

引用格式: 葛玉娟, 赵宇鸾. 基于道路网络分析技术的耕地细碎化测度模型改进[J]. 资源科学, 2019, 41(4): 766-774. [Ge Y J, Zhao Y L. Improvement of farmland fragmentation measurement model based on road network analysis[J]. Resources Science, 2019, 41(4): 766-774.] DOI: 10.18402/resci.2019.04.13

# 基于道路网络分析技术的耕地细碎化测度模型改进

葛玉娟, 赵宇鸾

(贵州师范大学地理与环境科学学院, 贵阳 550001)

**摘要:** 为了提高耕地细碎化测度结果的准确性, 运用GIS网络分析技术改进了测度模型。首先, 综述了耕地细碎化的内涵和现有测度方法不足, 提出实际道路网络是耕地细碎化程度测定中不可或缺的指标。其次, 依据耕地细碎化的内涵, 选取基于道路网络的农户地块道路通达性指数、农户地块面积指数、农户地块形状指数3个指标, 构建了新的耕地细碎化测度模型。最后, 采用新模型对典型村的耕地细碎化程度进行实证分析, 证实该模型的有效性, 并对比分析农户到其耕作地块的直线距离与道路网络距离两种距离测度方式下的耕地细碎化差异, 表明与道路网络距离相比直线距离低估了耕地细碎化水平。改进的测度模型对深化研究耕地细碎化及其对农业生产投入—产出的影响等研究具有积极意义。

**关键词:** 土地评价; 耕地细碎化; GIS网络分析技术; 道路通达性; 农户; 贵州省小坝村

DOI: 10.18402/resci.2019.04.13

## 1 引言

农户是耕地经营的基本决策单位, 其在特定的社会经济环境中, 依据自身的资源禀赋, 对耕地资源进行合理的劳动力、资本配置, 以满足自身需求, 实现利润最大化<sup>[1]</sup>。耕地细碎化作为同耕地规模经营相对的一种耕地资源利用格局<sup>[2]</sup>, 影响劳动生产率的提高, 阻碍农业机械的使用<sup>[3]</sup>。自“刘易斯拐点”提出以来, 农业劳动机会成本上升<sup>[4]</sup>, 且机械成为农业生产的主导动力<sup>[5]</sup>, 较远的耕作距离、高通勤时间机会成本和较低的机械生产效率导致耕地出现大量的撂荒、季节性抛荒现象<sup>[4,6]</sup>, 土地资源低效利用现象普遍, 因此, 乡村振兴背景下应进一步加强耕地细碎化研究。据2013年调查数据显示, 中国户均耕地经营面积为0.653 hm<sup>2</sup>, 户均地块数量为5.1块<sup>[7]</sup>, 而山区地形地貌等自然条件空间异质性

大, 人口多耕地少, 其耕地细碎化现象更为严重。

近年来, 耕地细碎化问题引起了学术界的广泛关注。现有研究中耕地细碎化程度测定方法有两个视角, 一是农户微观视角, 强调地块的利用效率, 主要从农户经营利用耕地状况方面来选取指标进行评价<sup>[8,9]</sup>; 另一个是区域中观视角, 重视景观斑块尺度的研究, 主要选取一个或者多个景观格局指数进行评价<sup>[10,11]</sup>。研究视角的不同会导致细碎化测度结果不同, 前者基于地块的细碎化研究符合农户土地经营管理的内在要求, 后者景观尺度的研究反映的是区域内某一土地利用类型景观斑块的分布特征, 利于耕地景观生态效应分析。中国农业经营主体以农户为主, 鉴于此, 选取农户微观视角来构建耕地细碎化测度模型。但微观视角下的耕地细碎化评价方法还存在一定局限性<sup>[10]</sup>, 受地块、宅基地、

收稿日期: 2018-08-29, 修订日期: 2018-12-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(41771115); 贵州省科技计划项目(黔科合平台人才[2017]5726号); 2015年贵州省“千”层次创新型人才资助项目(111-0317003)。

作者简介: 葛玉娟, 女, 内蒙古赤峰人, 硕士研究生, 主要研究方向为土地资源利用与管理。E-mail: 986956266@qq.com

通讯作者: 赵宇鸾, E-mail: zhaoyl.09b@ignrr.ac.cn

2019年4月

道路等高分辨率地理空间数据缺乏的限制,已有研究忽视了宅基地到地块的道路网络距离、道路可达性对耕地细碎化的影响<sup>[9,12]</sup>,不利于开展耕地细碎化对农户土地利用决策行为以及农业生产效率的影响机理研究。

因此,采用分米级无人机高分辨率遥感数据和参与式农户调查数据,提取研究区耕作地块和道路路网信息,将道路通达性引入对距离的描述中,尝试突破微观视角下研究数据与方法的局限性,改进耕地细碎化程度测度评价模型,以期为研究耕地细碎化对农户土地利用行为、农业投入产出的影响奠定方法基础。

## 2 耕地细碎化测度研究评述

### 2.1 耕地细碎化的涵义

耕地细碎化最初是用来描述农场里地块分散、不连接的现象<sup>[13]</sup>。目前关于耕地细碎化的概念,存在两种不同的解释,部分学者认为应该以农户经营的基本单元地块为描述对象,包含引起耕地细碎化的原因<sup>[14,15]</sup>及农户经营耕地地块距离家庭的远近<sup>[16]</sup>、地块的分布情况<sup>[17]</sup>、地块的面积与块数<sup>[18]</sup>、地块的肥沃程度<sup>[14]</sup>等本质特征。而另有学者将细碎化的概念拓展到了景观生态学的尺度上,重点强调的是地表斑块土地利用类型的不同<sup>[10,19]</sup>,但景观斑块尺度忽略了同一土地利用类型斑块中可包含不同经营主体多个耕作地块问题。此外,本文认为农户经营耕地地块的形状也是耕地细碎化的本质属性。因此,耕地细碎化的概念可界定为:是在自然、经济、社会制度的多重因素作用下,形成的一种农业经营主体拥有的耕地资源具有地块零散分布、块数较多、单个地块面积相对较小、地块形状不规整等特征的耕地资源利用格局。

### 2.2 现有耕地细碎化的衡量方法

目前,对于耕地细碎化程度的测度通常使用单指标评价法或综合指标评价法。部分研究者选择块均耕地面积<sup>[14]</sup>、农户拥有的地块数量<sup>[15,20]</sup>、地块间距离等<sup>[21]</sup>单一变量代表细碎化程度,此方法可以反映细碎化水平,但耕地细碎化包含着多重属性,单一指标仅能表现其中一个属性,不能综合表示细碎化程度,存在着一定的缺陷与不足。

综合指数法是在20世纪60、70年代发展起来

的,是将单一指标所反映的信息综合到一起,主要是Simmons提出的“S”指数、Januszewski提出的“K”指数以及Igbozurike提出的“T”指数等<sup>[22]</sup>,此类模型中涵盖了多个指标,完善了对耕地细碎化的测度研究,但遗憾的是综合模型中仅有“T”指数对距离进行了模糊的描述。此外,景观破碎度、景观聚集度等以斑块为研究单元的景观格局指数,也被引入到耕地细碎化评价中<sup>[2,23-25]</sup>,有利于分析耕地细碎化的景观生态效应,但混淆了景观斑块与耕作地块的内涵差异,忽视了一个景观斑块可能包含多块属于不同经营主体的地块。后续学者们又将地块形状、地块质量等因素纳入综合测度模型<sup>[9,26-27]</sup>,并考虑各指标因素的权重<sup>[28,29]</sup>及地块的空间邻近相互作用等<sup>[30]</sup>。耕地的耕作距离是影响农户行为决策的关键因素,随着耕地的耕作距离增加,通勤时间成本升高,耕地的地租下降,当耕作价值下降为零时,农户会选择抛荒<sup>[4,31]</sup>。而对耕作距离的描述,学者们多采用研究单元(村庄、农户)的中心点到地块中心点的直线距离<sup>[9,22]</sup>,但实际上农户宅基地到地块之间道路具有网络特征,直线距离与实际道路网络距离的差异会导致测定结果偏离实际,影响耕地细碎化程度测定及其对农户耕地利用决策行为影响研究的准确性。

通达性是指交通网络中各节点相互作用的机会大小<sup>[32]</sup>。交通网络通达性研究为耕地细碎化研究中的距离问题提供了准确的表达方法,农户宅基地和其耕作地块为交通网络中的各节点,可以准确计算农户的耕作距离和通勤时间,进而解决耕地细碎化测度中直线距离笼统粗略的问题。因此,在衡量耕地细碎化程度时,需要探索构建包含农户地块道路通达性指标的模型。

## 3 耕地细碎化模型构建

### 3.1 农户、村庄模型简介

农村耕地一般由农户承包经营管理,也受村庄发包权、土地调整、村内土地流转等因素约束,农户、村庄都在一定程度上影响着耕地细碎化。因此本文分别从农户和村庄两个层面构建耕地细碎化模型。

农户模型的主要结构为:选取表征农户耕地细碎化的属性指标纳入模型,计算各表征属性指标值<sup>[22]</sup>,对各表征属性指标值求和得到农户耕地细碎

化指数(  $LFI$  )。

$$LFI = \sum_{i=1}^n F_i \quad (1)$$

式中:  $F_i$  代表耕地细碎化的各指标;  $n$  为选取的指标数。耕地细碎化各指标  $F_i$  均全部转换为表征细碎状态下影响的耕作时间,且均为正向指标,其值越大,细碎化程度越高。 $LFI$  的取值范围为  $(0, +\infty)$ , 其值越大,农户耕地细碎化程度越高。

村庄模型是根据各农户耕地细碎化指数(  $LFI$  )计算所得,村庄耕地细碎化指数(  $CLFI$  )为各农户耕地细碎化指数(  $LFI$  )的平均值<sup>[22]</sup>。

$$CLFI = \frac{\sum_{j=1}^m LFI_j}{m} \quad (2)$$

式中:  $LFI_j$  为农户  $j$  的耕地细碎化指数;  $m$  为村庄农户数。 $CLFI$  的取值范围为  $(0, +\infty)$ , 其值越大,该村庄耕地细碎化程度越高。

### 3.2 评价指标的选取

依据本文界定的概念,耕地细碎化的内涵主要体现在农户经营的耕地地块零散分布、块数相对较多、单个地块面积相对较小、地块形状不规整4个方面。因此,从这4个方面构建测定耕地细碎化程度的模型。

农户地块道路通达性指数(  $F_1$  ):描述地块分散性与劳动力、农机可达性。地块道路通达性影响着农户通勤时间和劳动生产率<sup>[33]</sup>,因此地块分散性用农户耕作地块与其宅基地路网距离所用时间多少来衡量;劳动力、农机可达性用时间系数  $a$  来表示地块是否临近机耕道。

农户地块道路通达性指数(  $F_1$  )计算方法如下:

$$F_1 = \sum_{k=1}^q \left( \frac{S_k}{v} + a \right) \quad (3)$$

式中:  $q$  为农户拥有的地块数量;  $S_k$  为农户宅基地到其耕作地块  $k$  的路网距离;  $v$  为步行速度(83.330 m/min)<sup>[34]</sup>;  $a$  为时间系数,根据本次调研确定地块与道路不相邻时为 3 min,两者相邻为 0 min。 $F_1$  取值越大,表明农户经营耕作地块时通勤时间成本越高,地块越分散,耕地细碎化程度越高。

农户地块面积指数(  $F_2$  ):地块数量与地块面积直接影响农户耕作效率<sup>[34]</sup>。采用 Simmons 提出的  $S$

指数<sup>[22]</sup>,这一指数的计算方法综合衡量了地块数量与地块面积。农户地块面积指数(  $F_2$  )为农户  $S$  指数得分与该村农户  $S$  指数得分最大值的比值乘以地块数量与面积影响农户耕作效率的时间换算系数  $b$ 。

农户地块面积指数(  $F_2$  )计算方法如下:

$$F_2 = \frac{f_2}{f_{2\max}} \times b \quad (4)$$

式中:  $f_2$  为农户  $S$  指数得分;  $f_{2\max}$  为村庄中  $S$  指数得分的最大值;  $b$  为时间换算系数。根据调研确定换算系数  $b$  为 40 min。

$S$  指数(  $f_2$  )计算方法如下:

$$f_2 = 1 - \frac{\sum_{k=1}^q A_k^2}{\left( \sum_{k=1}^q A_k \right)^2} \quad (5)$$

式中:  $A_k$  为地块  $k$  的面积。 $F_2$  数值越大,说明农户耕作效率越低,耕地细碎化程度越高。但该指数忽略了地块形状对耕地细碎化的影响。

农户地块形状指数(  $F_3$  ):地块形状影响着机械作业效率,在较小的三角形地块上耕翻土地时,机械空转率要比相同面积长方形地块增加 1.5 倍<sup>[33]</sup>,地块形状对农业机械效率的影响不容忽视。采用农户地块面积指数的相似换算方法,农户地块形状指数(  $F_3$  )用农户拥有的各个地块周长和地块面积比的平均值与该村农户最大的比值,再乘以地块形状影响机械作业效率的时间换算系数  $c$ 。

农户地块形状指数(  $F_3$  )计算方法如下:

$$F_3 = \frac{f_3}{f_{3\max}} \times c \quad (6)$$

式中:  $f_3$  为地块形状得分;  $f_{3\max}$  为村庄里地块形状得分的最大值;  $c$  为时间换算系数。调研确定换算系数  $c$  为 40 min。

地块形状得分(  $f_3$  )计算方法如下:

$$f_3 = \frac{\sum_{k=1}^q \frac{C_k}{\sqrt{2\pi A_k}}}{q} \quad (7)$$

式中:  $C_k$  为地块  $k$  周长;  $A_k$  为地块  $k$  的面积。 $F_3$  的取值越大,表示机械作业效率越低,农户耕地细碎化程度越高。



2019年4月

## 4 实证研究

### 4.1 研究区域概况

小坝村隶属于贵州省贵阳市修文县洒坪镇(图1),村境东西长3.536 km,南北宽3.214 km。是典型的喀斯特丘陵地貌,石漠化现象显著;土壤以黄壤为主,伴随零星石灰土分布;气候属亚热带湿润季风气候,气候温和,雨热同期,降水丰沛。研究调查农户206户,共计861人,劳动力为499人,占总人口的58%。小坝村经济以农业为主,土地面积为470 hm<sup>2</sup>,其中林地面积126.924 hm<sup>2</sup>,耕地面积103.730 hm<sup>2</sup>,耕地地块总数为934块,地块平均面积为0.110 hm<sup>2</sup>。小坝村宅基地多集中分布在通村公路两侧,呈条带状分布,少数住户居住较分散。受地形地貌的影响显著,耕地多集中在坝地或坝周山地缓坡地带。该村人多地少,耕地细碎化现象突出,为山区耕地细碎化研究提供了典型案例。

### 4.2 数据来源与处理

高分辨率遥感影像数据系采用无人机于2017年7月17日获取村庄航拍影像图(像元空间分辨率达到0.1 m),并运用ArcGIS10.1与ENVI5.3对获取的无人机航拍影像图进行校正、拼接等预处理,然后通过监督分类与人机交互式解译提取宅基地、耕地、道路(村间路、机耕路)等要素。共计获取206户宅基地、934块耕地地块、4059条道路,初步构建了小坝村地表信息数据库。最后运用2017年10月29日Google Earth获取的遥感影像与实地考察两种方

式对分类结果进行室内验证与野外勘查,经验证,影像解译精度达到97.26%,解译效果较好。

在内业生产道路网络矢量数据过程中,运用ArcGIS空间分析工具(Spatial Analyst Tool)和网络分析工具(Network Analysis Tool)搭建路网(图2),测量出农户宅基地到其耕作地块的道路网络距离。需要说明的是,由于ArcGIS的网络分析工具是针对点对点的分析,而农户宅基地和其耕作地块是面状的矢量图斑,因此,通过空间分析工具生成宅基地与其耕作地块的中心点来代表其位置。同时为保证可以准确、有效地计算道路网络距离,需要对路网数据进行拓扑处理,去除重复线、合并假节点等<sup>[35]</sup>,经处理后,每条线只要相交,便产生线段和节点,线段末端都具有一个端点。

为获取2017年研究区农户家庭基本情况、地块与宅基地权属、耕地利用现状、生产资料投入、劳动力投入、作物产出等信息,研究小组于2018年1月赴小坝村开展入户调研,采用参与式调查方法,在对村长、小组长访谈基础上,对农户进行逐户调查访问,获取有效问卷206份,得到小坝村及各农户的宅基地、耕地利用基本信息,并将宅基地户主等信息录入到小坝村地表信息数据库中,构建了涵盖耕地、宅基地空间信息和权属信息的小坝村耕地细碎化研究数据库(表1)。

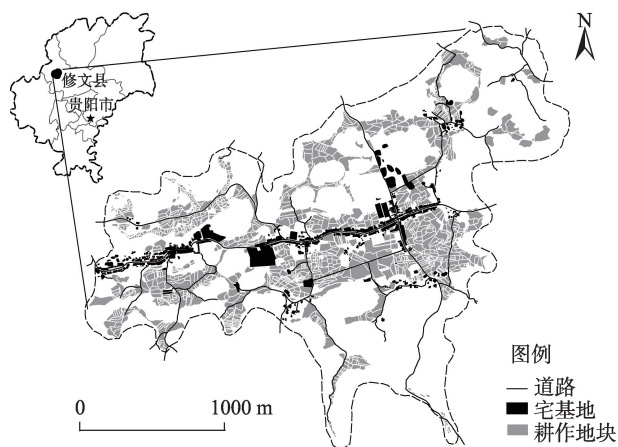


图1 研究区概况图

Figure 1 The study area

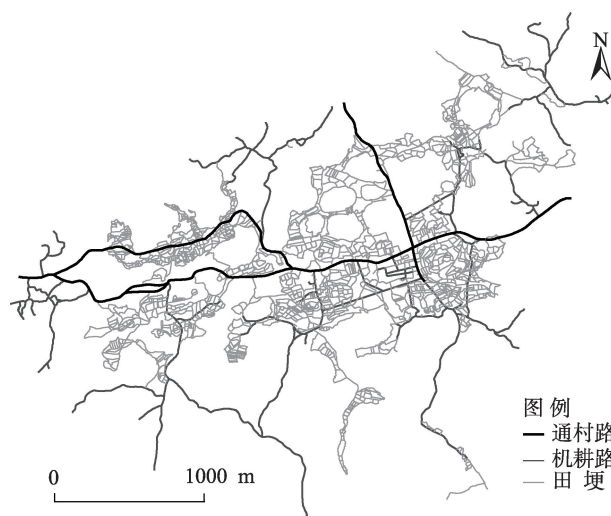


图2 小坝村路网分布情况

Figure 2 Distribution of the road network in Xiaoba Village, Guizhou Province

表1 农户调查数据描述性统计结果

Table 1 Descriptive statistics of farming household survey data

调查项目	最小值	最大值	均值	标准差	变异系数/%
地块层面/934块					
地块面积/hm <sup>2</sup>	0.003	1.087	0.111	0.117	106
地块周长/m	21.940	674.450	149.790	81.400	54
农户层面/206户					
家庭人口数/人	1.000	8.000	4.000	1.320	33
农户耕作距离/m	93.460	10 646.310	2 939.980	2 032.670	69
农户耕作地块数/块	1.000	16.000	4.530	2.430	54
农户耕地总面积/hm <sup>2</sup>	0.038	1.748	0.504	0.358	71
农户人均耕地面积/hm <sup>2</sup>	0.010	1.374	0.142	0.153	108
农户平均地块面积/hm <sup>2</sup>	0.027	0.570	0.113	0.065	58

### 4.3 结果与分析

#### 4.3.1 农户调查数据描述性统计

从问卷调查指标的描述性统计结果(表1)看:小坝村耕作地块面积较小,平均地块面积为0.111 hm<sup>2</sup>,最小地块面积仅有0.003 hm<sup>2</sup>;地块周长的均值为149.790 m,最大值有674.450 m;农户耕作距离平均值为2939.980 m,最长耕作距离为10646.310 m;农户平均耕作4.530块地块,农户耕作地块数最多可达16.000块;农户经营的耕地规模较小,村庄各农户的耕地总面积平均值仅有0.504 hm<sup>2</sup>,单一农户的耕地总面积最小为0.038 hm<sup>2</sup>;每一农户中的人均耕地面积、平均地块面积的均值分别为:0.142 hm<sup>2</sup>、0.113 hm<sup>2</sup>。计算各指标的标准差、变异系数发现,各指标数值均分布离散,其中地块面积、农户人均耕地面积变异系数最高,数值离散最为显著。

#### 4.3.2 农户耕地细碎化

根据公式(1)计算2017年小坝村各农户的耕地细碎化指数(图3),可以看出:随着耕地细碎化指数的增大,农户数量呈现橄榄型,先增加后减少,农户耕地细碎化指数多集中在40~120之间,共162户,占全部农户数量的78.60%;其中大于200的仅有1户。

为定量分析各指标现状值与农户耕地细碎化指数之间的关系,选取小坝村农户耕地细碎化指数为因变量( $y$ ),农户地块通达性( $x_1$ )、农户地块面积指数( $x_2$ )及农户地块形状指数( $x_3$ )为自变量,逐个进行回归分析(图4)。各指标( $x$ )与农户耕地细碎化指数( $y$ )均呈线性正相关关系,回归系数分别为1.233、2.887、1.812,判定系数 $R^2$ 分别为0.942、

0.570、0.068;相关系数 $r$ 分别为0.971、0.755、0.262,双侧显著性检验概率 $P$ 值均为0。其中农户地块道路通达性指数与耕地细碎化指数拟合程度最优,相关性最高;农户地块形状指数与耕地细碎化指数相关性较低。拟合回归方程如下:

$$y = 1.233x_1 + 34.856 \quad (8)$$

$$y = 2.887x_2 + 14.266 \quad (9)$$

$$y = 1.812x_3 + 53.683 \quad (10)$$

#### 4.3.3 村庄耕地细碎化

依据公式(2)计算,小坝村耕地细碎化指数为88.570。计算各指标值占村庄耕地细碎化指数的比重,得到各指标对村庄耕地细碎化指数的贡献率(图5),图5表明贡献率最大的是农户地块道路通达性指数,占49.2%,其次为农户地块面积指数,最后是农户地块形状指数。由此可以看出,农户地块道路通达性是村庄耕地细碎化的重要影响因素。

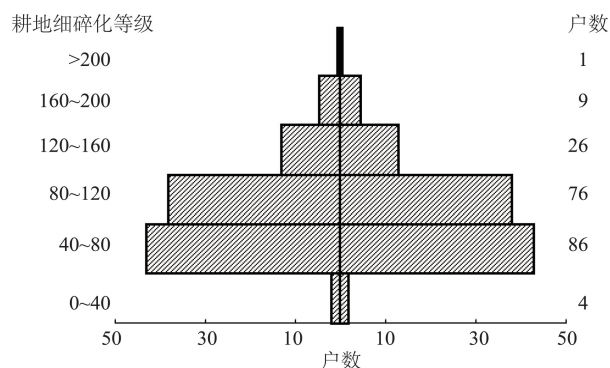


图3 农户耕地细碎化程度分布

Figure 3 Distribution of farmland fragmentation degrees of farming households

2019年4月

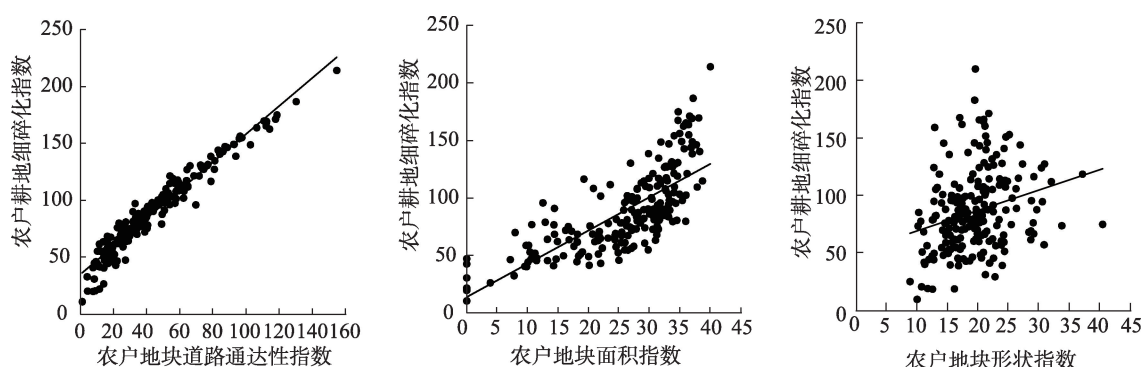


图4 评价指标与农户耕地细碎化指数的相关关系

Figure 4 Correlation of evaluation indicators and land fragmentation index (LFI)

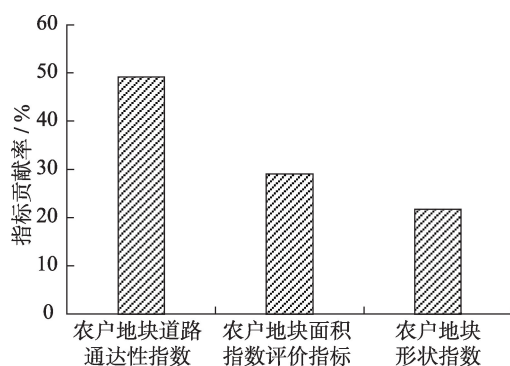


图5 各评价指标对村庄耕地细碎化指数的贡献率

Figure 5 Contribution ratio of each evaluation indicator to village cultivated land fragmentation index (CLFI)

#### 4.3.4 耕作道路网络距离与直线距离对比分析

如图6所示,为验证距离对耕地细碎化测定结果的影响,构建了以农户宅基地到其耕作地块的耕作道路网络距离为评价指标的模型A(即LFI和CLFI),以及使用农户宅基地到其耕作地块的直线

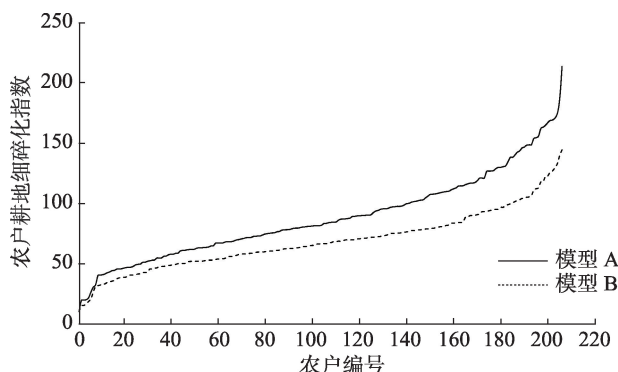


图6 模型A与模型B农户耕地细碎化指数比较

Figure 6 Comparison of land fragmentation index (LFI) values between Model A and Model B

距离的模型B进行比较。模型A、B计算所得的农户耕地细碎化指数呈现非常相似的趋势,但模型A评价结果分布更加分散。两个模型计算的结果具体区别在于:模型A(LFI)给出了较高的值,最小值为10.920,最大值为214.040,平均值(CLFI)为88.570;模型B的最小值为10.610,最大值为144.760,平均值为68.740,尽管两个模型所得的最小值很接近,但值得注意的是最大值存在很大的差距,模型A的平均值(CLFI)也比模型B高19.830。基于上述分析,可以认为用直线距离表示耕地地块的分散性低估了耕地细碎化程度,因此在测度耕地细碎化水平时,采用道路网络距离来表示农户宅基地到其耕作地块的耕作距离是很有必要的。

## 5 结论与讨论

### 5.1 结论

依据对耕地细碎化涵义的界定,选取了农户地块道路通达性指数、农户地块面积指数、农户地块形状指数3个指标纳入模型,利用高分辨率遥感影像与实地调查数据,搭建道路网络,建立地表信息数据库,为模型获取准确的地理空间数据,并测算小坝村耕地细碎化程度。结果表明:运用道路网络耕作距离测度耕地细碎化程度是十分必要的,所得出的耕地细碎化测度模型是有效的。该模型有助于实现对耕地细碎化程度的准确测定,为研究耕地细碎化问题提供了一种新的测度方法;模型所得研究结果为农户耕作地块的机会成本测算提供定量化的依据,有利于量化分析耕地细碎化对农户农业生产过程中投入—产出的影响。



依据各评价指标与农户耕地细碎化指数的相关关系及其对村庄耕地细碎化指数的贡献率得出,影响小坝村耕地细碎化的主要因素是地块道路通达性。为缓解耕地细碎化的影响,在农村劳动力城乡迁移和务农劳动力机会成本提高背景下,山地丘陵区需加大改善农业基础设施的力度,如修建田间路、机耕路等,完善耕作路网,提高路面质量等级,降低劳动力通勤、交通运输时间,提高劳动生产效率;同时应在耕地细碎化严重且地势较为平坦的区域,综合运用土地流转、土地整治等制度和工程措施治理耕地细碎化,促进农业适度规模化经营。

## 5.2 讨论

本文重点研究的是运用道路网络分析技术构建耕地细碎化测度模型,并针对模型中的距离问题进行深入探讨。但模型仅在山区开展了应用与验证,缺乏在其他地形条件下的对比研究。此外,模型对遥感数据质量要求较高,一般多为无人机影像或高分辨率卫星影像,大尺度省、区域级别高分辨率影像的获取还需进一步讨论。在模型中提到的时间换算系数是通过实际调研得到的,因此,模型中时间换算系数在其他地区应用时需要根据区域实际进行调整。在以后的相关研究中,应主要集中于:详细分析不同耕地细碎化水平下农户土地利用决策行为的差异,分别探讨农户地块道路通达性指数、农户地块面积指数、农户地块形状指数与劳动力和资本投入、土地产出的关系,从而揭示耕地细碎化对耕地利用集约度、农业生产效率的影响过程和机制。

## 参考文献(References):

- [1] 李翠珍,孔祥斌,秦静,等.大都市区农户耕地利用及对粮食生产能力的影 响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(1): 101-107. [Li C Z, Kong X B, Qin J, et al. Cultivated land use of peasant households in metropolitan suburbs and its effect on grain production capacity [J]. Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 24(1): 101-107.]
- [2] 孙雁,刘友兆. 基于细碎化的土地资源可持续利用评价: 以江西分宜县为例[J]. 自然资源学报, 2010, 25(5): 802-810. [Sun Y, Liu Y Z. Evaluation of land use sustainability based on land fragmentation: A case on Fenyi County, Jiangxi Province[J]. Journal of Natural Resources, 2010, 25(5): 802-810.]
- [3] 谭淑豪,曲福田,尼克·哈瑞柯. 土地细碎化的成因及其影响因素分析[J]. 中国农村观察, 2003, (6): 24-30. [Tan S H, Qu F T, Nico H. Causes and determinants of land fragmentation[J]. China Rural Survey, 2003, (6): 24-30.]
- [4] 张英. 山区坡耕地撂荒机理与模型模拟: 以重庆武隆县为例 [D]. 北京: 中国科学院, 2014. [Zhang Y. Basic Mechanisms and Modeling of Sloping Cropland Abandonment in Mountainous Areas: A Case Study of Wulong County, Chongqing[D]. Beijing: Chinese Academy of Sciences, 2014.]
- [5] 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. [Lv Z Y. Study on the Evaluation, Effects and Consolidation of Cultivated Land Fragmentation[D]. Beijing: China Agricultural University, 2015.]
- [6] 邓瑶,信桂新,王军,等. 丘陵区山区土地细碎化治理综合评价[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2017, 39(3): 157-163. [Deng Y, Xin G X, Wang J, et al. Comprehensive evaluation of land fragmentation treatment in hilly and mountainous areas[J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition), 2017, 39(3): 157-163.]
- [7] 纪月清,顾天竹,陈奕山,等. 从地块层面看农业规模经营: 基于流转租金与地块规模关系的讨论[J]. 管理世界, 2017, (8): 65-73. [Ji Y Q, Gu T Z, Chen Y S, et al. Agricultural scale management from the perspective of land parcels: Discussion on the relationship between circulation rent and land size[J]. Management World, 2017, (8): 65-73.]
- [8] 文高辉,杨钢桥,汪文雄,等. 基于农户视角的耕地细碎化程度评价: 以湖北省“江夏区-咸安区-通山县”为例[J]. 地理科学进展, 2016, 35(9): 1129-1143. [Wen G H, Yang G Q, Wang W X, et al. Evaluation of cultivated land fragmentation degree based on farmers' perspective: A case of Jiangxia District, Xian'an District, and Tongshan County in Hubei Province[J]. Progress in Geography, 2016, 35(9): 1129-1143.]
- [9] 赵凯. 论土地细碎化及其定量测定方法[J]. 中国土地科学, 2011, 25(10): 35-39. [Zhao K. Land fragmentation and its quantitative measurement method[J]. China Land Sciences, 2011, 25(10): 35-39.]
- [10] 孙雁,赵小敏. 分宜县土地细碎化的中观尺度研究[J]. 中国土地科学, 2010, 24(4): 25-31. [Su Y, Zhao X M. Research on land fragmentation of Fenyi County on meso-level[J]. China Land Sciences, 2010, 24(4): 25-31.]
- [11] 白志远,陈英,谢保鹏,等. ARCGIS 支持下的景观细碎化与耕地利用效率关系研究: 以甘肃省康乐县为例[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(4): 42-46. [Bai Z Y, Chen Y, Xie B P, et al. The relationship between landscape fragmentation and cultivated land use efficiency: A case of Kangle Country, Gansu Province[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2014, 28(4): 42-46.]
- [12] 祖健,张蚌蚌,孔祥斌. 西南山地丘陵区耕地细碎化特征及其利

2019年4月

- 用效率:以贵州省草海村为例[J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(1): 104-113. [Zu J, Zang B B, Kong X B. Characteristic of cultivated land fragmentation and land use efficiency in southwest mountainous region: A case study of Caohai Village in Guizhou Province[J]. Journal of China Agricultural University, 2016, 21(1): 104-113.]
- [13] Bins B O. The Consolidation of Fragmented Agricultural Holdings [M]. Washington D C: FAO Agriculture Studies, 1950.
- [14] 吴洋, 聂勇, 胡振虎, 等. 家庭生命周期、土地细碎化与农户农业生产性投入: 来自湖北省老河口市的数据[J]. 云南财经大学学报, 2008, 24(1): 70-75. [Wu Y, Nie Y, Hu Z H, et al. Family life cycle, land fragmentation and peasant household agricultural productive input: Data from Laohekou city in Hubei Province[J]. Journal of Yunnan University of Finance and Economics, 2008, 24(1): 70-75.]
- [15] 许庆, 田士超, 徐志刚, 等. 农地制度、土地细碎化与农民收入不平等[J]. 经济研究, 2008, (2): 83-92. [Xu Q, Tian S C, Xu Z G, et al. Rural land system, land fragmentation and farmer's income inequality[J]. Economic Research Journal, 2008, (2): 83-92.]
- [16] King R. Land fragmentation: Notes on a fundamental rural spatial problem[J]. Progress in Human Geography, 1982, 6(4): 475-494.
- [17] 苏旭霞, 王秀清. 农用地细碎化与农户粮食生产: 以山东省莱西市为例的分析[J]. 中国农村观察, 2002, (3): 22-28. [Su X X, Wang X Q. Rural land fragmentation and rural household crop production: A case of Laixi, Shandong province[J]. China Rural Survey, 2002, (3): 22-28.]
- [18] 王兴稳, 钟甫宁. 土地细碎化与农用地流转市场[J]. 中国农村观察, 2008, (4): 29-34. [Wang X W, Zhong F N. Land fragmentation and the land transfer market[J]. China Rural Survey, 2008, (4): 29-34.]
- [19] 高江波, 蔡运龙. 区域景观破碎化的多尺度空间变异研究: 以贵州省乌江流域为例[J]. 地理科学, 2010, 16(5): 742-747. [Gao J B, Cai Y L. Spatial heterogeneity of landscape fragmentation at multi-scales: A case study in Wujang river basin, Guizhou Province, China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2010, 16(5): 742-747.]
- [20] 张尹君杰, 卓建伟. 土地细碎化的正面与负面效应的双重论证[J]. 江西农业大学学报(社会科学版), 2008, 7(4): 25-29. [Zhang Y J J, Zhuo J W. Dual argument on positive and negative effect of land fragmentation[J]. Journal of Jiangxi Agricultural University, 2008, 7(4): 25-29.]
- [21] 李庆东, 王秋兵, 钱凤魁, 等. 农户耕地经营细碎化分析: 以辽宁省昌图县为例[J]. 广东农业科学, 2010, 37(6): 230-232. [Li Q D, Wang Q B, Qian F K, et al. Analysis on fragmentation of cultivated land in typical region: A case of Changtu County in Liaoning Province[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2010, 37(6): 230-232.]
- [22] Demetriou D, Stillwell J, See L. A new methodology for measuring land fragmentation[J]. Computers Environment & Urban Systems, 2013, 39: 71-80.
- [23] 李鑫, 欧名豪, 马贤磊. 基于景观指数的细碎化对耕地利用效率影响研究: 以扬州市里下河区域为例[J]. 自然资源学报, 2011, 26(10): 1758-1767. [Li X, Ou M H, Ma X L. Analysis on impact of fragmentation based on landscape index to cultivated land use efficiency: A case on Lixiahe District in Yangzhou City[J]. Journal of Natural Resources, 2011, 26(10): 1758-1767.]
- [24] 黄思琴, 陈英, 张仁陟, 等. 基于景观指数的耕地细碎化与农业经济水平的空间相关性分析[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(3): 238-244. [Huang S Q, Chen Y, Zhang R Z, et al. Spatial correlation analysis of land fragmentation and agriculture development based on landscape indexes[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2015, 33(3): 238-244.]
- [25] 台晓丽, 肖武, 张建勇, 等. 基于景观指数的巢湖流域各县区耕地细碎化研究[J]. 水土保持研究, 2016, 23(4): 94-98. [Tai X L, Xiao W, Zhang J Y, et al. Research of cultivated land fragmentation at the township level of Chaohu basin based on landscape metrics[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2016, 23(4): 94-98.]
- [26] Wu Z, Liu M, Davis J. Land consolidation and productivity in Chinese household crop production[J]. China Economic Review, 2005, 16(1): 28-49.
- [27] Tan S, Heerink N, Kruseman G, et al. Do fragmented landholdings have higher production costs? Evidence from rice farmers in Northeastern Jiangxi Province, P. R. China [J]. China Economic Review, 2008, 19(3): 347-358.
- [28] 文高辉, 杨钢桥, 李岩, 等. 农地整治对耕地细碎化的治理效果及其原因分析: 以湖北江夏、咸安、通山三区(县)为实证[J]. 中国土地科学, 2016, 30(9): 82-89. [Wen G H, Yang G Q, Li Y, et al. The governance effect of rural land consolidation on cultivated land fragmentation and its causes: A case study on Jiangxia District, Xian'an District, Tongshan County in Hubei Province[J]. China Land Sciences, 2016, 30(9): 82-89.]
- [29] 刘轩, 张小虎, 刘文锴. 村级尺度耕地细碎化测度研究[J]. 河南大学学报(自然科学版), 2015, 45(5): 556-561. [Liu X, Zhang X H, Liu W K. Study on the cultivated land fragmentation factors measure method[J]. Journal of Henan University(Natural Science), 2015, 45(5): 556-561.]
- [30] 沈陈华, 冯电军, 王旭姣, 等. 农地细碎化度测度指数计算的改进[J]. 资源科学, 2012, 34(12): 2242-2248. [Shen C H, Feng D J, Wang X J, et al. Simpson index calculation of land fragmentation [J]. Resources Science, 2012, 34(12): 2242-2248.]
- [31] 赵宇鸾, 葛玉娟, 旷成华, 等. 乡村振兴战略下贵州山区森林转型路径研究[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2018, 36(1): 1-7. [Zhao Y L, Ge Y J, Kuang C H, et al. The path of forest transformation in mountainous areas in Guizhou Province under the strategy of rural revitalization[J]. Journal of Guizhou Normal Uni-



- versity(Natural Sciences), 2018, 36(1): 1–7.]
- [32] 李星星. 中山地区乡村路网通达性评价研究[D]. 西安: 西北大学, 2012. [Li X X. Study on the Accessibility Evaluation of Rural Road Network in Zhongshan Area[D]. Xi'an: Northwest University, 2012.]
- [33] 王万茂. 土地利用规划学[M]. 北京: 科学出版社, 2006. [Wang W M. Land Use Planning[M]. Beijing: Science Press, 2006.]
- [34] 侯松岩, 姜洪涛. 基于城市公共交通的长春市医院可达性分析[J]. 地理研究, 2014, 33(5): 915–925. [Hou S Y, Jiang H T. An analysis on accessibility of hospitals in Changchun based on urban public transportation[J]. Geographical Research, 2014, 33(5): 915–925.]
- [35] 李慧璇. 基于GIS的路网可达性与大型商业建筑空间分布关系研究: 以贵州省贵阳市为例[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2017. [Li H X. The Relationship Between the Accessibility of Urban Road Networks and the Spatial Distribution of Secondary Commercial Buildings Based on GIS: A Case of GuiYang in GuiZhou[D]. Guiyang: Guizhou Normal University, 2017.]

## Improvement of farmland fragmentation measurement model based on road network analysis

GE Yujuan, ZHAO Yuluan

(College of Geography and Environmental Science, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

**Abstract:** This study used GIS network analysis technique to improve the accuracy of an arable farmland fragmentation measurement model. It first summarized the connotation of arable farmland fragmentation and the existing measurement methods. It proposed that the actual road network is an indispensable indicator for the determination of the degree of arable farmland fragmentation. Second, according to the connotation of arable farmland fragmentation, three indicators farmer's plot road accessibility index, farmer's plot area index, and farmer's plot shape index based on road network were selected, and a new arable farmland fragmentation measurement model was constructed. Finally, an empirical analysis of 206 farming households in a typical study area was carried out with the improved arable farmland fragmentation measurement model to confirm the validity of the model, and to compare the Euclidean distance between the farmhouse and the cultivated land and the road network distance. Then we compared and analyzed the difference between the farmer's Euclidean distance to the cultivated land and the road network distance using the two distance measurement methods. Compared with the road network distance, the Euclidean distance underestimated the level of cultivated farmland fragmentation. The improved measurement model of this study has positive significance for further research on cultivated farmland fragmentation and its impact on agricultural production input-output.

**Key words:** land assessment; farmland fragmentation; GIS network analysis technique; road accessibility; farming household; Xiaoba Village, Guizhou Province