

耿黎娜, 朱兰艳, 徐 燕, 等. 高分辨率遥感影像在土地整治项目可研阶段的应用[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(4): 240–246.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.04.044

# 高分辨率遥感影像在土地整治项目可研阶段的应用

耿黎娜<sup>1,2</sup>, 朱兰艳<sup>1</sup>, 徐 燕<sup>2</sup>, 黄志坚<sup>2</sup>

(1. 昆明理工大学国土资源工程学院, 云南昆明 650093; 2. 云南省昆明市土地开发整理中心, 云南昆明 650093)

**摘要:**依托于云南省昆明市寻甸县某地土地整治项目, 利用高分辨率遥感数据与第二次全国土地调查数据相结合的方法为土地整治项目可行性研究阶段进行了应用研究。通过遥感影像对二调数据进行更新, 获取符合项目区实际情况的基础数据, 对比分析二调数据与经影像更新后数据, 分析土地利用现状及限制性因素, 深挖土地整治的潜力; 且在可研阶段有效控制建设规模, 避免可研阶段和规划设计阶段出现较大调整。通过高分辨率遥感影像对项目区耕地图斑进行分割并引入景观格局指标, 分析发现, 项目区耕地细碎化程度严重, 且耕地分割成地块产生的非有效耕地面积较大, 造成了耕地资源的浪费, 降低了耕地的利用率、产出率, 严重制约着农业现代化发展。结果表明, 将高分辨率遥感影像应用于土地整治项目可行性研究阶段, 能够为分析结果的准确性提供现实性较强的基础数据保障, 从而为土地整治项目的可行性提供切实可行的依据。

**关键词:**土地整治; 可行性研究阶段; 遥感; 土地利用现状; 景观格局; 耕地细碎化

**中图分类号:** TP79; F321.1; S127      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2020)04-0240-06

近年来, 随着我国建设用地占用耕地问题的日益突出, 耕地后备资源愈加不足, 耕地资源安全问题受到各级政府和广大学者的高度关注。国务院在关于《全国土地整治规划(2016—2020 年)》的批复中提到, 要大力推进土地整治和高标准农田建设, 夯实农业现代化基础<sup>[1-3]</sup>。土地整治是指对未利用、不合理利用或低效利用的土地进行整理、复垦和开发, 以提高土地利用效率, 是补充耕地数量、提高耕地质量、实现耕地占补平衡的重要手段<sup>[4-5]</sup>。土地整治过程包括可行性研究、规划设计、工程施工和验收等阶段。其中可行性研究阶段(以下简称可研阶段)是项目前期工作的重要内容, 它从项目土地利用现状、限制性因素、整治潜力等方面分析项目的可行性, 论证项目建设必要性以及建设方案的合理性, 为项目的投资决策提供科学依据<sup>[6]</sup>。一般情况下, 在土地整治项目中规划设计阶段不能改变可研阶段已经批复的内容, 但在实际工作中, 可研阶段所用的土地利用现状图等基础图件数据往

往更新不及时, 现势性较差, 而项目区内实际土地利用方式已发生很大的变化, 例如村庄的增加, 导致不动工面积随之增加, 使得在规划设计阶段实测所得的建设规模与可研阶段相比发生变化。随着遥感技术的普及、影像分辨率的逐渐提高<sup>[5]</sup>, 高分辨率遥感影像数据越来越多地被应用在土地整治项目中, 尤其是在可研阶段, 为土地整治可行性研究提供现势性的土地利用数据, 有利于研究人员深入挖掘土地整治潜力, 从而分析项目的可行性, 在项目前期对土地整治进行合理有效地管控。目前, 有不少学者提出了用遥感影像辅助土地整治项目, 主要将遥感影像应用于监测、监管土地整治项目实施情况方面。杨清华等利用遥感影像提取路、渠、井等相关信息, 结合规划图, 监测土地整治规划的执行情况<sup>[7]</sup>。李少帅等以多时相高分辨率遥感数据为数据源, 提取土地整治工程地物, 构建进度评价模型, 评价项目进展情况, 监测管理项目实施<sup>[5]</sup>。

本研究基于高分辨率遥感影像, 以云南省昆明市寻甸县某土地整治项目为例, 利用遥感影像对二调数据进行更新, 获取符合项目区实际现状的土地利用数据, 分析项目的整治潜力; 提取耕地图斑, 并利用遥感影像对耕地图斑进行分割, 以获得更为精细的耕地地块数据, 从景观格局角度定量评价耕地细碎化问题, 探讨耕地细碎化对耕地利用的影响, 分析通过土地整治项目优化耕地利用结构和提高

收稿日期: 2018-12-16

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 41261043)。

作者简介: 耿黎娜(1989—), 女, 云南宣威人, 硕士研究生, 主要从事遥感监测、土地资源管理等研究。E-mail: 371637891@qq.com。  
通信作者: 朱兰艳, 硕士, 副教授, 主要从事测量数据处理及误差分析、GPS 和 GIS 的质量评估、土地资源管理等研究。E-mail: kmoy2222@sina.com。

耕地质量,旨在为项目区土地整治可研分析提供切实可靠的依据。

## 1 研究区概况和数据

### 1.1 研究区概况

本研究中的土地整治项目位于云南省昆明市寻甸县某乡镇,丘陵地貌,海拔为 1 960 ~ 2 040 m,地形坡度为 0° ~ 15°,平均坡度为 5°,地势相对较平缓,便于组织机械和人工施工。项目区自然条件良好,利于粮食作物、经济作物的种植。该项目为中、低产田地改造项目,其重心是改造集中连片、水利条件较好、耕地增加潜力较大的中、低产田地,从单纯的耕地数量增加向质量提高转变,从而达到既增加耕地有效利用面积,又提高耕地质量的目的。

### 1.2 数据

本研究以项目区第二次全国土地调查数据(2015 年变更)、2017 年 4 月份的空间分辨率为 0.5 m 的 World View-1 遥感影像数据为主要数据源。从图 1 可以看出,该遥感影像清晰,无大面积噪声和条纹,云量少,便于对土地利用信息进行提取,使用遥感影像数据前先对其进行正射纠正、配准融合、镶嵌与裁剪等预处理,以消除误差,改善影像质量。此外,本研究还收集了与项目区土地整治工作有关的土地利用总体规划、水文地质、地理国情监测等数据资料。



图1 研究区内遥感影像

## 2 研究方法

在 ArcGIS 软件平台上,利用高分辨率遥感影像采用人机交互方式对项目区二调数据进行更新,获取符合项目区实际情况的土地利用现状数据;对更

新前后的数据进行叠加,分析土地利用的实际情况,研究项目区建设规模和各地类数量的变化,结合土地利用程度指标,探讨土地整治的潜力及限制性因素;利用 ArcGIS 软件的空间分析功能从更新后的土地利用数据中提取耕地图斑数据,并进行影像分割,从影像的光谱差异性、田埂纹理特征、是否统一耕作、耕作方向一致性等多个方面将耕地图斑分割成耕地地块,即在耕地图斑的内部再分割出更为精细的符合项目区农业生产实际情况的耕地地块,然后利用景观格局的方法,构建耕地细碎化程度评价指标,分析耕地利用限制性因素和整治潜力。

### 2.1 土地利用程度指标

通过对项目区土地资源的种类、数量、结构和分布进行分析,明确项目区内土地资源整体优势和劣势,挖掘土地整治潜力,可为土地整治的方向和重点以及制定合理规划方案提供科学依据。本研究选取土地利用率和土地垦殖率 2 个指标进行分析。

$$\text{土地利用率: } U = \frac{L}{A} \times 100\% \quad (1)$$

式中: $U$  为土地利用率,%; $L$  为项目区已利用土地面积,  $\text{hm}^2$ ;  $A$  为项目总面积,  $\text{hm}^2$ 。

$$\text{土地垦殖率: } R = \frac{C}{A} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $R$  为土地垦殖率,%; $C$  为项目区耕地面积,  $\text{hm}^2$ ;  $A$  为项目总面积,  $\text{hm}^2$ 。

### 2.2 耕地地块细碎化评价指标

传统意义上的耕地图斑是根据沟渠、道路等线状地物以及地类界线划分而成的基本单元,但在实际农业生产生活中,由于农村土地施行家庭联产承包责任制等原因,使得耕地更加分散、破碎<sup>[8-9]</sup>。耕地细碎化的土地利用格局制约着耕地规模化经营,降低了耕地的利用率,提高了农业经营成本,限制了农业生产生活规模化和现代化的推进<sup>[10-11]</sup>。很多学者采用多种方法,从多种视角对耕地细碎化问题展开了探讨和研究。薛剑等基于地理信息系统(GIS)平台和景观指数法分析现代农业和传统农业的土地利用景观格局差异,旨在为土地整治项目布局提供依据<sup>[12]</sup>。张超等基于高分辨率遥感影像,采用面向对象分类法识别田块后,利用景观格局的方法以土地整治实例项目为试验区,通过客观评价得出,经过土地整治,研究区田块形态得到了较大的提升<sup>[8]</sup>。因此,可利用景观格局分析法对土地整治项目可研阶

段的耕地细碎化问题进行分析,以此考量土地整治对耕地细碎化所带来的影响,为今后土地整治项目的规划设计提供依据。

在以上述数据的基础上,本研究结合项目区耕地情况,选取耕地地块的平均面积、密度指数、形状指数以及斑块边界密度指数等 4 个景观格局指数指标来分析项目区内耕地细碎化程度<sup>[8,12-13]</sup>,具体过程见图 2。

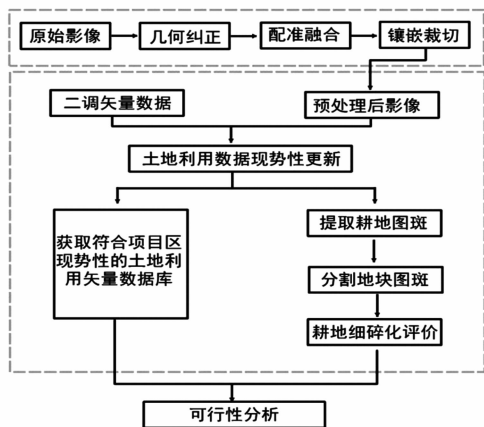


图2 工作流程

2.2.1 耕地地块平均面积 耕地地块平均面积是最基本的空间特征,地块平均面积越大,细碎化程度越低,计算公式如下:

$$M_a = \frac{A}{n} \quad (3)$$

式中: $M_a$  为地块平均面积,  $\text{hm}^2$ ;  $n$  为地块数, 个。

2.2.2 耕地地块密度指数 耕地地块密度指数是指耕地被分割成地块的破碎程度,在一定程度上反映了农业耕作习惯以及农民拥有零散地块对耕地的干扰程度,其值  $>0$ , 且值越大, 表示细碎化程度越高, 计算公式如下:

$$C = \frac{n}{A} \quad (4)$$

式中: $C$  为地块密度指数, 个/ $\text{hm}^2$ 。

2.2.3 耕地地块形状指数 在土地整治的相关研究中,多采用耕地地块形状指数来度量耕地形状规整度,本研究中以正方形(形状指数为 1)为几何形状参照,计算公式如下:

$$S_i = \frac{0.25P_i}{\sqrt{A_i}} \quad (5)$$

式中: $S_i$  为研究区内第  $i$  个地块形状指数; $P_i$  为第  $i$  个地块周长,  $\text{m}$ ;  $A_i$  为第  $i$  个地块面积,  $\text{hm}^2$ 。

2.2.4 耕地地块边界密度指数 耕地地块边界密

度指数是指项目区内单位面积耕地地块的边界度,边界长度越大,分割程度、破碎化程度越高,同时耕地地块边界密度也反映了因地块边界的存在而造成的耕地浪费程度,计算公式如下:

$$B = \frac{L}{A} \quad (6)$$

式中: $B$  为地块边界密度指数,  $\text{km}/\text{hm}^2$ ;  $L$  为研究区内地块边界总长度,  $\text{km}$ 。

### 3 结果与分析

#### 3.1 土地利用现状分析

依据 GB/T 21010—2007《土地利用现状分类》,研究区主要由耕地、园地、林地、草地、交通运输用地、水域及水利设施用地、其他用地、城镇村及工矿用地 8 种土地利用类型构成(表 1)。

3.1.1 主要土地利用转化及现状特征分析 由表 1 可知,项目区总面积为  $576.5131 \text{ hm}^2$ 。无论是从更新前还是更新后的土地利用数据均可看出,耕地都是项目区内所占比例最高的土地利用类型,且集中连片分布。对更新前后的土地利用数据进行叠加分析发现,耕地和林地面积变化较为明显,耕地面积由  $496.0642 \text{ hm}^2$  减少为  $443.2568 \text{ hm}^2$ ,土地垦殖率随着耕地面积的减少而降低,由  $86.05\%$  降低到  $76.89\%$ ,田坎面积也随着耕地面积减少而减少。减少的耕地主要变成了林地、草地、村庄等,这些变化多集中在项目区地势较高的西部、水库沟渠周围以及邻近村庄的区域。林地面积由  $0.2046 \text{ hm}^2$  增加到  $50.6597 \text{ hm}^2$ ,增加面积主要来自耕地的转化,此外还来自裸地、特殊用地等的转化。项目区总体地势虽然较为平缓,但存在零散的局部微地貌,地势凸起不利于耕作以及区内道路、水域周围的耕地疏于管理等,使得部分耕地变成草地,因此草地面积由  $10.6340 \text{ hm}^2$  增加到  $19.9323 \text{ hm}^2$ 。草地、裸地面积的变化使得项目区土地利用率由  $97.88\%$  减小为  $96.54\%$ 。此外道路、水域的伸缩变化、灭失、新生等使其面积也发生了变化。建设规模是指项目区内动工面积,根据二调数据统计出的建设规模为  $558.3768 \text{ hm}^2$ ,而经过影像更新后,项目区实际建设规模为  $508.2098 \text{ hm}^2$ ,建设规模减少了  $50.1670 \text{ hm}^2$ ,项目建设规模的减小将影响项目的规划方案以及项目总投资等。

3.1.2 耕地内部转化及现状特征分析 项目区内耕地的种类和空间分布格局也发生了明显变化,如

表 1 研究区土地利用现状地类面积统计

地类(编码)		二调数据		影像修正后		地类面积增	增减变化
		面积(hm <sup>2</sup> )	比例(%)	面积(hm <sup>2</sup> )	比例(%)	减变化(hm <sup>2</sup> )	比例(%)
耕地(01)	水田(011)	70.124 1	12.16	105.170 5	18.24	35.046 4	6.08
	水浇地(012)	89.961 0	15.60	190.450 6	33.03	100.489 6	17.43
	旱地(013)	335.979 0	58.28	147.635 6	25.61	-188.343 4	-32.67
	小计	496.064 2	86.05	443.256 8	76.89	-52.807 4	-9.16
园地(02)	果园(021)	0.423 4	0.07	0.403 0	0.07	-0.020 4	0
	小计	0.423 4	0.07	0.403 0	0.07	-0.020 4	0
林地(03)	有林地(031)	0.000 0	0	46.745 2	8.11	46.745 2	8.11
	灌木林地(032)	0.204 6	0.04	3.914 5	0.68	3.709 8	0.64
	小计	0.204 6	0.04	50.659 7	8.79	50.455 1	8.75
草地(04)	其他草地(043)	10.634 0	1.84	19.932 3	3.46	9.298 3	1.61
	小计	10.634 0	1.84	19.932 3	3.46	9.298 3	1.61
交通运输用地(10)	农村道路(104)	10.070 9	1.75	11.496 6	1.99	1.425 6	0.25
	小计	10.070 9	1.75	11.496 6	1.99	1.425 6	0.25
水域及水利设施用地(11)	河流水面(111)	1.480 6	0.26	1.471 7	0.26	-0.008 8	0
	水库水面(113)	2.700 9	0.47	3.137 6	0.54	0.436 7	0.08
	坑塘水面(114)	2.803 6	0.49	3.025 2	0.52	0.221 6	0.04
	沟渠(117)	3.634 2	0.63	3.089 0	0.54	-0.545 1	-0.09
	水工建筑用地(118)	0.224 7	0.04	0.319 9	0.06	0.095 2	0.02
	小计	10.843 9	1.88	11.043 4	1.92	0.199 5	0.03
其他用地(12)	田坎(123)	36.493 0	6.33	28.963 4	5.02	-7.529 6	-1.31
	裸地(127)	1.573 1	0.27	0	0	-1.573 1	-0.27
	小计	38.066 1	6.60	28.963 4	5.02	-9.102 7	-1.58
城镇村及工矿用地(20)	村庄(203)	4.011 7	0.70	5.228 2	0.91	1.216 5	0.21
	特殊用地(205)	6.194 3	1.07	5.529 8	0.96	-0.664 5	-0.12
	小计	10.206 0	1.77	10.758 0	1.87	0.552 0	0.10
合计		576.513 1	100.00	576.513 1	100.00	—	—

图 3 所示,项目区内中部的部分旱地转变成了水田和水浇地,中部偏东和东南区域旱地大片转化成水浇地。由表 1 可知,项目区水田和水浇地面积分别增加了 35.046 4、100.489 6 hm<sup>2</sup>,旱地面积减少了 188.343 4 hm<sup>2</sup>,除部分旱地转化为其他地类外,其余 135.536 0 hm<sup>2</sup>旱地转化成水田和水浇地,且旱地和水浇地之间的变化相当明显,更新后主要耕地类型也由旱地变成了水浇地。旱地转化成水田和水浇地的主要原因是项目区本身具有良好的地势、水热条件,当地农民通过自发开挖箐沟和修建临时喷灌设施来引水灌溉,但缺乏系统的规划和建设,虽然使得部分旱地转化成水浇地,但转化不稳定,且灌溉面积小。一般而言,水田和水浇地的单位面积产量和经济效益高于旱地,从耕地内部的变化可以发现,项目区耕地整治潜力大,通过开展土地整治项目进行合理的规划设计建设,项目区耕地的利用率能够大大提高,同时耕地质量可明显提高。

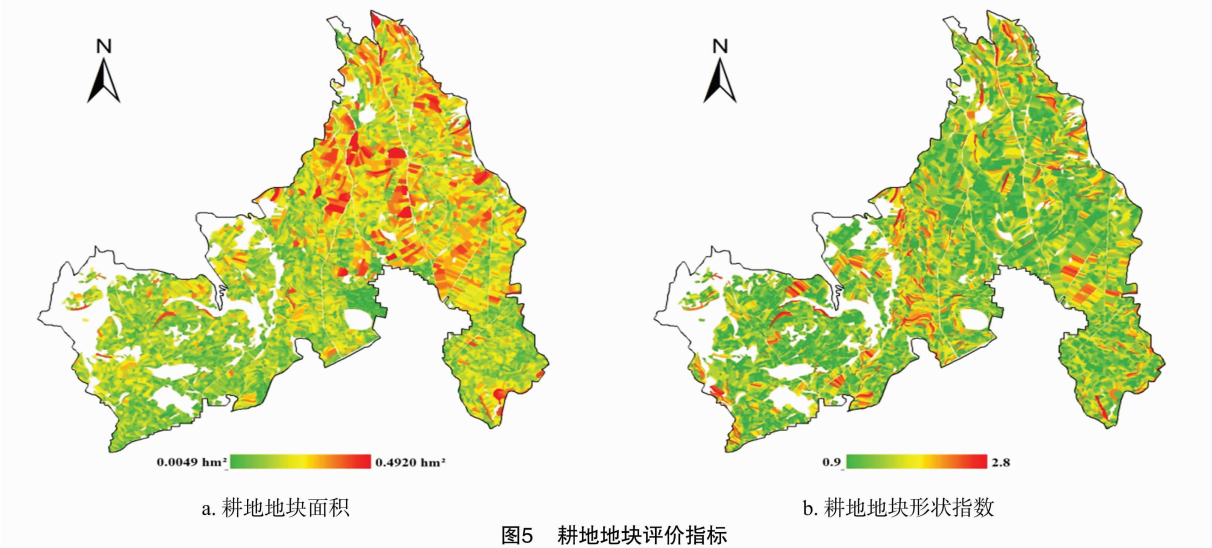
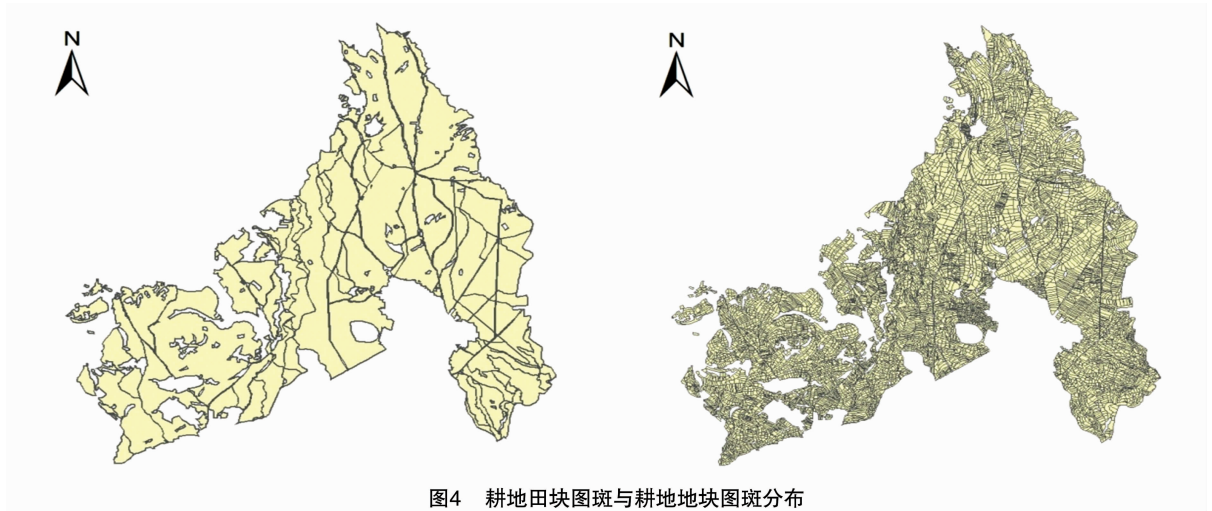
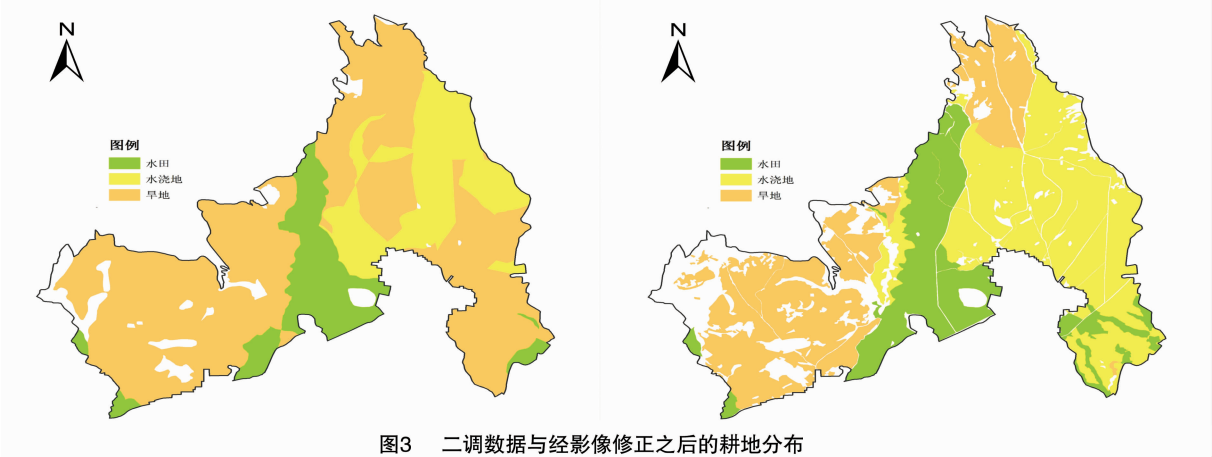
3.2 耕地细碎化分析

利用高分辨率遥感影像对耕地图斑进行识别切割后得到,耕地地块数为 10 195 个(图 4)。

如图 5 所示,项目区耕地地块面积在 0.004 9 ~ 0.492 0 hm<sup>2</sup> 之间,平均面积为 0.046 9 hm<sup>2</sup>,标准差为 0.037 2 hm<sup>2</sup>,差异系数为 79.4%,面积大小分布不均;面积在 0.300 0 hm<sup>2</sup> 之上的耕地地块数量仅占 0.2%,这严重制约着机械化耕作的发展。耕地地块密度指数为 21.3,即项目区内平均每 1 hm<sup>2</sup> 耕地面积上分割有 21 个耕地地块。地块面积越大,地块数量越少,本研究中面积较大的地块分布在项目区中部道路条件较好的区域,而在项目区沟渠等周围分布的耕地地块面积都普遍偏小。

耕地地块形状指数在 0.9 ~ 2.8 之间,平均形状指数为 1.2,差异系数为 16.7%,其中形状指数近似为 1.0 的地块数占 24.9%;随着形状指数的增大,地块数量比例呈下降趋势。由于项目区总体地势较为平缓,因此大部分地块形状较为规整,在对项目区进行实地踏勘时发现,项目区存在很多地势凸起的微地貌以及沟渠分布较为密集和杂乱的区域,它们周围的耕地地块形状均不规整。

耕地图斑分割程度越高,地块越破碎,边界密度越大。项目区地块边界长度为 558.07 km,耕地



地块边界密度指数为  $1.26 \text{ km/hm}^2$  ,且据实地踏勘发现,项目区内边界宽度(田埂)均在  $0.4 \text{ m}$  左右,因此耕地在被分割成地块时产生了  $22.3229 \text{ hm}^2$  的耕地资源浪费,即  $1 \text{ hm}^2$  耕地因被分割成地块而

会产生非有效耕地面积  $0.05 \text{ hm}^2$  ,因此可以看出,耕地越细碎,对耕地资源的浪费越严重,这会在一定程度上降低耕地的利用率。

在项目区东边  $4 \text{ km}$  处有一片经过土地整治项



目且取得良好效果的耕地,对比分析项目区和该区域耕地地块,结果如表 2 所示。

表 2 耕地细碎化评价指标对比分析

研究区	地块平均面积 (hm <sup>2</sup> )	地块密度指数 (个/hm <sup>2</sup> )	地块形状指数	地块边界密度指数 (km/hm <sup>2</sup> )
项目区内耕地地块	0.046 9	21.3	0.9~2.8	1.2
经土地整治后的耕地地块	1.292 2	0.8	1.0~1.3	0.2

从表 2 可以看出,经过土地整治后,地块平均面积为 1.292 2 hm<sup>2</sup>,是未经整治的 27.55 倍,按照云南省《土地开发整理工程建设标准》,根据耕作机械工作效率、田块平整度、渠道布设以及地势等因素所确定的丘陵地区地块面积标准在 1 hm<sup>2</sup> 以上,因此经过整治后的耕地地块适合机械化耕作,有利于提高耕地的产出率和经济效益。经过土地整治的耕地地块密度指数为 0.8,地块密度指数越大,表示耕地地块细碎化程度越高,本研究中项目区的地块密度指数为 21.3,说明其线状耕地地块分布十分零碎,而整治后耕地地块密度指数可以提高到 0.8,说明项目区内耕地整治潜力大。经过土地平整之后,地块形状基本上都很规整。整治后的耕地地块边界密度指数为 0.2 km/hm<sup>2</sup>,按边界宽度为 0.4 m 来计算,则 1 hm<sup>2</sup> 耕地因耕地分割成地块只产生非有效耕地面积 0.01 hm<sup>2</sup>,相比未整治的区域,1 hm<sup>2</sup> 耕地减少了 0.04 hm<sup>2</sup> 的非有效耕地浪费。对比 2 个研究区可以看出,经过整治后的耕地地块空间形态得到十分明显的改善,地块破碎程度有所好转。

综上,项目区虽然地势较为平缓,但区内耕地处于比较严重的细碎化状态,不利于机械化耕作,这严重制约着耕地的利用率和产出率,耕地分割产生的非有效耕地造成了耕地资源的浪费,且项目区内耕地有较大的整治潜力。

4 讨论与结论

将高分辨率遥感影像应用到土地整治项目可研阶段,更新现势性较差的土地利用数据,分析发现,各地类面积和位置均发生了变化,其中耕地和林地面积变化较为明显;区内土地疏于管理,在一定程度上造成了耕地资源的浪费;区内未利用地已发生变化,不宜开发,对这些有良好环境水热条件的中、低产田地地进行改造,可在保护耕地资源的同时提高耕地质量,挖掘有限耕地资源的产出潜力。项目区内村庄和道路周围的居民点数量有所增加,同时林地面积大幅度增加,使得项目区建设规模由二调数据统计的 558.376 8 hm<sup>2</sup> 变成了符合实际情

况的 508.209 8 hm<sup>2</sup>,建设规模大小影响着项目的建设方案和总投资等。

耕地内部发生了明显的变化,部分旱地变成了水田和水浇地,说明耕地整治潜力大。通过影像切割获取耕地地块单元,构建耕地细碎化评价指标,结果发现,在项目区耕地虽然集中连片分布,但细碎化程度十分严重,地块面积较小,耕地分割成地块产生的非有效耕地面积较大,造成了耕地资源的浪费,严重制约耕地的机械化耕作,降低耕地利用率,较为乐观的是由于项目区地势整体平缓,因此耕地地块形状较为规整,可通过土地整治来改善耕地地块空间格局,从而提高耕地的有效利用率和耕地质量。

将高分辨率影像应用到土地整治项目可研阶段获得现势性土地利用现状数据,可为土地整治项目可研阶段提供真实可靠的数据和分析依据,促进项目立项;还可以在可研阶段对项目范围、建设规模进行把控,从而有效避免规划设计阶段与原可行性研究的相关方案发生较大调整,有利于提高项目工程建设经济性、合理性和可行性。

遥感技术在土地整治项目领域的应用还可以进一步拓宽到项目立项审批、范围划定、审核项目立项时基础调查工作的真实性等方面;同时可结合数字高程模型(DEM)数据辅助规划设计,监测项目施工进度和工程验收,对比土地整治项目实施前后的遥感影像,评价项目建设的成效<sup>[14]</sup>。

参考文献:

[1]杜国明,李 昀,于凤荣,等. 基于遥感的 2000—2009 年三江平原北部耕地变化特征分析[J]. 农业工程学报,2012,28(1): 225—229.

[2]王万茂,董祚继,王 群,等. 土地利用规划学[M]. 北京:科学出版社,1996.

[3]国土资源部信息中心. 中国国土资源安全状况分析报告:2003—2004[M]. 北京:中国大地出版社,2005:93—208.

[4]张 兵,崔希民,赵彦博,等. 基于 High-1 卫星影像的土地整治遥感监测方法研究与实践[J]. 农业工程学报,2015,31(20): 225—233.

[5]李少帅,陈 原,张 超,等. 基于多时相高分辨率遥感影像的土

曹 冉,孜比布拉·司马义,杨胜天,等. 典型蔬菜基地土壤重金属健康风险评价[J]. 江苏农业科学,2020,48(4):246–253.  
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2020.04.045

# 典型蔬菜基地土壤重金属健康风险评价

曹 冉<sup>1,2,3</sup>, 孜比布拉·司马义<sup>1,2,3</sup>, 杨胜天<sup>1,2,3,4</sup>, 张兆永<sup>1,2,3</sup>, 斯 琴<sup>1</sup>

(1. 新疆大学资源与环境科学学院,新疆乌鲁木齐 830046; 2. 新疆大学绿洲生态教育部重点实验室,新疆乌鲁木齐 830046;

3. 新疆智慧城市与环境建模普通高校重点实验室,新疆乌鲁木齐 830046; 4. 北京师范大学地理学与遥感科学学院,北京 100875)

**摘要:**为了探究乌鲁木齐市典型蔬菜基地表层土壤重金属对人的健康风险,采集 140 份土壤样品进行重金属分析,结合实测土壤重金属数据和美国环境保护署(US EPA)推荐的健康风险评价模型,评价成人和儿童的健康风险。结果表明,重金属对儿童的 *HI*(总非致癌风险)和 *TCR*(总致癌风险)大于成人,各分区表现为粮食作物区 > 蔬菜作物区 > 油料作物区 > 水果区,砷(As)、铬(Cr)和铅(Pb)是各分区非致癌风险中较大的 3 个贡献因子,其中 As、Cd 也是各分区致癌风险中最主要的贡献因子。非致癌风险评价结果表明,重金属不会对成人健康造成危害,但可能对儿童健康造成危害。评价结果还表明,致癌风险处于人体可耐受的范围,As 是最主要的致癌因子,镍(Ni)、Cr 无致癌风险。用污染负荷指数(PLI)评价该区域污染程度的结果表明,该区域的整体污染程度比较小。

**关键词:**土壤;重金属;EPA;健康风险评估;GPS;污染负荷指数(PLI);乌鲁木齐

**中图分类号:** X825 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2020)04–0246–08

土壤重金属污染已经成为我国最突出的环境问题之一。蔬菜基地土壤重金属的累积会影响农产品质量<sup>[1]</sup>,且可以经过手–口摄入、呼吸和皮肤接触等途径进入人体,影响人类健康<sup>[2–3]</sup>。1986 年美国环境保护署(US EPA)颁布了一系列有关健康风险评价的技术性文件、准则或指南,这一科学体系被世界多国和组织广泛采用<sup>[4–5]</sup>。目前,通过采

用 US EPA 健康风险评价模型揭示重金属等污染物对人体的健康风险状况的研究已在土壤、大气降尘中广泛开展<sup>[6]</sup>。在对土壤重金属引起的健康风险进行评估时,手–口摄入在很多情况下被认为是主要的暴露途径<sup>[7]</sup>。地统计分析(Kriging 插值)被广泛应用于分析土壤、大气降尘和沉积物中重金属的空间分布特征、环境风险等<sup>[8]</sup>。随着公众对健康风险意识的加强,蔬菜基地中重金属产生的健康风险成为国内外研究的热点<sup>[9]</sup>。已有关于乌鲁木齐蔬菜基地土壤重金属方面的大量研究,研究者已经针对土壤镍<sup>[10]</sup>、土壤铅<sup>[11]</sup>、土壤镉<sup>[12–13]</sup>的重金属含量、污染评价及空间分布等进行了研究。干旱区土壤环境更加脆弱,土壤更新周期长,易造成持续危害<sup>[14–15]</sup>。目前,专门针对干旱区绿洲乌鲁木齐蔬菜基地重金属的健康风险评估的研究仍较少。

收稿日期:2019–01–22

基金项目:国家自然科学基金–新疆联合基金(编号:U1603241);国家自然科学基金(编号:41661036);新疆地方公派出国留学成组配套项目(编号:117/40299006)。

作者简介:曹 冉(1993—),女,黑龙江牡丹江人,硕士研究生,主要从事环境地球化学研究。E-mail: gwhmdzy@163.com。

通信作者:孜比布拉·司马义,博士,教授,主要研究方向为城市发展与城市生态环境。E-mail: zibibulla3283@sina.cn。

地整治项目进展评价模型研究[J]. 中国土地科学,2014,28(3):83–88.

[6] 邹连敏. 土地开发整理项目规划设计实用技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,2011:7–8.

[7] 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(4):72–75.

[8] 张 超,刘佳佳,陈英义,等. 土地整治区田块空间形态变化遥感监测与评价[J]. 农业机械学报,2017,48(1):104–111.

[9] 陈红宇,朱道林,郎文聚,等. 嘉兴市耕地细碎化和空间集聚格局分析[J]. 农业工程学报,2012,28(4):235–242.

[10] 吕振宇,牛灵安,郝晋珉,等. 基于层次分析法的耕地细碎化程

度多指标综合评价研究[J]. 中国农学通报,2014,30(26):200–206.

[11] 李鹏山,吕雅慧,张 超,等. 基于核密度估计的京津冀地区耕地破碎化分析[J]. 农业机械学报,2016,47(5):281–287.

[12] 薛 剑,郎文聚,杜国明,等. 基于遥感的现代与传统农业区域土地利用格局差异分析[J]. 农业工程学报,2012,28(24):245–251.

[13] 吕振宇. 耕地细碎化的评价、效应及整治研究[D]. 北京:中国农业大学,2015:28–48.

[14] 徐秀云,陈 向,刘宝梅. 微型无人机助力土地整治项目监管[J]. 测绘通报,2017(3):86–90.