doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2017.02.019

经济欠发达地区撂荒耕地空间格局与驱动因素分析

牛继强[1]　林　昊[1]　牛樱楠[1]　樊　勇[1]　唐文武[2]

(1.信阳师范学院地理科学学院, 信阳 464000;
2.北卡罗来纳大学夏洛特分校地理与地球科学系, 夏洛特 28223)

摘要: 基于遥感(RS)、地理信息系统(GIS)技术、支持向量机(SVM)和景观指数等方法,提出了撂荒耕地信息提取的技术路线和研究思路。以河南省罗山县子路镇为研究区,采用 2013、2015 年春秋两季的 4 景 Landsat-8 OLI 遥感影像,提取该镇撂荒耕地及其时空分布信息,进而分析地形、交通、灌溉条件和耕作半径等几个农业生产条件对子路镇耕地撂荒的影响,得出利用遥感影像提取撂荒耕地的正确率达到 90% 以上;该区域撂荒耕地主要分为季节性撂荒和常年性撂荒,且季节性撂荒较为严重;地形、交通、灌溉和耕作半径均影响耕地撂荒的时空分布,且地形因素中的坡度影响最大。研究结果不仅能够对经济欠发达地区撂荒耕地空间信息提取、驱动因素分析提供技术支撑,而且也可为国家粮食安全以及区域可持续发展政策的制定提供依据。

关键词: 撂荒耕地; 遥感; 地理信息系统; 空间格局; 驱动因素

中图分类号: S17;P962　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1000-1298(2017)02-0141-09

Analysis of Spatial Pattern and Driving Factors for Abandoned Arable Lands in Underdevelopment Region

NIU Jiqiang[1]　LIN Hao[1]　NIU Yingnan[1]　FAN Yong[1]　TANG Wenwu[2]

(1. *School of Geographic Sciences*, *Xinyang Normal University*, *Xinyang* 464000, *China*
2. *Department of Geography and Earth Science*, *University of North Carolina at Charlotte*, *Charlotte* 28223, *USA*)

Abstract: With rapid urbanization and industrialization, rural work forces have migrated to cities, leading to remarkable reduction in rural poulation. So large amounts of arable lands have been abandoned in China in recent years. Abandoned arable lands in under development region of China have seriously affected the redline of arable land and national food security, which has become a major practical problem facing urban-rural integration. Multispectral remote sensing has the advantage of wide range and high speed in terms of data acquisition. It has great potential in the study of lands use. A new research approach and technical roadmap were proposed for abandoned land information extraction based on remote sensing, geographic information system, support vector machines and landscape ecological index. The study area, Zilu town, Henan province, China, is a typical underdevelopment region. Four scenes Landsat-8 OLI data from 2013 to 2015 were used to extract abandoned arable land, and its spatial-temporal distribution was analyzed based on landscape metrics. Furthermore, analysis of driving factors was conducted, such as terrain, traffic, irrigation conditions and farming radius in terms of the impact of abandoned arable lands in the study area. The results showed that the accuracy of extracting abandoned arable lands using RS was above 90%. The area of abandoned arable lands was divided into seasonal and perennial abandoned, and the former was more severe. The factors of terrain, traffic, irrigation conditions and farming radius affected the spatial-temporal distribution of abandoned arable lands, and the slope of the terrain had the greatest impact. The results can provide technical support for spatial information extraction of abandoned arable land in underdevelopment region, and can be applied to establishment of regional sustainable development policy.

Key words: abandoned arable lands; remote sensing; geographic information system; spatial pattern; driving factor

收稿日期: 2016-08-22　修回日期: 2016-10-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(41201387、41671405)和河南省高等学校重点科研项目(17A170010)

作者简介: 牛继强(1977—),男,副教授,主要从事空间数据挖掘与土地信息系统研究,E-mail: njq8196@163.com

引言

随着城乡一体化和社会经济转型的快速推进,在农业生产效益低下与农村劳动力向外转移等多重因素的影响下,农村撂荒耕地面积逐年增加,在我国经济欠发达地区尤其是丘陵和山区最为明显[1]。耕地撂荒也可定义为“抛荒”、“弃耕”,部分学者认为耕地闲置一年以上就可视为撂荒,也有学者认为,耕地荒芜一季或一季以上的就可视为撂荒[2-3]。

遥感影像具有重获周期短、辐射面积大、分辨率高、获取方便等优势,利用遥感技术能够快速、准确地获取研究区域大尺度的耕地空间分布、面积等信息,对于准确估计和掌握耕地动态变化具有重要的意义。利用遥感影像提取撂荒耕地的本质是识别耕地,然后通过耕地动态变化获取撂荒耕地。目前,学者对利用遥感技术提取耕地信息进行了诸多研究,但涉及提取撂荒耕地的研究较少。基于归一化植被指数(NDVI)时间序列,可获取大尺度耕地信息,但提取精度较低[4-9];基于监督分类、非监督分类、多尺度分形、面向对象等算法可提取中微尺度的耕地信息[10-18],但这些方法都是依据数理统计学理论,在选取训练样本上要求数目趋于无穷大时,才能获取良好的提取精度,而实际工作中样本的数目往往是有限的。支持向量机(Support vector machines, SVM)作为一种新型的分类方法,在解决小样本、非线性及高维模式识别中,具有明显的优势[19-24]。

本文选取河南省罗山县子路镇为研究区,将支持向量机算法用于撂荒耕地提取,并将撂荒耕地细分为季节性和常年性撂荒,研究其空间格局,进而利用 GIS 空间分析功能,研究撂荒耕地的空间格局及其驱动因素,以期为耕地撂荒问题的研究提供案例。

1 研究区概况和数据源

罗山县子路镇位于(31°44′ ~ 32°19′ N, 114°10′ ~ 114°42′ E)河南省东南部(图 1),东西长约10 km,南北长约 20 km,总面积 128.8 km^2,距信阳市40 km,紧靠 312 国道,公路交通便利。研究区地势西南偏高,东北偏低,丘陵、垄岗、平原相互交错,而丘陵大部分位于南部和西南部。镇辖 24 个村,全镇总人口 4.82 万人,其中农业人口 4.3 万人。耕地面积 3 935 hm^2。农业主产传统上是春夏种水稻,秋冬种油菜、小麦,盛产茶叶、板栗,历来是大别山农副产品的集散地。但由于第二、三产业发展不足,属典型的经济欠发达地区,近年来由于种种原因,在该研究区耕地超半数每年种植一季,多数耕地常年闲置,撂荒非常严重。开展对该区域撂荒耕地的研究具有现实意义,可为该类型区域撂荒耕地研究奠定基础。



图 1 研究区地理位置

Fig. 1 Location of study area

本研究所用数据为 2013 年 4 月 26 日和 8 月 16 日、2015 年 4 月 16 日和 8 月 22 日 4 个日期罗山县 Landsat-8 OLI 影像数据、SRTM-DEM 数据以及子路镇矢量数据(耕地、行政界线、水系、道路、居民点等)。

2 研究方法

2.1 撂荒耕地的界定

将撂荒耕地分为两类:一类是耕地闲置或荒芜两年及两年以上定义为常年性撂荒耕地;另一类是耕地闲置或荒芜一季的认为是季节性撂荒耕地。

2.2 研究技术路线

耕地撂荒是社会经济发展、思维方式转变的产物,是我国现存并将长期存在的一种现象。本文首先对研究区原始遥感影像以及 DEM 进行裁剪;然后在研究区影像波段特征的基础上选择最佳波段组合,基于 SVM 进行监督分类以及分类后处理;对分类后处理的结果进行动态监测得到季节性撂荒耕地及常年性撂荒耕地,并选取部分区域利用高分辨影像和野外调查进行验证;其次,将研究区 DEM 数据分别生成坡度坡向图,结合道路、水系等矢量数据与撂荒耕地叠加分析,从农业生产条件分析耕地撂荒产生的驱动因素。本研究的技术流程如图 2 所示。

2.3 撂荒耕地的时空信息提取研究

2.3.1 波段选择

Landsat-8 OLI 影像数据可以通过选择波段组合直接提取撂荒耕地信息[12]。在波段选择上遵循 3 个原则:①单个波段的标准差尽可能最大。②组合波段间的相关系数尽可能最小。③目标地物类型在所选波段组合能够被很好区分。通过上述各波段的特点,对 4 个日期的 Landsat-8 影像分别比较 2 ~ 7 单波段的标准差以及波段组合间的相关系数。进行最佳指数因子的计算,如表 1 所示,最后选取各个日期影像的最适合的波段组合分别为 357、357、356、456。

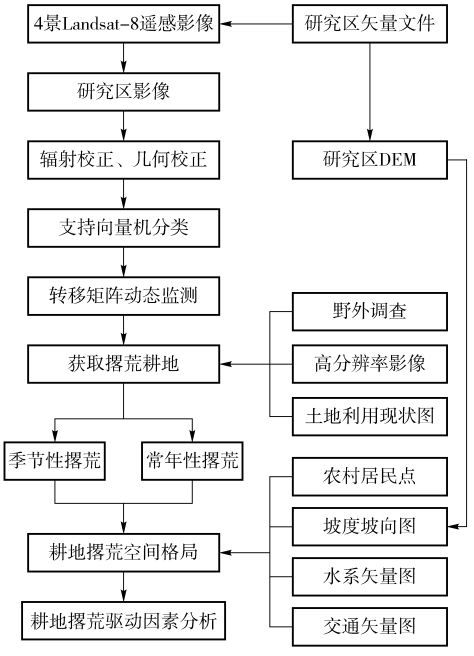


图 2　技术路线图

Fig. 2　Framework of analysis

表 1　影像波段的最佳指数因子

Tab. 1　Optimum index factor of image bands

日期	波段组合					
	256	257	356	357	456	457
2013－04－26	4 029	4 391	4 560	4 622	4 247	4 130
2013－08－16	4 144	3 923	4 560	4 622	4 247	4 130
2015－04－16	2 022	1 924	2 128	2 096	2 048	1 968
2015－08－22	3 821	3 422	3 488	3 521	3 918	3 552

2.3.2　支持向量机分类算法

支持向量机分类算法由 VAPNIK 等[25]于 1995 年首先提出，该算法通过寻求结构化风险最小来增强学习机泛化能力和推广性，进而实现经验风险和置信范围的最小化，从而达到即使是在统计样本量较少的情形下，亦能获得良好统计规律的目的；它的基本模型定义为特征空间上的间隔最大的线性分类器，即支持向量机的学习策略便是间隔最大化，最终可转换为一个凸二次规划问题的求解。具体原理如下：

设线性可分样本集为 $x_i, i=1,2\cdots,l$；而类别用 y 表示，取值 1 或 －1；考虑两类样本的线性判别函数为

$$f(x)=\boldsymbol{\omega}^{\mathrm{T}}x+b \tag{1}$$

式中　$\boldsymbol{\omega}$——法向量　　b——截距

线性分类器就是要在 n 维的数据空间中找到一个超平面，其方程表示为

$$\boldsymbol{\omega}^{\mathrm{T}}x+b=0 \tag{2}$$

两种类别边缘方程为

$$\boldsymbol{\omega}^{\mathrm{T}}x+b=\pm 1 \tag{3}$$

支持向量机的核心在于寻求最优分类超平面，使得类别边缘最大化。为了使分类间隔最大，可在约束条件

$$y_i(\boldsymbol{\omega}^{\mathrm{T}}x_i+b)=\hat{\gamma}_i\geqslant\hat{\gamma}\quad(i=1,2,\cdots,n) \tag{4}$$

式中 $\hat{\gamma}$ 为定义函数间隔，$\hat{\gamma}=y(\boldsymbol{\omega}^{\mathrm{T}}x+b)=yf(x)$ 下求解

$$\partial(\omega)=\frac{1}{2}\|\omega\|^2 \tag{5}$$

的最小值的问题，其实际上是一个凸优化问题。然而在实际分类中，很难保证类别之间是线性可分的。因此支持向量机的处理方法是选择一个核函数，通过将数据映射到高维空间，来解决在原始空间中现行不可分的问题。在本研究中，径向基核函数在撂荒耕地提取中效果最佳。径向基核函数可以表达为

$$k(x_ix_j)=\exp(-\gamma\|x_i-x_j\|^2)\quad(\gamma>0) \tag{6}$$

2.4　撂荒耕地的空间分布格局分析

2.4.1　撂荒耕地空间格局构成

主要研究景观图斑的组成情况，通过对图斑总面积(TA)、图斑个数(NP)、平均图斑面积(MPS)、中位数图斑面积(MedPS)等指标进行评价。

(1)图斑总面积

$$TA=\sum_{i=1}^{n}a_i \tag{7}$$

式中　a_i——第 i 个图斑的面积

(2)平均图斑面积：可用来对比不同景观的聚集或破碎程度，即

$$MPS=\frac{a_i}{n} \tag{8}$$

2.4.2　撂荒耕地空间格局特征

主要反映撂荒耕地图斑在空间分布上的尺度和强度情况，通过平均图斑形状指数(MSI)、平均图斑分维指数(MPFD)和 Shannon 多样性指数(SDI)来进行分析。

(1)平均图斑形状指数反映景观要素图斑的规则程度，即

$$MSI=\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{0.25P_i}{\sqrt{a_i}}\right)}{n} \tag{9}$$

式中　P_i——图斑 i 的周长

$MSI\geqslant 1$，当景观中所有的图斑均为正方形时，$MSI=1$；当图斑的形状偏离正方形时，MSI 增大。

(2)平均图斑分维指数用以度量图斑边界的复杂程度。其具体表达式为

$$MPFD=\frac{\sum_{i=1}^{n}\frac{2\ln(0.25P_i)}{\ln a_i}}{n} \tag{10}$$

(3)Shannon 多样性指数用来衡量图斑在空间分布上的均匀程度,即

$$SDI = -\sum_{i=1}^{n} P_i \ln P_i \tag{11}$$

SDI 是比较同一景观不同时期多样性变化的一个有力手段。

3 结果与分析

3.1 撂荒耕地信息提取与空间格局分析

3.1.1 撂荒耕地的信息提取

基于支持向量机的方法,采用 2.3.1 节中确定的波段,通过对 4 个不同日期遥感影像分类结果的比较来提取季节性及常年性撂荒耕地。通过混淆矩阵来计算 Kappa 系数、错分误差、总体分类精度、漏分误差、制图精度和用户精度。通过计算,总体分类精度以及 Kappa 系数均在 90% 以上,错分误差、漏分误差小于 5%,并且用户精度与制图精度也都在 90% 以上,符合本实验的精度要求。本研究将通过耕地和提取的撂荒耕地叠置分析,去除掉错分的撂荒耕地,获取了子路镇 2013 年、2015 年季节性撂荒耕地和常年性撂荒耕地的空间分布(图 3)。结果表明,子路镇耕地的季节性撂荒现象和常年性撂荒现象均较为严重。

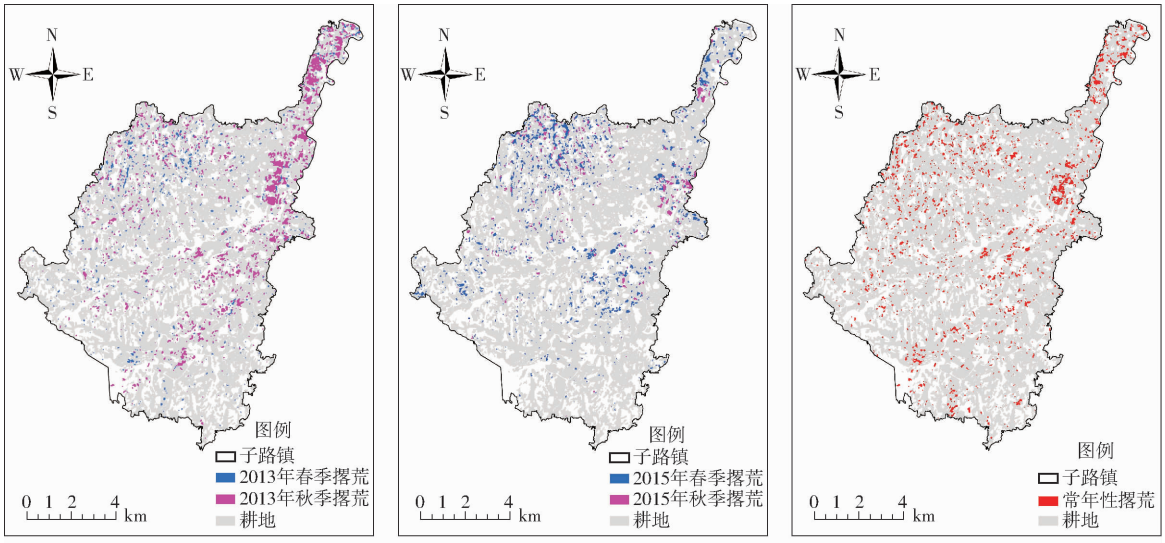


图 3 研究区 2013—2015 年撂荒耕地空间分布

Fig. 3 Spatial distributions of abandoned arable land from 2013 to 2015

3.1.2 撂荒耕地空间构成分析

采用 2.4 节中的方法对撂荒耕地的空间分布格局进行分析。子路镇常年性撂荒耕地面积为 293.04 hm^2,占总耕地面积的 7.45%。在季节性撂荒中 2013 年秋季撂荒撂荒现象最为严重,共有 960 个图斑撂荒,达到 563.63 hm^2,占总耕地面积的 14.33%。从 NP、MPS、MedPS 和图斑面积标准差(PSSD)等指数综合分析可见,2013 年秋季撂荒范围较广,且有较大地块被撂荒;2015 年秋季撂荒现象较轻,其特征是撂荒面积小、地块少,且都是零散分布。

常年性撂荒耕地地块最多,共有 1 243 个图斑。但是从 NP、MPS、MedPS 和 PSSD 等指数来看,常年性撂荒和 2015 年春、秋两季类似,撂荒耕地多为分散零星的小片耕地。

3.1.3 撂荒耕地的空间格局特征分析

从 MSI 指数来看,子路镇 2013 年春的撂荒耕地地块最为规则,2015 年秋季次之,其他季节和常年性撂荒耕地地块规则程度一致。从 MPFD 指数来看,常年性撂荒和各季节性撂荒耕地边界复杂程度大致相当,表现出撂荒耕地的地块特征趋于一致(表 2)。

从 SDI 指数来看,2013 年春季和 2015 年秋季的指数较小,说明这 2 个时期撂荒耕地的空间分布相对较为集中;2013 年秋季和 2015 年春季的指数较大,说明这 2 个时期撂荒耕地的空间分布较为均衡。常年性撂荒耕地的 SDI 指数为 4.311,表明子路镇常年性撂荒耕地的空间分布也较为均衡。

3.2 耕地撂荒的驱动因素分析

3.2.1 基于 DEM 的坡度坡向提取

地形是决定农业生产的重要条件,地形因影响光、热、水、土的分布,从而间接影响耕地的空间分布格局[26]。根据研究区概况以及坡度坡向分级标准,将坡度栅格分为 0°~2°、2°~6°、6°~15°、15°以上共 4 个类别(图 4a);将坡向栅格重分类为阳坡、阴坡、半阳坡、半阴坡 4 个类别(图 4b)。将坡度、坡向

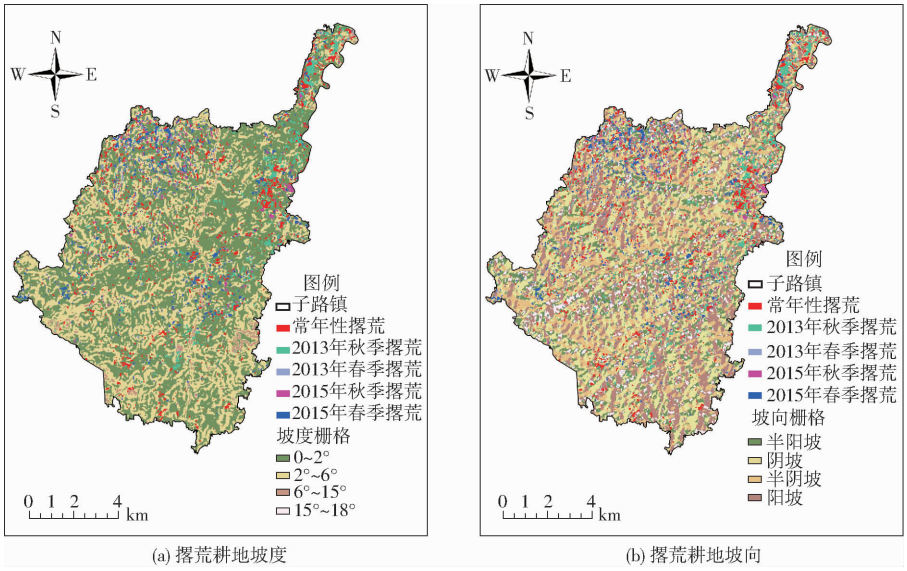
表 2　子路镇撂荒耕地景观指数

Tab. 2　Landscape metrics of abandoned arable land

景观指数	2013 年春季	2013 年秋季	2015 年春季	2015 年秋季	常年性撂荒
撂荒面积(TA)	140. 94	563. 63	343. 92	123. 98	293. 04
图斑数量(NP)	760	960	1 041	398	1 243
平均图斑面积(MPS)	0. 185 4	0. 587 1	0. 332 8	0. 311 5	0. 317 8
中位数图斑面积(MedPS)	0. 112 5	0. 225 0	0. 135 0	0. 157 5	0. 157 5
图斑面积标准差(PSSD)	0. 256 8	1. 628 6	0. 624 2	0. 568 0	0. 482 2
平均形状指数(MSI)	1. 356 0	1. 430 6	1. 438 5	1. 405 8	1. 436 8
平均图斑分维数(MPFD)	1. 448 1	1. 419 6	1. 445 5	1. 442 1	1. 438 4
香农多样性指数(SDI)	3. 678 1	4. 565 2	4. 379 8	3. 892 7	4. 311 0

矢量与撂荒耕地矢量做叠加运算，得到撂荒耕地在不同坡度和坡向下的面积(表 3、表 4)。

分析得出，2013 年和 2015 年研究区撂荒耕地在不同的地形分布不同。具体表现为：2013 年季节性撂荒、2015 年春季撂荒以及常年性撂荒，90% 以上的撂荒耕地位于 0° ~ 15°的缓坡，坡度在 15°以上



(a) 撂荒耕地坡度　　(b) 撂荒耕地坡向

图 4　坡度、坡向与撂荒耕地矢量数据叠置分析

Fig. 4　Overlay analysis of slope, aspect and abandoned arable land

表 3　子路镇撂荒耕地坡度

Tab. 3　Statistics of abandoned arable lands in response to slope

坡度/(°)	2013 年春季撂荒		2013 年秋季撂荒		2015 年春季撂荒		2015 年秋季撂荒		常年性撂荒	
	面积/hm^2	比例/%	面积/hm^2	比例/%	面积/hm^2	比例/%	面积/hm^2	比例/%	面积/hm^2	比例/%
0 ~ 2	79. 31	56. 26	353. 40	62. 70	343. 92	99. 28	74. 21	59. 85	290. 29	99. 06
2 ~ 6	59. 13	41. 96	200. 48	35. 57	2. 49	0. 72	48. 40	39. 04	2. 75	0. 94
6 ~ 15	2. 50	1. 78	9. 58	1. 70	0	0	1. 23	1. 00	0	0
≥15	0	0	0. 17	0. 03	0	0	0. 14	0. 11	0	0
总计	140. 94	100	563. 63	100	346. 41	100	123. 98	100	293. 04	100

表 4　子路镇撂荒耕地坡向

Tab. 4　Statistics of abandoned arable land for different aspects

坡向	2013 年春季撂荒		2013 年秋季撂荒		2015 年春季撂荒		2015 年秋季撂荒		常年性撂荒	
	面积/hm^2	比例/%	面积/hm^2	比例/%	面积/hm^2	比例/%	面积/hm^2	比例/%	面积/hm^2	比例/%
阴坡	49. 76	35. 22	144. 18	25. 58	95. 34	27. 52	33. 84	27. 30	83. 87	28. 62
半阴坡	35. 59	25. 25	137. 81	24. 45	84. 42	24. 37	23. 10	18. 63	61. 30	20. 92
半阳坡	33. 97	24. 10	146. 99	26. 08	103. 23	29. 80	40. 43	32. 61	62. 24	21. 24
阳坡	21. 62	15. 43	134. 65	23. 89	63. 42	18. 31	26. 61	21. 46	85. 63	29. 22
总计	140. 94	100	563. 63	100	346. 41	100	123. 98	100	293. 04	100

的撂荒耕地几乎很少;2015 年秋季撂荒主要分布在 15°以上的中坡以及 0°~6°的缓坡。通过实地调查分析,坡度较大的耕地大部分已经实施退耕还林工程,耕地面积较小,因此撂荒的面积较小。此外这一趋势说明,子路镇的撂荒耕地比较严重,已经出现大面积坡度较小、质量较高的耕地出现撂荒现象。

无论是季节性撂荒还是常年性撂荒,阳坡、阴坡、半阳坡、半阴坡撂荒耕地面积比约为 1∶1∶1∶1,可见撂荒耕地的分布与坡向无关。

3.2.2 撂荒耕地的灌溉条件分析

灌溉条件在一定程度上可以决定耕地的质量,会直接影响农业生产的丰歉[27]。对研究区水系设置 50、100、200 m 缓冲区(图 5),将缓冲区图层与撂荒耕地图层进行叠加运算,得到不同缓冲半径下的撂荒耕地面积(表 5)。结果显示:撂荒耕地的灌溉情况总体不高,季节性撂荒和常年性撂荒中 70% 以上的撂荒耕地分布于缺乏灌溉设施的地方。因此灌溉条件是影响农民撂荒耕地的主要因素。

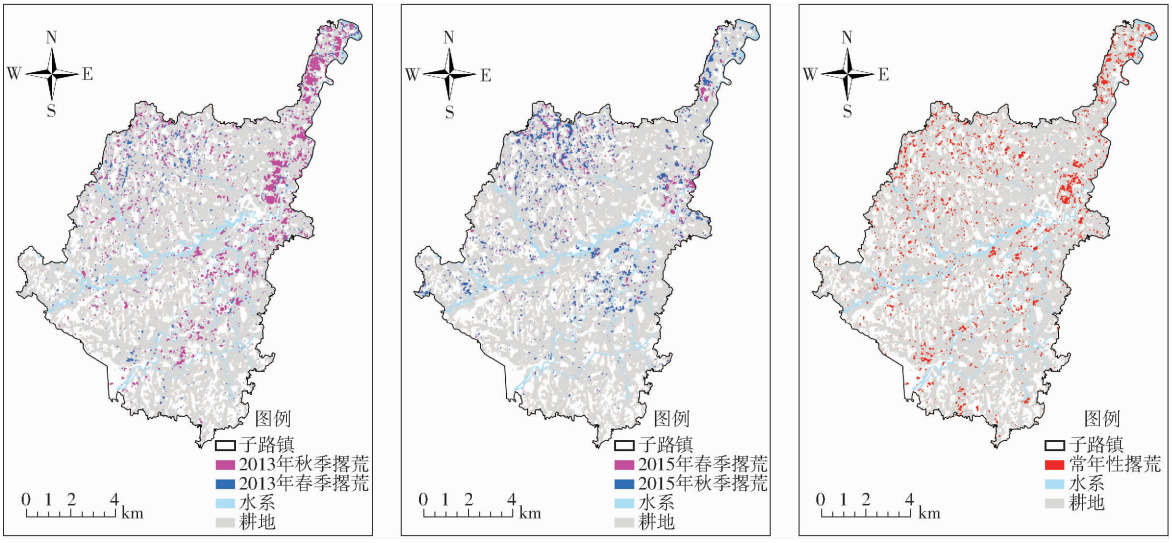


图 5 灌溉水系周围季节性及常年性撂荒地空间分布

Fig. 5 Seasonal and perennial abandoned arable lands around irrigation water

表 5 子路镇灌溉设施周围撂荒耕地面积

Tab. 5 Statistics of abandoned arable land around irrigation water

灌溉	2013 年春季撂荒		2013 年秋季撂荒		2015 年春季撂荒		2015 年秋季撂荒		常年性撂荒	
距离/m	面积/hm²	比例/%	面积/hm²	比例/%	面积/hm²	比例/%	面积/hm²	比例/%	面积/hm²	比例/%
<50	9.25	6.56	59.96	10.64	26.85	7.75	6.70	5.40	82.75	28.24
50~100	5.14	3.65	32.77	5.81	19.14	5.53	18.19	14.67	43.19	14.74
100~200	11.61	8.24	72.78	12.91	41.34	11.93	11.29	9.11	92.45	31.55
>200	114.94	81.55	398.12	70.64	259.08	74.79	87.80	70.82	74.65	25.47
总计	140.94	100	563.63	100	346.41	100	123.98	100	293.04	100

3.2.3 撂荒耕地的交通条件分析

交通,尤其是田间道路是影响着农业生产的重要条件之一。交通条件决定耕作的难易,从而影响耕地撂荒的程度。道路周围撂荒地分布(图 6),对子路镇矢量道路图生成道路周围 50、100、200 m 的缓冲区,并且将缓冲区图层与撂荒耕地图层进行叠加运算,得到不同交通条件下的撂荒耕地面积(表 6)。季节性撂荒耕地 60% 以上分布于交通条件差的地方(道路两侧 100 m 缓冲区外),常年性撂荒耕地大多数位于道路两侧 50 m 缓冲区以外 100 m 缓冲区以内区域。

3.2.4 撂荒耕地的耕作半径分析

耕作半径是指从农村居民点到农业作业区的空间距离。本文用缓冲区分析的方法来衡量耕作半径。以研究区农村居民地范围边界,分别以 50 m、100 m 为缓冲距,开始进行缓冲区计算分析并得到不同缓冲区范围内的撂荒耕地的面积,具体结果如图 7、表 7 所示。从图 7 中可以发现,大部分的撂荒耕地,尤其是面积较大的地块,位于缓冲区范围之外(距离居民点较远)。由表 7 可见,季节性撂荒耕地 50% 以上分布在离居民地 100 m 以外的区域,常年性撂荒也有将近 40% 位于离居民地 100 m 以外的

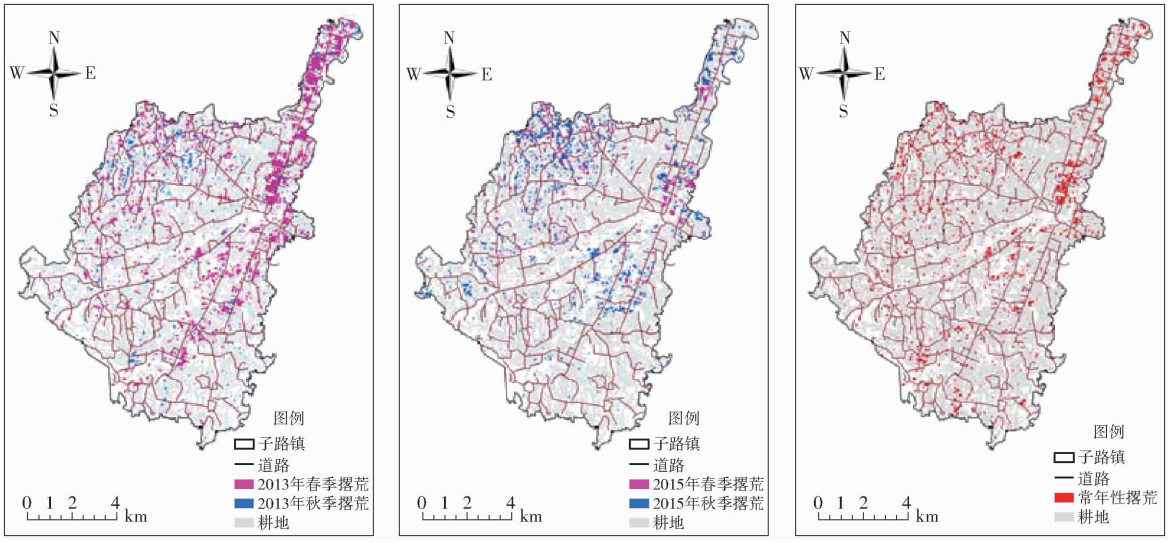


图 6　道路周围季节性及常年性撂荒地空间分布

Fig. 6　Seasonal and perennial abandoned arable lands around road

表 6　子路镇道路两侧撂荒耕面积

Tab. 6　Statistics of abandoned arable lands around road

交通	2013 年春季撂荒		2013 年秋季撂荒		2015 年春季撂荒		2015 年秋季撂荒		常年性撂荒	
距离/m	面积/hm^2	比例/%	面积/hm^2	比例/%	面积/hm^2	比例/%	面积/hm^2	比例/%	面积/hm^2	比例/%
<50	28.07	19.92	117.38	20.83	58.96	17.02	25.10	20.25	126.90	43.30
50~100	24.22	17.18	101.63	18.03	53.60	15.47	18.45	14.88	50.04	17.08
100~200	45.04	31.96	177.76	31.54	106.03	30.61	31.27	25.22	62.34	21.27
>200	43.61	30.94	166.86	29.60	127.82	36.90	49.16	39.65	53.76	18.35
总计	140.94	100	563.63	100	346.41	100	123.98	100	293.04	100

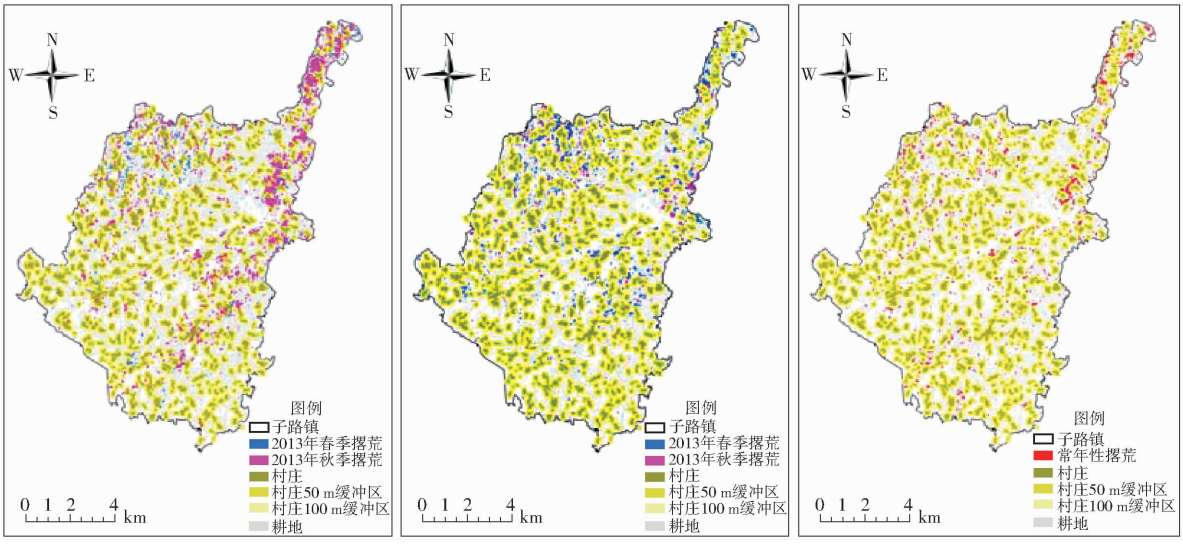


图 7　农村居民点与季节性及常年性撂荒地的空间关系

Fig. 7　Relationships between villages and seasonal and perennial abandoned arable lands

表 7　子路镇农村居民点周围撂荒耕地面积

Tab. 7　Statistics of abandoned arable land around villages

耕作	2013 年春季撂荒		2013 年秋季撂荒		2015 年春季撂荒		2015 年秋季撂荒		常年性撂荒	
半径/m	面积/hm^2	比例/%	面积/hm^2	比例/%	面积/hm^2	比例/%	面积/hm^2	比例/%	面积/hm^2	比例/%
<50	35.52	25.20	99.98	17.74	67.22	19.40	22.95	18.51	132.87	45.34
50~100	25.76	18.28	101.85	18.07	55.26	15.95	20.84	16.81	125.97	42.99
>100	79.66	56.52	361.80	64.19	223.93	64.65	80.19	64.68	34.20	11.67
总计	140.94	100	563.63	100	346.41	100	123.98	100	293.04	100

区域,说明撂荒耕地与农村居民地的空间关系密切,农村居民地离耕地的距离是影响耕地撂荒的重要因素之一。

4 结束语

基于遥感(RS)、地理信息系统(GIS)技术、支持向量机(SVM)和景观指数等方法,提出了撂荒耕地信息提取的技术路线和研究思路。提取子路镇撂荒耕地及其时空分布信息;进而以该镇为典型研究区,对农业生产条件中的地形、灌溉条件、交通条件和耕作半径等撂荒耕地的驱动因素进行分析。研究发现子路镇部分季节性撂荒现象比常年性撂荒现象明显;虽然坡度是影响农业生产的重要条件,但是子路镇已经出现大面积坡度较小的耕地撂荒现象,且有加剧趋势;灌溉条件、交通条件和耕作半径是耕地撂荒的重要驱动因素,在农业生产条件不佳的区域,出现了大面积撂荒现象。该研究结论不仅能够更好地了解子路镇的撂荒耕地分布特点以及其驱动因素,而且也将为全国其他相似地区的撂荒耕地研究提供分析案例,为国家粮食安全以及区域可持续发展政策的制定提供依据。

参 考 文 献

1 李升发,李秀彬. 耕地撂荒研究进展与展望[J]. 地理学报, 2016, 71(3): 370 - 389.
LI Shengfa, LI Xiubin. Progress and prospect on farmland abandonment[J]. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(3): 370 - 389. (in Chinese)

2 SMALIYCHUK A, MULLER D, PRISHCHEPOV A V, et al. Recultivation of abandoned agricultural lands in Ukraine: patterns and drivers[J]. Global Environmental Change, 2016, 38: 70 - 81.

3 史铁丑,李秀彬. 欧洲耕地撂荒研究及对我国的启示[J]. 地理与地理信息科学, 2013, 29(3): 101 - 103.
SHI Tiechou, LI Xiubin. Farmland abandonment in Europe and its enlightenment to China[J]. Geography and Geo-Information Science, 2013, 29(3): 101 - 103. (in Chinese)

4 何超英,廖安平,陈志刚,等. NDVI 时间序列在全球耕地提取中的应用[J]. 地理信息世界, 2013, 20(2): 66 - 69,88.
HE Chaoying, LIAO Anping, CHEN Zhigang, et al. Application of NDVI time-series in global cropland classification[J]. Geomatics World, 2013, 20(2): 66 - 69,88. (in Chinese)

5 吕婷婷, 刘闯. 基于 MODIS 数据的泰国耕地信息提取[J]. 农业工程学报, 2010, 26(2): 244 - 250.
LÜ Tingting, LIU Chuang. Extraction of information of cultivated land using time-series MODIS data in Thailand[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(2): 244 - 250. (in Chinese)

6 高应波,柳钦火,李静,等. 基于时序植被指数特征时相识别的多熟制耕地提取新方法[J]. 遥感技术与应用, 2015, 30(3): 431 - 438.
GAO Yingbo, LIU Qinhuo, LI Jing, et al. A new methodology for extracting multiple cropping land based on distinguishing characteristic phases of time series vegetation index[J]. Remote Sensing Technology and Application 2015, 30(3): 431 - 438. (in Chinese)

7 ESTEL S, KUEMMERLE T, ALCANTARA C, et al. Mapping farmland abandonment and recultivation across Europe using MODIS NDVI time series[J]. Remote Sensing of Environment, 2015, 163: 312 - 325.

8 ALCANTARA C, KUEMMERLE T, PRISHCHEPOV A V, et al. Mapping abandoned agriculture with multi-temporal MODIS satellite data[J]. Remote Sensing of Environment, 2012, 124: 334 - 347.

9 PRISHCHEPOV A V, RADELOFF V C, DUBININ M, et al. The effect of Landsat ETM/ETM + image acquisition dates on the detection of agricultural land abandonment in eastern Europe[J]. Remote Sensing of Environment, 2012, 126:195 - 209.

10 庞新华,朱文泉,潘耀忠,等. 基于高分辨率遥感影像的耕地地块提取方法研究[J]. 测绘科学, 2009, 34(1): 48 - 49,161.
PANG Xinhua, ZHU Wenquan, PAN Yaozhong, et al. Research on cultivated land parcel extraction based on high-resolution remote sensing image[J]. Science of Surveying and Mapping, 2009, 34(1): 48 - 49,161. (in Chinese)

11 徐世武,杨双,孙飞,等. 面向对象的高分辨率影像单值分类耕地提取方法研究[J]. 测绘通报, 2014(10): 78 - 81.
XU Shiwu, YANG Shuang, SUN Fei, et al. Method research on cultivated land extraction based on object one-class classification of high-spatial-resolution images[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2014(10): 78 - 81. (in Chinese)

12 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.
NIU Luyan, ZHANG Xiaoyan, ZHENG Jiye, et al. Extraction of cultivated land information in Shandong province based on Landsat8 OLI data[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(34): 264 - 269. (in Chinese)

13 祝民强,周万蓬,吴仁贵,等. 赣中丘陵区 TM 影像的耕地信息提取模型研究[J]. 遥感技术与应用, 2004, 19(3): 173 - 176.
ZHU Minqiang, ZHOU Wanpeng, WU Rengui, et al. Study on the extraction of cultivated land information from TM images of the hill region in central Jiangxi[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2004, 19(3): 173 - 176. (in Chinese)

14 程维芳,周艺,王世新,等. 基于多光谱遥感的撂荒地识别方法研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2011, 31(6): 1615 - 1620.
CHENG Weifang, ZHOU Yi, WANG Shixin, et al. Study on the method of recognizing abandoned farmlands based on multispectral remote sensing[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis 2011, 31(6): 1615 - 1620. (in Chinese)

15 董士伟,李宪海,李红,等. 基于多尺度分形特征的 ETM + 影像耕地提取[J]. 农业工程学报, 2011, 27(2): 213 - 218,393.
DONG Shiwei, LI Xianhai, LI Hong, et al. Extraction of cultivated land using ETM + image based on multiscale fractal signature [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(2): 213 - 218,393. (in Chinese)

16 BUTT A, SHABBIR R, AHMAD S S, et al. Land use change mapping and analysis using remote sensing and GIS: a case study of simly watershed, Islamabad, Pakistan[J]. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 2015, 18(2): 251 - 259.

17 LARSSON S, NILSSON C. A remote sensing methodology to assess the costs of preparing abandoned farmland for energy crop cultivation in northern Sweden[J]. Biomass and Bioenergy, 2005, 28(1): 1 - 6.

18 STEFANSKI J, CHASKOVSKYY O, WASKE B. Mapping and monitoring of land use changes in post-Soviet western Ukraine using remote sensing data[J]. Applied Geography, 2014, 55: 155 - 164.

19 张豪,罗亦泳,张立亭,等. 基于遗传算法最小二乘支持向量机的耕地变化预测[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 226 - 231.
ZHANG Hao, LUO Yiyong, ZHANG Liting, et al. Cultivated land change forecast based on genetic algorithm and least squares support vector machines[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(7): 226 - 231. (in Chinese)

20 林卉,戴济平,李魏,等. 基于模糊支持向量机分类的土地利用时空演变研究[J]. 测绘通报, 2012(5): 17 - 19,28.
LIN Hui, DAI Jiping, LI Wei, et al. Temporal and spatial change of land use based on fuzzy support vector machine[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2012(5): 17 - 19,28. (in Chinese)

21 田源, 塔西甫拉提·特依拜,丁建丽,等. 基于支持向量机的土地覆被遥感分类[J]. 资源科学, 2008, 30(8): 1268 - 1274.
TIAN Yuan, T T, DING Jianli, et al. Land cover classification using remote sensing image based on support vector machines[J]. Resources Science, 2008, 30(8): 1268 - 1274. (in Chinese)

22 韩文霆,郭聪聪,张立元,等. 基于无人机遥感的灌区土地利用与覆被分类方法[J/OL]. 农业机械学报, 2016, 47(11): 270 - 277. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/create_pdf.aspx? file_no = 20161137&flag = 1&journal_id = jcsam. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2016.11.037.
HAN Wenting, GUO Congcong, ZHANG Liyuan, et al. Classification method of land cover and irrigated farm land use based on UAV remote sensing in irrigation[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(11): 270 - 277. (in Chinese)

23 臧淑英,张策,张丽娟,等. 遗传算法优化的支持向量机湿地遥感分类——以洪河国家级自然保护区为例[J]. 地理科学, 2012, 32(4): 434 - 441.
ZANG Shuying, ZHANG Ce, ZHANG Lijuan, et al. Wetland remote sensing classification using support vector machine optimized with genetic algorithm: a case study in Honghe nature national reserve[J]. Scientia Geographica Sinica, 2012, 32(4): 434 - 441. (in Chinese)

24 PAL M. Support vector machines for classification in remote sensing[J]. International Journal of Remote Sensing, 2005, 26(5): 1007 - 1011.

25 VAPNIK V. The nature of statistical learning theory[M]. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer Science & Business Media, 2013.

26 杨斌,王金生. 基于 GIS 的丘陵区耕地景观格局时空演变特征分析[J]. 测绘工程, 2014, 23(9): 1 - 4,8.
YANG Bin, WANG Jinsheng. The spatial-temporal evolution of landscape pattern for farmland in the hilly area based on GIS[J]. Engineering of Surveying and Mapping, 2014, 23(9): 1 - 4,8. (in Chinese)

27 杨永侠,王旭,孟丹,等. 基于空间自相关的耕地等别指数检验方法研究[J/OL]. 农业机械学报, 2016, 47(5): 328 - 335. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/create_pdf.aspx? file_no = 20160545&flag = 1&journal_id = jcsam. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2016.05.045.
YANG Yongxia, WANG Xu, MENG Dan, et al. Test method of cultivated land grading index based on spatial autocorrelation[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(5): 328 - 335. (in Chinese)