

融合物候特征对城市土地覆被 进行分类及覆被变化分析 ——以金坛区为例

张栋¹ 徐丹丹^{1, 2} 吴永波^{1, 2} 刘月³ 安德帅³¹

(1. 南京林业大学 生物与环境学院, 江苏 南京 210037;

2. 南京林业大学 南方现代林业协同创新中心, 江苏 南京 210037;

3. 南京林业大学林学院, 江苏 南京 210037)

【摘要】: 土地覆被与全球生态环境变化有重要联系, 遥感分类技术作为提取大尺度地物信息的主要手段, 在土地覆被变化监测中具有重要作用。但是由于监测研究对影像时间序列的要求及像元呈现出的混合光谱的特征, 现存城市土地覆被分类方法的分类精度仍待提高。为了精确评估城市土地覆被变化带来的生态效应, 寻找到一种简单可行同时又具有较高分类精度的遥感分类方法显得极为重要。基于 Landsat8 卫星遥感影像, 建立具有代表性的城市土地覆被分类体系, 结合地物物候特征改进传统的监督分类方法, 并将该方法应用于金坛区土地覆被分类工作中, 统计分析 2016~2018 年金坛区各土地覆被类型的面积变化趋势。结果表明融合地物物候特征的监督分类方法相较于传统监督分类方法可有效改善各覆被类型的提取精度; 且在江苏省生物多样性保护政策的实施下, 2016~2018 年金坛区各土地覆被类型面积变化较为明显。整体来看, 该方法在传统监督分类方法的基础上结合地物的物候特征进行土地覆被信息的提取, 在保证分类方法简单易行的同时, 可以有效提高分类精度, 为土地覆被变化生态分析提供了有效参考。

【关键词】: 土地覆被 监督分类 物候特征 精度分析 生态分析

【中图分类号】: TP79; Q14 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227(2021)07-1614-11

土地利用指某种特定的土地经营方式, 而土地覆被指当前土地所呈现出来的生物物理特征, 例如土地表层覆盖的河流、冰川、植被。相较于土地利用信息, 土地覆被信息直观性更强, 因而我们可以通过遥感监测技术直接获取土地覆被的相关信息^[1]。大量研究表明, 土地覆被变化是人与各种自然因子共同作用的结果^[2], 它可对全球生态环境变化产生重要影响, 与气候波动、生物多样性的变化^[3]、水网体系的消失、河流湖泊水质的恶化联系密切^[4]。因而研究土地覆被变化对预测自然灾害、监测生态环境、

作者简介: 张栋(1997~), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为生态遥感. E-mail: zhangdong@njfu.edu.cn

徐丹丹 E-mail: dandan.xu@njfu.edu.cn

基金项目: 国家重点研发计划课题(2016YFC0502704); 国家自然科学基金项目(41901361); 江苏省自然科学基金青年项目(BK20180769); 江苏省“六大人才高峰”创新人才团队项目(TD-XYDXX-006); 江苏省高校自然科学研究面上项目(18KJB180009)

保护生物多样性极为重要^[6]。

近些年来, 遥感技术飞速发展, 遥感影像的空间分辨率及光谱分辨率都得到了大幅度提升, 遥感技术成为监测全球环境变化、土地资源动态的主要手段^[6]。目前, 全球已成功发射数十颗高分辨率遥感卫星, 如 1999 年发射的 IKONOS 卫星、2001 年发射的 QuickBird 卫星、2007 年发射的 WorldView-1 卫星、2009 年发射的 WorldView-2 卫星、2008 年发射的 GeoEye-1 卫星, 其空间分辨率均可达到 5m 以上, 其中美国侦察卫星锁眼 KH-12 的空间分辨率甚至可以达到 15cm^[6,7]。借助这些高分辨率卫星, 我们可以获得精度高、光谱信息丰富的遥感影像, 从而将其应用于水力监测^[8]、植被信息提取^[9]等诸多领域。但是, 高分辨率影像数据获取成本高, 时间序列不连续, 覆盖范围小且卫星重返周期长, 无法实现实时监测, 这些因素限制了其在土地覆被变化研究中的应用。与之相比, Landsat 系列卫星自 1972 年发射升空以来, 已向人类提供了大量高质量的影像, 这些影像时间序列连续、光谱信息丰富且获取成本低, 弥补了高分辨率影像的不足, 在土地覆被信息提取中被广泛使用^[10,11]。例如王敏等^[12]利用 Landsat8 影像对四川省红原县的土地利用方式进行了研究; 白珏莹等^[13]利用 Landsat 影像进行了海岸带土地利用动态监测研究; ChamanGul 等^[14]借助 Landsat 影像对冰山雪地覆盖变化进行了研究。

借助 Landsat 影像研究土地覆被变化, 首要问题是进行地物信息的提取。遥感影像的信息提取方法主要有三种^[6]: (1) 基于目视解译的遥感影像信息提取技术。该方法制图精度高但是费时费力, 要求解译人员具有丰富的先验知识, 并且需要大量的野外实地调查资料作为辅助。(2) 传统的基于像元的遥感影像信息提取技术, 包括监督分类方法、非监督分类方法、新兴的神经网络分类法、融合多元数据进行土地覆被分类的方法及基于专家系统的分类方法等^[15~19]。其中, 监督分类方法要求研究人员对研究区具有一定的先验知识, 后基于这些知识在遥感影像上选取一定数目的训练样本, 将这些信息作为确定分类规则的依据, 进而选择合适的分类模型进行分类。非监督分类方法主要通过充分挖掘影像上不同地物的光谱信息进行分类, 与监督分类方法相比其操作较为简便, 但是分类精度有所降低^[16]。决策树分类方法通过统计分析各分类特征参数, 按照各参数的相对重要程度建立树状结构, 进而对遥感影像按层次分类。专家系统分类方法借助某一领域的经验分析各地物的属性, 基于此将其划分至不同类别。神经网络分类方法通过模拟人类脑部神经元的活动过程分步储存信息, 建立完整的分类体系从而实现对影像的分类^[20]。相较于传统分类方法, 人工智能分类方法虽有效提高了分类精度但实现过程仍较为繁琐, 如何改进算法使其更简单、易实现有待进一步研究^[21]。(3) 面向对象的遥感信息提取技术。3 种信息提取技术中, 相较于目视解译, 后两种分类方法均由计算机进行解译, 大大提高了工作效率。

目前针对 Landsat 影像的信息提取技术主要以基于像元的分类方法为主, 但是由于图像上的像元多为混合像元, 表现出混合光谱的特点, 同时由于“异物同谱”和“同物异谱”现象的存在, 利用 Landsat 影像对城市土地覆被分类普遍存在误分问题^[22], 包括耕地信息的提取误差^[23]、城镇和农田的混淆等。这些问题依然是遥感土地覆被分类中待解决的难题, 大大影响着分类结果的准确性。面向对象的分类方法以影像的光谱信息为基础, 结合地物的空间信息进行分类。该方法可以获得较高的分类精度, 但是其首要步骤为对影像进行分割。将该方法用于 Landsat 影像分类, 虽可以避免“椒盐现象”的发生, 但会增加影像分割的难度, 使该方法的无法得到充分发挥^[10]。

因此, 为改进传统的针对 Landsat 影像的遥感分类方法, 以更好地将其应用于土地覆被变化分析, 本研究根据不同季节的影像所显示出的植物物候特征建立分类模板, 在保证分类模板可用的前提下, 执行监督分类并对分类结果进行分类后处理, 得到最终的土地覆被分类图像。对该分类结果进行精度评价, 结果显示其总体分类精度在 80%以上, 因而可以认为该方法在进行土地覆被信息提取过程中具有较好的应用性。继而, 将“利用地物物候差异扩大不同土地覆被类型间的辨识度”的思想分别应用至 2016~2018 年金坛区土地覆被分类工作中, 统计得到各地物类型面积的变化趋势, 后结合相应的自然因素、社会因素分析导致土地覆被变化的驱动因子。

1 材料与方法

1.1 研究区概况与数据源简介

1.1.1 研究区概况

江苏省常州市金坛区(图 1)位于江苏省南部(31° 33′ 42″ N~31° 53′ 22″ N, 119° 17′ 45″ E~119° 44′ 59″ E), 地处长三角中枢地带, 境内五条一级公路贯穿, 水网密布^[24], 区域总面积约 976. 4km², 水域面积约 195. 1km²。其东部与常州市武进区相连, 西部与茅山、句容市接壤, 南濒洮湖, 北与丹阳市及镇江丹徒区相邻^[25]。近年来随着工业化、城镇化的迅速发展, 区域内土地供需矛盾日益严峻, 土地利用结构不合理等问题突出^[24]。

1.1.2 数据源简介

本次研究所用数据包括 Landsat8 遥感影像及 Google Earth 高清影像。其中 Landsat8 影像源于美国地质调查局网站 (<http://earthexplore.usgs.gov/>), 数据等级为 level2(经过大气校正和几何校正), 空间分辨率为 30*30m, 影像条带号为 (120, 038)。受到云雨天气、蓝藻水华等因素的影响, 本次研究最终选取了 6 幅可以反映不同地物物候差异的影像用于 2016~2018 年金坛区土地覆被分类工作(表 1)。选取的影像在研究区范围内无云覆盖, 质量良好。精度分析参考影像为 GoogleEarth 高清影像, 空间分辨率为 0. 53m, 由 2017 年不同月份的影像拼接而成。

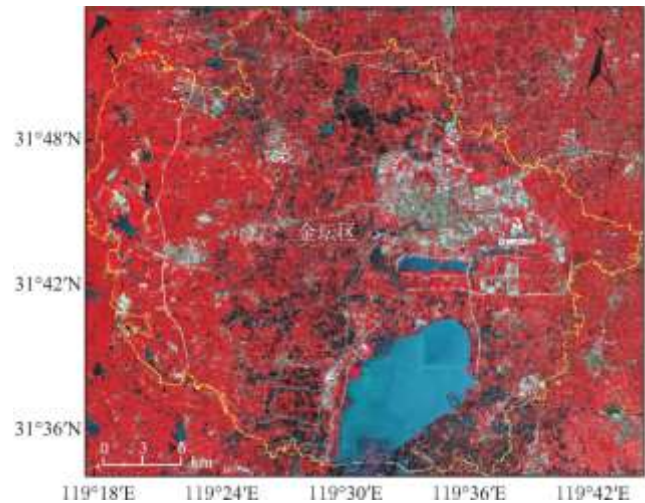


图 1 研究区：江苏省常州市金坛区

背景影像为 2017-07-21 拍摄的 Landsat8 影像

表 1 各影像捕获日期

年份	影像捕获日期
2016	20160328
2017	20170721
	20171025
	20171212
2018	20180419
	20181028

1.2 研究方法

本次研究内容可分为 3 部分：首先利用融合物候特征的监督分类方法对金坛区遥感影像进行分类，并对此分类结果进行精度评价；在确保该分类方法可以有效改善金坛区各土地覆被类型的提取精度的前提下，将该方法应用于 2016~2018 年金坛区土地覆被分类工作中，得到 2016~2018 年金坛区不同土地覆被类型的面积变化趋势；最后结合政府公文、相关文献等资料进行土地覆被变化驱动因子的分析(图 2)。在传统监督分类方法中，数据源多为单一时期的一幅影像，大多数情况下单一时期的影像无法充分显示各地物间的差异，进而会增加监督分类中地物类型划分失误的概率。本次研究中，为充分显示融合物候特征的监督分类方法相较于传统监督分类方法在地物信息提取方面的优势，我们还利用传统监督分类方法分别对 2017 年 7 月 21 日及 2017 年 12 月 12 日的遥感影像进行分类，将其分类结果作为对比。整个研究过程中，分类操作主要借助 ENVI 软件完成，而分类后处理及精度分析操作主要在 ArcGIS 中完成。

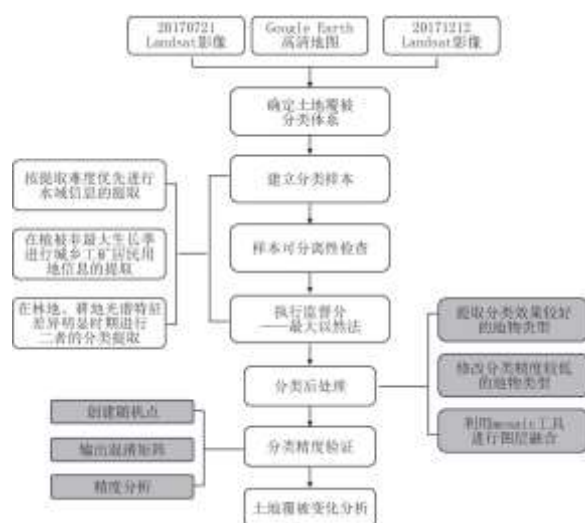


图 2 技术流程图

2 金坛区土地覆被变化分析

2.1 确定分类体系

金坛地区以平原为主，耕地占比约 60%，水体占比约 20%^[26]。研究表明，该区域生物资源及旅游资源均较为丰富，但是近些年来其非农业用地占比明显升高，耕地面积持续减少，湿地面积也处于下降趋势^[26]。本研究参照“2017 版土地利用现状分类”及相关文献^[27,28]，将金坛区的土地覆被类型划分为林地、耕地、水域及城乡工矿居民用地四种。其中水域包括河流、湖泊、养殖区、湿地及河道；城乡工矿居民用地包括居民居住区、建筑用地、旅游开发区及建筑裸地等；林地包括自然植被及人工种植的形状较为规则的人工植被；耕地则为主要用于生产粮食、较为规则的地块。

2.2 训练区样本建立及样本可分离性检查

训练样本的建立以 GoogleEarth 高清影像为基准，主要借助 ENVI 软件中的 ROI 工具完成。在训练样本的建立过程中，由于夏季及秋季的遥感影像上水域及城乡工矿居民土地覆被类型特征突出，与其他类型差异明显，因而利用夏季、秋季的影像建立以上两种覆被类型的训练样本；冬季遥感影像上林地与耕地的土地覆被类型差异显著，故借助冬季遥感影像进行林地与耕地训练样本的建立。训练样本建立完毕后，在 ROI Separability Report 窗口中查看训练样本分离性报告，确保各类别的可分性在

1.8 以上。

2.3 执行监督分类

研究表明,与其它监督分类方法相比,最大似然法精度更高,使用更为广泛^[29],因而本次研究借助 Maximum Likelihood 分类器执行监督分类。在各土地覆被类型分批次提取后,利用 ArcGIS 中的 Mosaic 工具将所提取的图层进行组合,得到最终的金坛区土地覆被分类结果并输出。

2.4 分类精度评价

2.4.1 选取验证样本

在生成的分类结果中借助 ArcGIS 软件中的 create random points 工具按照类别选取随机点,每个类别中设置点数为 50 个,后通过 extract multivalues to points 工具将随机点所在区域的属性值添加到随机点属性表中,输出属性表,对照 Google Earth 高清地图验证分类结果并输出误差矩阵。误差矩阵主对角线上的数值表示被正确分类的像元数,对角线以外数值表示相对于参考影像的错误分类数,最右边一列表示每个类别在分类图像上的总数目,最底部一行表示每个类别在参考影像上的总数目^[25]。

2.4.2 确定基本评价指标

本次共选取“总体分类精度、Kappa 系数、用户精度及制图精度”4 个参数来评价土地覆被分类效果。

2.5 金坛区土地覆被变化分析

将优化的监督分类方法分别应用到 2016 及 2018 年的金坛区土地覆被分类中,在保证其分类精度可靠的情况下,统计各土地覆被类型的面积数据并通过土地覆被动态度 K(公式 1)表征各覆被类型的面积变化速度^[30~32],最后结合中国统计信息网、常州市金坛区人民政府官网发布的信息及相关文献进行金坛区土地覆被变化的驱动因子分析。

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} * \frac{1}{T} * 100\% \quad (1)$$

式中: U_a 、 U_b 分别为研究初期和末期的某一土地覆被类型的面积; T 为研究的时段长度。

3 结果

3.1 土地覆被分类结果

分类结果(图 3)显示,与空间分辨率为 0.53m 的 GoogleEarth 高清影像(图 4)相比,各覆被类型划分基本准确。其中水域的提取效果最佳;其次为林地,提取结果有效改善了传统监督分类方法中易出现的林地、耕地误分的问题;城乡工矿居民用地及耕地的提取依然存在些许误差,这主要源于建筑裸地与作物收获后形成的农业裸地间的分类误差,但是相比传统的监督分类方法,该误分现象已得到显著改善。

3.2 分类精度评价

对本次金坛区土地覆被分类结果进行精度评价(表 2),结果显示融合物候特征的监督分类方案所取得的总体分类精度为 83.50%,Kappa 系数为 0.78。就各覆被类型的提取效果而言,水域的提取效果最佳,制图精度达 92.16%;林地及城乡工矿居民用地的制图精度均在 80.00%以上,分别为 85.71%、80.85%;耕地相较于其他三种覆被类型的提取精度较低,制图精度为 75.47%。

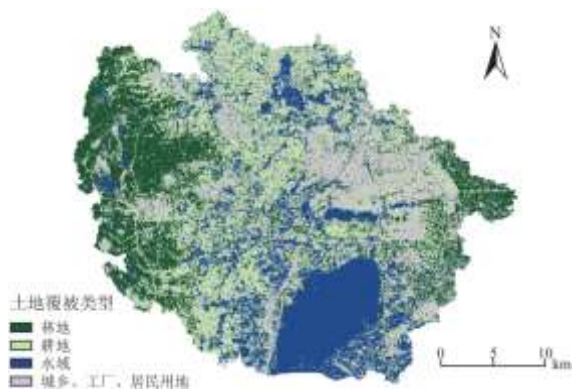


图 3 金坛区土地覆被分类结果

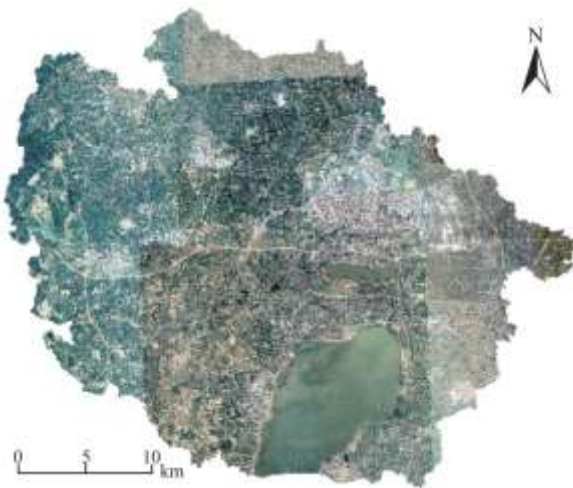


图 4 金坛区 GoogleEarth 影像

表 2 优化方案的土地覆被分类精度报告

类名	参考像元	被分类像元	正确分类像元	制图精度(%)	用户精度(%)
林地	49	50	42	85.71	84.00
耕地	53	50	40	75.47	80.00
水域	51	50	47	92.16	94.00
城乡、工矿、居民用地	47	50	38	80.85	76.00
总计	200	200	167		

总体分类精度=83.50%
Kappa 系数=0.78

对基于传统监督分类方法的土地覆被分类结果进行精度评价(表 3、表 4),结果显示其总体分类精度分别为 68.00%、66.00%,Kappa 系数分别为 0.57、0.55,均明显低于融合物候特征的监督分类方案中所取得的相应结果。就各土地覆被类型的提取效果而言,水域的制图精度最高,均为 85.71%;林地的制图精度一般,分别为 73.17%、80.85%;耕地及城乡工矿居民用地的制图精度均低于 70.00%,提取效果最差。

对比两种分类方案下的精度报告,可以看出融合物候特征进行土地覆被分类可以显著提升耕地及城乡工矿居民用地信息的提取效果,进而实现总体分类精度及 Kappa 系数的提高。

表 3 传统方案的土地覆被分类精度报告(2017-07-21)

类名	参考像元	被分类像元	正确分类像元	制图精度(%)	用户精度(%)
林地	41	50	30	73.17	60.00
耕地	55	50	29	52.73	58.00
水域	49	50	42	85.71	84.00
城乡、工矿、居民用地	55	50	35	63.64	70.00
总计	200	200	136		
总体分类精度=68.00% Kappa 系数=0.57					

表 4 传统方案的土地覆被分类精度报告(2017-12-12)

类名	参考像元	被分类像元	正确分类像元	制图精度(%)	用户精度(%)
林地	47	50	38	80.85	76.00
耕地	51	50	30	58.82	60.00
水域	42	50	36	85.71	72.00
城乡、工矿、居民用地	60	50	28	46.67	56.00
总计	200	200	132		
总体分类精度=66.00% Kappa 系数=0.55					

3.3 2016~2018 年金坛区土地覆被变化分析

3.3.1 土地覆被的总体变化特征

根据《省政府关于印发江苏省生态红线区域保护规划的通知》，金坛区共划分 8 片生态红线区域。因而，本次研究通过分析金坛区 2016~2018 年各土地覆被类型面积的变化(图 5)及重点生态红线区域 NDVI 的变化(图 6)表征其土地覆被变化的总体特征。结果显示 2016~2018 年，林地及城乡工矿居民用地的面积均处于增长趋势，水域及耕地的面积均处于下降趋势，具体表现为：林地面积共增加 87.17km²，城乡工矿居民用地面积共增加 32.35km²；耕地面积共减少 50.56km²，水域面积共减少 68.65km²。



图 5 2016~2018 年金坛区各土地覆被类型面积的变化(面积：平方千米)

生态红线区域的主要功能包括水源涵养、渔业资源保护、水质保护、湿地生态系统保护等，对比不同年份同季节时期各生态红线区域的 NDVI 值，我们发现天然林区域及湿地生态系统区域的 NDVI 值总体上均呈现上升趋势，表明 2016~2018 年生态红线区域的植被覆盖度有所提升，植被生长状况有所改善。

此外，通过相同生态红线区域不同季节 NDVI 的变化我们可以看出利用物候特征扩大物间辨识度的可行性。资料显示金坛区不同农作物的采收时间分别集中在 3~4 月、7 月及 10 月。7 月虽为早稻的收割期，但同时也是植被的最大生长季，因而在 7 月各生态红线区域的 NDVI 值最大；在 3~4 月、10 月，农作物被收割，而植被尚未完全长出，故该时期各生态红线区域的 NDVI 值相较于 7 月有明显下降。

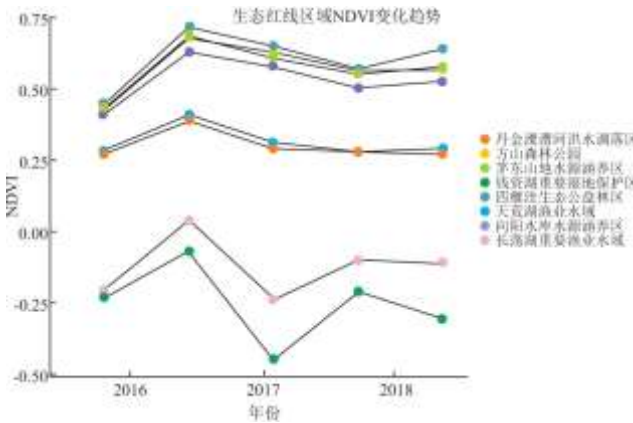


图 6 2016~2018 年金坛区各生态红线区域 NDVI 的变化

3.3.2 土地覆被动态度及覆被变化驱动因子分析

计算结果(表 5)显示, 2016~2018 年, 金坛区林地、耕地、水域及城乡工矿居民用地的土地覆被动态度分别为 0.24、-0.11、-0.12、0.06, 即 2016~2018 年, 林地的变化程度高于水域高于耕地, 显著高于城乡工矿居民用地。各土地覆被类型面积变化分析如下。

林地面积的变化显示了金坛区对常州市创建“生态城市”号召的积极响应。2015 年 6 月, 江苏省发布生物多样性保护战略文件, 在该文件的号召下, 常州市持续推进生态绿城建设, 并在 2016 年圆满建成国家森林城市。该举措促进了金坛区西部的茅山、方山及四棚洼生态公益林区面积的增加。同时金坛区部分耕地消失, 由林地代替, 林地面积总体上得到显著增加。且统计数据显示, 2017 年常州市建成区绿地面积同上年增长 1.7%, 2018 常州市建成区绿地面积同上年增长 0.9%, 据遥感影像分类结果, 金坛区林地面积变化与常州市建成区绿地面积的变化高度一致。

耕地及水域面积的变化主要与金坛区农业现代化水平的提高、土地整治措施、高效渔业措施等相关。2016 年金坛区现代农业加快推进, 建成若干智慧农业示范点, 实现了渔业养殖技术的革新; 2017 年现代农业发展进一步推进, 发展高效农渔业面积 5300 多亩; 2018 年粮食亩产量再度提升。得益于现代高效农渔业技术的应用, 金坛区改小面积耕地为连片高标准农田^[34], 在缩减总耕地面积的同时依然可以实现作物总产量的提升。此外, 金坛区结合当地地形、地貌, 推进清淤造田技术^[34], 将一部分养殖区改为稻田, 在遥感影像分类结果中即显示为 2016~2018 年金坛区总耕地面积及水域面积略有缩减, 且随着机械化农业水平、粮食产量的提升, 其缩减速度有所变化。

城乡工矿居民用地面积的变化一定程度上显示了金坛区总体经济水平的发展。2016~2018 年金坛区不断改善城市面容、完善城乡基础设施, 积极发展旅游业, 建设若干国家星级景区, 同时注重开发区实力的提升, 加快生态示范园区的建设, 增设创新产业园区的数量, 为区域的经济发展奠定了基础。以上一系列建设最终推进了金坛区城乡工矿居民用地面积的增加。

表 5 金坛区 2016~2018 年土地覆被动态度

	2016~2017	2017~2018	2016~2018
林地	0.29	0.14	0.24
耕地	-0.10	-0.13	-0.11
水域	-0.17	-0.10	-0.12
城乡、工矿、居民用地	0.06	0.05	0.06

4 讨论

本次研究在已有的监督分类方法的基础上融合目视解译进行分类模板的建立, 避免了监督分类过程中易出现的训练区样本代表性不强的问题; 同时综合已有的基于时间序列数据分类方法的优势, 充分利用植物的物候特征, 有效提高了金坛区土地覆被分类的精度, 为土地覆被变化生态分析提供了基础。

4.1 分类效果评价

在金坛区土地覆被分类过程中,由于优质影像数量有限,2016 年仅选取了 3 月 28 日的影像用于各地物信息的提取;2018 年仅选取了 4 月 19 日、10 月 28 日的影像用于各地物信息的提取,但是该问题对分类精度的影响几乎可以忽略。2016 年 3 月 28 日的遥感影像明显显示了林地与耕地间的差异,同时该时期植被尚未处于最大生长季,对城乡工矿居民用地信息的提取影响甚微,与本次研究中改进的监督分类方法中强调的充分利用地物物候差异进行分类的核心相一致。在 2018 年金坛区土地覆被分类中,对 2018 年的两幅影像所呈现出来的不同地物的物候特征进行综合分析后,我们最终选取了 4 月 19 日的影像用于林地与耕地信息的提取,选取了 10 月 28 日的遥感影像用于水域及城乡工矿居民用地信息的提取。分类完成后,对 2016 及 2018 年的土地覆被分类结果进行精度评价,其总体分类精度均在 78%以上。

本次土地覆被分类所用的分类方法与传统方法相比,在总体分类精度上取得显著提高。这是因为在遥感影像上,夏季植被、作物均生长旺盛,会增加林地及耕地的辨识难度;同时由于植被处于最大生长季,部分城乡工矿居民用地区域中的少数植被会导致其被误分为林地;水域中虽然生长有水生植被,但是数量较少,尤其是水深较大的区域,因而水生植被对水域信息提取的影响几乎可以忽略;故夏季为水域信息提取的最佳时期。秋季植被生长衰落,城乡工矿居民用地不再受其影响,因而选择在秋季提取城乡工矿居民用地。同时根据我国水稻种植区规划资料,金坛区水稻熟制为一年两熟,早稻一般在 7 月下旬成熟,晚稻一般在 10 月中下旬成熟,因而在冬季,耕地上的作物由于被收割会形成裸地,而天然林区域多为常绿性植被,在假彩色显色的影像上仍表现为强烈的红色,与耕地区域对比明显,是进行林地与耕地区分的最佳时期。融合物候特征对各土地覆被类型进行分批次提取,各地物信息的提取精度得到有效改善,最终实现了总体分类精度及 Kappa 系数的提高。

在以往的城市土地覆被分类研究中,仇江啸等^[34]采用广义的分类方法对城市土地覆被信息进行分析,其总体分类精度为 80.5%,kappa 系数为 0.72,分类误差主要源于林地与道路错分、城市建筑物阴影的影响;苏伟等^[35]采用传统的面向对象的分类方法对马来西亚吉隆坡市的土地信息进行提取,其总体分类精度为 83.04%,kappa 系数为 0.80,误差主要源于道路和空地、建筑物和空地及水体的误分;李辉等^[36]利用传统分类方法提取城市土地覆被信息,结果显示其总体分类精度为 78.52%,kappa 系数为 0.73,影像误差的主要来源为林地和水体间的错误分类。

与之相比,本次基于植物物候特征进行监督分类的分类方法有效改善了水域与城乡工矿居民用地误分、林地与耕地误分的问题,但同时,该方法获取的耕地的提取精度相较于其他类型仍有待提高。

4.2 土地覆被变化评价

根据 2016~2018 年金坛区各土地覆被类型面积的变化,可以看出金坛区 2016~2018 年林地面积得到显著增加,这与省政府发布的生物多样性保护战略文件密切相关。金坛区西部多为天然林,具有涵养水源、调节小气候等重要生态功能,天然林的增加有利于生态环境的改善。耕地面积的变化主要与现代农业、渔业技术的推进相关,该措施促进了小面积分散农田向现代化连片农田的转化^[33],同时农业科技的应用有效增加了作物产量,在保证人均耕地面积减少的同时作物产量也可以得到平稳输出。水域面积的变化主要表现为养殖区面积的缩减,金坛区内水路纵横,养殖区密集,适当缩减养殖区面积可以缓解水体富营养化的问题,在今后的发展中也可以参照东太湖所实施的“养殖区承包责任制”,实施水面出租措施,改善水质问题。

由于优质遥感影像数量的限制,本次仅对 2016~2018 年的金坛区土地覆被变化进行了分析。江苏省 2015 年颁布了生物多样性保护文件,由于政策实施具有滞后性,本次研究数据的年限跨度虽小,但完全不影响观察政策实施对土地覆被变化带来的影响。不过在接下来关于土地覆被变化更为细致的研究中,我们仍需克服不利条件导致的影像数据源有限的问题,扩大影像覆盖年限。

4.3 展望

本次研究中所用的优化的监督分类方法与传统分类方法相比,虽然实现了林地、耕地及水域分类精度的显著提高,但依旧

存在一些问题。

在基于 Landsat 影像进行城市土地覆被分类研究中,建筑物信息及耕地信息提取始终是一个待解决的难题^[23,37]。本次研究中,相对于苏伟等学者利用传统的面向对象的分类方法获得的 60.27%的建筑物制图精度^[35],该方法将城乡工矿居民用地的制图精度提高到了 80.85%,一定程度上使该问题有所改善,但仍未完全解决城镇裸地与农田裸地、水域误分的问题。这主要源于以下几点:(1)建筑物阴影的干扰;(2)建筑物亮度高且变化小,因而在分类过程中极易将作物收割后形成的裸地及夏季假彩色显色影像中高亮度的水域与之混淆^[26]。综上所述,目前对建筑物及道路提取的分类方法还有待完善,寻找到一种简单可行同时又具有较高分类精度的遥感分类方法,依然是我们的研究重点。

参考文献:

- [1]SHRESTHA US.Land use and cover classification from ETM sensor data:A case study from tamakoshi River Basin of nepal [J].Isprs Technical Commission Viii Symposium,2014,40-8:943-948.
- [2]范泽孟,岳天祥,刘纪远,等.中国土地覆盖时空变化未来情景分析[J].地理学报,2005(6):63-74.
- [3]张新荣,刘林萍,方石,等.土地利用、覆被变化(LUCC)与环境变化关系研究进展[J].生态环境学报,2014,23(12):2013-2021.
- [4]屈璠.黄浦江流域土地利用/覆被变化对河网水系的环境效应[D].华东师范大学,2007.
- [5]廖安平,彭舒,武昊,等.30m 全球地表覆盖遥感制图生产体系与实践[J].测绘通报,2015(10):4-8.
- [6]詹福雷.基于面向对象的高分辨率遥感影像信息提取[D].吉林大学,2014.
- [7]李琦.高分辨率遥感影像在地理国情普查信息提取中的应用研究[D].吉林大学,2014.
- [8]张瑞.高分辨率影像在水利监测中的应用[J].经纬天地,2016(1):37-39,43.
- [9]张婧,刘咏梅,徐健,等.影像分辨率对植被覆盖度提取的影响[J].水土保持研究,2014,21(3):120-124.
- [10]刘翔,刘会玉,林振山,等.基于 Landsat OLI 影像的盐城滨海湿地分类方法对比研究[J].湿地科学,2017,15(5):689-696.
- [11]吕桂军.长时间序列 Landsat TM 影像应用于地理国情监测中的技术方法探讨[D].河南理工大学,2014.
- [12]王敏,高新华,陈思宇,等.基于 Landsat 8 遥感影像的土地利用分类研究——以四川省红原县安曲示范区为例[J].草原科学,2015,32(5):694-701.
- [13]白珏莹,徐威杰,管明雷,等.Landsat 影像海岸带土地利用动态监测方法研究[J].测绘通报,2016(2):84-86,119.
- [14]GUL C,KANG S C,GHAURI B,et al.Using landsat images to monitor changes in the snow-covered area of selected glaciers in northern pakistan[J].Journal of Mountain Science,2017,14(10):2013-2027.

-
- [15]孙秀邦, 范伟, 严平, 等. 遥感影像土地覆被分类研究进展[J]. 中国农学通报, 2007(9):607-610.
- [16]郭兴宇. 基于 Landsat/MODIS 数据融合的土地利用/覆被分类研究[D]. 河北师范大学, 2018.
- [17]曾生根, 王小敏, 范瑞彬, 等. 基于独立分量分析的遥感图像分类技术[J]. 遥感学报, 2004(2):150-157.
- [18]贾永红, 李德仁, 孙家柄. 多源遥感影像数据融合[J]. 遥感技术与应用, 2000(1):41-44.
- [19]BORG I A, AKDAG H. Knowledge based supervised fuzzy-classification: An application to image processing[J]. Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, 2001, 32(1-4):67-86.
- [20]纪仰慧, 李国春, 关宏强. 土地利用/覆盖遥感分类研究综述[J]. 农业网络信息, 2005(8):36-38.
- [21]史泽鹏, 马友华, 王玉佳, 等. 遥感影像土地利用/覆盖分类方法研究进展[J]. 中国农学通报, 2012, 28(12):273-278.
- [22]陈姝, 居为民. 遥感图像分类方法及研究进展[J]. 河北农业科学, 2009, 13(1):143-146.
- [23]牛鲁燕, 张晓艳, 郑继业, 等. 基于 Landsat8 OLI 数据的山东省耕地信息提取研究[J]. 中国农学通报, 2014, 30(34):264-269.
- [24]戴靓, 姚新春, 周生路, 等. 长三角经济发达区金坛市土地生态状况评价[J]. 农业工程学报, 2013, 29(8):249-257, 2.
- [25]尚伟涛. 基于 GIS 和 RS 的金坛市土地生态环境敏感性评价研究[D]. 兰州交通大学, 2014.
- [26]戴靓. 县域土地生态质量的空间分异及其主控因子识别[D]. 南京大学, 2013.
- [27]王少伟, 张晓祥, 杨晓英. 太湖湖滨敏感区的土地利用遥感分类研究[J]. 遥感技术与应用, 2014, 29(1):114-121.
- [28]张宇, 王得玉. 基于遥感数据的南京仙林地区土地利用类型动态变化分析[J]. 南京师范大学学报(工程技术版), 2017, 17(4):79-85.
- [29]初庆伟, 张洪群, 吴业炜, 等. Landsat-8 卫星数据应用探讨[J]. 遥感信息, 2013, 28(4):110-114.
- [30]杨华容, 王怀英, 彭文甫, 等. 区域土地利用/覆被时空动态变化研究——以四川省金堂县为例[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(8):37-46.
- [31]马晴, 李丁, 廖杰, 等. 疏勒河中下游绿洲土地利用变化及其驱动力分析[J]. 经济地理, 2014, 34(1):148-155.
- [32]杨文轩, 庞红丽, 张旭. 兰州市近 10 年的土地利用动态变化研究[J]. 水土保持研究, 2013, 20(3):231-236.
- [33]宋云飞, 刘玉华, 王科. 以全域土地整治服务乡村振兴战略——以江苏省常州市金坛区为例[J]. 中国土地, 2018(7):36-38.

[34] 仇江啸, 王效科. 基于高分辨率遥感影像的面向对象城市土地覆被分类比较研究[J]. 遥感技术与应用, 2010, 25(5): 653-661.

[35] 苏伟, 李京, 陈云浩, 等. 基于多尺度影像分割的面向对象城市土地覆被分类研究——以马来西亚吉隆坡市城市中心区为例[J]. 遥感学报, 2007(4): 521-530.

[36] 纪敏, 李辉, 石晓春. 面向对象的的城市土地利用分类[J]. 地理空间信息, 2009, 7(3): 62-65.

[37] 林祥国, 张继贤. 面向对象的形态学建筑物指数及其高分辨率遥感影像建筑物提取应用[J]. 测绘学报, 2017, 46(6): 724-733.