该时间段的小麦和大蒜处于返青期,土壤背景与农作物颜色差异大,除常绿植被外其他均处于枯萎期,影像区分明显,非常适合小麦和大蒜种植面积的提取。

对 Landsat 8/OLI 影像数据进行预处理,主要包括辐射定标、大气校正、几何校正、图像配准、图像融合和影像裁剪等。Landsat 8/OLI 影像的波段主要包括多光谱数据、全色波段数据、卷云

波段数据、热红外数据及质量波段数据。采用 ENVI 5.4 软件的通用定标工具(Radiometric Calibration)实现对 4 期影像的辐射定标处理,再利用大气校正模块(FLAASH Atmospheric Correction),设置经纬度、传感器类型、区域平均海拔及成像时间执行大气校正,处理后影像的植被波谱曲线更接近真实植被波谱(图 2)。以 2017 年当期的影像为基准,选择另外 3 期影像进行几何校正和配准。为获取更高分辨率的影像,利用 ENVI 5.4 软件的图像融合模块(NNDiffuse Pan Sharpening)将 30 m 分辨率的多光谱波段数据和 15 m 分辨率的全色波段数据融合得到 15 m 分辨率的研究区遥感数据,融合的结果对影像的色彩、纹理和光谱信息都较好的保留。再利用济宁市的矢量边界数据,裁剪研究区的 4 期影像数据。



a:校正前;b:校正后。

图2 大气校正前后植被的波谱曲线

Fig.2 Spectral curves of vegetation before and after atmospheric correction

1.3 研究方法

传统的监督分类主要是根据训练样本的像元光谱信息进行地物的分类^[21],分类的精度易受同种地物具有不同波谱信息和同一波谱属于不同地物的影响。面向对象分类方法是集合邻近像元为对象用来识别感兴趣的光谱要素,充分利用中高分辨率的全色和多光谱数据的空间、纹理和光谱信息来分割和分类,实现不同地物的分类提取^[22]。该方法能够有效地改善“同物异谱”和“同谱异物”的问题,而且还能够准确地避免地物提取过程中出现的“椒盐现象”^[23-24]。

本研究主要利用面向对象分类方法实现济宁市 2014-2017 年每年春季种植的农作物面积动态变化研究。提取大蒜和小麦的种植面积主要分为发现对象(Find Object)和特征提取(Extract Features)两个

过程。发现对象主要包含计算影像的归一化植被指数(Normalized Differential Vegetation Index, NDVI)、颜色变换和图像的分割与合并;特征提取主要是样本的选择、样本属性的设置、分类算法的选取。依据提取的多期小春作物种植面积后,再对其进行时空动态变化分析。

2 结果与分析

2.1 面向对象的作物提取

2.1.1 归一化植被指数计算 归一化植被指数(NDVI)的计算公式^[25]:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$$

式中: ρ_{NIR} 表示近红外波段的反射率,即 Landsat 8/OLI 影像的 band 5; ρ_{RED} 表示红光波段的反射率,

即 Landsat 8/OLI 影像的 band 4。

计算获取的各年份影像的 $NDVI$ 值的基本统计量见表 1。

表 1 各年份 $NDVI$ 值统计量

Table 1 The statistics of $NDVI$

年份	最小值	最大值	平均值	标准差
2014	-0.247 907	0.518 342	0.071 666	0.122 382
2015	-0.193 857	0.366 957	0.043 399	0.072 995
2016	-0.216 409	0.407 393	0.051 313	0.084 224
2017	-0.245 795	0.419 389	0.053 301	0.089 994

2.1.2 影像分割 影像分割技术是面向对象分类方法的基础, ENVI 5.4 软件主要通过多尺度分割算法 (Multiresolution Segmentation) 实现影像的分割。影像的异质性由对象的光谱和形状的异质性决定, 其计算公式^[23]为:

$$D = W_1 \times D_{\text{color}} + W_2 \times D_{\text{shape}}$$

式中: W_1 表示光谱信息的权重值, W_2 表示形状信息的权重值, D_{color} 表示光谱异质性的值, D_{shape} 表示形状异质性的值, 其中 $W_1 + W_2 = 1$ 。

影像光谱异质性的值为:

$$D_{\text{color}} = \sum_n w_{\text{band}} \times S_{\text{band}}$$

式中: w_{band} 表示各波段的权重值, S_{band} 表示各波段的标准差值, n 表示图层数。

影像形状的异质性主要由光滑度和紧凑度衡量, 其值为:

$$D_{\text{shape}} = W_3 \times D_{\text{compact}} + W_4 \times D_{\text{smooth}}$$

式中: W_3 表示紧凑度的权重值, W_4 表示平滑度的权重值, D_{compact} 表示紧凑度, D_{smooth} 表示平滑度, 其中 $W_3 + W_4 = 1$ 。

影像分割与合并的尺度会影响农作物提取的精度。通过不断的试验和调整, 最终影像分割模块的参数设置: 选择基于边缘检测的分割算法, 分割尺度为 20; 选择 Full Lambda Schedule 的合并算法, 合并尺度为 10, 其他相关参数依据 ENVI 5.4 软件默认设置完成。

2.1.3 作物种植信息提取 本研究对 4 期遥感影像中农作物信息的提取主要采用基于规则特征的面向对象的提取方法。综合利用不同农作物的地物波

谱、纹理、 $NDVI$ 值、形状、颜色的差异, 依据样本数据, 挖掘与建立分类提取规则, 实现春季农作物提取。选取用于植被分析的 6、5、4 波段合成的影像, 完成 $NDVI$ 值的计算和影像的分割与合并后, 根据不同时期影像中不同农作物的特征, 分别提取各期影像中当年春季农作物的种植面积。由于不同时期的遥感影像的光谱信息随时间、环境因素而变化, 因此针对 4 期影像分别建立各自的提取模型, 实现春季农作物种植面积的提取。

研究发现, 对大蒜和小麦种植区提取影响最大的指标是 $NDVI$ 值, 而形状和纹理的影响权重相对较小^[26-27]。4 期遥感影像的光谱值具有一定的差异, 依据专家经验法和实地调研验证法, 基于四期遥感数据计算所得的 $NDVI$ 值, 选择适当的大蒜和小麦样本数据, 分析其光谱特征值的异同, 获取济宁市春季农作物提取模型其中的一个指标参数。通过样本数据的选取, 发现生长期的大蒜在遥感影像上呈现墨绿色, 而小麦呈现浅绿色、绿色的特征, 以此作为各期遥感影像中大蒜和小麦种植区 $NDVI$ 值域研究的基础。各期影像中样本数据的大蒜和小麦的 $NDVI$ 值域曲线见图 3。

通过确定不同年份大蒜和小麦种植区 $NDVI$ 的阈值, 获取各年份提取模型的关键指标, 并依据阈值结合实际情况分割大蒜和小麦的种植区。此外, 提取各年份大蒜和小麦种植区时, 还研究了不同年份农作物波谱差异及影像中山体阴影、建筑屋顶、山体植被、裸土等干扰因子的影响, 最终获取不同年份作物提取模型 (表 2)。

结合不同年份影像的差异, 排除其他主要因素对种植农作物提取的影响, 建立各年份的提取模型, 提取四期农作物种植区域。提取的结果见图 4。结果表明, 春季大蒜的种植具有明显的区域性, 济宁市大蒜的主要种植区位于金乡县及其邻近县域, 而小麦在全市范围内都有较大面积的种植。

2.1.4 精度评价 济宁市春季主要种植作物的提取精度主要通过面积精度和位置精度进行评价^[28]。面积精度主要依据每年济宁市统计年鉴小麦的种植面积数据及大蒜近年的市场统计数据评价。位置精度采用 2017 年 3 月对济宁市小麦和大蒜种植区实地 GPS 采点验证的准确度和 Kappa 系数来评价当年提取的精度。

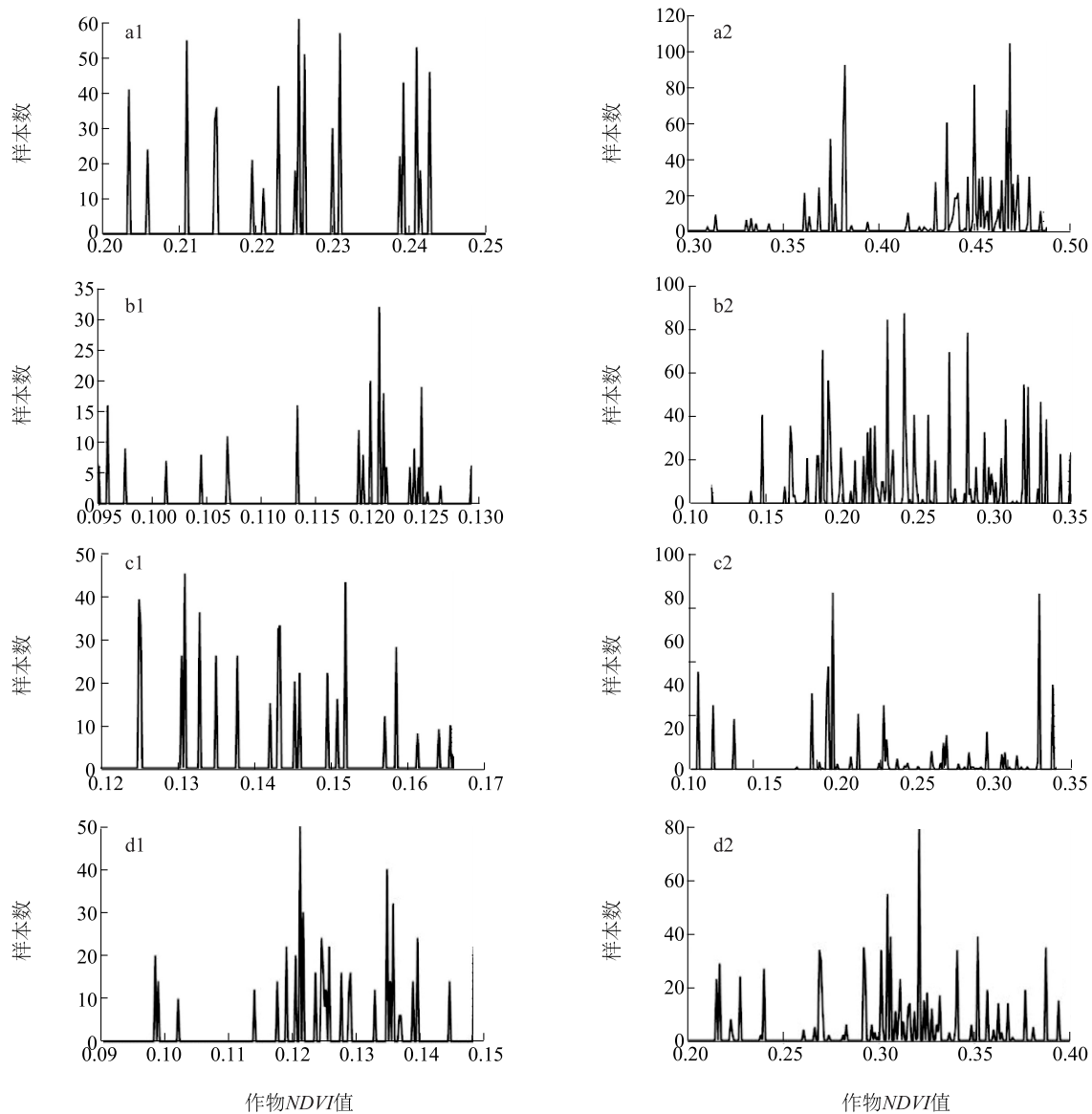


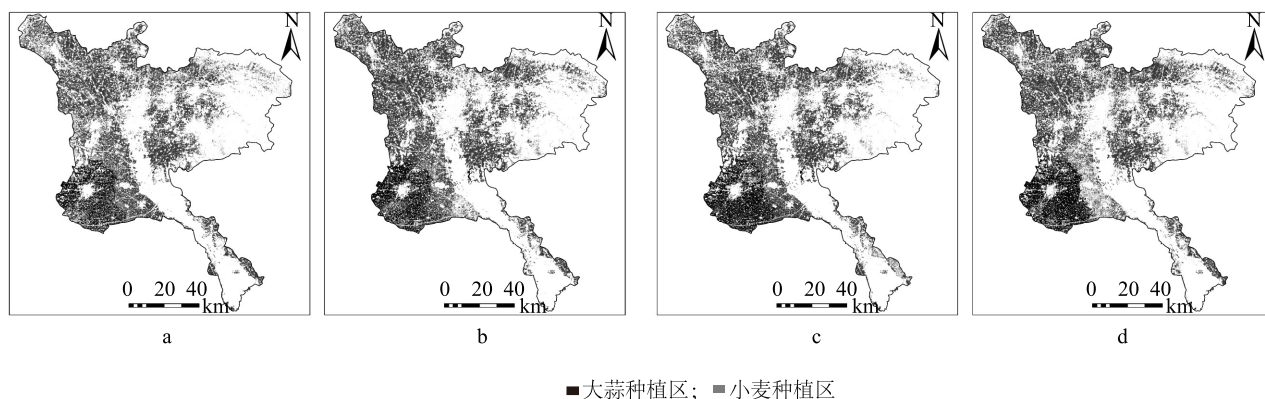
图3 各年份大蒜、小麦 NDVI 值域曲线

Fig.3 The range curve of NDVI in each year

表2 各年份的农作物提取模型

Table 2 The extraction models of crops in each year

年份	大蒜提取模型	小麦提取模型	年份	大蒜提取模型	小麦提取模型
2014	光谱均值: $0.195 \leq NDVI \leq 0.255$	光谱均值: $0.30 \leq NDVI \leq 0.49$	2016	光谱均值: $0.125 \leq NDVI \leq 0.175$	光谱均值: $0.18 \leq NDVI \leq 0.32$
	光谱 B5 最小值: $B5 > 14\ 000$	光谱 B6 最大值: $B6 < 16\ 000$		光谱 B3 最小值: $B3 > 10\ 000$	光谱 B6 最大值: $B6 < 13\ 000$
	光谱 B6 最大值: $B6 < 12\ 000$	光谱 B5 最小值: $B5 > 13\ 000$		光谱 B2 最小值: $B2 > 10\ 500$	光谱 B5 最小值: $B5 > 12\ 600$
				光谱 B5 最大值: $B5 < 13\ 000$	
2015	光谱均值: $0.09 \leq NDVI \leq 0.13$	光谱均值: $0.15 \leq NDVI \leq 0.35$	2017	光谱均值: $0.10 \leq NDVI \leq 0.15$	光谱 B7 最大值: $B7 < 9\ 400$
	光谱 B3 最小值: $B3 > 8\ 300$	光谱 B6 最大值: $B6 < 11\ 000$		光谱 B2 最小值: $B2 > 8\ 900$	光谱均值: $0.18 \leq NDVI \leq 0.40$
	光谱 B6 最大值: $B6 < 11\ 000$	光谱 B6 最小值: $B6 > 8\ 300$		光谱 B6 最大值: $B6 < 11\ 000$	光谱 B6 最大值: $B6 < 11\ 000$
	光谱 B5 最小值: $B5 > 10\ 000$			光谱 B5 最小值: $B5 > 10\ 000$	光谱 B5 最小值: $B5 > 11\ 150$



a:2014 年春季农作物提取结果;b:2015 年春季农作物提取结果;c:2016 年春季农作物提取结果;d:2017 年春季农作物提取结果。

图 4 各年份春季农作物提取结果

Fig.4 The extraction results of spring crop in each year

目前能获取 2014 年和 2015 年济宁市统计年鉴小麦的种植面积数据,故以此作为 2014 年和 2015 年小麦种植面积提取精度的评价。将提取的 2014 年和 2015 年的小麦种植面积(A_1)与统计年鉴的种植面积(A_0)对比,获得研究区域总量精度(Kr)。计算公式^[29]:

$$Kr = \left(1 - \frac{|A_1 - A_0|}{A_0}\right) \times 100\%$$

经计算 2014 年和 2015 年济宁市小麦种植面积提取的面积精度见表 3。如表 3 所示,因小麦种植区耕地形状规则,作物单一,像元区分度较高,模型对 Landsat 8/OLI 影像中小麦种植面积提取的面积精度相对较高,2014 年和 2015 年济宁市总体小麦种植面积的提取结果的面积精度达 95.64% 和 97.66%,各区县小麦种植面积的精度均在 90% 左右。2017 年提取小麦的精度采用位置精度评价,将 2017 年野外 GPS 采集的小麦种植区的定位点数据(65 个)与小麦种植面积提取结果进行空间叠加分析,90.78%(59 个)的点在小麦提取的种植区内,不在提取区内的点主要是小麦种植稀疏的区域、种植区边缘的道路。

同理,受大蒜种植面积统计数据的限制,2014 年和 2015 年大蒜种植面积的提取精度只能通过省农业厅统计的金乡县大蒜种植面积进行评价,分析 2014 年和 2015 年大蒜的提取结果的面积精度达 90.87% 和 91.14%。2017 年大蒜的提取结果采用位置精度评价,2017 年野外 GPS 采集的大蒜种植区的定位点数据(82 个)与大蒜种植面积提取结果进

行空间叠加分析,86.59%(71 个)的点在大蒜提取的种植区内。

总体而言,小麦种植区的提取精度高于大蒜种植区的提取精度,其主要与大蒜和小麦光谱特征的差异有关系。济宁市春季主要农作物的提取精度均达 85% 以上,而 2017 年整体提取验证结果的 Kappa 系数为 0.78,说明 Landsat 8/OLI 中分辨率影像应用于该类农作物种植面积变化监测的精度能满足需求。

2.2 农作物种植面积监测

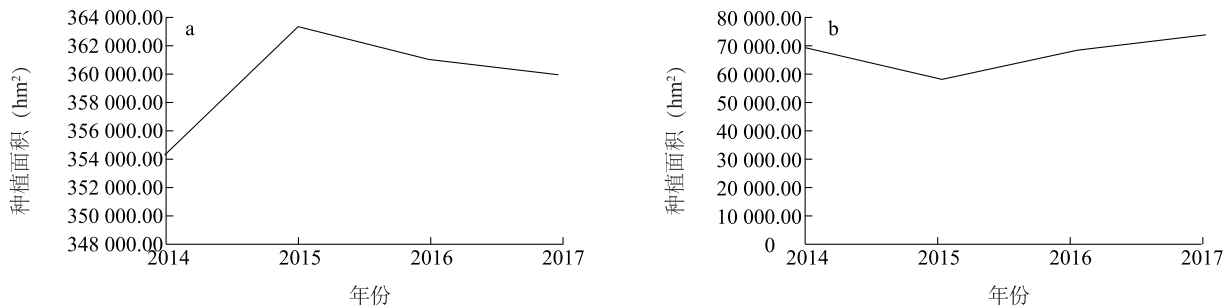
2.2.1 农作物种植面积时间动态变化

通过对四期农作物种植面积提取结果的分析,在 2014–2017 年里,济宁市大蒜种植面积呈现先减少后增加的趋势,而小麦种植面积则是先增加后减少,且波动幅度较小,研究区春季主要农作物的种植面积在四年内的变化曲线如图 5 所示。由于受到暴雪及病害等因素的影响,2015 年大蒜种植面积明显减少,而后大蒜的市场价格上涨,加之“大蒜之乡”金乡县对邻近区县的带动作用,全市的大蒜种植面积呈逐年增长趋势。小麦作为研究区种植的主要传统农作物,受土地的最大可种植面积限制,其种植面积总体上基本保持不变。而种植大蒜等其他作物带来的土地竞争与局部区域的种植条件的改变,使得小麦的种植面积在小范围内呈现先增后减的趋势。

分析济宁市各区县 2014–2017 年大蒜种植面积及年际变化率(表 3),大蒜种植区域主要集中在金乡县、鱼台县和嘉祥县,其种植面积的变化趋势均为先减少后增加,在 2015 年达到四年中的最小值,

这与全市大蒜种植面积的变化趋势表现出高度的一致性,体现出了金乡、鱼台、嘉祥 3 县在济宁市大蒜种植产业的主导地位。从 2014–2017 年,以上 3 县的大蒜种植总面积分别占全市种植面积的 87.61%、90.47%、91.85% 和 92.76%,呈逐年上升趋势,而兖州区、汶上县、曲阜县、泗水县的种植面积居全市末尾。由于大蒜种植面积较小的区县受种植

面积总量影响,种植面积的微小变化都会出现较大的年际变化率,2014–2015 年其种植面积年际变化率较大的区县主要体现在泗水县、兖州区,2015–2016 年种植面积年际变化较大的区县是任城区、曲阜县、泗水县,2016–2017 年种植面积年际变化较大的区县是曲阜县、兖州区、微山县。



a: 小麦种植面积变化; b: 大蒜种植面积变化。

图 5 2014–2017 年春季农作物种植面积变化曲线

Fig.5 Variation curve of crop planting area in the spring from 2014 to 2017

表 3 济宁市各区县大蒜种植面积年际变化

Table 3 Annual variation of garlic planting area in each county

区县	2014 年种植面积 (hm ²)	2015 年种植面积 (hm ²)	2016 年种植面积 (hm ²)	2017 年种植面积 (hm ²)	2014–2015 年变化率 (%)	2015–2016 年变化率 (%)	2016–2017 年变化率 (%)
嘉祥县	4 438.66	4 056.25	4 388.51	5 483.18	-8.62	8.19	24.94
任城区	1 324.13	896.81	1 674.97	2 044.78	-32.27	86.77	22.08
金乡县	40 232.86	36 397.82	42 937.51	45 342.76	-9.53	17.97	5.60
梁山县	1 472.33	921.68	822.91	1 240.90	-37.40	-10.72	50.79
曲阜县	798.23	795.58	107.89	181.76	-0.33	-86.44	68.47
泗水县	968.29	305.96	110.83	126.02	-68.40	-63.77	13.70
微山县	1 269.45	1 082.03	1 561.95	671.49	-14.76	44.35	-57.01
汶上县	831.47	756.56	598.81	523.04	-9.01	-20.85	-12.65
兖州区	1 256.90	304.29	149.27	232.83	-75.79	-50.95	55.98
鱼台县	15 748.86	12 345.29	15 340.09	17 604.21	-21.61	24.26	14.76
邹城市	626.83	500.56	532.96	324.14	-20.14	6.47	-39.18

如表 4 所示,济宁市各区县 2014–2017 年小麦种植面积年际变化较小,呈基本稳定状态。在各区县中,嘉祥县的小麦种植面积为历年最多,占比达 15% 左右;金乡县为历年最少,仅占全市小麦种植面积的 2% 左右。对比大蒜和小麦种植面积的变化,可以发现,大多数区县在大蒜种植面积减少的年份,

小麦的种植面积会有一定程度的增加,该情况在嘉祥县和鱼台县较为明显。嘉祥、鱼台 2 县基本实现了大蒜和小麦的协调生产,其中鱼台县 2017 年大蒜种植面积约占全市的 23.9%,小麦占比 7.2% 左右。另 2014–2015 年小麦种植面积年际变化率较大的区县是金乡县,2015–2016 年小麦种植面积年际变

化率较大的区县是任城区,2016–2017 年小麦种植面积年际变化率较大的区县是金乡县,由此可知历年小麦种植面积年际变化最大的区县主要是大蒜的

主产区金乡县,该区县受大蒜种植面积及小麦整体种植面积较少的影 响,小麦种植面积年际变化率相对较大。

表 4 济宁市各区县小麦种植面积年际变化

Table 4 Annual variation of wheat planting area in each county

区县	2014 年种植面积 (hm ²)	2015 年种植面积 (hm ²)	2016 年种植面积 (hm ²)	2017 年种植面积 (hm ²)	2014–2015 年变化率 (%)	2015–2016 年变化率 (%)	2016–2017 年变化率 (%)
嘉祥县	53 043.53	54 711.61	52 371.35	54 432.63	3.14	–4.28	3.94
任城区	32 398.27	28 653.78	33 095.79	31 231.07	–11.56	15.50	–5.63
金乡县	6 019.54	9 750.74	9 375.75	4 681.04	61.98	–3.85	–50.07
梁山县	52 000.71	51 349.17	50 352.87	51 233.25	–1.25	–1.94	1.75
曲阜县	35 909.48	35 605.23	34 370.26	36 021.96	–0.85	–3.47	4.81
泗水县	17 076.15	17 181.71	15 548.66	16 627.72	0.62	–9.50	6.94
微山县	23 904.17	24 116.59	22 717.90	24 637.20	0.89	–5.80	8.45
汶上县	48 242.53	47 010.77	48 881.89	47 533.97	–2.55	3.98	–2.76
兖州区	26 200.62	29 421.21	30 344.02	31 436.67	12.29	3.14	3.60
鱼台县	22 397.95	26 529.12	24 252.00	25 614.79	18.44	–8.58	5.62
邹城市	37 133.89	38 936.91	39 722.42	36 500.41	4.86	2.02	–8.11

2.2.2 农作物种植面积空间动态变化 从济宁市 2014–2017 年春季农作物空间分布图(图 6)可以看出,大蒜主要分布在济宁市西南部的金乡县和鱼台县。而微山湖占据了微山县大部分土地面积,使得该县不具备大面积种植大蒜的地理条件,只在北部地区有少量分布。大蒜在固定种植区内各年份有一定量的新增种植区,种植区域呈增加的趋势。其他各区县的大蒜种植面积较少,在空间上的变化不大。

从全市来看,与 2014 年相比,2015 年大蒜种植面积受暴雪天气的影响减少了 11 268 hm²,减少率达 16.34%,是近年来大蒜种植规模缩减最大的年份。2016 年,在政策和市场的双重影响下,大蒜种植规模大幅度回升,新增种植面积约 16 733 hm²,增长率达 28.67%。2017 年种植面积继续增长,新增种植土地约 10 168 hm²,增长率 14.90%。2014–2017 年,大蒜种植面积净增长 4 807 hm²。

同大蒜相比,小麦在济宁市的种植有着更为悠久的历史,在农业生产上占据着不可动摇的地位,所以小麦的种植分布格局变化不大,主要分布在济宁市的中部、北部和西北部等地势平坦的地区,南部沿微山湖地区也有一定分布。近 3 年,小麦种植保持

区的面积每年均达到了 3.2×10⁵ hm²左右,新增小麦种植面积累计约 137 851 hm²,退出小麦种植的土地面积累计约 107 326 hm²,净增种植面积约为 5 623 hm²,增加率为 1.59%。

分析图 7 各年份大蒜和小麦种植重心偏移情况,2014 年至 2016 年,由于大蒜种植大县——金乡县的带动作用,其种植区域向北部的嘉祥县以及鱼台县的中东部地区延伸,呈现出较大的重心偏移,2015 年向东北方向偏移 14.27 km,2016 年向东南方向偏移,偏移幅度达到了 23.22 km。2017 年,由于受土地总面积限制、自然条件变化等各方面因素的影响,大蒜的种植重心较 2016 年无明显偏移。由此说明金乡县对周边临县大蒜种植的带动性较强,大蒜的种植面积在全市呈现持续缓慢增长的趋势,属缓慢增长的种植发展类型。而小麦作为传统的种植农作物,其种植重心呈现稳定的状态,逐年对比可知,小麦种植重心在各年份的偏移方向均不相同,但偏移幅度较小,即使是出现最大偏移的 2015 年,其偏移量仅为 9.17 km。至 2017 年,重心偏移幅度下降至 3.86 km。由此说明小麦在全市种植区域较均衡稳定,属平衡种植的发展类型。

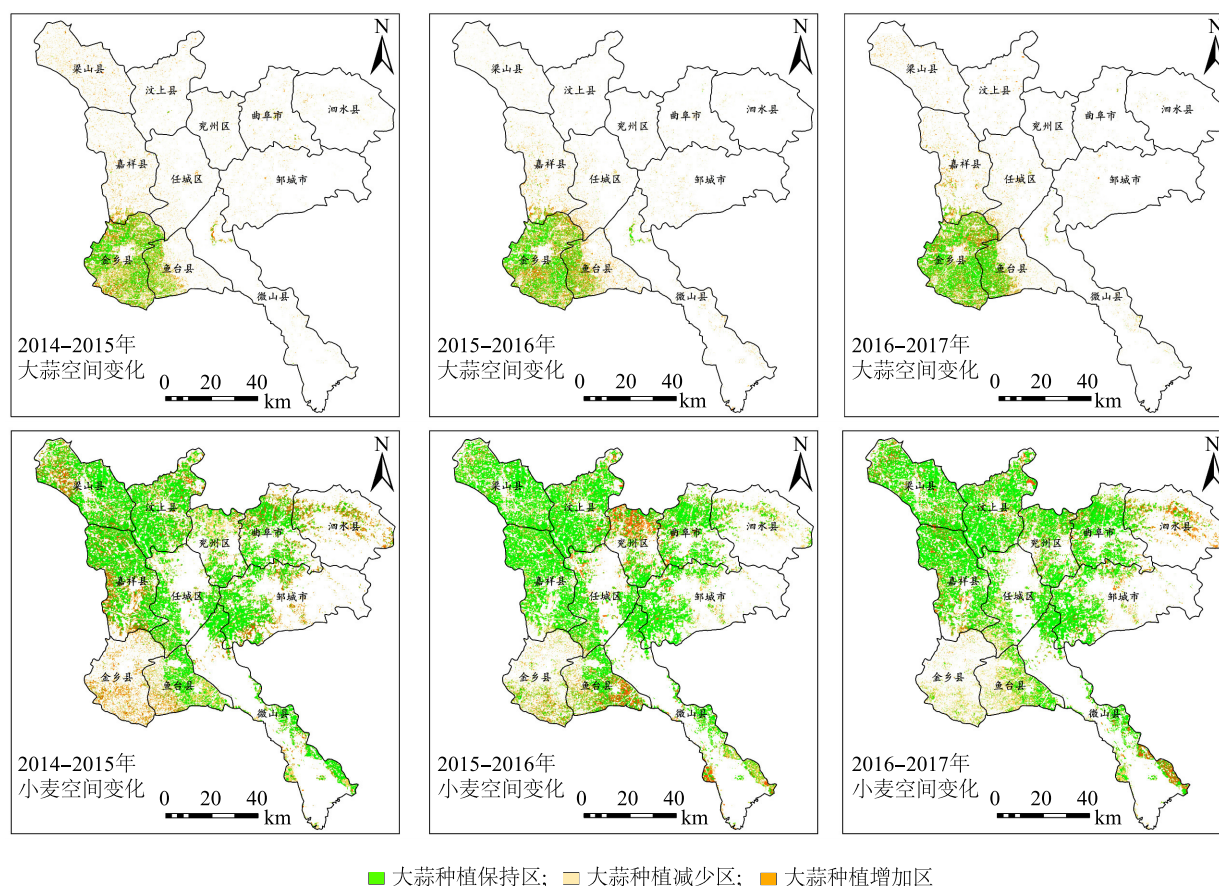


图6 2014–2017年济宁市春季农作物空间动态变化

Fig.6 Spatial dynamics of spring crops area in Jining from 2014 to 2017

3 讨论

济宁市春季主要农作物大蒜的种植具有区域性,主要种植在金乡县及其临近县域周边,而小麦在全市各区县有较大的面积种植区,其中嘉祥县的种植面积相对最多。在时间层面上,2014–2017年济宁市大蒜种植面积呈现先减少后增加的趋势,而小麦种植面积则呈先增加后减少的趋势,且波动幅度较小。在空间层面上,2014–2017年大蒜种植面积除2015年受暴雪影响,原有种植面积有所缩减外,其他年份呈增长趋势。而小麦种植区域变动幅度较小,其每年固定种植区面积达 $3.2 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 左右。研究期内4年大蒜种植重心偏移量较大,2015年和2016年重心偏移距离达14.27 km、23.22 km,种植区对周边非种植区的带动性较大。而小麦种植重心偏移幅度较小,仅在种植重心周边小范围内波动,在全市范围属较平衡种植的发展状态。

利用遥感技术对农作物种植面积进行识别和监

测是遥感应用领域的重要研究内容,也是农业部门及时掌握当年作物耕种情况的有效手段。由于面向对象的提取方法自动化程度高、面积提取精度高、提取结果稳定,已应用于农作物种植面积的遥感监测^[30]。本研究基于面向对象分类方法建立的济宁市大蒜提取模型精度达85%以上,小麦提取模型精度达90%以上,佐证了面向对象分类方法在农作物种植面积监测的准确性、有效性,该研究结果精度比利用MODIS遥感数据对该区域小麦面积的估算精度更准确^[31],此方法可移植于其他地区主要农作物种植面积的提取研究。

Landsat 8/OLI中分辨率的影像在进行农作物种植面积提取及监测时,精度基本满足农业部门对农作物监测的需求,且获取容易,处理速度快,可作为农作物遥感监测的主要数据源。但农作物种植区邻近的小道及田坎部分容易被生长的农作物覆盖,且其光谱、形状特征与作物的特征近似,易被提取为农作物种植区,一定程度的影响提取精度,如何去除

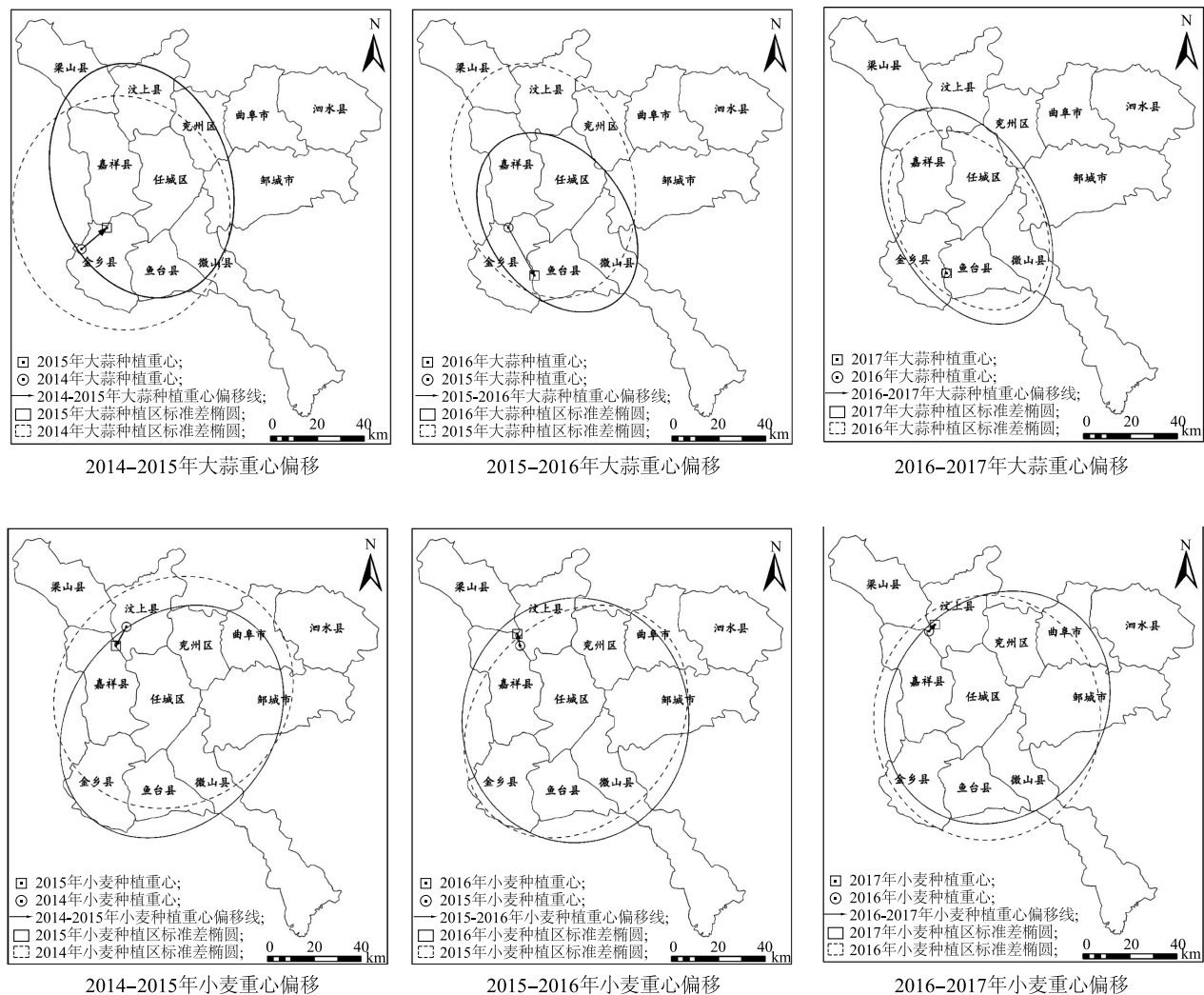


图7 2014-2017年济宁市春季农作物种植重心偏移示意图

Fig.7 The shift of planting centre of spring crops in Jining from 2014 to 2017

这些影响因素有待进一步研究。

本研究对不同年份的农作物种植面积提取时,因不同年份影像的光谱信息随时间、环境等因素而变化,分别建立各自年份的提取模型,保证了农作物种植面积提取结果的准确性,该方法可为后续其他农作物种植面积的提取研究提供参考。在监测分析农作物种植面积的空间变化时,本研究首次将种植重心引入并借助标准差椭圆分析全市各农作物种植重心的变化,探索单类农作物种植的整体趋向,有利于更准确地把握分析全市单类农作物种植的重心、动向及各区县农作物种植的互相带动性,以便落实下一年度粮种补贴,制定合理稳定的农业扶持政策,促进增收增产。

参考文献:

- [1] 顾本文,吉文娟.灰色关联度分析在云南小春作物产量预报中的应用[J].干旱地区农业研究,2006,24(3):45-48.
- [2] 许文波,张国平,范锦龙,等.利用MODIS遥感数据监测冬小麦种植面积[J].农业工程学报,2007,23(12):144-149.
- [3] VAN NIEL T G, MCVICAR T R. Determining temporal windows for crop discrimination with remote sensing: a case study in south-eastern Australia[J]. Computers & Electronics in Agriculture, 2004, 45(1-3):91-108.
- [4] 冯雪力,刘廷玺,吴世新.基于遥感抽样的新疆农区耕地利用率及其空间分异特征[J].江苏农业科学,2017,45(12):205-208.
- [5] 林子晶,李卫国,申双和,等.HJ星和GF1号数据在水稻种植面积提取中的应用[J].江苏农业学报,2016,32(1):111-117.
- [6] 胡显伟,汪彪.基于多时相资源一号04星多光谱影像的土

- 地利用分类——以海南西北部地区为例[J].南方农业学报, 2016,47(10):1807-1813.
- [7] 单捷,孙玲,于堃,等.基于不同时相高分一号卫星影像的水稻种植面积监测研究[J].江苏农业科学,2017,45(22):229-232.
- [8] 李峰,谢磊,王昊,等.基于 GF-1 影像的冬小麦面积提取及年际变化动态监测[J].山东农业科学,2017,49(8):139-144.
- [9] 马丽,顾晓鹤,徐新刚,等.地块数据支持下的玉米种植面积遥感测量方法[J].农业工程学报,2009,25(8):147-151.
- [10] 王久玲,黄进良,王立辉,等.面向对象的多时相 HJ 星影像甘蔗识别方法[J].农业工程学报,2014,30(11):145-151.
- [11] 黄健熙,侯裔焯,苏伟,等.基于 GF-1 WFV 数据的玉米与大豆种植面积提取方法[J].农业工程学报,2017,33(7):164-170.
- [12] BAATZ M, SCHAPE A. Object-Oriented and multi-scale image analysis in semantic networks. Proceedings of the 2nd International Symposium on Operationalization of Remote Sensing [C]. Enschede: ITC, 1999.
- [13] GAO YAN, MAS J F, MAATHUIS B H P, et al. Comparison of pixel-based and object-oriented image classification approaches-a case study in a coal fire area, Wuda, Inner Mongolia, China[J]. International Journal of Remote Sensing, 2006, 27(18):4039-4055.
- [14] 罗开盛,李仁东,常变蓉,等.面向对象的湖北省土地覆被变化遥感快速监测[J].农业工程学报,2013,29(24):260-267.
- [15] 肖艳,姜琦刚,王斌,等.基于 Relief F 和 PSO 混合特征选择的面向对象土地利用分类[J].农业工程学报,2016,32(4):211-216.
- [16] 李卫国,蒋楠.基于面向对象分类的冬小麦种植面积提取[J].麦类作物学报,2012,32(4):701-705.
- [17] 易凤佳,李仁东,常变蓉,等.面向对象的丘陵区水田遥感识别方法[J].农业工程学报,2015,31(11):186-193.
- [18] 莫利江,曹宇,胡远满,等.面向对象的湿地景观遥感分类——以杭州湾南岸地区为例[J].湿地科学,2012,10(2):206-213.
- [19] 崔一娇,朱琳,赵力娟,等.基于面向对象及光谱特征的植被信息提取与分析[J].生态学报,2013,33(3):867-875.
- [20] 吕建树,吴泉源,张祖陆,等.基于 RS 和 GIS 的济宁市土地利用变化及生态安全研究[J].地理科学,2012,32(8):928-935.
- [21] 贾明明,王宗明,张柏,等.综合环境卫星与 MODIS 数据的面向对象土地覆盖分类方法[J].武汉大学学报(信息科学版),2014,39(3):305-310.
- [22] 邓书斌,陈秋锦,杜会建,等. ENVI 遥感图像处理方法(第2版)[M].北京:高等教育出版社,2014.
- [23] 张森,陈健飞,龚建周.面向对象分类的决策树方法探讨——以 Landsat-8OLI 为例[J].测绘科学,2016,41(6):117-121,125.
- [24] 杨述平.归一化植被指数测量技术研究[J].应用基础与工程科学学报,2004,12(3):329-333.
- [25] ROUSE J W J, HAAS R H, SCHELL J A, et al. Monitoring vegetation systems in the great plains with erts[J]. Nasa Special Publication, 1974, 351:309.
- [26] 黄慧萍.面向对象影像分析中的尺度问题研究[D].北京:中国科学院,2003.
- [27] 胡琼,吴文斌,宋茜,等.农作物种植结构遥感提取研究进展[J].中国农业科学,2015,48(10):1900-1914.
- [28] 余凌翔,朱勇,鲁伟坤,等.基于 HJ-1CCD 遥感影像的西双版纳橡胶种植区提取[J].中国农业气象,2013,34(4):493-497.
- [29] 李晓锦.基于混合像元分解的植被覆盖度估算及动态变化分析[D].西安:西北大学,2011.
- [30] 王利民,刘佳,杨玲波,等.基于 NDVI 加权指数的冬小麦种植面积遥感监测[J].农业工程学报,2016,32(17):127-135.
- [31] 张军.基于 MODIS 遥感数据的山东省济宁市冬小麦面积估算研究[D].南京:南京大学,2012.

(责任编辑:姜华珏)