

# 山区耕地细碎化对土地利用集约度影响 ——以贵州省亚鱼村为例

葛玉娟<sup>1</sup>, 赵宇鸾<sup>1,2\*</sup>, 李秀彬<sup>2</sup>

(1. 贵州师范大学地理与环境科学学院, 贵阳 550001; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:**为探索耕地细碎化与土地利用集约度之间的关系, 论文以贵州省亚鱼村为例, 利用无人机高分辨率影像和农户调查数据, 在对比不同通勤距离情景耕地细碎化测度模型准确性的基础上, 计算农户耕地细碎化指数, 并定量分析不同农户耕地细碎化水平对土地利用集约度的影响。结果表明: 对比分析6种通勤距离情景耕地细碎化测度结果, 发现农户耕作地块到其它基地的道路网络距离情景下测度耕地细碎化水平准确度更高; 这一情景下亚鱼村平均农户耕地细碎化指数是187.98, 该村农户耕作通勤时间成本高; 随着农户耕地细碎化程度加剧, 农业经营中劳动力投入、资本投入和作物产值呈不同程度的下降趋势, 其中资本投入中, 耕地细碎化对省工性投入的影响最为显著; 山区农业人口乡城迁移背景下农村细碎的耕地资源促使农户加快退出农业生产, 导致耕地低效利用, 甚至撂荒。

**关键词:**耕地细碎化; 土地利用集约度; 路网通达性; 农户; 山区

目前, 中国正处于城镇化加速中期阶段, 该时期耕地利用与保护问题一直是土地科学研究的焦点和前沿<sup>[1-2]</sup>。耕地利用是人类有目的、有意识的一种社会经济活动, 农户会根据自身决策环境做出最优的耕地利用选择, 来满足自身需求和实现利润最大化<sup>[3]</sup>。农户经营、耕地细碎是中国土地资源格局的重要特点, 是单个土地面积较小, 土地要素经营规模效应低的耕地利用格局<sup>[4-6]</sup>。贵州山区以山地丘陵地貌为主, 地形起伏较大, 耕地资源分散, 耕地细碎化程度较高<sup>[7]</sup>, 耕地资源细碎特征影响了农业、农村发展和土地资源可持续利用。在较多务工机会和较高工资收入吸引下, 城镇化使得大量农村劳动力乡城迁移, 2004—2016年间贵州省3600余万

农业户籍人口中近1500万外出务工<sup>[8]</sup>, 农业劳动力成本不断提高, 成为农业经营最主要的约束条件, 同时贵州山区地表崎岖<sup>[9]</sup>, 山区种植业劳动力用工量远高于平原区。探索农村劳动力大量转移背景下, 细碎的耕地资源是促进了耕地的精耕细作, 还是导致了耕地低效利用? 厘清这一问题对山区耕地整治和可持续利用尤为重要。

耕地细碎化测度模型已有许多学者开展研究。当前, 主要研究分为2个视角: 一是微观尺度农户视角<sup>[10-11]</sup>; 另一个是中观尺度区域景观视角<sup>[12-13]</sup>。前者利于分析耕地细碎化对农户土地利用决策行为的影响, 后者利于分析细碎化耕地的景观生态效应。根据第三次农业普查数据, 农业经营主体中

收稿日期: 2019-05-17; 修订日期: 2019-06-24。

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); 教育部人文社科研究项目(18YJC850010); 2015年贵州省“千”层次创新型人才资助项目(111-0317003)。[Foundation: National Natural Science Foundation of China, No. 41771115; Science and Technology Foundation of Guizhou, No. [2017]5726; The Ministry of Education Humanities and Social Sciences Project, No. 18YJC850010; Guizhou "Thousand" Level Innovative Talents Support Project in 2015, No. 111-0317003.]

第一作者简介: 葛玉娟(1994—), 女, 蒙古族, 内蒙古赤峰人, 硕士生, 主要研究方向为土地资源利用与管理。

E-mail: 986956266@qq.com

\*通信作者简介: 赵宇鸾(1985—), 男, 江西丰城人, 副教授, 硕士生导师, 主要从事土地利用与山区发展研究。

E-mail: zhaoyl.09b@igsnrr.ac.cn

引用格式: 葛玉娟, 赵宇鸾, 李秀彬. 山区耕地细碎化对土地利用集约度影响: 以贵州省亚鱼村为例 [J]. 地理科学进展, 2020, 39(7): 1095-1105. [Ge Yujuan, Zhao Yuluan, Li Xiubin. Farmland fragmentation and land use intensity in mountain areas: A case study of Yayu Village, Guizhou Province. Progress in Geography, 2020, 39(7): 1095-1105.] DOI: 10.18306/dlkxjz.2020.07.003

98%以上的是家庭农户,因此,应以农户视角来构建更为客观现实的耕地细碎化评价模型。由于农户视角下调研数据获取困难<sup>[14]</sup>,使得在耕地细碎化测度模型的研究上多采用直线距离来表示农户拥有耕地的耕作距离<sup>[15]</sup>,但现实中农户的耕作通勤路径具有网络特征,采用道路网络距离表示将更准确。另外,学界对模型中耕作距离的量算的起点、终点存在不同认识,一些学者采用地块之间直线距离表示<sup>[16]</sup>,一些学者用耕作地块到聚落建设用地斑块中心点或农户宅基地的距离来衡量<sup>[10,15]</sup>,这些不同距离量算情景对耕地细碎化刻画的准确性和合理性有待进一步实证研究。

土地集约利用水平的测度方法尚未有统一的研究标准<sup>[17]</sup>。主要方法包括单位面积劳动力和资本投入量、复种指数、粮食播种面积、种植结构、单位耕地上粮食产量、产值等<sup>[18-20]</sup>。土地集约利用实质是指耕地投入产出的关系<sup>[20]</sup>,即单位耕地面积上劳动力、资本投入高的利用,为耕地资源的集约利用;反之,则为粗放利用。因此,从农户农业经营的视角,剖析农业生产投入产出情况,探讨土地利用集约度。

本文选取贵州山区亚鱼村为研究对象,以无人

机高分辨率影像、农户调查数据为基础,构建基于不同通勤距离情景耕地细碎化测度模型和基于投入产出分析的土地集约利用水平评价方法,定量分析耕地细碎化和土地利用集约度之间的相关关系,探讨不同耕地细碎化程度下农户农业生产的投入产出情况,旨在为定量分析山区耕地细碎化对耕地资源集约利用和农业增效提供参考。

## 1 研究区域与数据

### 1.1 研究区概况

贵州省玉屏县亚鱼村是典型山区村,该村区位优势明显,位于县城近郊,交通便利。亚鱼村是典型的山区丘陵地貌,耕地类型主要是坡耕地,耕地整体分布格局呈现“鱼鳞”状(图1)。全村行政区域面积1500 hm<sup>2</sup>,耕地总面积378.810 hm<sup>2</sup>,地块总数为9376块,平均面积为0.040 hm<sup>2</sup>。农户耕作规模小,户均耕地面积为0.500 hm<sup>2</sup>,人均耕地面积为0.122 hm<sup>2</sup>,因农户承包的耕地按“肥瘦搭配、好坏结合”的原则进行分配,耕地细碎化程度严重。农业种植作物相对单一,以水稻和玉米为主,是一个典型的农业村,经济发展较为落后。农业机械以小型

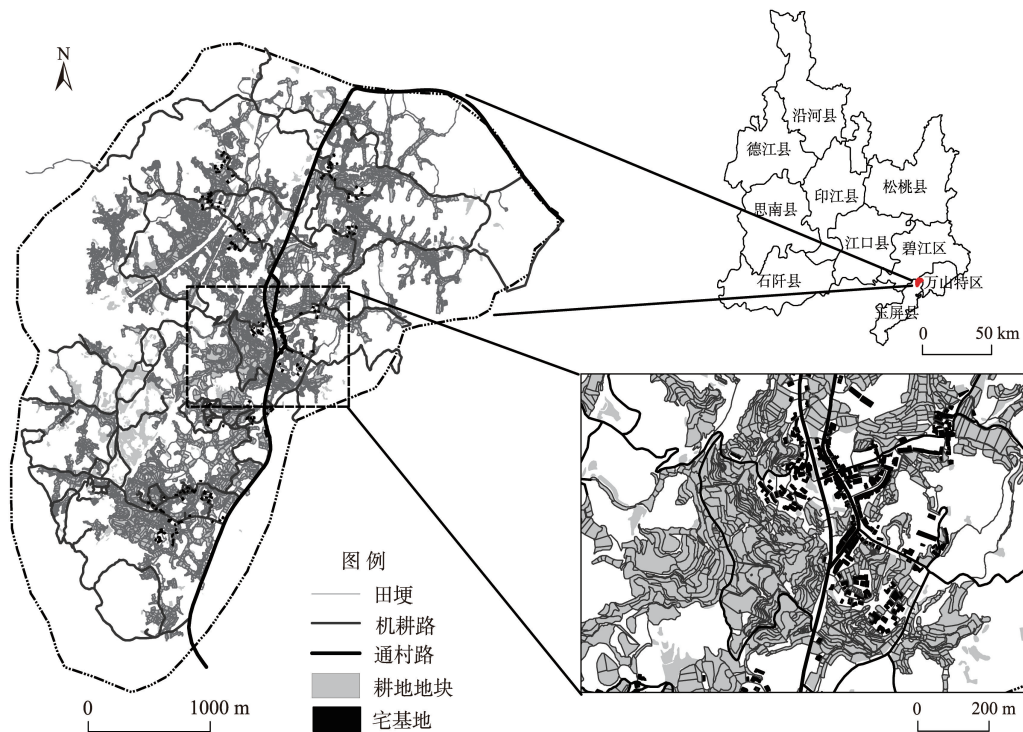


图1 研究区概况

Fig.1 The study area

微耕机和小型抽水机为主。该村为研究山区耕地细碎化对土地利用集约度影响提供了优良样本。

### 1.2 数据来源与处理

研究数据来源于对亚鱼村进行的2个阶段的调查。第一阶段,首先在2018年6月10日运用无人机获取村庄高分辨率遥感影像图(空间分辨率达到0.1 m);其次,对无人机影像进行预处理生成正射影像,进而提取到亚鱼村9376块耕地地块、757户宅基地以及23267条道路等空间数据,为验证数据的提取精度,研究运用室内对比和实地考察两种方式进行,室内验证对比是用Google Earth影像进行检测,室外则用GPS进行踩点验证,综合以上2种方式,影像解译精度达到96%以上;最后,运用ArcGIS空间分析工具(Spatial Analyst Tool)和网络分析工具(Network Analysis Tool)搭建包含通村路、机耕路、田埂等的亚鱼村道路路网,并对路网进行拓扑检查与处理。

第二阶段,研究小组采用参与式调查方法,于2019年1月10日赴亚鱼村开展入户调研,共获取有效问卷195份,问卷主要反映的是2018年亚鱼村农户耕地利用现状、劳动力投入、资本投入以及作物产出等信息。通过查看农户土地确权证上的地块信息和实地指认,确定农户耕作地块权属、宅基地权属情况,并将农户耕地地块、宅基地的权属数据与空间数据相结合,构建亚鱼村耕地细碎化研究数据库。

### 1.3 样本特征

亚鱼村样本农户的基本特征如表1所示。依据农户家庭农业收入比重,划分为纯农户、兼业户和非农户3种农户类型<sup>[21]</sup>,兼业户占195户样本农户的66.154%,纯农户、非农户分别占14.872%和18.974%,表明大部分农户在生计策略选择时偏重

表1 亚鱼村样本农户基本特征

Tab.1 Basic characteristics of the sample households in Yayu Village

农户类型	农业收入比重/%	农户数量/户	农户比例/%
纯农户	70~100	29	14.872
兼业户	30~70	129	66.154
非农户	0~30	37	18.974

于兼业。

根据表2,195户样本农户耕作地块面积较小,平均地块面积0.043 hm<sup>2</sup>,最小的地块面积仅有0.001 hm<sup>2</sup>;样本农户耕作距离平均值为8204.9 m,最长耕作距离为121281.3 m;样本农户平均耕作12.738块地块,耕作地块数最多可达46块;从表2可知,亚鱼村调查农户户均有0.548 hm<sup>2</sup>耕地,每户人均耕地中最小的农户为0.008 hm<sup>2</sup>。亚鱼村耕地细碎化现象严重。

亚鱼村样本农户的农作物总播种面积为38.455 hm<sup>2</sup>,撂荒面积为62.608 hm<sup>2</sup>,撂荒率为58.552%(表3)。农户作物种植结构中水稻、玉米占主要地位,种植水稻的农户数量为143户,玉米的是111户,水稻、玉米2种作物的种植面积分别为22.248 hm<sup>2</sup>和12.775 hm<sup>2</sup>,分别占总种植面积的57.855%和33.221%(表4)。因此研究中农户土地利用集约度选择水稻和玉米的投入产出情况来衡量。

## 2 研究方法

### 2.1 不同通勤距离情景耕地细碎化测度

基于直线和道路网络2种通勤距离,对比分析地块之间、地块到村庄中心点和地块到农户宅基地3种通勤距离量算起止点,设置地块—地块的直线距离(A)、地块—地块的道路网络距离(A')、地块—

表2 亚鱼村样本农户耕作地块特征描述性统计结果

Tab.2 Descriptive statistics of farmland parcel characteristics of the sampled farming households in Yayu Village

调查项目	最小值	最大值	均值	标准差	变异系数/%
地块层面(2484块)					
地块面积/hm <sup>2</sup>	0.001	0.565	0.043	0.045	104.651
地块周长/m	10.0	586.8	95.3	54.5	57.264
农户层面(195户)					
农户耕作距离/m	36.7	121281.3	8204.9	11233.4	136.911
农户耕作地块数/块	1	46	12.738	7.373	57.882
农户耕地总面积/hm <sup>2</sup>	0.008	2.034	0.548	0.337	61.496
农户人均耕地面积/hm <sup>2</sup>	0.002	1.290	0.152	0.162	106.579
农户平均地块面积/hm <sup>2</sup>	0.008	0.187	0.046	0.023	50.000

村中心的直线距离(B)、地块—村中心的道路网络距离(B')、地块—农户的直线距离(C)以及地块—农

表3 亚鱼村样本农户耕地利用情况

Tab.3 Farmland use pattern of the sampled farming households in Yayu Village

耕地利用情况	播种	撂荒	流转
耕地面积/hm <sup>2</sup>	38.455	62.608	5.865
耕地地块数/块	840	1519	125
占全部耕地面积的比例/%	35.963	58.552	5.485

表4 亚鱼村样本农户农作物种植结构

Tab.4 Crop planting structure of the sampled farming households in Yayu Village

种植作物	种植农户/户	种植面积/hm <sup>2</sup>	种植地块数/块	占总种植面积的比例/%
水稻	143	22.248	380	57.855
玉米	111	12.775	372	33.221
辣椒	7	0.340	7	0.885
红薯	6	0.300	11	0.780
油菜	5	0.687	23	1.789
花生	4	0.240	8	0.625
大豆	3	0.142	4	0.369
黄桃	4	0.556	11	1.446
西瓜	2	0.431	6	1.120
葡萄	1	0.329	13	0.856
桂花树	2	0.217	3	0.565
车厘子	1	0.190	1	0.496

户的道路网络距离(C')6种距离量算情景(图2),探究不同通勤距离情景下农户耕地细碎化测度的合理性。

从农户耕地利用看,地块的分散性、农机可达性、地块数量、地块面积、地块形状等均影响农户通勤时间、农业劳动力生产效率及农业机械使用效率。因此选取农户地块道路通达性指数( $F_1$ )、农户地块面积指数( $F_2$ )和农户地块形状指数( $F_3$ )3个指标纳入农户模型,分别计算各指标值<sup>[22]</sup>,并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,LFI取值范围为(0, +∞),其值越大,农户细碎化程度越高。

(1) 农户地块道路通达性指数( $F_1$ )的计算公式如下:

$$F_1 = \sum_{k=1}^q \left( \frac{S_k}{v} + a \right) \quad (2)$$

式中: $q$ 为农户拥有的地块数量; $S_k$ 为 $k$ 地块不同情景下的道路距离; $v$ 为步行速度(83.330 m/min)<sup>[23]</sup>; $a$ 为时间系数,实地调研确定地块和机耕道相邻时为0 min,不相邻时为3 min。 $F_1$ 取值越大,表明农户耕作的通勤时间成本越高,耕地细碎化程度越高。

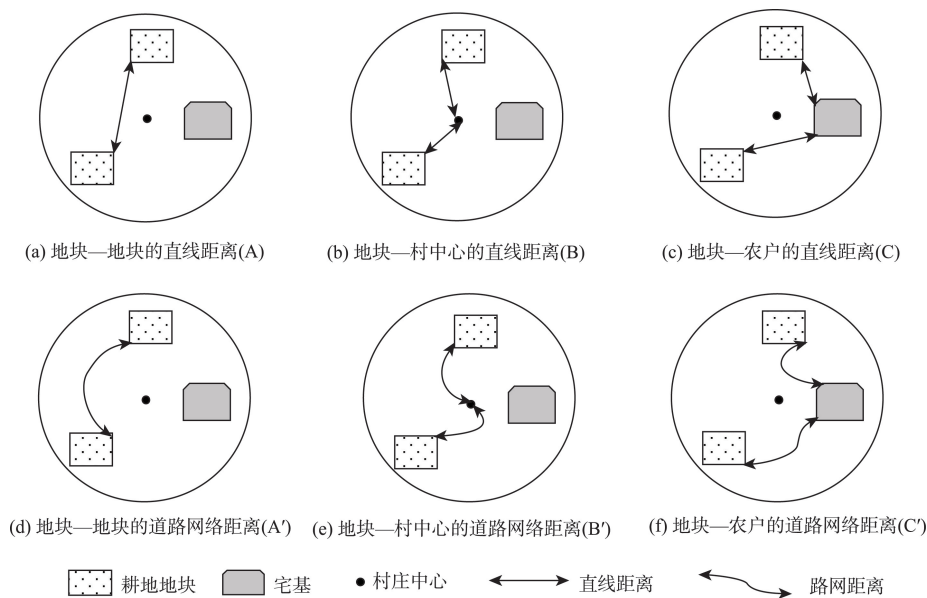


图2 6种情景的通勤距离描述

Fig.2 Road distance description based on six scenarios

(2) 农户地块面积指数( $F_2$ )的计算公式如下:

$$F_2 = \frac{f_2}{f_{2\max}} \times b \quad (3)$$

式中: $f_2$ 为农户 $S$ 指数得分<sup>[24]</sup>; $f_{2\max}$ 为村庄中 $S$ 指数得分的最大值; $b$ 为时间换算系数。调研确定换算系数 $b$ 为40 min。

$S$ 指数( $f_2$ )的计算公式如下:

$$f_2 = 1 - \frac{\sum_{k=1}^q A_k^2}{\left(\sum_{k=1}^q A_k\right)^2} \quad (4)$$

式中: $A_k$ 为 $k$ 地块的面积。

$F_2$ 数值越大,说明农户耕作效率越低,耕地细碎化程度越高。

(3) 农户地块形状指数( $F_3$ )的计算公式如下:

$$F_3 = \frac{f_3}{f_{3\max}} \times c \quad (5)$$

式中: $f_3$ 为地块形状得分<sup>[25]</sup>; $f_{3\max}$ 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( $f_3$ )计算公式如下:

$$f_3 = \frac{\sum_{k=1}^q \frac{C_k}{2\sqrt{\pi A_k}}}{q} \quad (6)$$

式中: $C_k$ 为 $k$ 地块周长。

$F_3$ 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。

## 2.2 土地利用集约度

土地利用集约度主要从农业经营的投入和作物产出2个方面进行测度。用单位耕地面积的劳动力要素投入量和资本要素投入量表示投入水平,用单位耕地面积的农作物产值来表示产出水平。

劳动力投入是单位种植面积上各农业生产环节劳动力投入总量,包括农业生产过程中使用的家庭用工和雇工,计算公式如下:

$$li = \frac{\sum_{i=1}^p (\alpha_i + \beta_i)}{\text{area}} \quad (7)$$

式中: $li$ 是农业生产的劳动力投入; $p$ 代表作物生产所需要的环节数; $\alpha_i$ 为作物生产环节所需的家庭用工量, $\beta_i$ 为作物生产环节所需的雇工量; $\text{area}$ 为耕地种植面积。 $li$ 值越大,表明单位面积劳动力投入越多。

资本投入是指作物直接生产过程中单位面积

耕地消耗的各种农业生产资料的资本投入总量,根据不同资本投入类型的主要目的,又可分为增产性投入和省工性投入<sup>[26]</sup>。为增加单位面积粮食产量而投入的种子、化肥、地膜、杀虫剂等要素是增产性投入;为代替和节约劳动力而投入的除草剂、机械等要素是省工性投入。资本投入的计算公式如下:

$$ci = y_{ii} + l_{si} \quad (8)$$

式中: $ci$ 为资本投入; $y_{ii}$ 为增产性投入; $l_{si}$ 为省工性投入。 $ci$ 值越大,表明单位面积上资本投入越多。

增产性投入的计算公式如下:

$$y_{ii} = \frac{\sum_{l=1}^p \gamma_l}{\text{area}} \quad (9)$$

式中: $\gamma_l$ 为作物生产环节中以增产为目的所消耗的资本投入。 $y_{ii}$ 数值越大,表明单位面积耕地上增产性投入越多。

省工性投入的计算公式如下:

$$l_{si} = \frac{wi + mi_1 + mi_2}{\text{area}} \quad (10)$$

式中: $wi$ 为作物生产消耗除草剂的费用; $mi_1$ 为作物生产过程中自家机械投入; $mi_2$ 为生产过程中雇用机械投入。 $l_{si}$ 数值越大,表明单位面积耕地上省工性投入越多。

单位耕地面积作物产值反映单位面积耕地的农作物产出价值,是体现耕地利用经济效益的重要指标<sup>[27]</sup>,计算公式如下:

$$\text{cov} = \frac{\text{aov}}{\text{area}} \quad (11)$$

式中: $\text{cov}$ 为单位面积作物产值, $\text{aov}$ 为农业总产值。 $\text{cov}$ 数值越大,表明单位面积耕地上作物产值越高。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同通勤距离情景耕地细碎化程度对比

为验证距离对耕地细碎化测定结果的影响,在195户样本农户中随机选取79户,基于不同通勤距离情景计算农户耕地细碎化指数。

6种通勤距离情景下计算所得的农户耕地细碎化指数呈现相似的趋势(图3),但采用道路网络距离所得的农户耕地细碎化指数(即 $LFI\_A'$ 、 $LFI\_B'$ 、 $LFI\_C'$ )分布比直线距离所得结果(即 $LFI\_A$ 、 $LFI\_B$ 、 $LFI\_C$ )分布更加离散(表5)。具体区别在于

LFI\_A'、LFI\_B'、LFI\_C'均出现了较高值,例如LFI\_C'最小值为29.422,最大值为1643.830,平均值为213.640;LFI\_C的最小值为29.164,最大值为1307.378,平均值为179.293;尽管二者最小值很接近,但值得注意的是最大值存在很大的差距,LFI\_C'的平均值也比LFI\_C高34.347,这主要是因为山区耕地资源分布更加零散,即存在离家近的耕地,也有离家远的,近的耕作距离用直线还是路网并没有多大的差异,而远的耕作距离由于山区地形的影响,使得直线和路网有较大的差异,路网距离刻画的会更为准确。基于上述分析,直线距离表示耕地地块的分散性低估了农户耕地细碎化程度。

对比分析LFI\_A'、LFI\_B'、LFI\_C'三种结果,发现LFI\_C'介于LFI\_A'、LFI\_B'之间(图2),通过基本统计数据得LFI\_A'的平均值为175.595,LFI\_B'的平均值为370.227,LFI\_A'平均值<LFI\_C'平均值<LFI\_B'平均值(表5)。耕地细碎化是一种耕地资源利用格局,中国大多数农业生产主体是家庭农户,

家庭农户是生产和消费的单位,宅基地具有生活、生产、加工等复合功能,耕地细碎化评价需考虑宅基地距耕作地块的距离。基于地块—地块的道路网络距离所得结果低估了农户耕地细碎化程度,而运用地块—村中心的道路网络距离所测算的结果高估了农户耕地细碎化程度。因此,选择地块—农户的道路网络距离来表征耕地细碎化的空间属性特征及程度更为合理,基于耕地—农户宅基地道路网络距离的耕地细碎化评价方法将用于分析亚鱼村农户耕地细碎化。

### 3.2 亚鱼村耕地细碎化程度

农户地块道路通达性指数中耕作距离采用地块到农户宅基地的道路网络距离,并根据式(1)计算得亚鱼村195户样本农户的耕地细碎化指数(图4),可以看出:农户耕地细碎化指数多集中在60~240之间,共157户,占全部农户数量的80.513%。其次是大于300的共计16户。样本农户耕地细碎化指数的平均值为187.980。其中,样本农户地块道路通

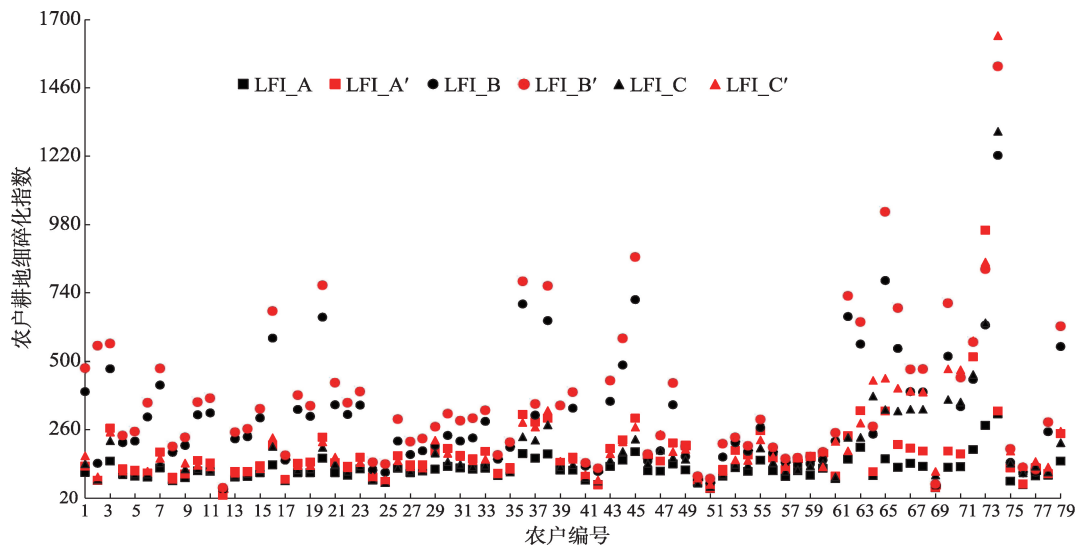


图3 基于6种情景的农户耕地细碎化指数比较

Fig.3 Comparison of farmland fragmentation degree based on six scenarios

表5 基于6种情景的农户耕地细碎化程度评价结果

Tab.5 Results of farmland fragmentation degree based on six scenarios

不同通勤距离情景指数	最小值	最大值	均值	标准差
农户耕地细碎化指数 LFI_A	28.981	315.147	119.400	42.264
农户耕地细碎化指数 LFI_A'	28.981	960.559	175.595	118.734
农户耕地细碎化指数 LFI_B	52.587	1222.198	304.263	203.327
农户耕地细碎化指数 LFI_B'	56.249	1536.221	370.227	250.510
农户耕地细碎化指数 LFI_C	29.164	1307.378	179.293	161.664
农户耕地细碎化指数 LFI_C'	29.422	1643.830	213.640	207.732

达性指数平均值为126.397,对样本农户耕地细碎化指数贡献率为67.240%,两者具有较强的相关性。

### 3.3 亚鱼村耕地利用集约度

耕地劳动力投入和资本投入包括农户在作物生长周期内整地、播种、灌溉、打药、收获、晾晒等各个生产、管理环节投入的劳动力工日总数和资本总和。亚鱼村农作物种植结构中主要优势作物是水稻和玉米,在对参与式农户调查获取的149户农户种植水稻、玉米过程中各类要素投入数据分析的基础上,分别计算得出水稻和玉米生产中劳动力、资本的投入量及产值,最后计算得出样本农户农业生产所需劳动力、资本投入及作物产值。

从调查数据计算结果可以得出(表6),农户在水

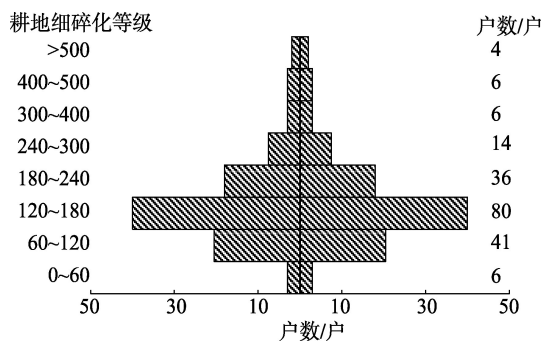


图4 农户耕地细碎化程度分布情况

Fig.4 Distribution of farmland fragmentation degrees of farming households

稻、玉米耕作经营中劳动力投入最低为60.9 d/hm<sup>2</sup>,最高为656.2 d/hm<sup>2</sup>,平均值为169.0 d/hm<sup>2</sup>;资本投入最低为1244.4元/hm<sup>2</sup>,最高为17591.9元/hm<sup>2</sup>,平均值为5942.9元/hm<sup>2</sup>;亚鱼村样本农户的资本投入中增产性投入的平均水平为3782.5元/hm<sup>2</sup>,省工性投入的平均水平是2160.5元/hm<sup>2</sup>,省工性投入占总资本投入的36.353%;农户单位面积耕地作物产值最低为4683.9元/hm<sup>2</sup>,最高为20395.3元/hm<sup>2</sup>,均值为11228.8元/hm<sup>2</sup>。

为探究不同农户耕地细碎化水平下的土地利用集约度水平,将农户耕地细碎化程度划分为微度(<100)、轻度(100~150)、中度(150~200)、较重度(200~250)、重度(250~300)、极重度(≥300)6个等级,各级农户耕地细碎化指数的平均值分别是79.499、129.189、171.161、221.713、266.180和435.002(表7)。

### 3.4 耕地细碎化与土地利用集约度的关系

#### 3.4.1 劳动力投入

在农户面临耕地资源细碎化加剧的情况下,耕地投入的农业劳动力下降迅速,最后劳动力投入维持在低投入水平(图5)。不同水平等级的下降率也存在差异,从微度细碎化到轻度细碎化,农业劳动力投入量下降最为明显,农户耕地细碎化水平各等级间劳动力投入的变动幅度分别为-34.927%、2.701%、-17.824%、6.363%、-20.101%,整体呈下降趋势(表7)。主要原因是耕地越细碎导致农户通勤

表6 样本农户土地集约利用情况

Tab.6 Land intensive use pattern of the sampled farming households

	最小值	最大值	均值	标准差	变异系数/%
劳动力投入/(d/hm <sup>2</sup> )	60.9	656.2	169.0	88.3	52.275
资本投入/(元/hm <sup>2</sup> )	1244.4	17591.9	5942.9	3241.1	54.537
增产性投入/(元/hm <sup>2</sup> )	1244.4	10372.0	3782.5	1827.9	48.326
省工性投入/(元/hm <sup>2</sup> )	0	9218.1	2160.5	2090.6	96.765
单位面积作物产值/(元/hm <sup>2</sup> )	4684.0	20395.3	11228.8	2987.4	26.605

表7 亚鱼村不同农户耕地细碎化水平下耕地利用情况

Tab.7 Utilization of farmland under different levels of farming households farmland fragmentation in Yayu Village

农户耕地细碎化等级	户数/户	耕地细碎化指数平均值	劳动力投入/(d/hm <sup>2</sup> )	资本投入/(元/hm <sup>2</sup> )			单位面积作物产值/(元/hm <sup>2</sup> )
				总量	增产性投入	省工性投入	
微度	14	79.499	256.9	8212.8	4799.3	3413.5	14194.8
轻度	56	129.189	167.2	6667.9	3940.2	2727.6	11330.8
中度	40	171.161	171.7	5362.3	3610.8	1751.5	10993.2
较重度	16	221.713	141.1	4830.7	3507.0	1323.7	10675.0
重度	11	266.180	150.1	4647.6	3336.4	1311.3	10261.7
极重度	12	435.002	119.9	4517.1	3208.1	1308.9	9702.8

成本增加,劳动生产效率较低,农户为获取更多的经济收益,多选择将大量的劳动力转移到非农产业。因此耕地细碎化程度越高的农户,更倾向于通过粗放经营,甚至抛荒等来减少劳动力投入。

### 3.4.2 资本投入

细碎化程度不断加剧的农户,其耕作投入的资本总量呈下降态势(图6)。从资本投入的内部结构来看,增产性投入、省工性投入均随着耕地细碎化程度的增加而减少,省工性投入下降更为迅速(图7)。具体来看,微度耕地细碎化等级的增产性投入为4799.3元/hm<sup>2</sup>,极重度细碎化等级降低到3208.1元/hm<sup>2</sup>,平均下降率为7.569%;省工性投入从微度细碎化等级时的3413.5元/hm<sup>2</sup>到极重度细碎化时的1308.9元/hm<sup>2</sup>,平均下降率为16.285%,省工性投入下降的速率高于增产性投入,可见耕地细碎化对省工性投入的影响大于增产性投入。尽管亚鱼村内大部分农户拥有小型机械,但在微度细碎化等级时,农户的农业总资本投入中增产性投入占

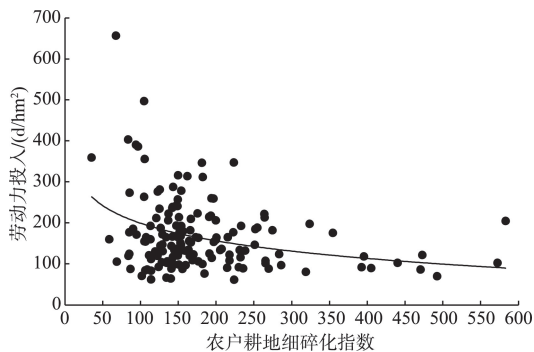


图5 农户耕地细碎化与劳动力投入之间的关系

Fig.5 Relationship between farmland fragmentation and labor input

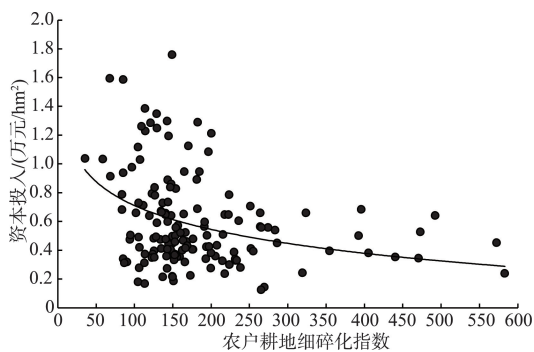


图6 农户耕地细碎化与资本投入之间的关系

Fig.6 Relationship between farmland fragmentation and capital input

58.437%,省工性投入占41.563%,极重度细碎化时,增产性投入的占比提高到71.022%,省工性投入仅占28.978%(表7),耕地细碎化水平高的农户省工性投入较少,这是因为地块细碎、分散增加了机械移动的成本,加之地块小,形状不规则导致机械空转率增加,机械使用效率低。

### 3.4.3 作物产出

从图8可知,耕地细碎化程度加剧的农户不仅耕作资本投入减少,而且单位面积农业产值也呈现降低态势(图8)。不同等级耕地细碎化农户耕地产出分别下降了20.176%、2.979%、2.894%、3.872%、5.446%,下降率均值为7.074%(表7)。耕地细碎化程度提高到中等水平时,农户耕地产出下降较迅速,但之后下降缓慢。

综上,随着耕地细碎化程度的增加,单位面积耕地劳动力投入、资本投入和作物产出变化均呈现2个阶段特征:从微度细碎化到中度细碎化阶段,三者均有较大幅度、较快速度的下降趋势,而从中度细碎化到极重度细碎化,三者下降幅度和速度均较小。

### 3.4.4 耕地撂荒

撂荒是农户耕地经营过程中投入和产出为零的土地利用状态。随着耕地细碎化程度的加深,撂荒率呈上升趋势(图9)。亚鱼村样本农户中23.590%的农户选择将耕地全部撂荒,农户耕地细碎化指数在0~200时,耕地撂荒率迅速增加,而农户耕地细碎化指数到300以上时,耕地撂荒率增加变缓。主要原由是亚鱼村农户耕地细碎,经营耕地的农户劳动力机会成本高,耕地细碎化严重的农户在经营决策时会选择撂荒更多的耕地。

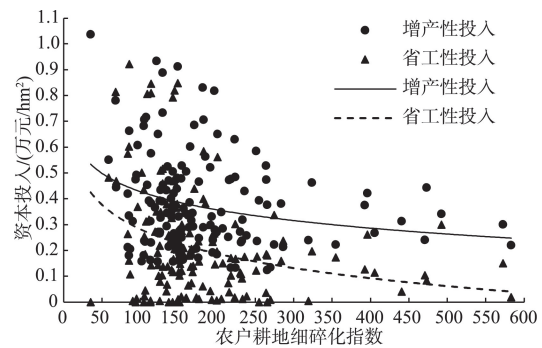


图7 农户耕地细碎化对增产性投入与省工性投入的影响

Fig.7 The impact of farmland fragmentation on yield-enhancing and labor-saving inputs



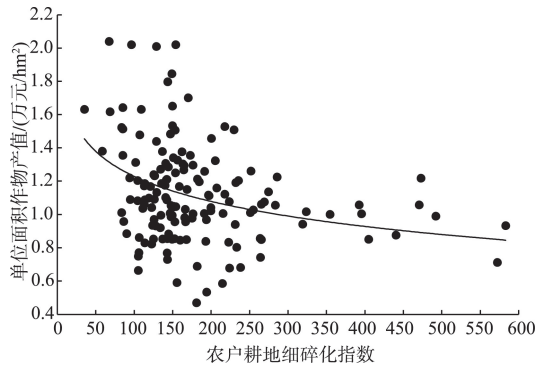


图8 农户耕地细碎化与单位面积作物产值之间的关系

Fig.8 Relationship between farmland fragmentation and crop output value

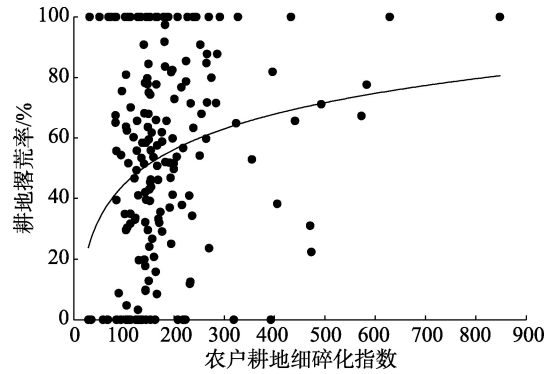


图9 农户耕地细碎化指数与耕地撂荒之间的关系

Fig.9 Relationship between farmland fragmentation and farmland abandonment of farming households

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

利用高分辨率遥感影像和参与式农户访谈数据,搭建道路网络,为耕地细碎化测度提供准确的基础数据,同时分析不同通勤距离对耕地细碎化测定结果的影响,结果表明:山区耕地细碎化测度需要运用农户住宅到耕地的网络距离来刻画;亚鱼村农户耕地细碎化的平均水平是187.980,其中,样本农户地块道路通达性指数平均值为126.397,对样本农户耕地细碎化指数贡献率为67.240%,农业经营通勤距离长和时间成本高;模型所得的结果有利于定量分析耕地细碎化对土地利用集约度的影响。

加速城镇化中期,乡城迁移驱动农业劳动力成本上升,其对细碎耕地资源的利用成本和农户决策影响程度增强。随着耕地细碎化程度的增加,单位面积耕地劳动力投入、资本投入和作物产出呈现出下降幅度由大到小,下降速度由快到慢的变化趋势。资本投入中耕地细碎化对省工性投入的影响最为显著。在山区农业人口乡城迁移背景下,山区农村细碎的耕地资源促使农户加快退出农业生产,耕地出现低效利用甚至撂荒等现象。

为缓解耕地细碎化对土地集约利用水平的影响,山区需改善农业基础设施,完善耕作路网,提高劳动生产效率;同时推广适合山区农业经营使用的机械,提高省工性技术要素投入对劳动力替代作用。在耕地坡度相对平缓的地区,可以通过土地流转、土地整治等措施治理耕地细碎化,优化耕地资源利用格局,提高土地集约、规模化利用水平。

### 4.2 讨论

对于耕地细碎化的测度目前学术界并没有统一,研究尝试分析6种情景下通勤距离对耕地细碎化测度结果的影响,进一步提高了对山区耕作通勤路径和生产实践描述的准确性,更加贴近农户家庭耕作实际,但仅在山区典型村开展案例研究,该方法在平原等其他地形条件区域的应用未作探讨,有待进一步深入研究。同时不同区域的土地、劳动力资源禀赋、社会经济发展阶段等不同,耕地细碎化对土地利用集约度影响是否存在区域差异,将是下一步研究的重点内容。耕地细碎化促使农村劳动力加速退出农业生产,导致耕地撂荒、宅基地闲置,山区耕地、宅基地等生产生活空间萎缩,有利于山区生态系统休养生息,因此耕地细碎化的生态效应需要进一步评估。

### 参考文献(References)

- [1] 李秀彬. 对加速城镇化时期土地利用变化核心学术问题的认识 [J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(5): 1-5. [Li Xiubin. Research priorities for land use change in the accelerated phase of urbanization. China Population, Resources and Environment, 2009, 19(5): 1-5.]
- [2] 李秀彬, 赵宇鸾. 森林转型、农地边际化与生态恢复 [J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(10): 91-95. [Li Xiubin, Zhao Yuluan. Forest transition, agricultural land marginalization and ecological restoration. China Population, Resources and Environment, 2011, 21(10): 91-95.]
- [3] 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 Cui zhen, Kong Xiangbin, Qin Jing, et al. Cultivated land use of peasant households in metropolitan suburbs and its effect on grain production capacity. Trans-

- action of the CSAE, 2008, 24(1): 101-107. ]
- [4] Buck J L. Land utilization in China [M]. Chicago, USA: University of Chicago Press, 1937.
- [5] 周应堂, 王思明. 中国土地零碎化问题研究 [J]. 中国土地科学, 2008, 22(11): 63-67, 71. [Zhou Yingtang, Wang Siming. Study on the fragmentariness of land in China. China Land Sciences, 2008, 22(11): 63-67, 71. ]
- [6] 吕晓, 黄贤金, 钟太洋, 等. 中国农地细碎化问题研究进展 [J]. 自然资源学报, 2011, 26(3): 530-540. [Lu Xiao, Huang Xianjin, Zhong Taiyang, et al. A review of farmland fragmentation in China. Journal of Natural Resources, 2011, 26(3): 530-540. ]
- [7] 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 Jian, Zhang Bangbang, Kong Xiangbin. Characteristic of cultivated land fragmentation and land use efficiency in southwest mountainous region: A case study of Caohai Village in Guizhou Province. Journal of China Agricultural University, 2016, 21(1): 104-113. ]
- [8] 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 Yuluan, Ge Yujuan, Kuang Chenghua, et al. The path of forest transformation in mountainous areas in Guizhou Province under the strategy of rural revitalization. Journal of Guizhou Normal University (Natural Sciences), 2018, 36(1): 1-7. ]
- [9] 盛佳利, 李阳兵. 贵州省坝子的空间分布及不同地貌区坝子—山地组合类型的探索性划分研究 [J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2018, 36(2): 15-21. [Sheng Jiali, Li Yangbin. The basins distribution of space and exploratory divide basin-mountain combination form differentlandforms in Guizhou Province. Journal of Guizhou Normal University (Natural Sciences Edition), 2018, 36(2): 15-21. ]
- [10] 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 Kai. Land fragmentation and its quantitative measurement method. China Land Sciences, 2011, 25(10): 35-39. ]
- [11] 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 Gaohui, Yang Gangqiao, Wang Wenxiong, 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. Progress in Geography, 2016, 35(9): 1129-1143. ]
- [12] 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 Xin, Ou Minghao, Ma Xianlei. Analysis on impact of fragmentation based on lands cape index to cultivated land use efficiency: A case on Lixiahe District in Yangzhou City. Journal of Natural Resources, 2011, 26(10): 1758-1767. ]
- [13] 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 Zhiyuan, Chen Ying, Xie Baopeng, et al. The relationship between landscape fragmentation and cultivated land use efficiency: A case of Kangle County, Gansu Province. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2014, 28(4): 42-46. ]
- [14] 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. [Sun Yan, Zhao Xiaomin. Research on land fragmentation of Fenyi County on meso-level. China Land Sciences, 2010, 24(4): 25-31. ]
- [15] Demetriou D, Stillwell J, See L. A new methodology for measuring land fragmentation [J]. Computers Environment & Urban Systems, 2013, 39: 71-80.
- [16] 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 Gaohui, Yang Gangqiao, Li Yan, 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. China Land Sciences, 2016, 30(9): 82-89. ]
- [17] 李秀彬, 朱会义, 谈明洪, 等. 土地利用集约度的测度方法 [J]. 地理科学进展, 2008, 27(6): 12-17. [Li Xiubin, Zhu Huiyi, Tan Minghong. et al. Measurement of land use intensity. Progress in Geography, 2008, 27(6): 12-17. ]
- [18] 朱会义, 李秀彬, 辛良杰. 现阶段我国耕地利用集约度变化及其政策启示 [J]. 自然资源学报, 2007, 22(6): 907-915. [Zhu Huiyi, Li Xiubin, Xin Liangjie. Intensity change in cultivated land use in China and its policy implications. Journal of Natural Resources, 2007, 22(6): 907-915. ]
- [19] Li X B, Wang X H. Changes in agricultural land use in China: 1981-2000 [J]. Asian Geographer, 2003, 22(1-2): 27-42.
- [20] 陈瑜琦, 李秀彬. 1980年以来中国耕地利用集约度的结构特征 [J]. 地理学报, 2009, 64(4): 469-478. [Chen Yuqi, Li Xiubin. Structural change of agricultural land use intensity and its regional disparity in China. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(4): 469-478. ]
- [21] 孙欣, 毕如田, 刘慧芳, 等. 贫困山区耕地细碎化对农户生计策略的影响: 以左权县漳河河流域 87 个村为例

- [J]. 中国土地科学, 2018, 32(2): 40-47. [Sun Xin, Bi Rutian, Liu Huifang, et al. Effects of cultivated land fragmentation on farmers' livelihood strategies in impoverished mountainous areas: A case study of 87 villages in Qingzhang River Basin of Zuoquan County. *China Land Sciences*, 2018, 32(2): 40-47. ]
- [22] 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 Yujuan, Zhao Yuluan. Improvement of farmland fragmentation measurement model based on road network analysis. *Resources Science*, 2019, 41(4): 766-774. ]
- [23] 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 Songyan, Jiang Hongtao. An analysis on accessibility of hospitals in Changchun based on urban public transportation. *Geographical Research*, 2014, 33(5): 915-925. ]
- [24] Simmons A J. An index of farm structure, with a Nottinghamshire example [J]. *East Midlands Geographer*, 1964, 3: 255-261.
- [25] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理与应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2011: 87-88. [Fu Bojie, Chen Liding, Ma Keming, et al. *Principle and application of landscape ecology*. Beijing, China: Science Press, 2011: 87-88. ]
- [26] 陈瑜琦, 李秀彬, 朱会义. 劳动力务农机会成本对农户耕地利用决策的影响: 以河南省睢县为例 [J]. 地理科学进展, 2010, 29(9): 1067-1074. [Chen Yuqi, Li Xiubin, Zhu Huiyi. Agricultural land use responses to increasing labor opportunity cost in Suixian County of Henan Province. *Progress in Geography*, 2010, 29(9): 1067-1074. ]
- [27] 方先知. 土地利用效率测度的指标体系与方法研究 [J]. 系统工程, 2004, 22(12): 22-26. [Fang Xianzhi. On the index system of evaluating land utility efficiency. *Systems Engineering*, 2004, 22(12): 22-26. ]

## Farmland fragmentation and land use intensity in mountain areas: A case study of Yayu Village, Guizhou Province

GE Yujuan<sup>1</sup>, ZHAO Yuluan<sup>1,2\*</sup>, LI Xiubin<sup>2</sup>

(1. College of Geography and Environmental Science, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** To explore the relationship between farmland fragmentation and land use intensity, based on unmanned aerial vehicle high-resolution images and household survey data, and by comparing the accuracy of the measurement model of farmland fragmentation under different distance scenarios, this study calculated the farmland fragmentation index for Yayu Village, Guizhou Province and quantitatively analyzed the impact of different levels of farmland fragmentation on land use intensity. The farmland fragmentation measurement results of six distance scenarios show that road network from the farmers' farming plots to their homesteads was more accurate in measuring the level of farmland fragmentation. In this scenario, the average farmland fragmentation index in Yayu Village was 187.98, and time for commuting was high for the farmers. As the degree of farmland fragmentation of farmers intensified, labor input, capital input, and crop output value in agricultural management showed a downward trend in varying degrees. Among the capital inputs, the impact of farmland fragmentation on labor-saving input was most significant. In the context of migration of mountainous agricultural population, the fragmented farmland resources in rural areas had prompted farmers to speed up their withdrawal from agricultural production, resulting in inefficient use of farmland and even land abandonment.

**Keywords:** farmland fragmentation; land use intensity; road accessibility; farming households; mountain areas