

引用格式: Li Ruyan, Xie Yaowen, Jiang Zhuangfang. Object-oriented Natural and Artificial Oasis Distinguishing in Landsat Imagery: Taking Minqin Oasis as an Example[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2020, 35(4): 873-881. [李汝嫣, 颀耀文, 姜转芳. 面向对象的天然绿洲与人工绿洲区分[J]. 遥感技术与应用, 2020, 35(4): 873-881.] doi: 10.11873/j.issn.1004-0323.2020.4.0873

面向对象的天然绿洲与人工绿洲区分

——以民勤县湖区绿洲为例

李汝嫣¹, 颀耀文^{1,2}, 姜转芳¹

(1. 兰州大学资源环境学院, 甘肃 兰州 730000;

2. 兰州大学西部环境教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

摘要:以地处河西走廊东端、石羊河下游的民勤县湖区绿洲为例,以Landsat 8 OLI影像为数据源,从天然绿洲和人工绿洲的基本概念出发,在影像数据预处理、多尺度分割的基础上,综合考虑光谱、纹理、形状、上下文等信息,引入NDVI、最大化差异、紧致度、形状指数和空间邻接关系等多个特征,构建规则集进行天然绿洲和人工绿洲的区分,并将区分结果与基于最大似然法监督分类的绿洲区分结果进行比较分析。结果表明:使用面向对象的影像分析方法区分天然绿洲和人工绿洲的总体精度达到了91.75%,Kappa系数为0.65;较之面向像元的最大似然法监督分类结果,总体精度提高了10.40%,Kappa系数提高了0.13,其中人工绿洲条件Kappa系数提高了0.19,天然绿洲条件Kappa系数提高了0.30。面向对象的影像分析方法能够在一定程度上克服单一光谱特征分类方法的局限性,避免“异物同谱”和“同物异谱”现象带来的混淆,提高天然绿洲和人工绿洲区分的精度。

关键词:NDVI;最大化差异;紧致度;形状指数;规则集;绿洲区分

中图分类号:K90-06;TP79 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-0323(2020)04-0873-09

1 引言

绿洲维持着干旱区生态系统,是干旱、半干旱地区人类生产生活的场所,承载着干旱区的社会经济发展。21世纪以来,我国学者大多侧重于研究绿洲的形成机制^[1]、结构功能、时空演替过程^[2-3]、荒漠—绿洲相互作用、绿洲可持续发展、人口、资源、环境和经济发展(PRED)系统的调控等方面^[4]。大多数绿洲研究均以人工绿洲为基础,对于天然绿洲的研究方面投入不多^[5]。许多学者甚至有绿洲即人工绿洲的思想,忽视天然绿洲及其生态效益的存在。人类不断加大对天然绿洲的干预程度,导致出现了人工绿洲扩大与天然绿洲退缩的问题^[5-6],进而

造成了一系列的生态环境破坏和环境承载力下降等后果^[7-9]。我国甘肃省武威市的民勤县,由于受地下水超采、开荒弃耕、过牧等人类活动的干扰和破坏,绿洲区土地荒漠化现象严重,这些现象主要出现在绿洲—荒漠过渡带——天然绿洲区^[10]。

天然绿洲是荒漠与人工绿洲之间的天然屏障,能够较好地指示自然环境变化。天然绿洲指形成和发展于自然条件下,较少甚至没有受到人类活动的影响,具有绿洲基本特征的地理区域,主要分布在人工绿洲边缘地区或人工绿洲与荒漠之间的过渡地区。受到人类干预,但原生生态系统结构、功能等基本特征未发生变化的绿洲仍属于天然绿洲的范畴。人工绿洲一般以人工种植的作物和林木

收稿日期:2019-09-12;修订日期:2020-07-13

基金项目:兰州大学中央高校基本科研业务费专项资金项目(lzujbky-2017-it105),国家自然科学基金项目(41471163,41530752)。

作者简介:李汝嫣(1993—),女,江苏连云港人,硕士,主要从事地图学与地理信息系统研究。E-mail:1753129463@qq.com

通讯作者:颀耀文(1969—),男,甘肃天水人,博士,教授,主要从事地图学与干旱区环境变化研究。E-mail:xieyw@lzu.edu.cn

为主体,主要包含两个部分:一是指在干旱荒漠区,人类在纯粹荒漠上建设的具有较高的系统产出量的绿洲;一是指在原有的天然绿洲的基础上加以人工干预,原生生态环境已经彻底改变的绿洲^[11]。

利用遥感影像将天然绿洲从人工绿洲占主体的总体绿洲中准确地提取出来,对识别干旱区环境变化、开展人类活动影响的评价以及绿洲化成因的研究具有重要意义^[12]。由于天然绿洲和人工绿洲分布分散且混杂,影像特征区别不明显,目前人工绿洲与天然绿洲的区分较为困难,方法尚不成熟。多数学者选择采用目视解译的方法进行区分,此类方法的分类结果因人而异,精度较高但是与工作成本不成正比。李建林等^[13]在进行绿洲分布比例的分形研究中,使用土地利用现状详查报告数据提取天然绿洲与人工绿洲相关信息,并未实现空间上准确的人工绿洲与天然绿洲区分。赵虹等^[12]以Landsat TM影像为数据源,基于传统的面向像元的影像分析方法,结合植被指数与纹理,利用决策树分类法进行了天然绿洲和人工绿洲的区分。

传统的面向像元的影像分析方法保留了原始影像中丰富的光谱信息^[14],大多忽略空间背景^[15]，“同物异谱”和“异物同谱”现象容易引起错分和漏分,使分类精度降低^[16]。因此,在识别土地覆被类型方面效果并不显著^[17]。面向对象的影像分析建立在传统的遥感影像分析中的分割、边缘检测、特征提取和分类等概念的基础上^[18],是一种基于影像区域对象的智能信息获取过程。该方法不仅减少了待处理的单元数,还利用了许多额外的光谱信息和空间信息,从而实现地理目标的提取。近年来,该方法已广泛应用于湿地^[19-20]、林火区^[21]、农作物^[22]等信息提取^[23]与分类^[18,24-28]研究中。

本研究以甘肃省武威市民勤县湖区绿洲为试验区,从绿洲的基本概念及人工绿洲和天然绿洲的属性出发,分析了二者的植被构成、周边环境、分布位置等地理特征,以及光谱、纹理、形状、上下文等影像特征,然后采用面向对象的影像分析方法,实现了对天然绿洲与人工绿洲的区分。

2 研究区与数据源

2.1 研究区概况

民勤绿洲地处河西走廊东端、石羊河下游,西

邻巴丹吉林沙漠,东接腾格里沙漠,南靠武威盆地,呈现以人工绿洲为主、天然绿洲为辅的典型绿洲生态景观。民勤绿洲主要有湖区、坝区和泉山区三个灌区,本研究选择位置最靠北、石羊河流域绿洲最下游的湖区绿洲为研究区。湖区绿洲位于 $103^{\circ}26' \sim 103^{\circ}48' E$ 、 $38^{\circ}48' \sim 39^{\circ}06' N$ 之间,海拔在1 310~1 320 m之间,主要包括东湖、收成、西渠3个乡镇范围内的绿洲(图1)。截至2014年年末,湖区常住人口46 314人,从业人员23 923人,全年实现工业总产值109 209.0万元,按常住人口计算,人均2.4万元^①。

研究区内年均降水不足100 mm,年蒸发量为2 644 mm左右^[29]。天然植被稀疏,包括白刺(*Nitraria tangutorum* Bobr.)、怪柳(*Tamarix chinensis* Lour.)和盐爪爪(*Kalidium foliatum* (Pall.) Moq.)等,主要分布在主体绿洲外围;人工植被主要有二白杨(*Populus gansuensis* C. Wang et H. L. Yang)、沙枣(*Elaeagnus angustifolia* Linn.)和白榆(*Ulmus pumila* L.)等^[30]。2012年农作物播种面积达18万亩^②,种植有玉米、小麦等粮食作物,以及葵花籽、蔬菜、瓜果、药材等。石羊河流域中游武威绿洲的大量截流使得进入下游湖区的水量日趋减少,过量提灌地下水又使地下水位严重下降,直接导致区域内沙生植物大量枯萎死亡,天然植被干枯残败现象严重。绿洲边缘的防沙屏障逐段开口,沙进人退,荒漠化现象日趋加剧^[31]。

2.2 数据源

本研究采用Landsat 8-OLI遥感影像为数据源,影像的成像时间为2014年7月26日,空间分辨率为

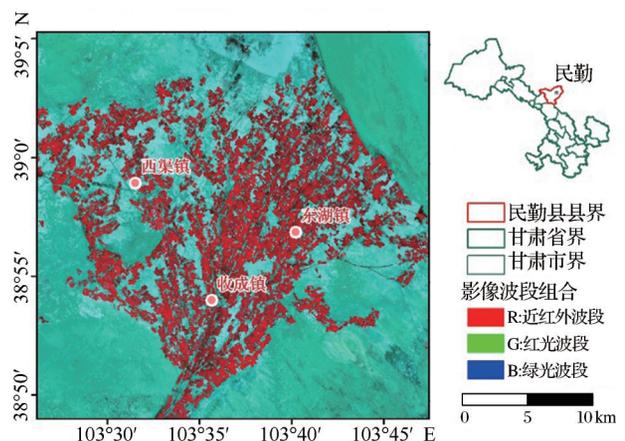


图1 研究区地理位置(Landsat8-OLI标准假彩色合成)

Fig.1 Geographic location of study area

①数据来自《中国县域统计年鉴(乡镇卷)2015》

②数据来自《民勤县2012年国民经济和社会发展统计资料汇编》

30 m。研究时,首先借助ENVI 5.1完成影像辐射定标和大气校正,然后利用eCognition 9.0软件进行了绿洲信息的提取与人工和天然绿洲的区分,并使用第一次全国地理国情普查重分类数据作为验证样本进行了精度验证。普查工作开展于2013至2015年,其分类体系是以基础地理信息现有的分类体系为基础,参考相关专业部门开展的普查分类制定的。结合民勤县湖区绿洲的实际状况,对普查数据进行了重分类,将所有类别归并为绿洲与非绿洲两个大类,又将绿洲分为人工绿洲与天然绿洲两个子类。其中,荒漠与裸露地表、林地中的疏林(郁闭度在0.1~0.2)和稀疏灌丛(平均覆盖度低于30%、大于10%)归并为非绿洲,其他土地覆被类型为绿洲;绿洲中的天然草地划分为天然绿洲,其他类别归并为人工绿洲。

3 基于面向对象分类法的绿洲区分方法

3.1 总体思路

天然绿洲与人工绿洲的主要区别在于人类干预程度的不同,因此,区分二者的关键在于人类活动特征的遥感识别。绿洲区的人类活动特征主要包括房屋、水库、道路和人工植被等。房屋、水库等建筑物形状规则,且多为矩形,在空间上呈零星分布。道路、水渠等多呈线状交叉分布。人工植被被其分割为块状,几何形状相对规则,在空间上呈现出连片、格网式分布格局。较之天然植被差异明显,人工植被在人类活动的干预下,往往表现出更高的归一化差值植被指数(NDVI)和植被覆盖度。天然绿洲受地形和水源控制明显,多呈不连续分布,其边缘轮廓多为不规则形状,内部纹理以团状、片状、颗粒状为主。

如图2所示,在提取地表信息前,首先对获取的遥感影像进行辐射定标、大气校正等数据预处理,选取一部分典型样本,进行光谱可分性判断,判别绿洲主要地表类型之间的光谱可分性,并进行波段间的相关性分析,判别各波段间的信息冗余程度,选择相关程度较低的波段组合进行光谱信息统计。然后利用eCognition 9.0软件对处理后的影像以不同的分割参数进行多尺度分割,确定最优分割参数。从天然绿洲和人工绿洲的基本概念出发,结合绿洲的形成过程,分析二者的植被构成、周边环境、分布位置等地理特征,分析其光谱、纹理、形状、上

下文等影像特征。通过计算和统计影像对象的光谱特征、几何特征和拓扑特征等信息,对天然绿洲和人工绿洲的空间和属性特征信息进行统计分析,选择差异性较大的特征或特征组合建立分类的层次结构。对分类特征的具体参数及其取值范围进行反复试验,设置具体的规则集,实现二者之间的区分。在大面积的荒漠基质上,小于等于3个像元的独立绿洲,可能是由于误差造成的,且在地表信息提取过程中,认为30 m分辨率的遥感影像中3个像元的误差是合理的精度范围。因此,将小于等于3个像元的孤立绿洲归为非绿洲。最后,将基于面向对象的影像分类结果与面向像元(最大似然法监督分类)的分类结果进行比较分析。

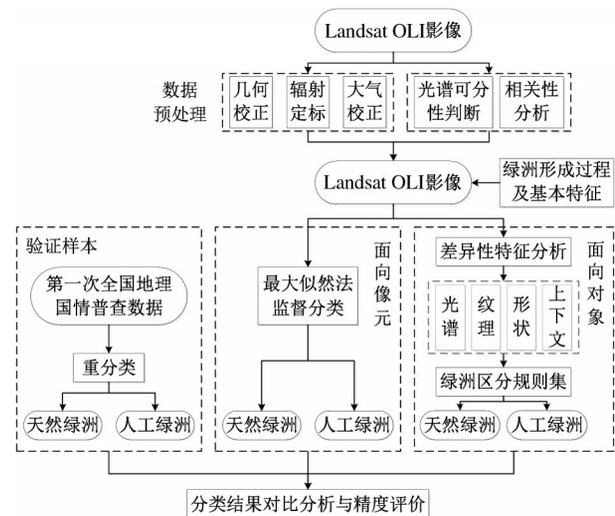


图2 技术路线图

Fig.2 The technical flowchart

3.2 样本光谱可分性判断

首先在ENVI 5.1软件的支持下判断样本光谱可分性。研究区内,非绿洲主要包括荒漠与裸露地表(以下简称荒漠,指植被覆盖度低于10%的各类自然裸露的地表)以及林地中的稀疏灌丛(在荒漠或植被稀疏地区呈丘团状生长、平均覆盖度低于30%、大于10%的低矮灌木或灌草丛)。人工绿洲部分,选取其中最为典型的建设用地(主要包括房屋建筑/区、道路和构筑物,其中构筑物指为某种使用目的而建造的、人们一般不直接在其内部进行生产和生活活动的工程实体或附属建筑设施)和人工植被进行分析。由于湖区的天然绿洲主要是天然草地,本研究将人工植被中的人工草地单独列出进行分析。

使用J-M距离衡量光谱空间中各个类别之间

的距离及其可分性。J-M距离值大于1.9表示样本间可分性较好,1.0~1.9之间表示类别间具有可分性,但是存在一定程度的重叠^[32,33]。表1结果表明:提取除人工草地外的人工植被和建设用地最为容易,人工草地较难提取,天然草地与人工草地、稀疏灌丛与荒漠间难以区分。因此,在信息提取过程中,耕地、建设用地、稀疏灌丛和荒漠可以利用影像光谱特征从影像中提取出来,但是提取其他地物时应当主要考虑形状、纹理等非光谱特征。

表1 样本可分性表格(J-M距离)

Table 1 Sample separability table (J-M distance)

	人工 草地	天然 草地	人工 植被	建设 用地	稀疏 灌丛	荒漠
人工草地		1.321	2.000	1.824	1.223	1.394
天然草地			1.982	1.795	1.739	1.777
人工植被				1.999	2.000	2.000
建设用地					1.909	1.847
稀疏灌丛						0.783
荒漠						

3.3 相关性分析

多光谱影像各波段之间的相关性指影像间信息量叠加程度,其绝对值越接近于1,信息冗余越严重,选取相关程度较低的波段组合进行绿洲区分,可显著提高信息提取效率。通过各波段间的相关系数矩阵发现,近红外波段与其他波段间相关系数均较低,是信息提取首选特征;可见光波段(红、绿、蓝)间两两相关系数均大于0.95,在分类特征选取时三者选其一,信息冗余最少;两个短波红外波段间相关系数高达0.992,因此二者择其一即可;红光与短波红外之间的相关系数亦大于0.95。特征选择时应选择与其他波段信息重叠度较低的波段,尽量避免相关性较高的波段组合。

3.4 绿洲区分

面向对象影像分析实际上是根据像元的形状、颜色、纹理等特征,把具有相同特征的像元划分为一个影像对象,然后根据每个对象的特征对其进行分类。eCognition中面向对象分类过程主要包括影像分割(对象生成)和影像分类(信息提取)两个模块。首先对整个影像进行尺度空间的构建,根据分割参数提取出不同的对象,即影像分割。影像分类即根据分割得到的不同影像对象的特征,赋予其语义信息。

3.4.1 影像分割

影像分割以内部同质性最大或邻域对象之间

异质性最大为原则,将影像中具有不同光谱、纹理等特征的区域分割开来,划分为相对同质且有语义意义的像素组,即影像对象。与单个像元相比,影像对象除了增加了一些光谱信息,还增加了影像对象的空间信息^[19,34]。遥感影像分割决定了后续分类的精度,分割尺度大小则直接决定了分割后影像对象的质量好坏。采用多尺度分割算法进行分割,从定性角度来看,选用最优分割尺度进行分割得到的多边形与地物目标大小接近^[35],边界吻合较好,在同一对象内的同质性与不同对象间的异质性之间达到一个最佳的平衡点。

本研究设置各图层所占权重相同,以不同参数对试验区进行多尺度分割,具体分割参数(表2)及其对应的多尺度分割结果(图3)表明:编号I和编号IV对应的分割结果过于破碎,影像过分割现象较为严重;编号III分割结果较编号II结果欠分割现象较为严重(红色框体标注),太过于综合。因此,本研究选择以编号II采用的分割参数进行分割,即设置分割参数:尺度参数为25,形状异质性权重为0.3,紧密度权重为0.7,平滑度权重为0.3。以此分割参数进行影像分割,分割结果(图4)与各目标地物吻合程度最高,并且在该分割尺度下得到的对象具有足够高的光谱纯度以保证同类地物的聚类以及不同对象间的差异,进而保证了不同对象间的最大可分性。

表2 多尺度分割算法的分割参数设置

Table 2 The segmentation parameter settings of the multi-scale segmentation algorithm

编号	尺度	形状	紧密度	平滑度
I	15	0.3	0.7	0.3
II	25	0.3	0.7	0.3
III	25	0.7	0.7	0.3
IV	25	0.7	0.3	0.7

3.4.2 影像分类

在分类特征选择时,基于相关性分析结果,鉴于人工植被与天然植被之间光谱可分性较差,除海蓝(Coastal)、红光(Red)、近红外(NIR)和短波红外(SWIR1)等光谱波段外,还考虑了影像对象的归一化差值植被指数(NDVI)、归一化差值建筑指数(NDBI)、归一化差值水体指数(NDWI)等信息提取常用指数,以及纹理、几何形状和空间邻接关系等特征。多次试验表明,使用NDVI、NDBI和NDWI 3种指数进行绿洲提取,区分结果相近;使用纹理指

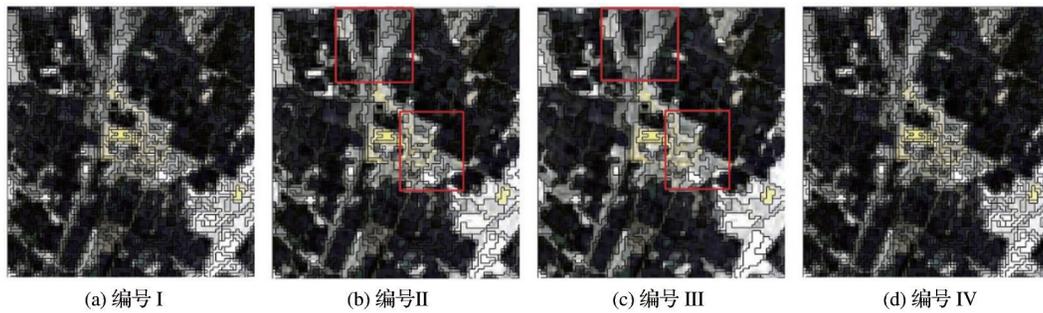


图 3 不同分割参数设置下的多尺度分割结果

Fig.3 Multi-scale segmentation results under different segmentation parameter settings

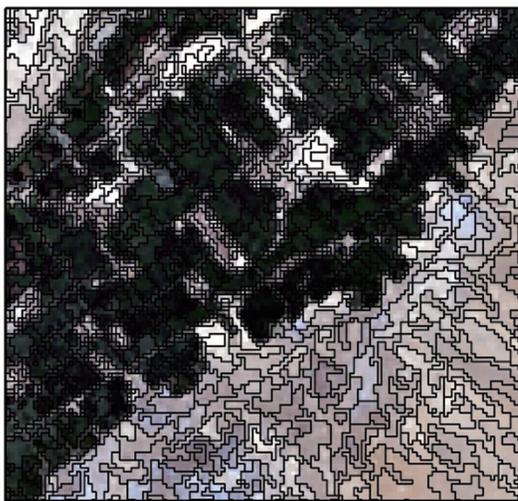


图 4 编号 II 分割结果

Fig.4 Segmentation result corresponding to No. II

数进行区分运行时间较长,效率较低,且对于绿洲区分精度的提高效果并不显著。

综合考虑绿洲区分精度与区分效率,本研究最终选取了海蓝波段(Coastal)、红光波段(Red)、近红外波段(NIR)、NDVI、最大化差异(Max diff)、紧致度(Compactness)和形状指数(Shape index)等作为分类特征构建规则集进行绿洲区分,特征指标计算公式如表 3 所示。统计分析影像区域对象的各个特征值,经多次试验对比,构建区分天然绿洲与人工绿洲的规则集,具体分类特征参数设置见图 5。

4 区分结果与精度评价

图 6 和图 7 分别是基于面向对象和面向像元(最大似然法监督分类)分类方法的绿洲区分结果。以第一次地理国情普查重分类数据(图 8)作为真实参考源,生成混淆矩阵,使用总体精度与 Kappa 系数衡量绿洲区分精度(表 4)。基于面向对象分类方法的绿洲提取总体精度为 91.75%,Kappa 系数为 0.65;绿洲区分总体精度为 83.12%,Kappa 系数为 0.54。总体分类质量较好,但单一类别精度评价分析结果显示天然绿洲分类质量稍差,这是由于民勤地区天然绿洲分布相对比较分散,破碎度较高,且低覆盖度草地与未利用土地的反射率值相近、光谱特征相似,两者易混淆,故而提取精度较低。基于面向像元(最大似然法监督分类)方法分类结果的绿洲提取总体精度达 84.55%,Kappa 系数为 0.55,绿洲提取质量较好;绿洲区分总体精度为 72.72%,Kappa 系数为 0.41。人工绿洲分类质量相对较好,而天然绿洲的条件 Kappa 系数仅 0.06,区分质量极差。即单一光谱特征分类方法存在局限性,不能很好地满足天然绿洲与人工绿洲的区分要求。

使用面向对象的影像分析方法进行绿洲区分,其区分精度尤其是天然绿洲信息提取质量得到显著提高。该方法在天然绿洲、人工绿洲和非绿洲的生产者精度和用户精度上都高于最大似然法,说明

表 3 各指标计算公式及其参数说明

Table 3 The calculation formula and description of each indicator

指标	计算公式	参数说明
NDVI	$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$	NIR: 近红外波段 DN 值, Red: 红光波段 DN 值
Max diff	$Max\ diff = [Max(\bar{c}_L) - Min(\bar{c}_L)] / b$	Max(\bar{c}_L) 和 Min(\bar{c}_L) 分布为 L 通道该影像对象层均值的最大值和最小值, b 是该影像对象的亮度值
Compactness	$Compactness = l / \sqrt{m}$	l 为影像对象的边界长度, m 为影像对象的像元数目; 紧致度越小, 表示区域边界形状越不平整
Shape index	$Shape\ index = e / 4\sqrt{A}$	e 和 A 分别为影像对象的边界长度与面积; 影像对象越不规则, 形状指数越大

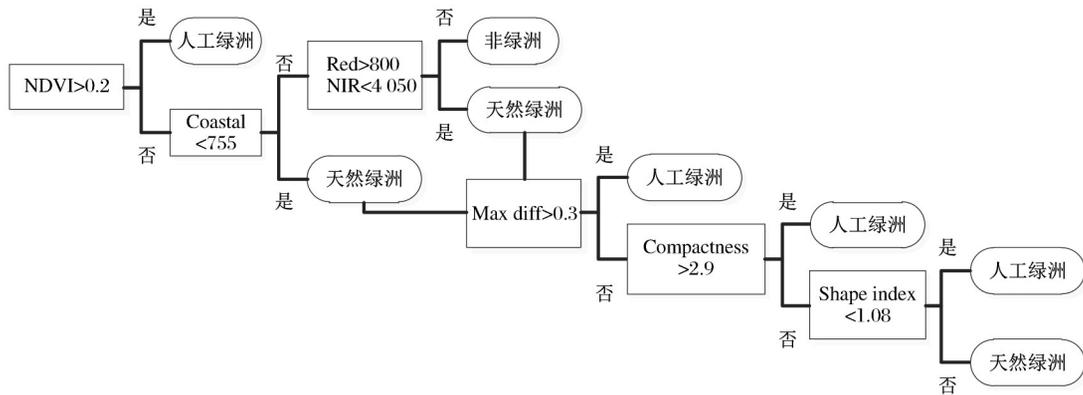


图5 绿洲区分决策树

Fig.5 The decision tree of oasis distinguish

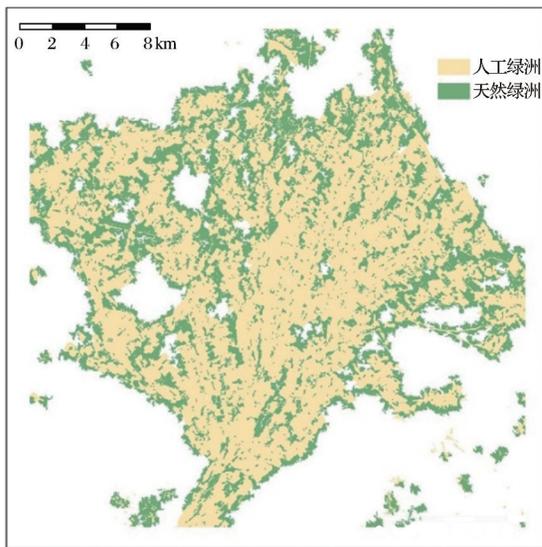


图6 基于规则集的绿洲区分结果

Fig.6 Distinguish results based on the rule set

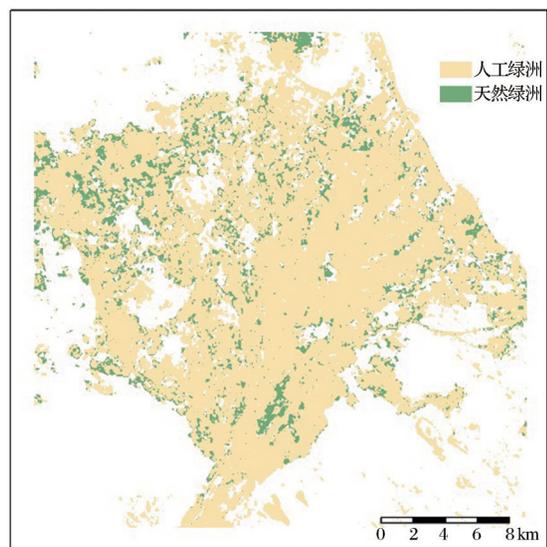


图8 地理国情普查重分类结果

Fig.8 Distinguish results based on the rule set

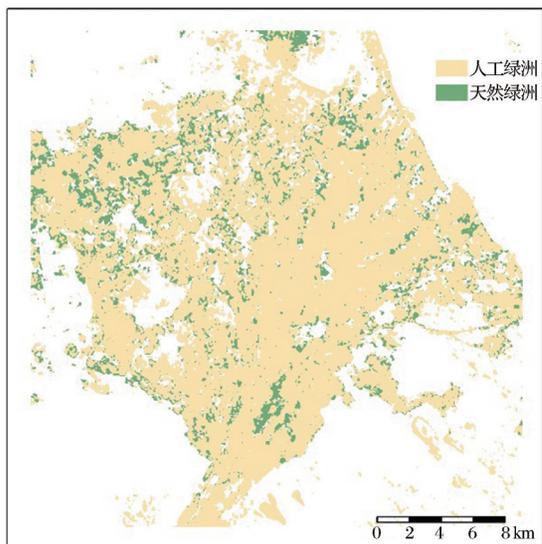


图7 最大似然法监督分类结果

Fig.7 Supervised classification results based on maximum likelihood method

本研究的方法将较少的绿洲分为非绿洲,并且天然绿洲与人工绿洲之间的漏分、误分现象均有所改善。

5 结论

以湖区绿洲为试验区、Landsat8 OLI影像为数据源,基于面向对象影像分析方法的绿洲提取总体精度达到了91.75%,Kappa系数为0.65;绿洲区分总体精度达到了83.12%,Kappa系数为0.54。较最大似然法监督分类,绿洲提取精度提高了7.20%,绿洲区分精提高了10.40%,人工绿洲的条件Kappa系数提高了0.19,天然绿洲的条件Kappa系数提高了0.30,天然绿洲与人工绿洲区分精度显著提高。该方法能够在一定程度上克服单一光谱特征分类方法的局限性,避免“异物同谱”和“同物异谱”现象带来的混淆,提高了光谱可分性较差的地类之间的区

表4 绿洲区分结果精度评价

Table 4 Accuracy evaluation of distinguish results

	面向对象			面向像元(最大似然法)		
	非绿洲	人工绿洲	天然绿洲	非绿洲	人工绿洲	天然绿洲
生产者精度	0.654 5	0.891 7	0.424 0	0.640 3	0.782 8	0.175 3
用户精度	0.708 1	0.938 4	0.223 5	0.654 3	0.879 0	0.055 3
条件Kappa系数	0.60	0.55	0.36	0.54	0.36	0.06
总体精度	0.831 2			0.723 2		
总体Kappa系数	0.54			0.41		

分与信息提取精度,改善分类效果,提高绿洲区分精度。

基于面向对象的影像分析方法提取人工绿洲精度较高,但是在天然绿洲尤其是中低覆盖草地的提取方面精度仍有待提高,可进一步分析绿洲尤其是天然绿洲的内部结构特征,综合考虑上下文特征、纹理等信息,结合机器学习方法,尝试建立更加优化的分类规则,以在保证运行效率的前提下,提高绿洲区分尤其是天然绿洲提取精度。

参考文献(References):

- [1] Hu Yinqiao, Zuo Hongchao. Forming Mechanism of Oasis Environment and Building Countermeasure of Ecological Environment in Arid Area[J]. Plateau Meteorology, 2003, 22(6): 537-544.[胡隐樵,左洪超.绿洲环境形成机制和干旱区生态环境建设对策[J].高原气象,2003,22(6):537-544.]
- [2] Wang Yajun, Minire. Review of Oasis Research in China[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2000, 14(3):92-96.[王亚俊,米尼热.中国绿洲研究回顾[J].干旱区资源与环境,2000,14(3):92-96.]
- [3] Liu Chunyu, Zhao Jun, Liu Yingying, et al. Spatial-temporal Change of Landscape Pattern and LUCC in Ejin Natural Oasis over 25 Years[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2011, 25(9): 32-38.[刘春雨,赵军,刘英英,等.25年来额济纳天然绿洲LUCC及景观格局时空变化[J].干旱区资源与环境,2011,25(9):32-38.]
- [4] Wang Yajun, Zeng Fanjiang. Analysis and Progress of Oasis Research in China[J]. Arid Zone Research, 2010, 27(4): 501-506.[王亚俊,曾凡江.中国绿洲研究文献分析及研究进展[J].干旱区研究,2010,27(4):501-506.]
- [5] Jia Baoquan, Ci Longjun, Han Delin, et al. Review and Problem Analysis of Oasis Research in Arid Region[J]. Advance in Earth Sciences, 2000, 15(4): 381-388.[贾宝全,慈龙骏,韩德林,等.干旱区绿洲研究回顾与问题分析[J].地球科学进展,2000,15(4):381-388.]
- [6] Sun Tao, Wang Jihe, Liu Hujun, et al. The Present Situation of Ecological Environment and Its Recovery Strategy on the Minqin Oasis[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(7):245-251.[孙涛,王继和,刘虎俊,等.民勤绿洲生态环境现状及恢复对策[J].中国农学通报,2010,26(7):245-251.]
- [7] Bai Jie, Wang Xuegong, Zhao Chengzhang. Evaluation on the Coordinated Development Ability of Eco-economic System in Hexi Corridor Oases[J]. Arid Land Geography, 2010, 33(1): 130-135.[白洁,王学恭,赵成章.河西走廊绿洲生态经济系统协调发展能力评价[J].干旱区地理,2010,33(1):130-135.]
- [8] Xie Qiang, Fang Chuanglin. Analysis of the State of Affairs on the Regional Ecological Reconstruction and Economic and Social Sustainable Development in Hexi Corridor[J]. Arid Land Geography, 2001, 24(1):74-79.[谢强,方创琳.河西走廊生态重建与经济可持续发展情势分析[J].干旱区地理,2001,24(1):74-79.]
- [9] Liu Xinping, Han Tongkui. An Analysis on the Causes of Environmental Issues of Oasis Ecology in Xinjiang[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2005, 19(1): 22-28.[刘新平,韩桐魁.新疆绿洲生态环境问题分析[J].干旱区资源与环境,2005,19(1):22-28.]
- [10] Wei huaidong, Zhou Lanping, Xu Xianying, et al. Monitoring of Dynamic Change of Land Desertification in the Minqin Oasis during the Period of 2003~2008[J]. Arid Zone Research, 2011, 28(4):572-579.[魏怀东,周兰萍,徐先英,等.2003~2008年甘肃民勤绿洲土地荒漠化动态监测[J].干旱区研究,2011,28(4):572-579.]
- [11] Liu Xiujuan. Formation Mechanism and Classification System of Oasis[J]. Environmental Protection of Xinjiang, 1995, 17(1):1-6.[刘秀娟.绿洲的形成机制和分类体系[J].新疆环境保护,1995,17(1):1-6.]
- [12] Zhao Hong, Xie Yaowen. Combining Texture and Vegetation Index to Distinguish between Natural and Artificial Oases—Taking Jinta Oasis as an Example[J]. Journal of Ningxia University(Natural Science Edition), 2013, 34(1): 88-92.[赵虹,颌耀文.结合植被指数与纹理区分天然绿洲与人工绿洲——以甘肃省酒泉市金塔绿洲为例[J].宁夏大学学报(自然科学版),2013,34(1):88-92.]
- [13] Li Jianlin, Wang Yan, Guo Qiaoling, et al. Fractal Study of the Distribution Proportion of the Oasis System in China[J]. Acta Prataculture Sinica, 2010, 19(3): 63-69.[李建林,王燕,郭巧玲,等.绿洲分布比例的分形研究[J].草业学报,2010,19(3):63-69.]

- [14] Wang L, Sousa W P, Gong P. Integration of Object-based and Pixel-based Classification for Mapping Mangroves with IKONOS Imagery[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2004, 25 (24) : 5655-5668. doi: 10.1080/014311602331291215.
- [15] Hussain M, Chen D M, Chen A, *et al.* Change Detection from Remotely Sensed Images: from Pixel-based to Object-based Approaches[J]. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2013, 80: 91-106. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2013.03.006.
- [16] Peña-Barragán J M, Ngugi M K, Plant R E, *et al.* Object-based Crop Identification Using Multiple Vegetation Indices, Textural Features and Crop Phenology[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2011, 115: 1301-1316. doi: 10.1016/j.rse.2011.01.009.
- [17] Myint S W, Gober P, Brazel A, *et al.* Per-pixel vs. Object-based Classification of Urban Land Cover Extraction Using High Spatial Resolution Imagery[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2011, 115: 1145-1161. doi: 10.1016/j.rse.2010.12.017.
- [18] Blaschke T. Object based Image Analysis for Remote Sensing [J]. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2010, 65(1):2-16. doi:10.1016/j.isprsjprs.2009.06.004.
- [19] Yang Zhaohui, Bai Junwu, Chen Zhihui, *et al.* Object-based Wetland Decision Tree Classification Method Using Sentinel-2A Image[J]. *Journal of Geomatics Science and Technology*, 2019, 36(3):262-268.[杨朝辉,白俊武,陈志辉,等.利用 Sentinel-2A 影像的面向对象特征湿地决策树分类方法[J].测绘科学技术学报,2019,36(3):262-268.]
- [20] Yao Bo, Zhang Huaqing, Liu Yang, *et al.* Remote Sensing Classification of Wetlands based on Object-oriented and CART Decision Tree Method[J]. *Forest Research*, 2019, 32(5):91-98.[姚博,张怀清,刘洋,等.面向对象 CART 决策树方法的湿地遥感分类[J].林业科学研究,2019,32(5):91-98.]
- [21] Jiang Decai, Li Wenji, Li Jingmin, *et al.* Extraction of the Forest Fire Region based on the Span of ALOS PALSAR by Object-oriented Analysis[J]. *Remote Sensing for Land and Resources*, 2019, 31(4):47-52.[姜德才,李文吉,李敬敏,等. ALOS PALSAR 散射总功率的面向对象林火区提取[J].国土资源遥感,2019,31(4):47-52.]
- [22] Chen Yanli, Mo Weihua, Mo Jianfei, *et al.* Object-oriented Classification for the Extraction of Rice Planting Area in South [J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2011, 26(2):163-168.[陈燕丽,莫伟华,莫建飞,等.基于面向对象分类的南方水稻种植面积提取方法[J].遥感技术与应用,2011,26(2):163-168.]
- [23] Hao Rui, Li Zhaofu, Zhang Shuyu, *et al.* Integrating UAV and Object-based Image Analysis for Rural Residential Environment Information Extraction[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2020, 35(3):576-586.[郝睿,李兆富,张舒昱,等.整合无人机和面向对象的农村居住环境信息提取[J].遥感技术与应用,2020,35(3):576-586.]
- [24] Song Minghui. Object-oriented Urban Land Classification with GF-2 Remote Sensing Image[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2020, 34(3):547-553.[宋明辉.基于高分二号数据的面向对象城市土地利用分类研究[J].遥感技术与应用,2019,34(3):547-552,629.]
- [25] Hu Rongming, Wei Man, Yang Chengbin, *et al.* Taking SPOT5 Remote Sensing Data for Example to Compare Pixel-based and Object-oriented Classification[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2012, 27(3):366-371.[胡荣明,魏曼,杨成斌,等.以 SPOT5 遥感数据为例比较基于像素与面向对象的分类方法[J].遥感技术与应用,2012,27(3):366-371.]
- [26] Peng Haitao, Ke Changqing. Study on Object-oriented Remote Sensing Image Classification based on Multi-levels Segmentation[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2010, 25(1):149-154.[彭海涛,柯长青.基于多层分割的面向对象遥感影像分类方法研究[J].遥感技术与应用,2010,25(1):149-154.]
- [27] Yu Qian, Gong Peng, Clinton Nick, *et al.* Object-based Detailed Vegetation Classification with Airborne High Spatial Resolution Remote Sensing Imagery[J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 2006, 72(7):799-811. doi: 10.14358/PERS.72.7.799.
- [28] Ma L, Li M C, Ma X X, *et al.* A Review of Supervised Object-based Land-cover Image Classification[J]. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2017, 130:277-293. doi:10.1016/j.isprsjprs.2017.06.001.
- [29] Xie Yaowen, Yuan chunxia, Shi Jianyao. Dynamic Analysis of Landscape Changes in the Lake-area of Minqin, Gansu, in the past 15 Years[J]. *Journal of Lanzhou University(Natural Sciences Edition)*, 2008, 44(1):11-16.[颀耀文,袁春霞,史建尧.近15年甘肃民勤湖区景观格局动态变化分析[J].兰州大学学报(自然科学版),2008,44(1):11-16.]
- [30] Zhang Kai, Feng Qi, Lü Yongqing, *et al.* Study on Spatial Heterogeneity of Soil Water Contents in Oasis-desert Belt of Minqin[J]. *Journal of Desert Research*, 2011, 31(5):1149-1155.[张凯,冯起,吕永清,等.民勤绿洲荒漠带土壤水分的空间分异研究[J].中国沙漠,2011,31(5):1149-1155.]
- [31] Tang Wanping. Never Let Minqin Become the Second Lop Nur—An Investigation on Ecological Environment Governance and Poverty Alleviation and Development in Minqin Lake District, Gansu[J]. *China Today Forum*, 2005(9):29-34.[唐万平.决不能让民勤成为第二个罗布泊——关于甘肃民勤湖区生态环境治理和扶贫开发的调查[J].今日中国论坛,2005(9):29-34.]
- [32] Ma Na, Hu Yunfeng, Zhuang Dafang, *et al.* Determination on the Optimum Band Combination of HJ-1A Hyperspectral Data in the Case Region of Dongguan based on Optimum Index Factor and J-M Distance[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2010, 25(3):358-365.[马娜,胡云锋,庄大方,等.基于最佳波段指数和 J-M 距离可分性的高光谱数

- 据最佳波段组合选取研究——以环境小卫星高光谱数据在东莞市的应用为例[J]. 遥感技术与应用, 2010, 25(3): 358-365.]
- [33] Qi La, Liu Liangyun, Zhao Chunjiang, *et al.* Selection of Optimum Periods for Extracting Winter Wheat based on Multi-temporal Remote Sensing Images[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2008, 23(2): 154-160.[齐腊, 刘良云, 赵春江, 等. 基于遥感影像时间序列的冬小麦种植监测最佳时相选择研究[J]. 遥感技术与应用, 2008, 23(2): 154-160.]
- [34] Blaschke T, Hay G J, Kelly M, *et al.* Geographic Object-based Image Analysis - Towards a New Paradigm[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2014, 87: 180-191. doi:10.1016/j.isprsjprs.2013.09.014.
- [35] Chen Chunlei, Wu Gang. Evaluation of Optimal Segmentation Scale with Object-oriented Method in Remote Sensing [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2011, 26(1): 96-102.[陈春雷, 武刚. 面向对象的遥感影像最优分割尺度评价[J]. 遥感技术与应用, 2011, 26(1): 96-102.]

Object-oriented Natural and Artificial Oasis Distinguishing in Landsat Imagery: Taking Minqin Oasis as an Example

Li Ruyan¹, Xie Yaowen^{1,2}, Jiang Zhuanfang¹

(1. *The collage of Earth and Environment, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China;*
2. *Key Laboratory of Western China's Environmental System (Ministry of Education), Lanzhou University, Lanzhou 730000, China*)

Abstract: Taking Minqin Oasis in the downstream area of the Shiyang River Basin which is located in the east of Hexi Corridor as an example, the Landsat 8 OLI image was chosen as the data source. Under the consideration of the basic concept of the artificial oasis and natural oasis in this paper, combining with the information of the spectrum, texture, shape and context basing on the image data preprocessing and multi-scale segmentation, we introduce a series of indexes such as NDVI, maximum difference, compactness, shape index, the space adjacency relation and so on to construct a rule set for distinguish between natural oasis and artificial oasis. The obtained results were further compared with the results based on the maximum likelihood method. As a result, the total accuracy of using the object-oriented image analysis method to distinguishing between natural oasis and artificial oasis is 91.75%, and the Kappa coefficient is 0.65 by using the rule set established in this paper. Compared with the results based on the maximum likelihood method, the overall accuracy is improved by 10.40% and the Kappa coefficient is 0.13. The Kappa coefficient of the artificial oasis is increased by 0.19, and the Kappa coefficient of the natural oasis condition is increased by 0.30. The results showed that the object-oriented image analysis method can overcome the limitations of the classification method that only using spectral feature to a certain extent, avoid the confusion caused by the phenomenon of “same object with different spectrums” and “same spectrum with different objects”, and increase the accuracy of distinguishing between the artificial oasis and natural oasis.

Key words: NDVI; Maximum difference; Compactness; Shape index; Rule set; Oasis distinguish