

# 基于面向对象分类的土地整理区农田灌排系统自动化识别

吴健生<sup>1,2</sup>, 刘建政<sup>1\*</sup>, 黄秀兰<sup>1</sup>, 彭建<sup>2</sup>, 李慧坚<sup>1</sup>

(1. 北京大学深圳研究生院, 城市人居环境科学与技术重点实验室, 深圳 518055;  
2. 北京大学城市与环境学院, 地表过程与模拟教育部重点实验室, 北京 100871)

**摘要:** 针对目前农田灌排系统识别研究中影像分辨率低、自动化程度不高的问题, 该研究基于面向对象分类法, 提出了一套从影像到农田灌排系统矢量输出的完整提取流程。研究利用 KOMPSAT-2 高分辨率遥感影像数据, 以吉林省西部土地整理大安项目区作为试验区, 使用自主研发的识别程序对土地整理区农田灌排系统进行了自动化识别提取, 并与监督分类法、手动屏幕数字化作了对比分析。结果显示, 基于面向对象分类的自动化提取方法在精度上与手动屏幕数字化相近, 总体精度达到了 89.64%, 远高于监督分类法的识别精度; 而且该方法所耗费的时间最少, 操作过程不需人工干预, 识别结果的稳定性也高于另外两种方法。研究表明, 基于面向对象分类的自动化提取方法, 是一种较理想的土地整理区农田灌排系统遥感监测手段, 同时也为其他地物监测提供了一种有效的途径。

**关键词:** 土地, 整理, 图像处理, 灌排系统, 面向对象分类, 自动化, 高分辨率遥感影像

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.08.004

中图分类号: S127; TP753

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-08-0025-07

吴健生, 刘建政, 黄秀兰, 等. 基于面向对象分类的土地整理区农田灌排系统自动化识别[J]. 农业工程学报, 2012, 28(8): 25-31.

Wu Jiansheng, Liu Jianzheng, Huang Xiulan, et al. Automatic identification of irrigation and drainage system in land reclamation area based on object-oriented classification[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(8): 25-31. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

土地整理是我国增加耕地数量和提高耕地质量的重要措施之一<sup>[1-4]</sup>, 也是确保我国粮食安全、提高粮食综合生产能力的有力支撑<sup>[5-6]</sup>。随着现代遥感技术进入多平台、高空间分辨率、多时相的对地观测新时期, 土地整理遥感监测技术已日渐成为土地整理关键技术的重要组成部分, 也是当前土地整理监测的研究热点<sup>[7-14]</sup>。已有的研究和应用实践表明, 土地整理遥感监测技术以其动态、实时、宏观的优点, 可以对土地整理工程实施快速准确的监测, 为土地整理项目的前期审查规划、工程监管、效果评价提供科学合理高效的技术支持<sup>[7,9,15-16]</sup>。

农田灌排系统是农用地整理中的重要工程地物, 是土地整理工程的关键水利设施<sup>[17]</sup>。现有的农田灌排系统识别研究主要是利用中低分辨率遥感数据对农田灌排系统进行识别提取<sup>[15,18]</sup>, 提取方法多是监督分类法和手动屏幕数字化结合目视解译<sup>[7,14-15,18]</sup>。这些方法虽然识别精度较高, 但自动化程度低, 需要较多的人

工干预, 难以达到大规模土地整理遥感监测快速、准确的工作要求。

针对上述农田灌排系统识别研究中影像分辨率低、自动化程度不高的相关问题, 本文利用 KOMPSAT-2 高分辨率遥感影像数据, 采用基于面向对象分类的识别方法, 对土地整理区农田灌排系统进行了自动化识别提取。

## 1 试验区与数据收集

### 1.1 项目区概况和试验区位置

大安土地整理项目区是吉林省西部土地开发整理重大项目的 3 个项目区之一。该项目区位于大安市中部(图 1) 地理坐标为北纬 45°14'23"~45°46'45", 东经 123°42'02"~124°41'20"。项目区共涉及大安市 10 个乡镇 55 个行政村, 总面积达 755.4 km<sup>2</sup>。项目规划建设期为 5 a, 自 2008 年开工, 计划到 2012 年竣工。截止到本研究开展实地调研的时间, 即 2010 年 7 月, 项目区内只有西北部的农田灌排系统已经基本建设完成, 主要由干渠(沟)、支渠(沟)、斗渠(沟)和众多的农毛渠(沟)组成, 而区内其他地方的农田灌排系统则尚未动工或者正在施工。

根据项目区农田灌排系统的完成情况, 为便于农田灌排系统的识别和提取精度分析, 本研究选取了项目区西北角作为试验区, 面积约为 36.68 km<sup>2</sup>。本研究曾对 2006 年到 2007 年间全国的土地整理项目<sup>[19]</sup>的面积规模进行统计, 结果表明所选试验区的面积是一般土地整理项目面积的 10 倍左右, 可见本研究选取的试验区在面积规模上可以代表一般的大型土地整理项目。

收稿日期: 2011-10-13 修订日期: 2012-03-07

基金项目: 国家科技支撑计划子课题(2008BAB38B03)

作者简介: 吴健生(1965—), 男, 湖南新化人, 研究领域为景观生态与 GIS。深圳 北京大学深圳研究生院, 城市人居环境科学与技术重点实验室, 518055/北京 北京大学城市与环境学院, 地表过程与模拟教育部重点实验室, 100871。Email: wuj@s-pkusz.edu.cn

\*通信作者: 刘建政(1988—), 男, 江西赣州人, 主要研究方向为遥感和 GIS 在城市规划中的应用。深圳 北京大学深圳研究生院, 城市人居环境科学与技术重点实验室, 518055。Email: ljz.401@163.com

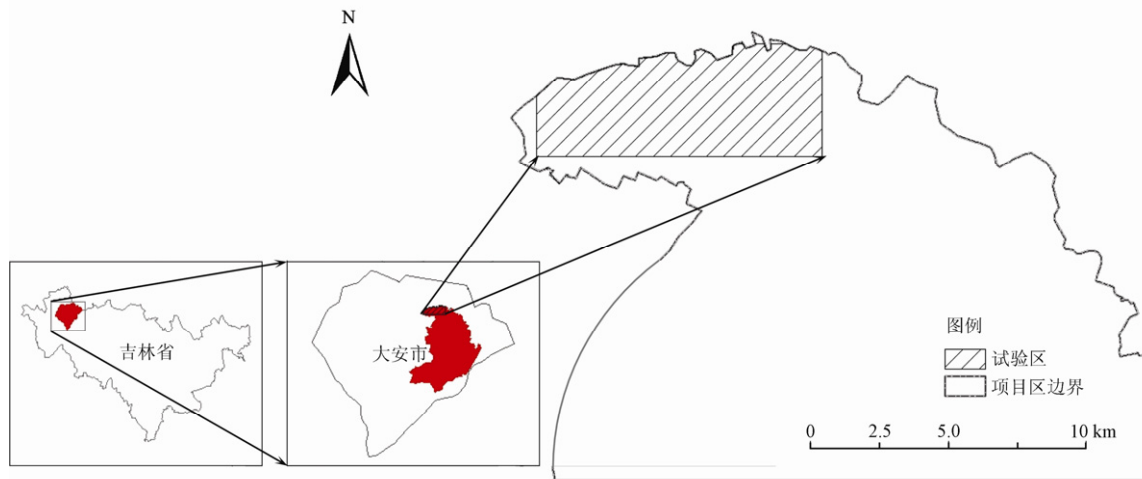


图1 土地整理试验区位置

Fig.1 Location of land reclamation experimental area

## 1.2 遥感数据选取及地物调查验证

考虑到试验区气候对地物表面覆盖的影响和沟渠的形状特征, 研究需选用拍摄于夏季多雨季节的高分辨率遥感影像。在比较了各卫星高分辨率遥感影像的可用性之后, 本研究购买了韩国 KOMPSAT-2 卫星高分辨率遥感影像, 拍摄时间是 2010 年 6 月 30 日。表 1 是 KOMPSAT-2 卫星的基本参数信息。

表 1 KOMPSAT-2 卫星影像参数  
Table 1 KOMPSAT-2 satellite parameters

卫星	波段	波长/nm	分辨率/m
KOMPSAT-2	全色	全色: 500~900	全色: 1 多光谱: 4
	多光谱 (红色、绿色、蓝色及近红外)	蓝色: 450~520	
		绿色: 520~600	
		红色: 630~690	
		近红外: 760~900	

为了充分利用该影像的高空间分辨率和多光谱信息, 本研究使用主成分变换将 1 m 分辨率的全色波段和 4 个 4 m 分辨率的多光谱波段进行了融合, 得到了 1 m 分辨率的多光谱遥感影像。

研究通过实地调研开展了地物的测量验证工作。主要调查方法是在试验区内根据农田灌排系统的规划布局布置采样点, 每一采样点测量沟渠的坐标以及宽度, 并与高分辨率遥感影像上的沟渠进行实地验证。最后共布点 63 个, 收集了 12 条沟渠的空间坐标位置以及长宽度等数据。

## 2 基于面向对象分类的农田灌排系统自动化提取方法

### 2.1 技术流程

面向对象分类法是本研究提出的农田灌排系统自动化提取方法的核心。该方法以影像对象为最小分类单元, 在较高层次上对遥感影像进行分类<sup>[20-21]</sup>。它弥补了传统的基于像元的分类方法存在的语义信息缺陷, 使分类结果更加精确, 而且富含语义信息<sup>[22]</sup>。其分类过程分

为 3 个步骤: 影像分割、特征选取、规则建立及分类。

本研究利用面向对象分类法来进行农田灌排系统的初步提取, 并结合 FME (feature manipulate engineering, 加拿大 Safe Software 公司产品) 中的 CenterLineReplacer 工具提取中心线, 最后输出农田灌排系统矢量数据。具体的技术流程图如图 2, 其中关键步骤是影像分割、影像特征选取、影像分类和中心线提取。

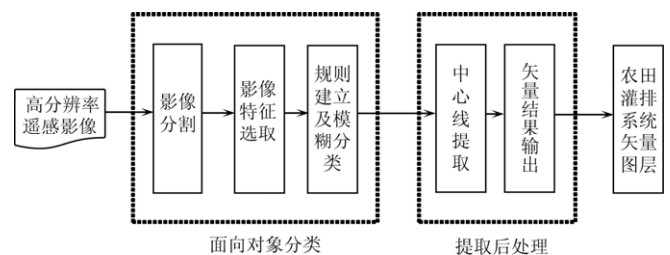


图2 农田灌排系统识别流程图

Fig.2 Flow chart of identification of irrigation and drainage system

### 2.2 影像分割

影像分割的目的就是把图像分成若干个有意义的连续区域, 使得每个区域内有着均匀一致的光谱、纹理、形状性质且区域间互不重叠<sup>[23]</sup>。它是面向对象分类法的关键步骤, 分割结果的好坏直接影响后续信息识别提取的精度<sup>[24]</sup>。

一般情况下, 影像中农田灌排系统与周边地物之间的光谱差异比较明显, 适合利用影像灰度值的梯度变化来进行分割, 因此本研究选择了效率较高的流域分割算法进行影像分割。流域分割算法, 又称分水岭变换, 是一种形态学分割方法, 因为采用一种类似于生成汇水盆地的方法而得名, 其原理是将灰度影像视作地形表面, 每一点的灰度值为高程, 利用“分水岭”实现不同流域间的分割<sup>[25]</sup>。本研究实现的流域分割算法可以根据用户所选影像波段的灰度直方图自动确定分割阈值, 不需要人工干预, 提高了农田灌排系统识别提取的自动化程

度。本研究还对输入影像各个波段的分割结果进行了比较,发现各波段的分割结果在在局部细节上有些许差别,但总体范围大致相同,所以在本次试验中,研究随机选取了红色波段进行影像分割。

### 2.3 影像特征选取

影像分割将影像划分成若干影像对象,这些影像对象包含了许多可用于分类的特征:光谱特征、形状特征、纹理特征等,每一类特征包含若干指标<sup>[26]</sup>。灵活地组合运用这些特征,可以提取特定的地物信息。

土地整理工程中的农田灌排系统一般具有沟渠中有水、空间形状呈线状分布的特点。因此本研究主要利用

了影像对象的光谱特征、形状特征来提取农田灌排系统,分别是 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, 归一化植被指数)、近红外波段最小光谱值、最小直径和延伸度。这些指标的定义见表 2。其中 NDVI 和近红外波段最小光谱值对应农田灌排系统中有水的特征,最小直径和延伸度对应农田灌排系统呈线状分布的特征。

### 2.4 规则建立及影像分类

通过分析农田灌排系统的一般特点及其与影像特征之间的对应关系,建立起农田灌排系统的提取规则,如表 2 所示。

表 2 农田灌排系统提取规则  
Table 2 Extraction rules of irrigation and drainage system

影像对象的特征	定义	规则
NDVI	归一化植被指数	NDVI 小于 -0.6
近红外波段最小光谱值	近红外波段的最小灰度值	光谱值小于 20 (灰度影像数值区间为 0~255 时的经验值)
最小直径	围绕影像对象的有向包围盒对应短轴的长度	干渠(沟)、支渠(沟)和斗渠(沟)宽度一般大于 4 m,农毛渠(沟)一般大于 2 m
延伸度	最大直径(有向包围盒对应长轴的长度)与最小直径的比值,正方形的值为 1,矩形的值大于 1	延伸度大于 5

注:“规则”列的数字是参照国家土地整理工程规划设计标准<sup>[27]</sup>设置的经验值。

这些规则应用于影像分割得到的所有影像对象,本研究采用的模糊分类法就是结合这些规则对影像对象进行分类。与传统的给每一像元只赋以唯一类别的硬分类方法<sup>[28]</sup>相比,模糊分类法更为真实可靠,其优势是使用可能性来表示类描述的不确定性,而不是硬性地待分类对象归为某一类。它以模糊逻辑和模糊集合论作为基础,运用数学模型计算每一个影像对象对于所有类的隶属度,然后根据隶属度的大小确定该影像对象的归属<sup>[29]</sup>。

### 2.5 中心线提取及矢量输出

经过上述面向对象分类的 3 个步骤之后,技术流程可以提取得到农田灌排系统的面状信息。这些面状大多是一些形状狭长的多边形,本研究使用 FME 的 CenterLineReplacer 工具进一步提取这些多边形的中心线,进而输出农田灌排系统的矢量线数据。

CenterLineReplacer 工具中用于提取中心线的算法是直骨架算法,也被称为角分线网络。这种算法通过求取多边形所有边的角平分线提取中心线,效率较高。由于这是内嵌工具,本文不作过多描述,该算法的具体原理请参考直骨架算法相关文献<sup>[30-31]</sup>。

## 3 结果与分析

为了检验基于面向对象分类的自动化提取方法(下面简称面向对象分类法)识别结果的优劣,本研究还与监督分类法和手动屏幕数字化提取结果进行了比较。3 种方法均使用本研究所选试验区范围的影像数据,并从精度和效率两个方面进行了对比分析。

其中监督分类法采用最大似然法,这种分类方法和其他监督分类法相比,分类精度较高,且计算时间短,是最常用的分类方法之一<sup>[32]</sup>;手动屏幕数字化则是以

ArcMap 9.3 为工具,在高分辨率遥感影像底图上对农田灌排系统进行矢量化。

### 3.1 精度对比分析

图 3 是分别使用 3 种方法得到的农田灌排系统识别效果对比图。图中的标识号码代表提取的不同沟渠,与表 3 第 1 列“段号”对应。图 3a 中未标识的其他沟渠主要是毛渠,这类地物在大安土地整理工程规划图中并未列出,本研究也未进行毛渠的测量验证工作,因此本研究不对毛渠进行讨论。

将使用这 3 种方法得到的试验区农田灌排系统识别结果和实地调研取得的沟渠验证数据进行比较,可以分析农田灌排系统的识别精度。根据道路等线状地物提取的精度分析研究<sup>[33-34]</sup>,本研究将农田灌排系统单条沟渠的识别精度定义为

$$P_i = 1 - \frac{|a_i - x_i|}{a_i} \quad (1)$$

总的平均识别精度计算公式如式(2)

$$P = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N |a_i - x_i|}{\sum_{i=1}^N a_i} \quad (2)$$

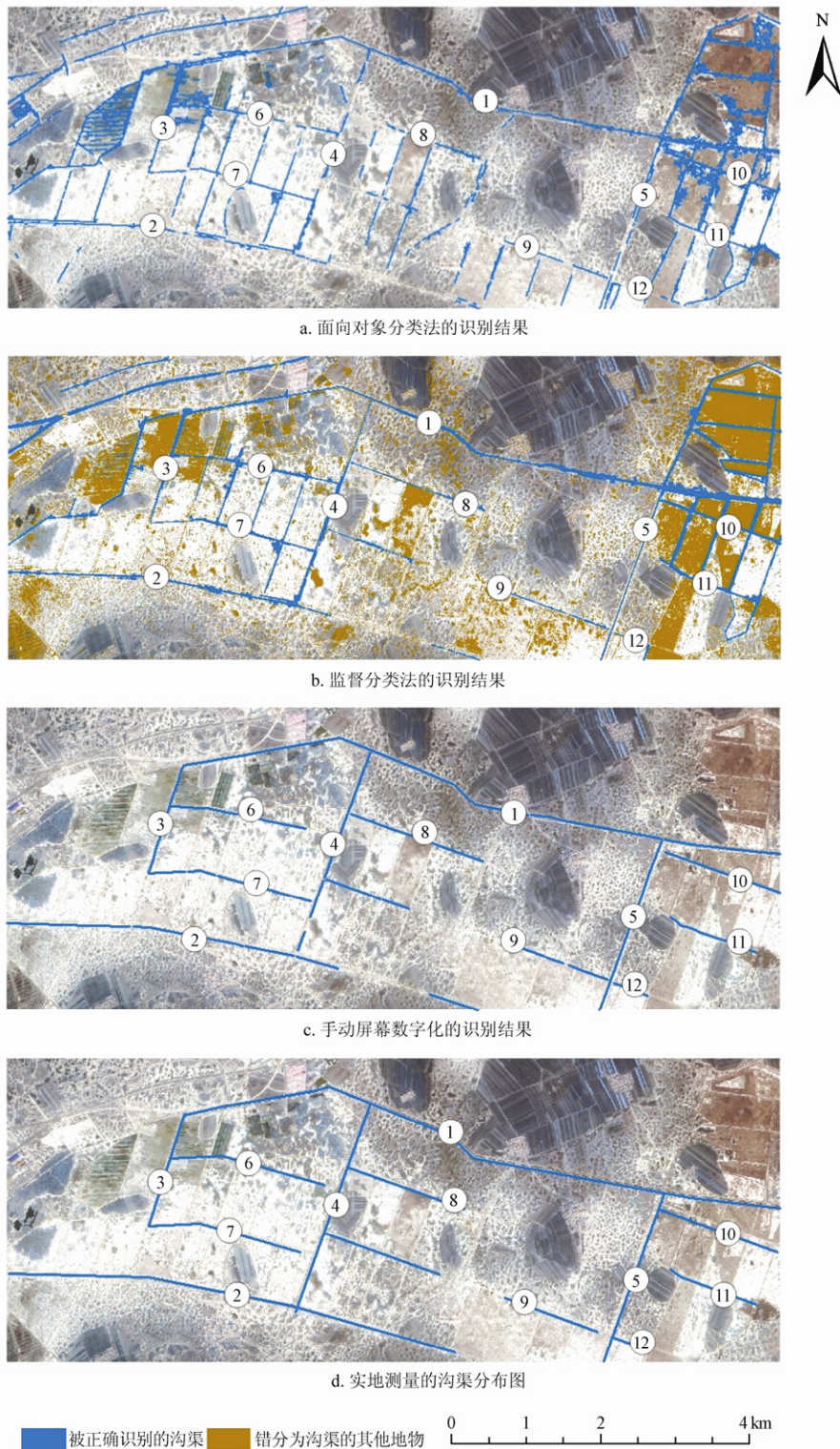
其中,  $P_i$  为第  $i$  条沟渠的识别精度,  $P$  为总的平均识别精度,均使用百分比表示;  $N$  为识别沟渠个数;  $x_i$  为第  $i$  条沟渠的识别长度,  $a_i$  为第  $i$  条沟渠的实际长度,单位均为米。

按照上述的精度分析方法,对试验区 12 条沟渠的精度进行了计算,结果如表 3 所示。

表 3 的结果表明,手动屏幕数字化的农田灌排系统识别精度最高,高达 91.79%,说明人眼目视判别的效果

最好；面向对象分类法的精度其次，达到了 89.64%，与手动屏幕数字化差别不大，其中第 9 条和第 12 条沟渠的识别精度在 72%左右，均小于 80%，这主要是因为这两条沟渠中有部分沟渠无水或者少水，其影像光谱特征与

周边地物相似，以致难以区分；监督分类法的精度最低，低于 80%，而且识别长度大于实际长度的居多，说明有非农田灌排系统的地被识别成了农田灌排系统，导致精度降低。



注：图中的标识号码代表不同的沟渠。

图 3 面向对象分类法、监督分类法和手动屏幕数字化的农田灌排系统识别效果

Fig.3 Recognition results of irrigation and drainage system using object-oriented classification, supervised classification and manual screen digitization

表 3 面向对象分类法、监督分类法和手动屏幕数字化识别精度对比

Table 3 Comparison of recognition accuracy using object-oriented classification, supervised classification and manual screen digitization

段号	实际长度/m	面向对象分类法		监督分类法		手动屏幕数字化	
		识别长度/m	识别精度/%	识别长度/m	识别精度/%	识别长度/m	识别精度/%
1	8389.83	8674.63	96.61	9430.81	87.59	8271.37	98.59
2	6133.90	5222.67	85.14	7389.34	79.53	5122.40	83.51
3	1605.04	1606.68	99.90	1861.16	84.04	1503.20	93.66
4	2991.05	2651.69	88.65	4712.58	42.44	2597.68	86.85
5	2412.84	2119.91	87.86	2330.52	96.59	2393.69	99.21
6	2135.62	2119.51	99.25	3258.62	47.42	1813.34	84.91
7	2098.47	2338.37	88.57	2889.29	62.31	2139.53	98.04
8	1681.35	1376.52	81.87	2107.26	74.67	1893.24	87.40
9	2998.62	2183.22	72.81	2732.46	91.12	2546.61	84.93
10	1708.28	1801.11	94.57	2298.27	65.46	1641.01	96.06
11	1260.61	1334.39	94.15	1609.92	72.29	1229.44	97.53
12	506.63	365.05	72.05	170.03	33.56	492.89	97.29
合计	33922.25	31793.75	89.64	40790.25	75.71	31644.40	91.79

另外还需说明的是，本研究只在长度上对农田灌排系统识别结果的精度进行了对比分析，并没有对识别结果的空间位置误差进行计算。一般而言，手动屏幕数字化由于在人工矢量化过程中易产生位置偏移、判断失准等误差<sup>[35]</sup>，其空间位置误差要比面向对象分类法和监督分类法的误差高。

### 3.2 效率对比分析

沟渠提取方法不仅要识别精度高，而且要快速高

效，能在最短的时间内使用最少的人工资源得到稳定理想的提取结果。因此，本研究还从提取方法所耗费的时间、人工干预程度和结果的稳定性 3 个方面对这 3 个方法进行了比较（表 4）。

表中各提取方法所耗费的时间由程序运行时间和人工操作时间两部分组成。程序运行时间由程序本身来计算，人工操作时间则是通过求取 3 到 4 位操作人员所耗时间的平均值得到。

表 4 面向对象分类法、监督分类法和手动屏幕数字化识别效率比较

Table 4 Comparison of efficiency using object-oriented classification, supervised classification and manual screen digitization

提取方法	耗费时间/min	人工干预程度	结果稳定性
面向对象分类法	约 16	自动化，开始识别前需设置初始参数	变动小。主要变动因素是识别前设置的参数
监督分类法	约 17	感兴趣区采样以及后续栅格矢量化处理需人工操作	变动较大。主要的变动因素是感兴趣区采样的数量和质量
手动屏幕数字化	约 30	全过程人工操作	变动很大。操作人员的专业技能以及对影像的熟悉程度是主要影响因素

结果显示，手动屏幕数字化耗时最长，目视判别和数字化等操作需要人工的全过程参与，而且结果受操作人员的技能水平和经验影响很大；监督分类法耗费的时间要少的多，但操作过程中感兴趣区采样和后续栅格处理需大量人工操作，且提取结果受感兴趣区的影响变动较大。面向对象分类法耗时最少，全过程自动化运行，而且识别结果也比另外两种方法更稳定。

综合上述精度和效率的分析结果可知，本研究提出的基于面向对象分类的农田灌排系统自动化提取方法，在精度上与手动屏幕数字化相近，在效率上比监督分类法和手动屏幕数字化更优。

## 4 结 论

针对当前农田灌排系统识别研究中影像分辨率低、自动化程度不高的问题，本研究采用基于面向对象分类的识别方法，利用 KOMPSAT-2 高分辨率遥感影像数据，对土地整理区农田灌排系统进行了自动化识别提取，并与监督分类法、手动屏幕数字化作了对比分析。研究结果表明，基于面向对象分类的自动化提取方法可以自动

化识别土地整理区农田灌排系统，识别结果的精度达到了 89.64%，远高于监督分类法的分类精度，接近于手动屏幕数字化的识别精度，而且该方法所耗时间最少，操作过程不需人工干预，且结果的稳定性最高。因此，基于面向对象分类的自动化提取方法，是一种精度有保证、快速高效的监测手段，为土地整理区农田灌排系统遥感监测提供了一种较为理想的监测途径。

本文提出的农田灌排系统提取方法及流程也适用于其他地物监测，比如道路、灌溉水田等。在实际应用中发现，待识别的农田灌排系统需具备沟渠中有水的条件，而一些缺水或少水的沟渠部位，往往不能被正确识别，因此，怎样在现有的基础上，结合影像特征和沟渠的连续性等特点，进一步提高本方法流程的适用性和提取精度，将是本研究下一步的工作重点。

### [参 考 文 献]

- [1] 樊闽. 中国土地整事业发展的回顾与展望[J]. 农业工程学报, 2006, 22(10): 246—251.  
Fan Min. Review and prospect of land consolidation in China[J]. Transactions of the Chinese Society of

- Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2006, 22(10): 246—251. (in Chinese with English abstract)
- [2] 高明秀, 赵庚星, 王瑗玲. 土地整理与农村建设: 国外的分析及中国的对策[J]. 农业工程学报, 2006, 22(14): 299—302.  
Gao Mingxiu, Zhao Gengxing, Wang Ailing. Land consolidation and rural area construction: foreign experience and internal strategy[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2006, 22(14): 299—302. (in Chinese with English abstract)
- [3] 龙花楼, 李秀彬. 中国耕地转型与土地整理: 研究进展与框架[J]. 地理科学进展, 2006, 25(5): 67—76.  
Long Hualou, Li Xiubin. Cultivated-land transition and land consolidation and reclamation in China: research progress and frame[J]. Progress in Geography, 2006, 25(5): 67—76. (in Chinese with English abstract)
- [4] 王军, 余莉, 罗明, 等. 土地整理研究综述[J]. 地域研究与开发, 2003, 22(2): 8—11.  
Wang Jun, Yu Li, Luo Ming, et al. Review on progress in land consolidation[J]. Areal Research and Development, 2003, 22(2): 8—11. (in Chinese with English abstract)
- [5] 严丽平, 邵霞珍, 吴次芳. 我国土地整理中存在的问题及发展展望[J]. 农机化研究, 2006, (12): 48—50, 72.  
Yan Liping, Shao Xiazhen, Wu Cifang. Research on the problem and development expectation of the land consolidation in China[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006, (12): 48—50, 72. (in Chinese with English abstract)
- [6] 高向军. 土地整理理论与实践[M]. 北京: 地质出版社, 2003.
- [7] 郭云开, 陈正阳, 彭悦, 等. 土地复垦工程的遥感评价[J]. 遥感技术与应用, 2008, 23(3): 249—254.  
Guo Yunkai, Chen Zhengyang, Peng Yue, et al. Evaluation of land reclamation based on RS[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2008, 23(3): 249—254. (in Chinese with English abstract)
- [8] 孙小丹, 徐涵秋. 农用地遥感影像信息的角提取方法[J]. 农业工程学报, 2009, 25(10): 135—141.  
Sun Xiaodan, Xu Hanqiu. Corner extraction algorithm for high-resolution imagery of agricultural land[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2009, 25(10): 135—141. (in Chinese with English abstract)
- [9] 孟宪素, 李少帅. 遥感技术在土地整理复垦开发项目监管工作中的应用实践[J]. 资源与产业, 2009, 11(2): 66—70.  
Meng xiansu, Li Shaoshuai. Application of RS in supervision over land consolidation and rehabilitation[J]. Resources and Industries, 2009, 11(2): 66—70. (in Chinese with English abstract)
- [10] 岳安志, 张超, 苏伟, 等. 基于高分辨率遥感影像的土地整理区农用井识别[J]. 农业工程学报, 2009, 25(11): 189—193.  
Yue Anzhi, Zhang Chao, Su Wei, et al. Recognition of farm well in land consolidation area using high resolution remote sensing image[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2009, 25(11): 189—193. (in Chinese with English abstract)
- [11] Wang Boqi, Li Nan, Li Wei, et al. Application of 3S technology to land consolidation in chernozem region of China[C]// Li Daoliang and Zhao Chunjiang. Computer and Computing Technologies in Agriculture II, Volume 1. Boston: Springer, 2009: 145—153.
- [12] 马瀚青, 杨小唤. 伊犁新垦区土壤盐碱化遥感信息的提取[J]. 资源科学, 2009, 31(12): 2065—2071.  
Ma Hanqing, Yang Xiaohuan. Extraction of soil salinization from remote sensing information based on knowledge discovery over the arid area[J]. Resources Science, 2009, 31(12): 2065—2071. (in Chinese with English abstract)
- [13] 王博祺, 郝晋珉, 孟德彪, 等. 中国黑钙土地区土地整理方法探讨[J]. 农业工程学报, 2008, 24(9): 44—48.  
Wang Boqi, Hao Jinmin, Meng Debiao, et al. Methods of land consolidation in chernozems region of China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2008, 24(9): 44—48. (in Chinese with English abstract)
- [14] 杨清华, 李景华, 韩旭, 等. QuickBird 遥感数据在土地整理工作中的应用[J]. 国土资源遥感, 2007, 18(4): 72—75.  
Yang Qinghua, Li Jinghua, Han Xu, et al. The application of QuickBird remote sensing data to land re-organization[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2007, 18(4): 72—75. (in Chinese with English abstract)
- [15] 冯秀丽, 王珂, 施拥军, 等. 基于遥感的土地整理研究[J]. 科技通报, 2006, 22(2): 258—262, 266.  
Feng Xiuli, Wang Ke, Shi Yongjun, et al. Land consolidation study based on RS[J]. Bulletin of Science and Technology, 2006, 22(2): 258—262, 266. (in Chinese with English abstract)
- [16] 鲍海君, 吴次芳, 叶艳妹, 等. 土地整理中田块设计和“3S”技术应用研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(1): 169—172.  
Bao Haijun, Wu Cifang, Ye Yanmei, et al. Dimension design of farmland and application of GPS-GIS-RS technology to land consolidation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2002, 18(1): 169—172. (in Chinese with English abstract)
- [17] 顾来水, 高骏. 土地整理工程施工技术[M]. 南京: 东南大学出版社, 2007.
- [18] 许迪, 李益农, 蔡林根, 等. 卫星遥感影像在农田灌排系统识别中的应用研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(2): 36—39.  
Xu Di, Li Yinong, Cai Lingen, et al. Applied study of satellite image in identification of irrigation and drainage system[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2004, 20(2): 36—39. (in Chinese with English abstract)
- [19] 高向军. 土地开发整理项目典型调查与评价[M]. 北京: 地质出版社, 2007.
- [20] Blaschke T, Lang S, Lorup E, et al. Object-oriented image processing in an integrated GIS/remote sensing environment and perspectives for environmental applications[C]// Cremers A and Greve K. Environmental Information for Planning, Politics and the Public. Marburg: Metropolis Verlag, 2000: 555—570.
- [21] Benz U C, Hofmann P, Willhauck G, et al. Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2004, 58(3/4): 239—258.
- [22] 周成虎. 高分辨率遥感影像地学计算[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [23] 章毓晋. 图像分割[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [24] 张建国, 李宪文, 吴延磊. 面向对象的冬小麦种植面积遥感估算研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(5): 156—161.  
Zhang Jianguo, Li Xianwen, Wu Yanlei. Object oriented

- estimation of winter wheat planting area using remote sensing data[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2008, 24(5): 156—161. (in Chinese with English abstract)
- [25] Vincent L, Soille P. Watersheds in digital spaces: an efficient algorithm based on immersion simulations[J]. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1991, 13(6): 583—598.
- [26] 陈云浩, 冯通, 史培军, 等. 基于面向对象和规则的遥感影像分类研究[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2006, 31(4): 316—320.  
Chen Yunhao, Feng Tong, Shi Peijun, et al. Classification of remot sensing image based on object oriented and class rules[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2006, 31(4): 316—320. (in Chinese with English abstract)
- [27] TD/T 1012-2000. 土地开发整理项目规划设计规程[S].
- [28] 曾志远. 卫星遥感图像计算机分类与地学应用研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [29] Jin X Y, Paswaters S. A fuzzy rule base system for object-based feature extraction and classification[C]//Kadar Ivan. Proceedings of the SPIE, Volume 6567. Orlando: International Society for Optical Engineering, 2007: 65671H1—65671H12.
- [30] Petr Felkel, Stepan Obdrzalek. Straight skeleton implementation[C]// Laszlo Szirmay-Kalos. Proceedings of the 14th Spring Conference on Computer Graphics. Budmerice: Comenius University, 1998: 210—218.
- [31] 田启明, 罗予频, 胡东成. 圆角化的图形区域直骨架及其算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(12): 2642—2646.  
Tian Qiming, Luo Yupin, Hu Dongcheng. Rounded straight skeleton and its implementation[J]. Journal of Computer-Aided Design and Computer Graphics, 2005, 17(12): 2642—2646. (in Chinese with English abstract)
- [32] 赵春霞, 钱乐祥. 遥感影像监督分类与非监督分类的比较[J]. 河南大学学报: 自然科学版, 2004, 34(3): 90—93.  
Zhao Chunxia, Qian Lexiang. Comparative study of supervised and unsupervised classification in remote sensing image[J]. Journal of Henan University: Natural Science, 2004, 34(3): 90—93. (in Chinese with English abstract)
- [33] 曾静静, 卢秀山, 王健, 等. 基于 LIDAR 回波信息的道路提取[J]. 测绘科学, 2010, 36(2): 142—143, 174.  
Zeng Jingjing, Lu Xiushan, Wang Jian, et al. Road extraction based on the echo information of LiDAR[J]. Science of Surveying and Mapping, 2010, 36(2): 142—143, 174. (in Chinese with English abstract)
- [34] 张中, 鲍远律, 屈静. 彩色公路地图的道路自动提取[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2006, 18(1): 21—26.  
Zhang Zhong, Bao Yuanlu, Qu Jing. Automatic road extraction from color road map[J]. Journal of Computer-Aided Design and Computer Graphics, 2006, 18(1): 21—26. (in Chinese with English abstract)
- [35] 杨建勇, 贾秀珉, 成菲. 土地利用更新调查方法: 以大同市新荣区为例[J]. 测绘科学, 2008(增刊 1): 259—260.  
Yang Jianyong, Jia Xiumin, Cheng Fei. The method of land use updating investigation: a case study of Xinrong district[J]. Science of Surveying and Mapping, 2008(Sup. 1): 259—260. (in Chinese with English abstract)

## Automatic identification of irrigation and drainage system in land reclamation area based on object-oriented classification

Wu Jiansheng<sup>1,2</sup>, Liu Jianzheng<sup>1\*</sup>, Huang Xiulan<sup>1</sup>, Peng Jian<sup>2</sup>, Li Huijian<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory for Environmental and Urban Sciences, Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen 518055, China ; 2. Key Laboratory for Earth Surface Processes, Ministry of Education, College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

**Abstract:** To identify irrigation and drainage system in land reclamation area automatically, an object-oriented classification method was proposed. The effectiveness of this method was compared with supervised classification method and manual screen digitization in terms of recognition accuracy and efficiency. KOMPSAT-2 high-resolution remote sensing images were selected as the experimental data, and the study area is located in Da'an city of western Jilin province. The experimental results showed that the overall recognition accuracy of object-oriented classification method was 89.64%, much higher than the accuracy of supervised classification method. More over, the object-oriented classification method is less time-consuming than manual screen digitization. The object-oriented classification method needs the least human intervention to complete the classification process and could achieve more stable results than the other two methods. Results show that the object-oriented classification is a powerful tool for remote sensing monitoring of irrigation and drainage system in land reclamation area. Meanwhile, this research provides an effective way for the identification of other ground objects in land reclamation projects.

**Key words:** land, consolidation, image processing, irrigation and drainage system, object-oriented classification, automation, high resolution remote sensing image