

# 基于面向对象分类的冬小麦种植面积遥感监测 —以淮北市临涣矿区为例

崔玉环<sup>1</sup>, 王杰<sup>2\*</sup>, 姚梦园<sup>3</sup>

(1. 安徽农业大学理学院, 合肥 230036; 2. 安徽大学资源与环境工程学院, 合肥 230039;  
3. 高分辨率对地观测系统安徽数据与应用中心, 合肥 230030)

**摘要:** 为揭示 2000 年以来淮北矿区冬小麦种植面积变化规律, 以 IKNOS、Worldview-III 高分辨率遥感影像为数据源, 采用基于多尺度分割的面向对象分类方法, 提取安徽淮北临涣矿区冬小麦种植面积信息, 分析其时空变化特征及其驱动因素。结果表明, 基于多尺度分割的面向对象分类方法对冬小麦种植信息提取结果非常理想, Kappa 系数达到 0.92, 总体精度为 93%, 制图精度可达到 94%; 临涣矿区现有冬小麦种植面积为 21.16 km<sup>2</sup>, 占矿区总面积的 55.1%; 随着临涣矿区开采规模不断扩大与人口密度的增加, 矿区冬小麦种植面积显著减少, 交通运输用地、工业用地以及住宅用地均有不同程度增加。该研究对深入开展淮北矿区冬小麦长势监测和估产、区域粮食安全评估等工作提供重要的科学参考。

**关键词:** 冬小麦; 面向对象; 遥感监测; 时空变化; 淮北矿区

中图分类号: TP79

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2017)06-1078-06

## Remote sensing monitoring of winter wheat planting area based on object-oriented method —a case study of Linhuan mining area in Huaibei city

CUI Yuhuan<sup>1</sup>, WANG Jie<sup>2</sup>, YAO Mengyuan<sup>3</sup>

(1. School of Science, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. School of Resources and Environmental Engineering, Anhui University, Hefei 230039;

3. Anhui Data and Application Center for High-resolution Earth Observation System, Hefei 230030)

**Abstract:** In order to reveal the spatial-temporal variation of winter wheat planting area in Huaibei mining area in Huaibei city since 2000, the information of winter wheat planting in this area was extracted by the object-oriented classification method based on multi-scale segmentation using high-resolution images of IKNOS and Worldview-III as data resource. The temporal and spatial characteristics and its driving factors were then analyzed. The results showed that the remote sensing interpretation of the object-oriented classification based on multi-scale segmentation performed well for the winter wheat planting information, with Kappa coefficient of 0.92, the overall accuracy of 93%, and the mapping accuracy of 94%. The current winter wheat planting region in Linhuan mining area was 21.16 km<sup>2</sup>, accounting for 55.1% of the total mining area. With an increase of mining in Linhuan mining area and regional population, the winter wheat planting area significantly decreased in recent years, while areas of transportation land, industrial land and residential land increased at different levels.

**Key words:** winter wheat; object-oriented; remote sensing monitoring; temporal and spatial change; Huaibei mine area

冬小麦作为中国北方地区主要粮食作物, 其种植面积是影响区域粮食总产量的主要因素。安徽淮

北平原是中国冬小麦主产区之一, 受到工矿业快速发展、住宅用地增加以及农业种植结构调整等因素

收稿日期: 2017-03-31

基金项目: 国家自然科学基金(41401022), 安徽省自然科学基金项目(1608085QD82), 安徽农业大学稳定与引进人才科研资助项目(yj2015-26)和安徽省高校青年优秀人才基金项目(2013KJT010022)共同资助。

作者简介: 崔玉环, 博士, 讲师。E-mail: cuiyh@ahau.edu.cn

\* 通信作者: 王杰, 博士, 讲师。E-mail: wangjie09@lzb.ac.cn

的影响, 该地区冬小麦种植范围发生了变化。及时准确监测近年来其冬小麦种植面积变化情况, 对冬小麦产量估算、农业资源管理和粮食安全政策制定具有重要的现实意义<sup>[1]</sup>。卫星遥感具有大面积同步观测、时效性和客观性等优势, 已成为快速、准确监测冬小麦种植面积的有效技术手段。如何准确提取冬小麦种植面积一直是农业遥感领域关注的热点问题<sup>[2]</sup>。

经过几十年的发展, 基于卫星遥感影像提取冬小麦种植面积的研究取得了一定成绩。在大区域尺度上, 根据高时间分辨率的 MODIS 数据建立冬小麦归一化植被指数 (NDVI) 时间序列, 依据 NDVI 在冬小麦生育期内变化规律提取冬小麦种植面积<sup>[3-5]</sup>; 在县域尺度上, 基于 Landsat TM/ETM+/OLI、HJ1A/1B、CBERS 等遥感数据, 利用植被反射光谱特征采用监督分类、面向对象分类和决策树分类等分类方法进行冬小麦种植面积变化监测与分析<sup>[6-12]</sup>。

近年来, 随着卫星遥感技术的不断进步, 高空空间分辨率的卫星遥感影像逐渐地应用在了农作物种植面积提取方面<sup>[13-14]</sup>。Lu 和 Wang<sup>[15]</sup>根据 SPOT 图像, 从遥感纹理和空间关系这两个方面入手进行作物分类, 精度比使用传统分类器提高近 13%。范磊等<sup>[16]</sup>根据 ALOS 影像将 NDVI 融入对象几何特征构建决策树提取冬小麦种植面积及空间分布。

受到可用数据源的限制, 前人研究使用的遥感影像空间分辨率一般在 30 m 以下, 多为低空间分辨率的遥感数据, 如 NOAA AVHRR 和 EOS MODIS 等。而在空间异质性强的矿区, 中分辨率影像的适用性受到很大的限制。因而, 考虑综合应用高空间分辨率遥感影像, 结合地物对象的纹理、形态以及空间关系等影像特征, 以提高冬小麦种植面积提取精度和在地物类型复杂区域的适应性。本研究采用不同年份春季成像的高分辨率遥感影像 (IKNOS、Worldview-III), 以安徽淮北临涣矿区为研究区, 对该区域冬小麦种植面积动态特征及驱动因素进行了系统的研究。其目的是在结合上述算法优势的基础上, 深入探究自 2000 年以来淮北矿区冬小麦种植面积的变化规律及驱动因素。

### 1 研究区概况

淮北临涣矿区位于淮北市西南部濉溪县境内, 北距淮北市约 40.0 km, 东距宿州市约 30.0 km, 地理位置坐标: 33°36'50"N ~ 33°40'47"N, 116°34'25"E~116°40'27"E。矿区交通方便, 主要公路有宿州至涡阳, 濉溪至蒙城; 铁路除东部约 30.0

km 处有京沪线外, 尚有濉(溪)阜(阳)铁路在矿区北部通过, 运煤铁路专用线在小湖集站与青(瞳)芦(岭)支线接轨; 浍河从矿区中部通过, 可全年通航(具体如图 1)。

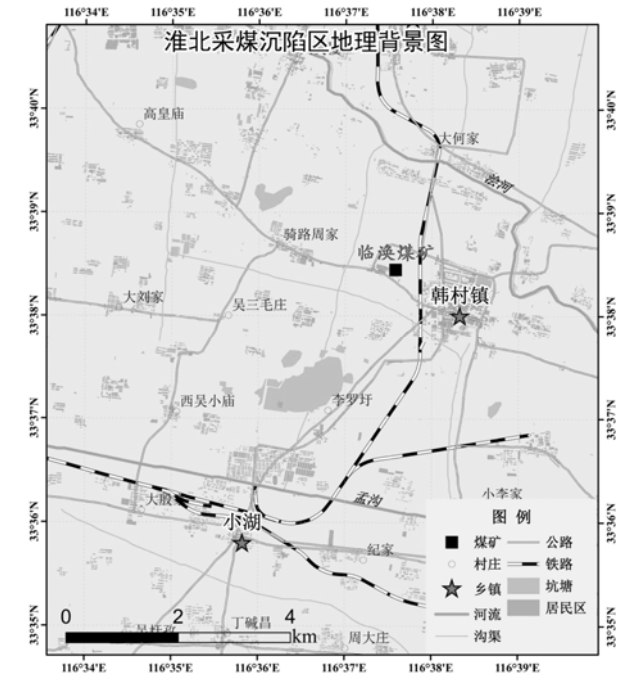


图 1 淮北临涣矿区冬小麦种植区空间分布  
Figure 1 The area change of land use types in Linhuancun mine area of Huaibei in 2004-2014

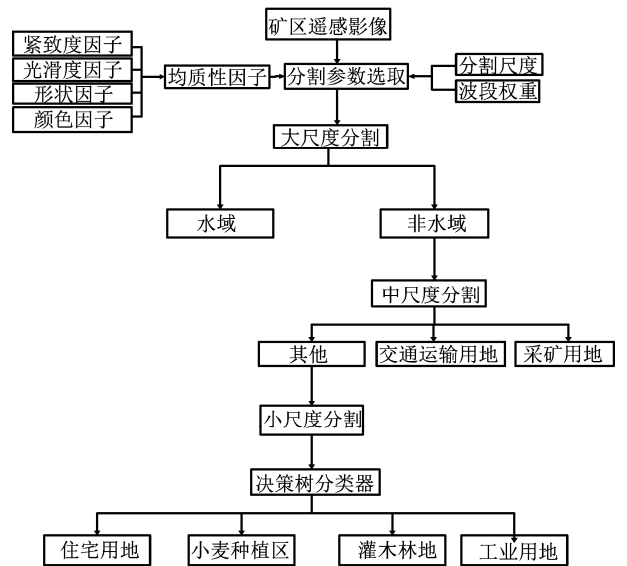


图 2 冬小麦种植信息遥感提取流程  
Figure 2 Remote sensing extraction process of winter wheat planting information

该矿区所处区域属季风温暖带半湿润气候, 四季分明, 冬冷夏热。平均气温 14.1℃, 年平均降雨量 842.7 mm, 且多集中在 7、8 月份; 年平均蒸发量为 1 045.2 mm。植被类型以陆生草木植被为

主, 地带性植被为暖温带落叶阔叶林。目前, 受人类生产活动的影响, 天然植被已不存在, 地表覆盖类型主要为人工种植的农作物、林木、果树, 其中农作物以大面积种植的冬小麦为主。

## 2 数据源与方法

### 2.1 数据源及预处理

本研究选择了 2004 年 5 月、2014 年 4 月获取的临涣矿区高分辨率遥感影像 (IKNOS 空间分辨率 1 m、Worldview-III 空间分辨率 0.3 m), 成像时期处于冬小麦的生长旺季, 影像质量良好, 有利于冬小麦种植区域的遥感识别。

为减小成像过程中的几何畸变与辐射畸变, 在遥感解译之前, 在 ENVI 4.8 软件平台下对原始遥感影像进行辐射校正、几何配准、图像融合和图像裁切等预处理。

### 2.2 研究方法

参照《全国土地利用现状分类标准 (GB/T 21010-2007)》<sup>[17]</sup>, 结合实地调查情况, 将研究区的土地利用类型分为 7 类: 采矿用地、灌木林地、小麦种植区、工业用地、交通运输用地、水域和住宅用地, 分别建立其遥感影像解译标志。

考虑到不同地物类型空间特征上的差异性, 在 eCognition8.9 软件平台采用基于多尺度分割的面向对象分类方法对矿区土地利用类型进行计算机分类, 进而提取小麦种植面积。其技术流程如图 2。

(1) 地物最优分割参数获取。根据研究区不同地物自身的空间特征, 借助 ESP (estimation of scale parameter) 尺度评价工具分析不同分割参数下影像对象的同质性局部变化 (LV) 和 LV 的变化率值 (ROC-LV), 用来确定不同类型对象的最佳分割尺度<sup>[18-19]</sup>。

表 1 冬小麦等地物多尺度分割参数 (以 Worldview-III 影像为例)

Table 1 Multi-scale segmentation parameters of winter wheat and other features (taken Worldview-III image as an example)

地物类别/ Feature category	分割尺度 Split scale	形状因子 Shape factor	紧致度因子 Compactness factor	颜色因子 Color factor	平滑度因子 Smoothness factor
小麦种植区 Wheat growing land	400	0.7	0.5	0.3	0.5
灌木林地 Shrub land	150	0.2	0.6	0.8	0.4
工业用地 Industrial land	250	0.7	0.7	0.3	0.3
采矿用地 Mining land	400	0.6	0.7	0.4	0.3
住宅用地 Residential land	250	0.8	0.3	0.2	0.7
交通运输用地 Transportation land	400	0.8	0.4	0.2	0.6
水域 Water area	500	0.5	0.6	0.5	0.4

表 2 冬小麦等地物的分类规则

Table 2 Classification rules for winter wheat and other features

特征名称 Feature name	计算公式 Calculation formula	适用条件 Applicable condition
归一化水体指数 Normalized water index	$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR}$	值在[0.263,0.33]之间, 提取影像中的水体信息, 效果较好。
归一化植被指数 Normalized vegetation index	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	值的范围是 -1~1, 一般绿色植被区的范围是 0.2~0.8。
归一化建筑指数 Normalized building index	$NDBI = \frac{NIR - MIR}{NIR + MIR}$	利用影像的近红外和中红外波段, 提取建筑物效果较为理想。
长宽比 Aspect ratio	$\frac{LENGTH}{WIDTH}$	值大于 5 时, 提取道路的效果较为理想。
形状指数 Shape index	$SI = \frac{\sqrt{A}}{P}$	A 为斑块数, P 为斑块周长, 值大于 3 时, 在提取规则形状地物具有较好效果。

(2) 多尺度遥感图像分割。不断调整各个均质性因子所占比例以及多光谱各波段所占的权重 (表 1), 利用 eCognition 8.9 平台对高分辨率遥感影像进行多次分割。

(3) 地物分类规则确定。在不同分割尺度下对分割后的对象进行特征计算, 提取出对象的特征, 建立地物与特征信息之间的对应关系, 确定小麦种

植区等地物类型的分类规则 (表 2), 并建立对应决策树。

## 3 结果与分析

### 3.1 小麦种植区解译精度评价

为了评估所使用的多尺度分割面向对象分类方法在研究区的适用性, 本研究分别采用基于像元的

监督分类, 单一分割尺度下面面向对象分类(分割尺度为 250), 多尺度分割下面面向对象分类这 3 种方法对 2014 年临涣矿区 Worldview-III 遥感影像进行计算机分类。

根据对 Worldview-III 影像的目视解译情况, 设计野外采样方案, 在矿区不同位置的冬小麦种植区布设了 108 个 GPS 样方, 而后利用这些实测样方对基于以上 3 种方法的解译结果分别进行精度评价。

结果(表 3)显示, 根据面向对象分类法对小麦种植区的解译精度明显优于监督分类, 而基于多尺度分割的面向对象分类方法的解译精度较单一尺度分割面向对象分类更为理想, Kappa 系数达到 0.92, 总体精度为 93%, 制图精度可达到 94%, 能够满足小麦种植遥感调查与评估的要求。因而, 本研究采用基于多尺度分割的面向对象分类法对淮北临涣矿区冬小麦种植面积进行遥感信息提取处理。

表 3 3 种不同分类方法的精度评价比较

Table 3 Comparison of the accuracy of the three different classification methods

分类方式 Classification method	Kappa 系数 Kappa coefficient	总体精度 Overall accuracy	用户精度 User accuracy	制图精度 Cartographic accuracy
基于像元的监督分类 Classification based on cellular supervision	0.65	74%	71%	78%
单一分割尺度的面向对象分类 Object - oriented classification of single segmentation	0.81	86%	80%	89%
多尺度分割的面向对象分类 Object - oriented classification of multi - scale segmentation	0.92	93%	92%	94%

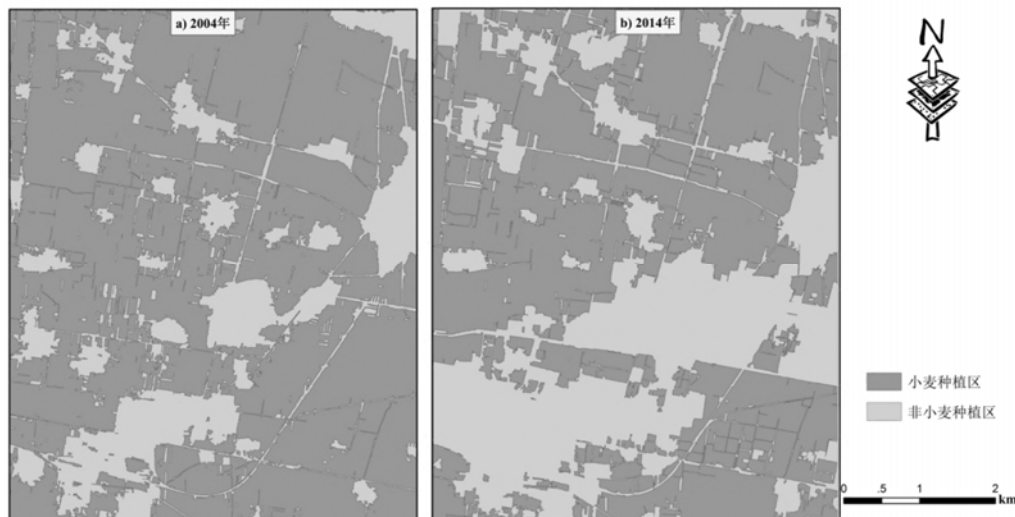


图 3 淮北临涣矿区冬小麦种植区空间分布(2004 与 2014 年)

Figure 3 Spatial distribution of winter wheat growing regions in Linhuan mine area of Huaibei (2004 and 2014)

### 3.2 不同时期小麦种植面积分布

采用多尺度分割的面向对象分类法对 2004、2014 年高分辨率影像中的冬小麦种植面积进行提取, 得到不同时期的冬小麦种植范围分布图(见图 3)。从图 3 上看出, 近年来矿区冬小麦种植面积呈明显减少的趋势, 由 2004 年的 27.03 km<sup>2</sup> 减小到 2014 年的 21.16 km<sup>2</sup>, 减少区域主要出现在矿区的中部、西南部及西北部。

通过分析矿区其他地表覆盖类型面积变化情况(见图 4)可以发现, 2004 年至 2014 年这 10 年中, 工业用地面积增长达到 235%, 采矿用地面积增长达到 142%, 水域面积增长达到 112%, 交通运输用

地和住宅用地分别增长 45%和 17%, 耕地面积下降 22%。除耕地面积下降外, 其他几类用地面积都有显著增加。这主要是由于该地区长期采煤, 堆放粉煤灰与煤矸石, 造成耕地被大量侵占, 开采塌陷形成了下沉盆地, 下沉盆地使地表倾斜、坡度改变, 进而引起水土流失和土地侵蚀, 造成了大面积耕地变成了塌陷区水域, 导致绿色植被以及可耕作耕地面积的大幅度减少。

### 3.3 小麦种植面积变化特征及驱动因素

在 2004—2014 年间, 淮北临涣矿区冬小麦种植总面积减少了约 5.86 km<sup>2</sup>。本研究根据 2004、2014 年的高分辨率遥感影像解译结果对矿区小麦种植范

围变化检测 (图 5)。其中, 冬小麦种植范围仅有小范围的扩张, 面积仅为 1.30 km<sup>2</sup>, 主要由水域转化而来; 而冬小麦种植范围减少趋势明显, 面积约为 7.16 km<sup>2</sup>。

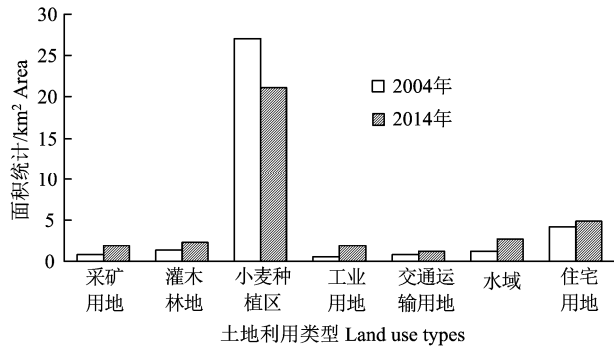


图 4 2004-2014 年淮北临涣矿区土地利用类型面积变化  
Figure 4 The area change of land use types in Linhe mine area of Huaibei in 2004-2014

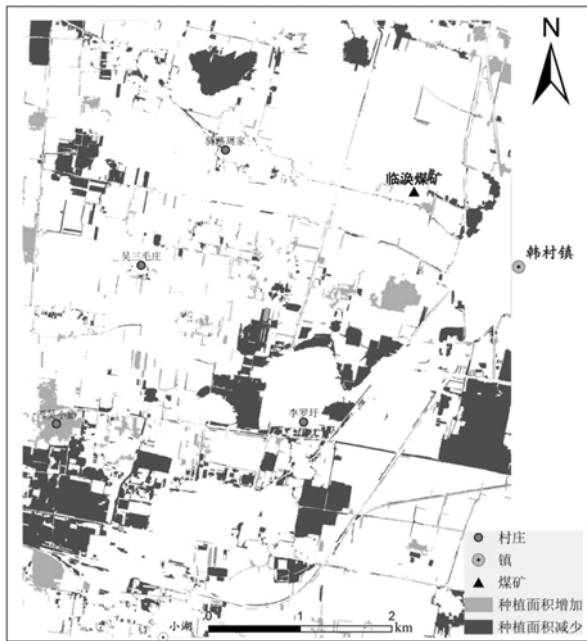


图 5 2004-2014 年淮北临涣矿区小麦种植范围变化检测  
Figure 5 The change of wheat growing range in Linhuan mine area of Huaibei in 2004-2014

为进一步分析淮北临涣矿区冬小麦种植面积减少的驱动因素, 本研究按其转化类型将小麦种植减少区域进行空间划分结果 (图 6) 显示, 2004 年以来矿区原有小麦种植区的面积减小发生在矿区的南部、中部以及西北部, 其主要转化类型包括交通运输用地、住宅用地、工业用地和水域这 4 种地物类型, 面积分别为 0.497、1.559、1.287 和 1.542 km<sup>2</sup>。

在 2004—2014 年间, 淮北市临涣矿区的耕地、居民地及工矿用地的变化主要发生在中部、西南部与西北部, 这与该地区人类活动强度、煤矿地下开

采强度的日益增大有着密切的关系。

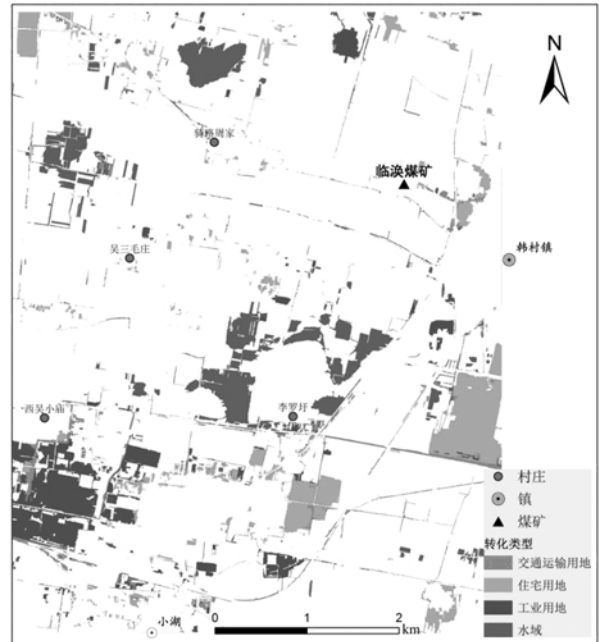


图 6 2004-2014 年淮北临涣矿区小麦种植面积转化类型  
Figure 6 The transformation types of wheat growing regions in Linhuan mine area of Huaibei in 2004-2014

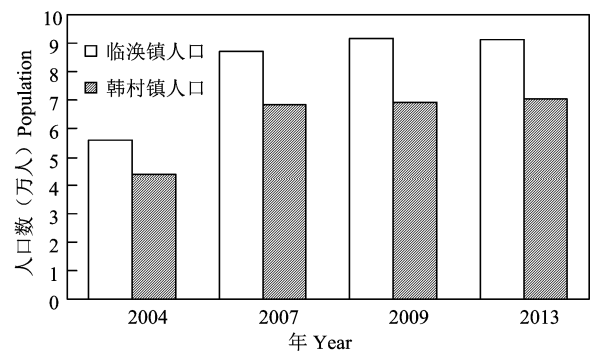


图 7 2004-2013 年淮北临涣矿区乡镇人口数量的变化 (来自安徽省统计年鉴)<sup>[20]</sup>  
Figure 7 The changes of township population in Linhuan mine area of Huaibei City in 2004-2013 (from Anhui Statistical Yearbook)

冬小麦种植区转化为水域类型的范围主要分布在临涣矿区的中部与西北部, 受近年来煤矿开采地理位置、煤层厚度分布等因素的影响, 该矿区形成了以中部 1.04 km<sup>2</sup> 的塌陷区, 四周均匀塌陷, 北部与东部较为严重, 导致原有耕地转化为塌陷积水区; 转化为住宅用地的区域主要分布在韩村镇的南部与西南部、临涣镇的西南部, 这与 2004 年以来的人口数量增大导致住宅用地占地面积的增加 (图 7), 部分耕地转化为城镇住宅用地; 转化为工业用地的区域分布在矿区西南部—西吴小庙附近, 土地现有用途为临涣工业园焦化园区。淮北临涣工业园作为省

级煤电化工产业基地, 于 2005 年启动建设, 目前一期工程已经竣工进入商业运营阶段, 导致面积约 1.3 km<sup>2</sup> 的冬小麦种植区转化为工业用地。另外, 随着当地社会经济的发展以及矿区煤炭资源运输的需要, 交通用地占地面积也有所增加, 面积约有 0.5 km<sup>2</sup> 的冬小麦种植区转化为交通运输用地。因而, 矿区煤炭地下开采强度导致地表沉陷积水范围扩大以及工矿用地、住宅用地等建设用地的增加, 是造成近年来临涣矿区冬小麦种植面积减少的驱动因素。

#### 4 讨论与结论

本研究以不同年份的高分辨率遥感影像为主要数据源, 采用基于多尺度分割的面向对象分类方法提取淮北临涣矿区冬小麦种植面积信息, 分析其时空变化特征及其驱动因素, 可得到如下结论:

与传统的监督分类、单一分割尺度的面向对象分类方法相比, 基于多尺度分割的面向对象分类方法能综合地物对象的光谱、形状、纹理和空间关系等空间信息, 有效提取冬小麦种植面积, Kappa 系数达到 0.92, 总体精度为 93%, 制图精度可达 94%;

临涣矿区现有冬小麦种植面积约为 19.8 km<sup>2</sup>, 占矿区总面积的 55.1%。在 2004—2014 年间, 该矿区冬小麦种植总面积减少了约 5.86 km<sup>2</sup>。其中, 冬小麦种植范围仅有小范围的扩张, 主要由水域转化而来; 而种植范围减少趋势明显。

2004 年以来原有小麦种植面积减小的区域分布在临涣矿区的南部、中部以及西北部, 其转化类型以水域、住宅用地和工业用地这 3 种地物类型为主。矿区煤炭地下开采导致地表沉陷程度加大、工矿用地等建设用地的增加, 是造成近年来矿区冬小麦种植面积减少的驱动因素。

受煤炭资源地下开采、矿区工业规划、人类农业活动以及区域气候等综合因素的影响, 临涣矿区冬小麦种植面积会呈现年际波动特征, 需要多个年份的矿区高分辨率遥感影像开展动态监测, 但目前可用的遥感数据源较少。在今后的研究工作中, 考虑采用遥感图像融合技术生成多年份的高分辨率遥感数据源, 以有效对矿区冬小麦种植面积进行实时动态监测。

#### 参考文献:

- [1] 权文婷, 王钊. 冬小麦种植面积遥感提取方法研究[J]. 国土资源遥感, 2013, 25(4):8-15.
- [2] 徐新刚, 李强子, 周万村, 等. 应用高分辨率遥感影像提取

作物种植面积[J]. 遥感技术与应用, 2008, 23(1): 17-23.

- [3] 黄青, 李丹丹, 陈仲新, 等. 基于 MODIS 数据的冬小麦种植面积快速提取与长势监测[J]. 农业机械学报, 2012, 43(7):163-167.
- [4] 张霞, 帅通, 杨杭, 等. 基 MODIS EVI 图像时间序列的冬小麦面积提取[J]. 农业工程学报, 2010, 26(增刊 1): 220-224.
- [5] 张佳华, 胡小夏, 刘学锋, 等. 基于 MODIS 数据提取华北典型区冬小麦种植面积[J]. 中国科学院大学学报, 2013, 30(5):637-643.
- [6] 张锦水, 申克建, 潘耀忠, 等. HJ-1 号卫星数据与统计抽样相结合的冬小麦区域面积估算[J]. 中国农业科学, 2010, 43(16): 3306-3315.
- [7] 崔方宁, 宋晓宇, 孙宝生, 等. 基于多时相 TM 影像的冬小麦面积变化监测[J]. 遥感信息, 2012, 27(5): 89-95.
- [8] 齐腊, 赵春江, 李存军, 等. 基于多时相中巴资源卫星影像的冬小麦分类精度[J]. 应用生态学报, 2008, 19(10): 2201-2208.
- [9] 王学, 李秀彬, 谈明洪, 等. 华北平原 2001-2011 年冬小麦播种面积变化遥感监测[J]. 农业工程学报, 2015, 31(8): 190-199.
- [10] 王启田, 林祥国, 王志军, 等. 利用面向对象分类方法提取冬小麦种植面积的研究[J]. 测绘科学, 2008, 33(2): 143-146.
- [11] 王来刚, 郑国清, 陈怀亮, 等. 基于 HJ-CCD 影像的河南省冬小麦种植面积变化全覆盖监测[J]. 中国农业资源与区划, 2011, 32(2): 58-62.
- [12] 田海峰, 王力, 牛铮, 等. 基于新遥感数据源的县域冬小麦种植面积提取[J]. 中国农学通报, 2015, 31(5): 220-227.
- [13] MURTHY C S, RAJU P V, BADRINATH K V S. Classification of wheat crop with multi-temporal images: Performance of maximum likelihood and artificial neural networks [J]. Int J Remote Sens, 2003, 24(23): 4871-4890.
- [14] RAPINEL S, CLEMENT B, MAGNANON S, et al. Identification and mapping of natural vegetation on a coastal site using a Worldview-2 satellite image [J]. J Environ Manage, 2014, 144: 236-246.
- [15] LU D, WENG Q. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance [J]. Int J Remote Sens, 2007, 28(5): 823-870.
- [16] 范磊, 程永政, 王来刚, 等. 基于多尺度分割的面向对象分类方法提取冬小麦种植面积[J]. 中国农业资源与区划, 2010, 31(6): 44-51.
- [17] 国土资源部. 土地利用现状分类: GB/T 21010-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [18] 张俊, 朱国龙, 李妍. 面向对象高分辨率影像信息提取中的尺度效应及最优尺度研究[J]. 测绘科学, 2011, 36(2): 107-109; 58.
- [19] 贾明明, 任春颖, 刘殿伟, 等. 基于环境星与 MODIS 时序数据的面向对象森林植被分类[J]. 2014, 34(24): 7167-7174.
- [20] 安徽省统计局. 安徽省统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2004, 2007, 2009, 2013.