三峡库区腹地规模农地空间分布规律*[1]

梁鑫源[1,2] 李阳兵[1,2*] 李睿康[1,2] 刘雁慧[1,2]

(1. 重庆师范大学地理与旅游学院，重庆 401331；

2. 三峡库区地表过程与环境遥感重点实验室，重庆 401331)

【摘 要】：山区农业转型对于我国山区耕地可持续利用效率、土地整治方向以及生态建设方向具有一定的指导意义，渝东北生态涵养发展区是重庆市农用地整治项目的主要分区，通过定义作为农业转型产物的“规模农地”相关概念及其判读标准，旨在提出一种新的研究路径对重庆市典型山区地貌的耕地利用现状给予指导和改善意见。首先选取三峡库区腹地5个区县为研究区，并结合研究区实际对“规模农地”进行等级划分，利用ArcGIS10.2等软件通过景观格局指数、核密度测算、空间自相关等方法从斑块特征、数量分布、空间格局三方面对研究区内规模农地的空间分布规律进行探讨。研究表明：(1)不同类型规模农地斑块特征呈现一定的规律性，小规模农地斑块密度最大为6.004，大规模农地平均最近指数MNN值最低为643.401，且农地规模越大，面积加权平均斑块分维数AWMPFD值和聚集度AI值越高；(2)中、大规模农地数量多集中在奉节县，微、小规模则多集中在巫山县，且规模农地自身及其相互之间存在固定的邻接性规律，即同类斑块之间的邻接性与其斑块大小成反比，不同类型斑块之间则与之相反；(3)研究区规模农地整体空间分布主要集中在奉节县中部以及巫溪县东部，沿江流域的平坝地区分布相对密集，且不同类型规模农地在空间上存在明显的自相关性。

【关键词】：山区农业转型；库区腹地；规模农地；空间分布规律

【中图分类号】：S17 **【文献标识码】**：A **【文章编号】**：1004-8227(2017)11-1843-14

DOI：10.11870/cjlyzyyhj201711013

随着工业化和城镇化持续推进，传统农业向现代农业转变的同时，作为农村发展核心要素之一的土地也随之发生了剧烈变化[1,2]。在市场经济引导下，农业生产非粮化趋势不断加快[3]，此现象引起了国内学者的广泛关注。促进农业转型，是当前确保国家粮食安全、加快经济转型发展的全局性和战略性重大问题[4]，因而对耕地转型的研究至关重要。宋小青等[5]通过构建耕地功能变化分析框架与度量方法的基础上，得出中国耕地功能转型开始于2006年；赵华甫等[6]通过深入剖析耕地对于满足人类需要的能力和效用，得出耕地保护方向应从单一功能向多功能转移；施园园等[7]探讨了北京市各区县耕地多功能性空间分异与其经济社会发展的互动关系。总体来看，目前针对耕地转型的研究主要集中在数量、效用及多功能变化[8]等方面，而对转型

[1] **收稿日期**：2017-04-05； **修回日期**：2017-06-19

基金项目：重庆市基础与前沿研究计划项目(cstc2015jcyjBX0128)［Chongqing Basic and Frontier Research Program(cstc2015jcyjBX0128)］；重庆师范大学研究生科研创新项目(YKC17020)［Chongqing Normal University Graduate Student Research Innovation Project(YKC17020)］

作者简介：梁鑫源(1996～)，男，硕士研究生，主要从事水土保持与生态建设研究. E-mail: liang_xiny@foxmail.com

*** 通讯作者 E-mail**：li-yapin@sohu.com

后耕地格局的发展演变，尤其是山区转型耕地的研究领域尚存在空缺。

分布有耕地的山区范围广且生态环境脆弱，已构成我国山区耕地可持续利用的基本限制条件[9]。有研究表明，河谷区耕地利用集约度远高于半山区，且集约度下降时，还伴随农作物播种面积减少、弃耕撂荒等边际化现象[10]。而耕地的转型与整治有利于缓解撂荒和闲置问题，促进土地规模化经营，同时有利于解决土地细碎化问题[11~15]，由此可见山区耕地转型的重要意义。山区耕地的系统研究，目前基本集中在坡耕地的优化调控[16]、耕地压力测评[17]、耕地撂荒[18]等方面，时间尺度上可总结为耕地转型期间的土地利用状况，对于转型期后的山区耕地发展程度及其影响因素方面的研究甚少。随着社会经济发展，农业现代化建设进度加快，耕地格局将逐步由细碎、分散状态向集中、连片、规整的方向发展[19]，即农业转型推动耕地转型进而形成规模农地。因此，分析规模农地的发展程度对于把握山区耕地转型现状有一定的导向作用。

山区农业的土地利用模式需要遵循自然地带规律与农业经济多样性和规模经营相结合的原则[20]，通过分析规模农地的空间分布规律，既可以反映山区转型耕地的集约利用空间特征，又可以揭示山区耕地利用转型的空间分异及其影响因素，进而为政府对山区耕地进行整治提供政策导向。三峡库区腹地作为三峡移民区和生态环境敏感区[21, 22]，以山地丘陵为主，地形起伏大，降雨多、强度大，坡耕地比重大，水土流失严重，在经济转轨与生态转型的时代背景下，山区耕地的转型利用对于农村发展、农民生存以及粮食安全等影响重大。研究区位于重庆市 5 大功能区的生态涵养发展区，是三峡库区生态建设的重中之重。因此，本文选取三峡库区腹地 5 个区县的规模农地进行空间分析，旨在了解西南地区典型的山区土地利用模式，为准确把握后期耕地转型的调控方向提供科学指导和理论依据。

1 理论分析

“土地利用转型”[23, 24]自引入中国以来，国内学者对于土地利用形态方面的研究愈发深入，关注焦点由进行单一数量表述的显性形态到多层次多因素综合分析的隐性形态逐渐过渡[1, 25, 26]。在我国特殊国情背景下，耕地资源的不可或缺以及城乡二元结构的亟待改善促使农业现代化加速运行，土地利用转型作为一种量化手段广泛运用于农业现代化建设的进程中。当前社会经济快速发展，农村地区社会经济结构随之重塑，即所谓的乡村重构，这一过程必然会改变农村地区的空间载体———土地利用方式和配置格局的变迁[27]，基于耕地的不可移动性、数量有限性等特点，耕地资源的保护与利用尤其重要。中国山区（ 包括丘陵和高原）面积约占全国国土总面积的 69. 1%，山区的自然条件决定山区耕地分布与利用存在特殊性[28]：山区耕地总量少，分布零散且难以整合； 坡耕地多，土壤肥力差； 经济欠发达，基础设施条件差，耕地利用水平与粮食产量较低，进而导致我国山区实行规模经营的土地面积非常有限[29]。基于此，山区耕地的可持续利用对于山区农民的生产生活以及山区生态建设意义非凡。

随时间推移，人们逐渐意识到农地利用集约程度的粗放式变化对我国粮食安全的威胁更大[30]，同时乡村居民为改善生活条件，劳动力人口大量析出，农村余下劳动力不足以支持农业生产，于是农业生产模式开始趋向便于管理且具有地形地貌特色的集约式转型农业。随着种植结构和劳动力配置的改变，加之山地局地因素影响，山区农户生计行为从生存型逐步转变至发展型[31]，而山地地貌特殊因素也决定了山区耕地功能的多样性。粮食生产、农业结构调整与耕地非农化尤其是耕地过度性损失及生态保护间的竞争成为当前耕地保护面临的现实困难[32]。至此，我国对于乡村发展与农业多功能利用的重视力度加大，相关政策的出台促进了山区农业的转型进度，例如休闲园、观光农业、立体农业等现代农业园区的建设[33]。

有学者认为[34]]，耕地生产力是农业集约管理过程中耕地生态系统各要素综合作用的结果，其受自然和社会经济因素的共同驱动。而耕地布局优化是提高耕地生产力、耕地质量的有效手段[35]。通过健全土地流转机制，促进农地资源的集中，提高规模经营效益，同时加强农业基础设施的建设，促进农业从劳动集约向资本集约、技术集约转变等手段，可以在农业多功能转化的前提下提高土地利用效率以保证粮食安全[36]。已有研究表明，以市场为导向的集约式农业生产系统将逐渐取代以单一生态为导向的粗放式传统农业，农业系统正处于积极转型阶段[37]。规模农地是汇聚中国山区特色的转型农业，以迎合市场的经济效益为导向，集约式利用的规模效应为基础，同时积极作用于农田生态系统，对于我国的农业事业发展颇有研究价值。

我国丘陵山区农作物品种颇为复杂，除主要粮食作物外，多种植果树、茶叶等经济作物。意味着山区的农业转型不仅要保障粮食安全，同时要兼顾经济效益与生态效益。土地利用转型作为土地利用模式变化与类型转移的先导，在一定程度上促进了山区农业的转型，而规模农地即为山区农业转型的产物，且与山区农业转型的不同阶段有着密切的联系。基于此，本文首先建立山区耕地向规模农地转变过程的理论模型(图 1) ，进而通过实例分析三峡库区腹地规模农地的空间分布规律，探讨山区农业转型实现阶段以及影响农业转型的各个自然与人文因素，以期为西南山区的土地利用模式提供科学指导。

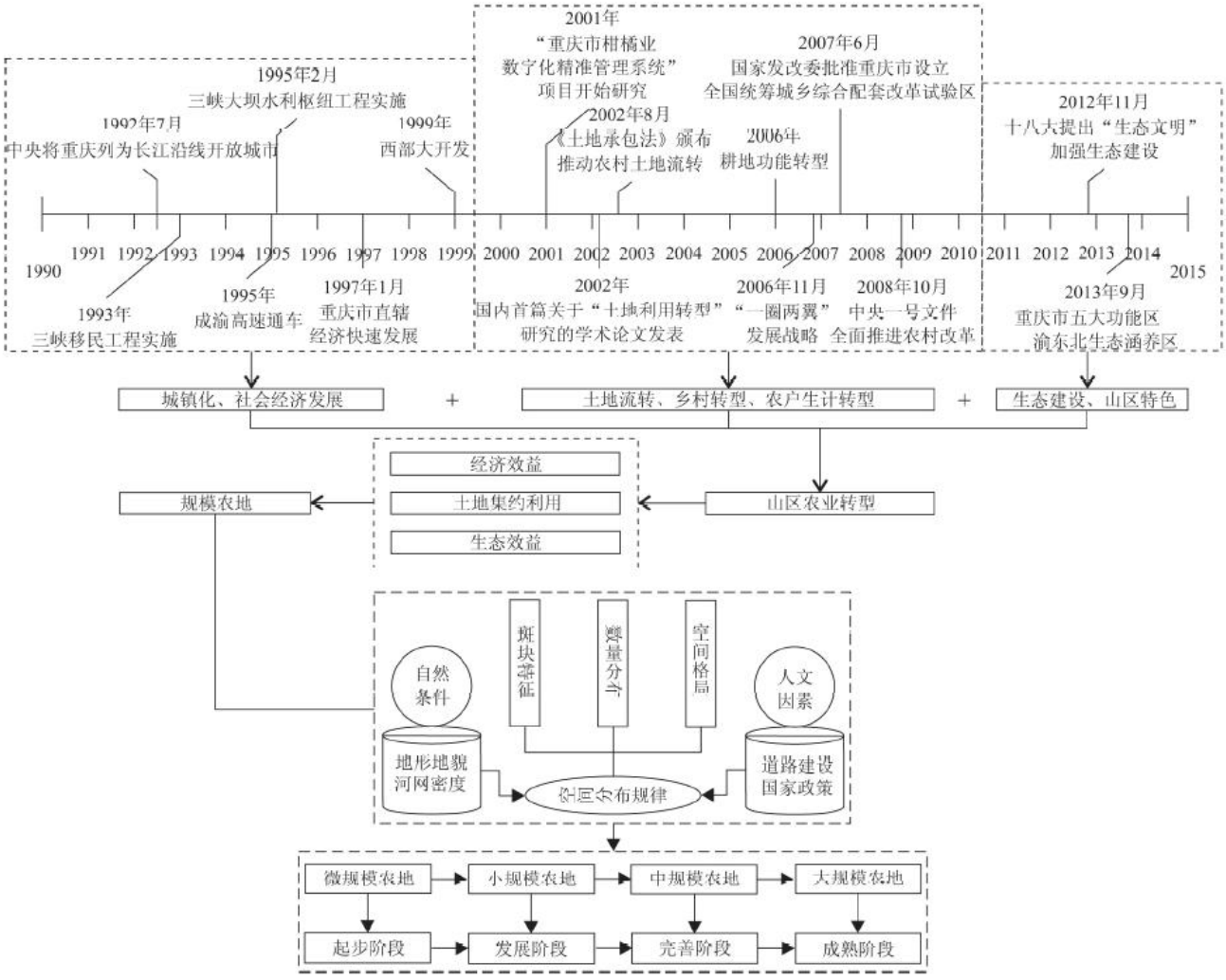


图 1　规模农地理论模型

Fig. 1　Scale Farmland Theory Model

2 研究区概况

三峡库区腹地位于三峡库区的中心地带，北纬 30° 29’19″ ～ 31° 44’，东经 107° 55’48″ ～ 110° 11’之间，总面积约 18 729 km2。库区腹地占据渝东北生态涵养区的大半面积，是长江流域中西部的结合地带，同时也是我国西南、西北和华中 3 大区域的结合部(图 2)。本文选择的研究区范围包括开州区、巫山、云阳、奉节和巫溪 5 个区县，约占三峡库区(重庆段)1 /3 的土地面积，其中，乡镇级行政区划单位包括乡、镇及街道三类共计 165 个。研究区地势走向东北高西南低，地形条件复杂，地貌形态类型多样(主要为 5 大类：中山、低山、丘陵、谷底和平坝)，且中山地貌占据主体地位，生态环境脆弱，属于亚热带湿润季风气候，坡耕地开垦严重，是库区水土流失最为严重的地区。

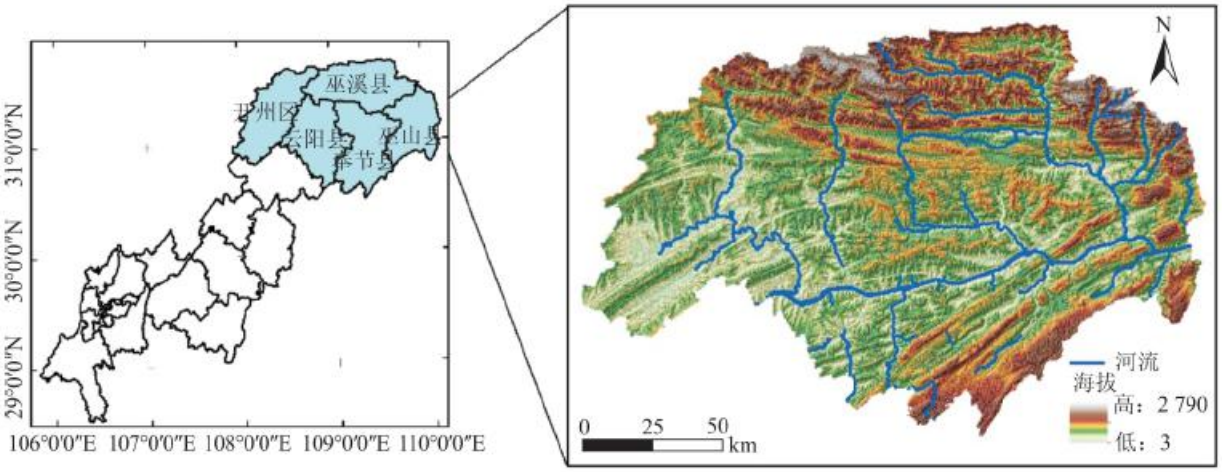


图 2　研究区位置及高程图

Fig. 2　Location and Elevation of the Study Area

3 数据来源及方法

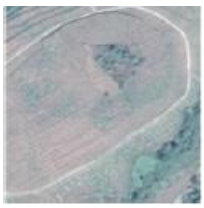
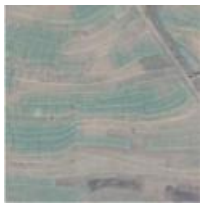
3. 1 数据来源

空间数据包括 2015 年重庆市 2. 5 m 分辨率高清遥感影像数据、DEM 数字高程模型等栅格数据，2014 年重庆市 1 ： 25 万区县级行政区划及 2015 年重庆市 1 ： 25 万乡镇级行政区划、道路、河流、行政中心等矢量数据。遥感影像数据来源于 Google Earth，高程图则取自地理空间数据云，道路、河流矢量数据均来源于国家地球系统科学数据共享平台。利用 ArcGIS10. 2 软件对遥感影像进行人机交互解译，得到研究区规模农地矢量图斑，同时根据野外调研建立的解译标志，使其解译精度达到 90%左右。为便于对研究区规模农地进行综合分析，参照已有的针对家庭农场方面的研究成果[38～40]与研究区实际情况结合，将规模农地矢量图斑按照面积大小划分为四类＜ 0. 7 hm^2，0. 7 ～ 2 hm^2，2 ～ 4. 73 hm^2，＞ 4. 73 hm^2，分别对应微规模、小规模、中规模、大规模。

3. 2 规模农地的定义与识别

在土地利用转型背景条件下，农民为满足自身经济需求，改变种植方向同时对农用地进行整理，使其集中连片并形成规模[41]，即传统农地向“规模农地”转变。参考国外学者对“农业系统转型”概念的定性表述[37]，将规模农地从外部性与内部性两个方面进行定义。外部性即道路系统完善、基础设施完备，种植作物一般以经济效用较高的非粮作物为主，且布局排列整齐，有明显的人工规划痕迹； 内部性则表现为经济利润差异化因素驱动下的集约式农用地，但不同于常规的节约集约土地利用方式，主要以农户(或企业) 的经济行为和生态建设政策驱使，促使传统农业用地转型为满足现代农业建设要求的多功能“经济生态型”农业集合(表 1)。

表 1 规模农地识别标准

规模农地名称	识别标准	数据来源	解译标志
经果林	整齐成排，集中连片，树木个体清晰，有明显的人工培育痕迹	CNES Astrium（0.51 m 分辨率）	
蔬菜	整齐成排，块状分布，道路设施完备，多数以大棚种植方式呈现		
茶叶	条带状分布，条带宽度大且表现出阶梯状，延伸范围广		
烟叶	条带状分布，成像条纹纹路清晰细腻，条纹宽度略窄		
药材	块状分布，排布规则，成像较立体且作物整体高度适中		

3. 3 研究方法

3. 3. 1 景观格局指数

景观格局是自然和人文因子综合作用于地理空间上的表现结果[42]，规模农地斑块景观格局特征分析可以反映其分布状态和规律。首先将规模农地矢量图斑转换为栅格数据，为适应景观分析软件 Fragstats 4. 2 的计算能力同时尽量减小误差，将栅格图像像元大小设定为 7 m。结合研究侧重点选取景观类型水平指数中的斑块面积(CA)、斑块个数(NP)、斑块密度(PD)、平均最近指数(MNN)、面积加权平均斑块分维数(AWMPFD)、聚集度(AI) 等 6 个景观格局指数，计算 4 种类型规模农地的各个景观指数值，进而综合分析规模农地斑块特征。

3. 3. 2 核密度估计

为反映不同类型规模农地的空间分布热点区域，利用核密度计算工具对规模农地空间分布状态进行估算。核密度估计法(kernel density estimation)[43, 44]主要是借助一个移动的单元格(窗口)，计算并输出每个栅格单元的点或线密度。一般定义为：设 x_1，…，x_n 是从分布密度函数为 f 的总体中抽取的独立同分布(iid)样本，估计 f 在某点 x 处的值 f(x)，通常有 Rosenblatt-Parzen 核估计：

$$f_n = \frac{1}{nh}\sum_{i=1}^{n} k\left(\frac{x - x_i}{h}\right) \qquad (1)$$

式中：k 为核函数； h>0，为带宽；（$x-x_i$）为估计点到样本处的距离。在 KDE 估算中，带宽 h 的确定或选择对于计算结果影响很大，随着 h 的增加，空间上点密度的变化更为光滑，但会掩盖密度的结构； h 减小时，估计点密度变化突兀不平[37]。

3. 3. 3 空间自相关

空间自相关可以描述某观测变量的总体布局情况，表征变量在空间上有无集聚特性[45]。衡量事物之间的空间自相关特性主要由全局空间自相关和局部空间自相关指数来实现。其中全局空间自相关可全面反映区域整体的空间自相关性，局部空间自相关则用于进一步度量每个地域单元与其临近空间单元的属性特征值之间的相似性或相关性[46]。本文采用常用的全局 Moran’s I 指数和局部 Moran’s I 指数来进行规模农地空间相关分析。

全局 Moran’s I 指数：

$$I = \frac{N}{\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} W(i,j)} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} W(i,j)\cdot(X_i - \overline{X})\cdot(X_j - \overline{X})}{\sum_{i=1}^{N}(X_i - \overline{X})^2} \qquad (2)$$

局部 Moran’s I 指数：

$$I_i = \frac{X_i - \overline{X}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})/(n-1)}} \cdot \sum_{j=1}^{N} W(i,j)\,(X_j - \overline{X}) \qquad (3)$$

式中: N 为研究对象的数目； X_i 为观测值； X 为 X_i 均值。W(i，j) 为研究对象 i 与 j 之间的空间连接矩阵。Moran’s I 值介于［－ 1，1］之间，I＞ 0 表示空间正相关，研究对象呈空间聚合特性； I＜0 表示空间负相关，研究对象呈空间离散特性；I = 0 则表示研究对象随机分布，一般用 Z 值进行显著性检验。

4 结果分析

4. 1 研究区规模农地斑块特征

通过 Fragstats 4. 2 计算各类型规模农地景观格局指数得到表 2，其中，大规模农地 CA 指数最大为 10 925. 360 hm^2，达到规模农地总面积的 42. 91%，微规模农地总面积最小为 265. 036 hm^2，仅占规模农地总面积的 1. 82%； NP 指数则以小规模农地数量最多，中规模农地最少。从 NP 值和 PD 值可以看出，斑块密度与斑块个数表现趋势相互对应，并呈现正的相关性，其中小规模农地数量最多，密度最大，中规模农地则相反； 平均最近指数 MNN 一般用于表现同类型斑块之间的连通性，微规模、大规模农地的 MNN 值较小，说明同类型斑块间距离较近，成团聚分布，中规模农地 MNN 值则相对较大，故表现离散分布的特点；面积加权平均斑块分维数 AWMPFD 值越接近 1，表明该类型斑块越接近正方形，从表中可以看出 AWMPFD 值随着规模农地面积的增大而上升，这与研究区的山区地形密切相关； 聚集度指数 AI 值可以看出随着农地规模的提升，同种类型的斑块越集聚。

总体上，随着斑块面积的增大，PD 值与 NP 值的大小呈现波动的趋势，二者的值与景观破碎度成正相关性，中规模农地斑块 NP 值、PD 值最小，破碎度低，小规模 NP 值、PD 值最大，破碎度高。MNN、AWMPFD、AI 的值则随农地规模增大呈现上升的趋势，其中大规模农地的 MNN 值最低，对应其同类斑块距离最为接近，连通性最强。由于研究区属山地地貌，作物种植以果园、烟叶等家庭农场居多，微规模农地为便于管理偏向规整的正方形，大规模农地由于地形因素作用种植范围较复杂，因此 AWMPFD 值呈现出偏离正方形的多边形形状。伴随城镇化深入，农民集体为整合农业资源形成规模效应，使规模农地愈发集聚，故 AI 值表现出逐渐上升的整体趋势。

表 2 各类型规模农地景观格局指数

斑块类型	斑块面积 (CA)(hm^2)	斑块个数 (NP)	斑块密度 (PD)	平均最近指数 (MNN)	面积加权平均斑块分维数 (AWMPFD)	聚集度 (AI)
微规模 <0.7 hm^2	265.036	741	5.097	673.630	1.092	83.960
小规模 0.7～2.0 hm^2	1 099.834	873	6.004	810.788	1.099	90.171
中规模 2-4.73 hm^2	2 245.198	710	4.883	919.393	1.102	93.373
大规模 >4.73 hm^2	10 925.360	809	5.564	643.401	1.124	96.302

4. 2 研究区规模农地数量分布特征

4. 2. 1 规模农地数量分布格局

根据图 3 中研究区各类型规模农地的数量分布情况可以看出，微规模农地和小规模农地最大值均集中在巫山县县域内，中规模农地和大规模农地在奉节县达到最大值，在巫溪县数量最少，最小值分别为 70、83。其中，微规模农地数量分布空间分异

较大，巫山县内达到最大值 348，在开州区达到最小值，总数不足 50； 小规模农地数量则在开州区、云阳、巫溪、奉节 4 个区县内分布十分均匀，波动较小； 中规模农地数量整体分布特征较其他 3 种类型规模农地平均； 而大规模农地数量在除奉节县外的 4 个县域内分布较为均匀。近年来奉节县大力发展脐橙产业，果园种植基地扩张，故中、大规模农地数量多集中在奉节县，微、小规模则多集中在巫山县，除县域内峰丛洼地基数大这一因素影响外，也说明巫山县的转型农业发展速度较慢。

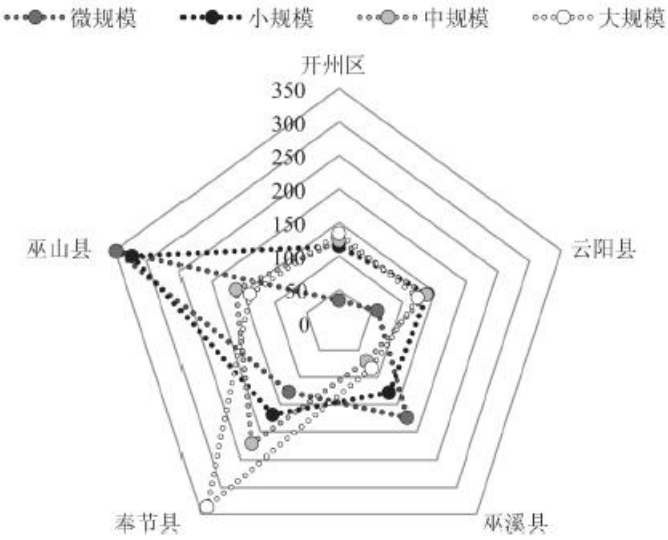


图 3 各县各类型规模农地数量分布图

Fig. 3 Quantitative Distribution Map of Different Types of Scale Farmland

4. 2. 2 规模农地数量分布的邻接性

已有研究表明，耕地质量的总体提高主要是由于耕地布局优化的结果[47]，通过对规模农地分布规律的把握可以提升耕地布局优化速度，而解析规模农地数量分布的邻接性则有助于了解规模农地发展过程的布局变化规律。从相同类型斑块尺度上看，随着斑块规模的增大，规模农地斑块 MNN 指数逐渐上升，同类型规模农地的邻接性不断降低，由于农户生计行为及农户之间的个人意愿影响，微规模农地之间的邻接性最为明显，规模增大后，农户之间呈现一种竞争态势，导致同类型规模农地之间的邻接性降低，但大规模农地斑块由于企业、农户联合等模式渗入，相互之间的邻接性反而最强。从不同类型斑块尺度上看(图 4) ，微规模农地和小规模农地之间的邻接性最强，说明微规模农地的发展阶段必然要经过小规模农地的演变过程； 小规模农地与其他 3 种规模农地之间的邻接性存在明显的递减关系，即在小规模农地最近距离处，微规模农地数量达到最大值，其次是中规模农地，再次是大规模农地； 随着距离的增加，中规模农地与大规模农地之间存在数量上的正相关关系，与微规模农地数量关系无明显波动； 大规模农地则与中规模、小规模农地的邻接性表现更明显，与微规模农地联系微弱。

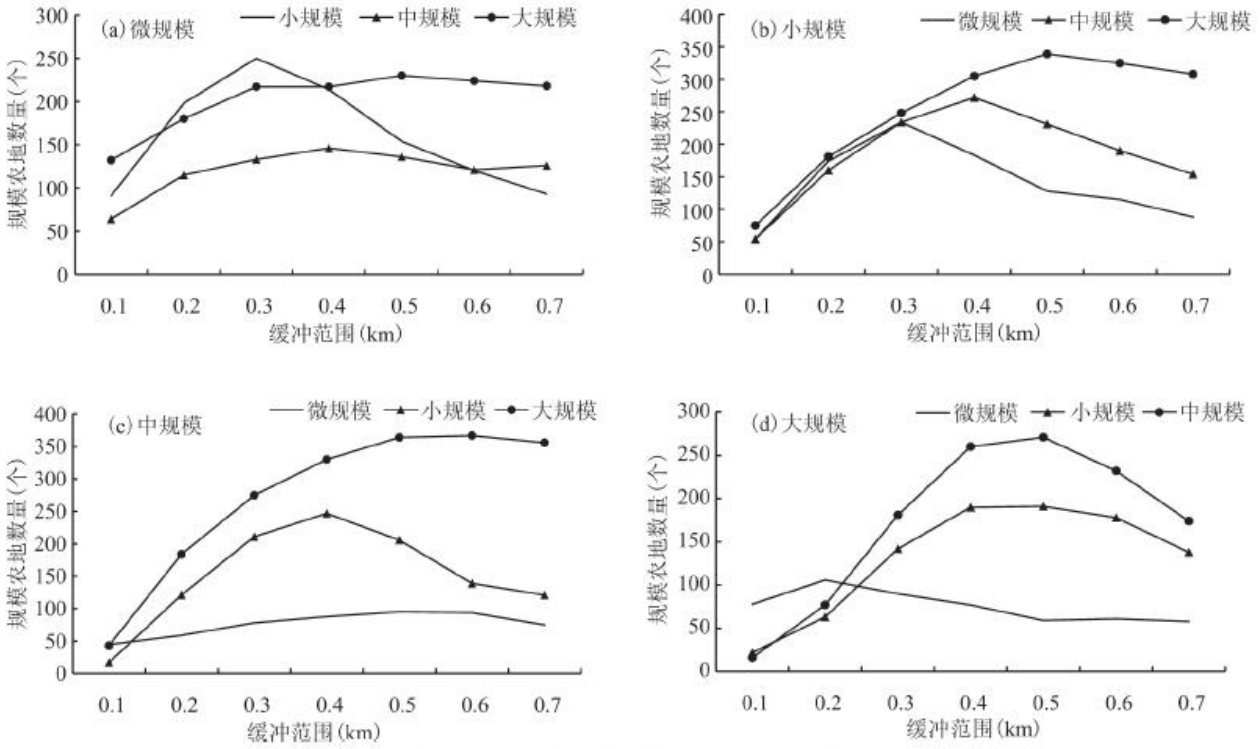


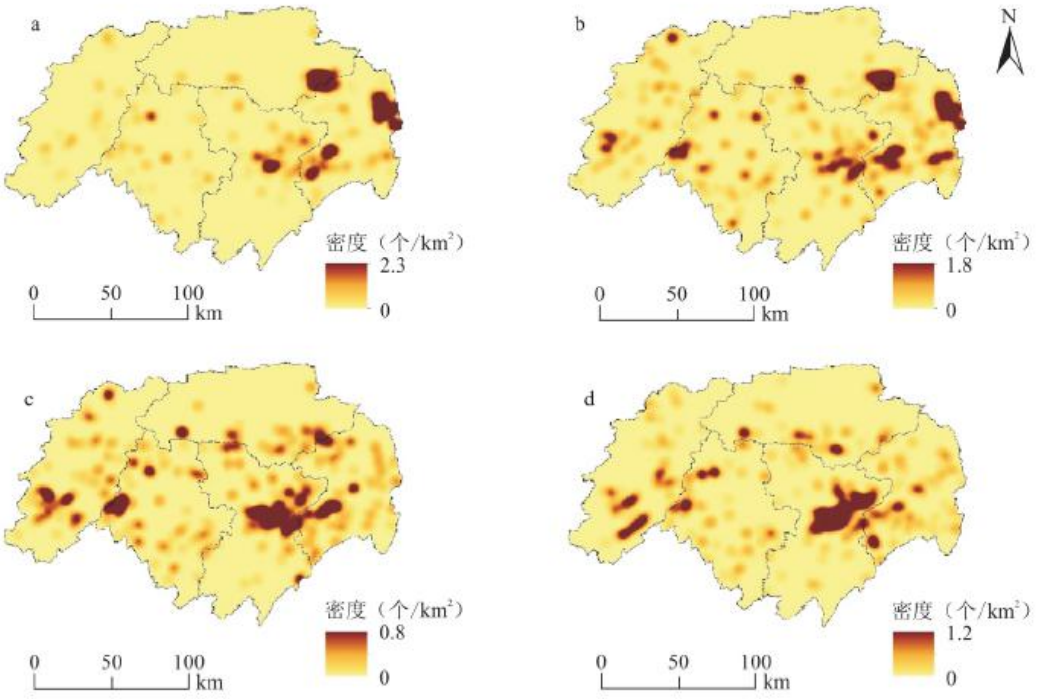
图4　不同类型规模农地的邻接性

Fig. 4　Adjacency of Different Types of Scale Farmland

在规模农地面积一定的条件下，规模农地自身的邻接性与其规模大小成负相关，但大规模农地的发展模式导致其自身邻接性的特殊性，这也与政府大力促进研究区内特色优势农业的发展政策联系密切，大规模农地一般以蔬菜、脐橙占多数，且种植条件相近、经济效益颇高，因此多出现在农户集中区域以联合模式发展来实现低成本、高效益、大规模的集聚。随着规模农地面积的扩张，交通、运输通道等基础设施的建设，会加强不同类型规模农地之间的连通性，不同类型的规模农地之间的邻接性随之增强，但整体上处于一种“固定”模式，即自下而上的强邻接性，表明规模农地的空间布局存在一种稳定规律，可以利用企业或农户联合带动个体农户，使不同类型规模农地之间“越级”产生联系，进而加快微规模农地向小规模、中规模甚至大规模农地的转变过程。

4. 3 研究区规模农地空间格局特征

在 ArcGIS 10. 2 中利用 Kernel Density 工具，将搜索半径设置为 5 000 km，计算不同类型的规模农地核密度估计值得到图 5。其中，微规模农地核密度最高值达到 2. 3 个/km^2，且密度最高值区域主要位于巫溪县的东南部、巫山县的东部与西部； 小规模农地核密度最高值为 1. 8 个/km^2，集中分布区域与微规模农地大致相同，但奉节县中部集聚范围稍大于微规模农地； 中规模农地整体分布较为分散，核密度值不到 1 个/km^2，主要集中分布在巫山县西部、奉节县中部、云阳县西部以及开州区南部；大规模农地核密度最高值可达到 1. 2 个/km2，主要集中在奉节县中部。



说明：a、b、c、d 分别代表微规模、小规模、中规模、大规模农地.

图 5　各类型规模农地核密度估计值分布图

Fig. 5　Distribution Map of the Kernel Density Estimation of Different Types of Scale Farmland

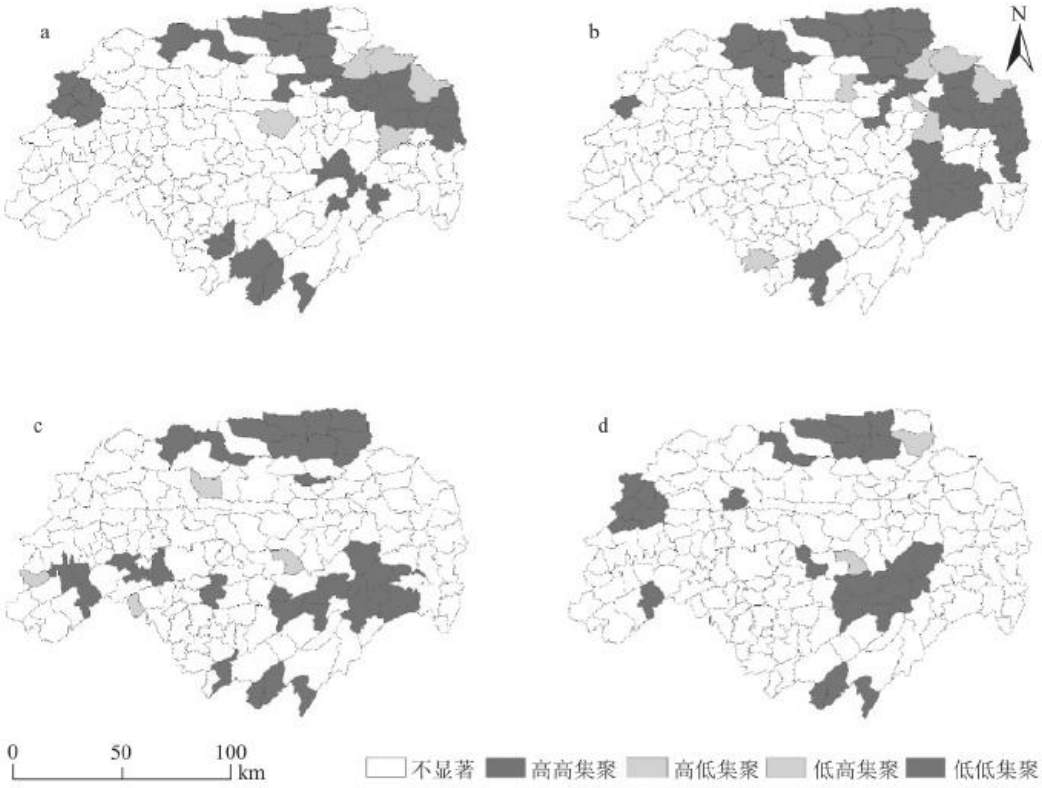
为进一步挖掘规模农地的空间分布规律，在核密度测算的基础上加入空间相关性分析。考虑到空间自相关分析对样本数量有一定的要求，本文以乡镇级行政区划单位作为空间分析单元，并在 ArcGIS 10. 2 中利用 Zonal Statistics as Table 工具按照乡镇统计规模农地核密度估计的均值，同时运用 Geoda 软件计算研究区各类型规模农地的全局 Moran’ I 指数(表 3) ，4 种类型规模农地的全局 Moran’ I 指数均大于 0，且均通过了显著性水平 Z 值(＞1. 96) 的检验，说明四种类型规模农地的核密度估计值均呈现显著的集聚分布态势，且大规模农地核密度高值集聚性更为显著。

表 3 各类型规模农地核密度估计值全局 Moran’ I 及 Z 值

	Moran ’ I	Z-value
微规模	0.354 3	8.003 6
小规模	0.308 0	6.563 1
中规模	0.330 4	6.692 8
大规模	0.412 8	8.298 5

为了直观反映各空间单元的局部自相关程度，以各空间单元核密度估计值的标准化值为横轴(Std-I) ，与核密度估计值相应的空间滞后向量为纵轴(Lag-I) ，利用 Geoda 软件计算研究区各空间单元规模农地核密度估计值的局部 Moran’s I。结合 ArcGIS10. 2 软件将各空间单元归属的类型进行匹配并绘制 LISA 集聚图，以揭示空间单元与其邻近单元同质和异质的局部特征变化及其地理分布，如图 6 所示。“高高集聚”类型表示规模农地核密度估计高值存在显著空间正相关；“低低集聚”类型表

示规模农地核密度低值存在显著空间正相关；“高低集聚”则表示规模农地核密度估计值局部空间差异较大，即空间单元核密度估计值较高，但周围地区估计值较低；“低高集聚”则与之相反，但空间异质性程度与高低集聚类型相近。



说明：a、b、c、d 分别代表微规模、小规模、中规模、大规模农地.

图 6　各类型规模农地核密度估计值的 LISA 集聚图

Fig. 6　LISA Cluster Map of the Kernel Density Estimation of Different Types of Scale Farmland

由图 6 中可以看出：微规模农地核密度高值显著集聚表现在巫溪的城厢镇、通城镇、兰英乡、花台乡，奉节的奉节县、永安镇、鹤峰乡，巫山的大昌镇、官阳镇、平河乡、竹贤乡、骡坪镇、大溪乡、铜鼓镇； 小规模农地核密度高值空间集聚与微规模农地类似，但在巫山的西南部乡镇有所增加，如曲尺乡、庙宇镇、巫峡镇、建平乡、官渡镇，以及东部的三溪乡； 中规模农地核密度高值集聚范围跨度较大，主要集聚分布在巫山的西南部，奉节的中部，如草堂镇、康坪乡、安坪乡、永安镇、永乐镇、新民镇，以及开州区的长沙镇、临江镇、竹溪镇、渠口镇，云阳的养鹿镇、高阳镇； 大规模农地核密度高值空间集聚则十分显著，主要集中分布在奉节中部，包括奉节县、朱衣镇、鹤峰乡、草堂镇、康坪乡、安坪乡、永安镇、永乐镇、新民镇。总体来看，微、小规模农地集聚分布区域主要以巫溪东南部、巫山东北及西南部为主，而中、大规模农地分布以奉节县中部为主要集聚区。总体上，各类型规模农地主要分布在长江以北平坝地区，且中、大规模农地在奉节县沿江区域表现出显著集聚性，这与奉节县为适应国家政策大力发展脐橙等经济作物种植产业密切相关； 微、小规模农地则主要集聚分布在巫山、巫溪县，由于峰丛洼地及中山地貌影响，农业发展受阻，转型农地难成规模。此现象表明，自然条件(地形地貌、河网密度) 与人文因素(道路建设、国家政策) 对于不同类型规模农地的空间分布影响很大，农地规模越大越趋向集聚于经济发展较快、服务设施齐全的沿江区域。

5 讨论

5. 1 研究区规模农地分布的影响因素

通过统计缓冲区内不同类型规模农地的数量，得到河流、行政中心与道路等自然经济因素对各类型规模农地数量分布的影响规律。研究发现，规模农地随着距离河流、省道、县道的增大呈现减小的趋势，而随着距离行政中心的增大则呈现先增大后减小的趋势(图 7)。在距河流 4 ～7 km 左右处，微、小规模农地数量呈现短暂的上升状态； 中、大规模农地数量依然表现出递减的趋势。说明农地规模越小，受河流的约束作用越小，反之农地规模越大，对于河流的灌溉作用需求越大。距离行政中心 4 ～6 km 左右处，不同规模农地数量均达到最大值，此后则均表现出不同程度的下降。表明规模农地的分布遵循市场经济的原则，以达到不占用城市发展资源目的的同时保证市场供应的交通经济合理化。考虑铁路与高速公路对规模农地研究影响较小，故仅从省道和县道两方面分析研究交通通达性对规模农地数量的影响。由于省道级别较高，且影响范围较大，规模农地数量整体表现出随省道距离增加而平缓递减的规律； 县道反映的规律与省道反映的变化规律一致，但递减趋势更为剧烈，且微、小规模农地数量在距县道 2 km 左右处达到最高值，表明县道的影响力度要稍强于省道。

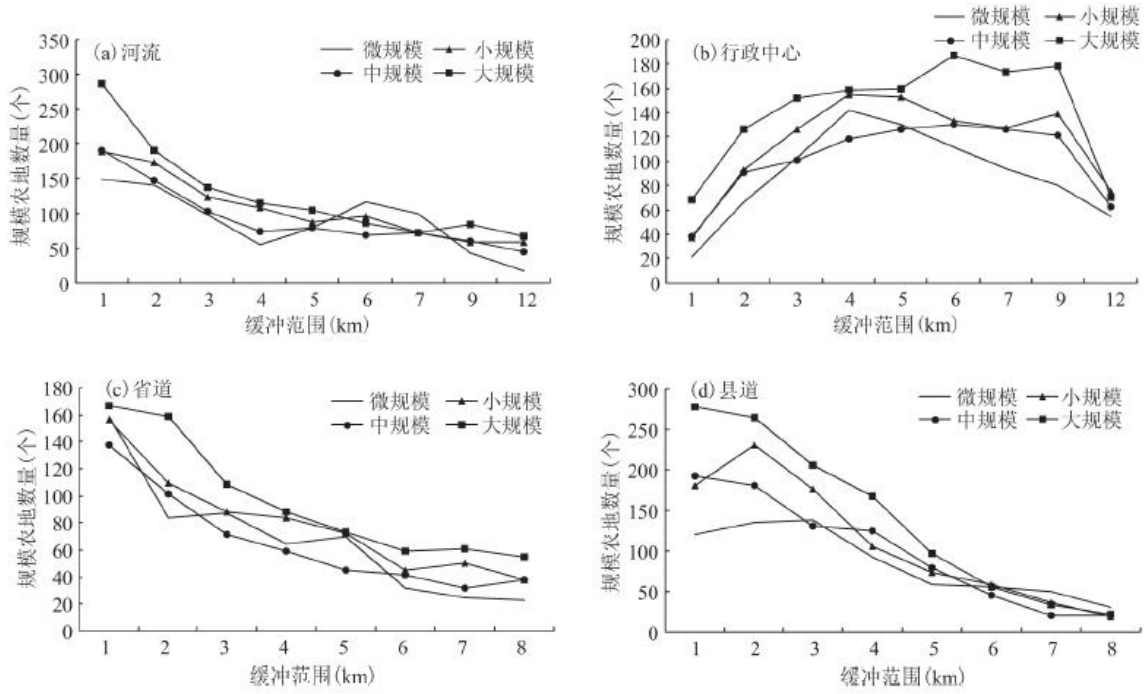


图 7 各类型规模农地与河流、道路距离的关系

Fig. 7 Relationship Between the Different Types of Scale Farmland and the Distance of Rivers and Roads

规模农地一般分布于地势平缓的中低山平坝区，由于自然因素影响也存在高山药材、高山反季节蔬菜等种植物，但整体多集中在河流附近。为了满足市场需求，规模农地的布局模式基本在靠近乡镇中心的适当范围内，同时靠近公路以便运输，且农地规模越大，其自身的发展性质决定其越接近道路、河流及市场供给地。

5. 2 研究区发展规模农地的现实意义

渝东北生态涵养发展区是重庆市农用地整治项目的主要分布区[48]，而规模农地作为农业转型的产物对于地区的土地整治进度、生态建设方向等具有指导意义。不同类型的规模农地相应代表着山区农业转型的各个发展阶段，微规模农地对应农地转型起步阶段，该阶段的农地面积规模较小，主要分布在巫山县与巫溪县相交处，基本以满足农户自给需求为主，对河流的灌溉作用依赖性弱，相对其他 3 种规模农地更靠近供给市场，对于交通的便捷性要求不高； 小规模农地对应农地转型发展阶段，主要

分布在巫山县东北部以及巫山县与奉节县交汇处，该阶段规模农地数量最多，农户追求经济效益扩大种植面积，地理位置更接近河流，县级道路对其影响较大； 中规模农地对应农地转型完善阶段，主要分布在奉节县中部以及云阳县东南部，该阶段规模农地之间联系较弱，以个体农户单一发展为主，对于河流、道路的依赖性呈现平稳的负相关趋势，即农地数量随着距离增大而减小，且市场供给范围扩大； 大规模农地对应农地转型成熟阶段，该阶段农地集中连片成规模，主要分布在奉节县中部沿江地区，相对其他 3 种规模农地而言，大规模农地与河流、道路距离的关系以及市场供给范围都呈现最高响应值，农户之间联合发展种植园、种植基地等“企业+基地+农户”模式，契合现代农业转型方向。

当前中国山区农业正处于极速转型阶段，研究区不同类型规模农地的空间分布规律揭示了不同程度的农业转型速率，以此采取有效手段对农地资源进行整合，有利于政府出台相应政策措施促进现代化农业产业链的发展。

6 结论

斑块尺度上，4 类规模农地的 NP 值相近，小规模农地 PD 值最大，即其景观破碎程度表现最为剧烈。同类型斑块之间，中规模农地 MNN 值最高，其斑块分布表现出相对离散的特点。由于山区地形影响， 农地规模越大其 AWMPFD 值越高，斑块形状越偏离正方形，且规模农地的集聚度 AI 与规模大小成正相关。

(2) 中、大规模农地数量多集中在奉节县，微、小规模则多集中在巫山县。相同类型规模农地自身的邻接性与其规模大小成负相关，但大规模农地由于特殊的发展模式存在强的邻接性； 不同类型的规模农地之间的邻接性会逐渐加强，但整体上处于一种“固定”模式，即自下而上的强邻接性。

(3)对不同类型规模农地进行核密度估测及核密度值的空间自相关分析，结果表明微、小规模农地主要集聚分布在巫山县以及巫溪县东南部； 而中、大规模农地则在奉节县中部沿江区域表现出显著集聚性，说明规模农地的发展与地理位置及各县的政府政策相符，而奉节县作为农业大县，对于农业转型的进度以及农业的发展速度要求较高。

(4)本文通过探讨三峡库区腹地规模农地的空间分布规律，发现规模农地一般分布于地势平缓的中低山平坝区，且接近道路、河流及市场供给地。进而反映不同类型规模农地所代表的农业转型阶段，为重庆市典型山区的耕地变化形式、土地利用模式提供科学依据和指导，以期为政府制定相关政策保障山区粮食安全，推进耕地转型进程。

参考文献:

［1］ 龙花楼． 国内土地利用转型研究的前沿探索［C］//2016 中国新时期土地资源科学与新常态创新发展战略研讨会暨中国自然资源学会土地资源研究专业委员会 30 周年纪念会论文集． 中国自然资源学会土地资源研究专业委员会、中国地理学会农业地理与乡村发展专业委员会、中国城乡发展智库联盟，2016: 12.

【LONG H L. Frontier exploration of land use transition research in china［C］//2016 China’s new era of land resources science and the new normal innovation development strategy seminar and China Natural Resources Institute of land resources research Specialized Committee, the 30 anniversary of the proceedings. China Natural Resources Institute land resources research Specialized Committee, Agricultural geography and rural development Specialized Committee, China Association for urban and rural development think tank, 2016: 12. 】

［2］ 龙花楼． 论土地利用转型与乡村转型发展［J］． 地理科学进展，2012，31(2) : 131－138.

【LONG H L. Land use transition and rural transformation development［J］. Progress in Geography, 2012,

31 (2) : 131 －138. 】

［3］ 万宝瑞. 当前我国农业发展的趋势与建议［J］. 农业经济问题，2014，4: 4－7.

【WAN B R. Trends and suggestions of agricultural development in China［J］. Issues in Agricultural Economy，2014，4: 4－7. 】

［4］ 杨磊，郧文聚. 加快良田建设促进农业转型———对宁夏高标准基本农田建设的认识与思考［J］. 中国土地，2013(9) : 57－58.

【YANG L，YUN W J. Speeding up the construction of farmland and promoting the transformation of Agriculture—understanding and Thinking on the construction of high standard basic farmland in Ningxia［J］. China Land，2013(9) : 57－58. 】

［5］ 宋小青，吴志峰，欧阳竹. 1949 年以来中国耕地功能变化［J］. 地理学报，2014(4) : 435－447.

【SONG X Q，WU Z F，OUYANG Z. Changes of cultivated land function in China since 1949［J］. Acta Geographica Sinica，2014(4) : 435－447. 】

［6］ 赵华甫，张凤荣. 耕地保护方向待转———从单一功能到多功能的演变交替［J］. 中国土地，2010(10) : 19－20.

【ZHAO H F，ZHANG F R. The direction of cultivated land protection needs to be transferred—the evolution of a single function to multi function［J］. China Land，2010 (10) : 19 －20. 】

［7］施园园，赵华甫，郧文聚，等. 北京市耕地多功能空间分异及其社会经济协调模式解释[J]. 资源科学，2015 (02) :247－257.

【SHI Y Y，ZHAO H F，YUN W J，et al. Analysis on spatial differentiation of arable land multifunction and socio economic coordination model in Beijing［J］. Resources Science，2015(02) : 247－257. 】

［8］ FLESKENS L，DUARTE F，EICHER I. A conceptual framework for the assessment of multiple functions of agro － ecosystems:A case study of Trás-os-Montes olive groves［J］. Journal of Rural Studies，2009，25(1) : 141－155.

［9］ 李兵，吴平. 我国山区耕地开发利用研究进展［A］. 中国自然资源学会土地资源研究专业委员会、中国地理学会农业地理与乡村发展专业委员会. 中国山区土地资源开发利用与人地协调发展研究［C］. 中国自然资源学会土地资源研究专业委员会、中国地理学会农业地理与乡村发展专业委员会，2010: 4.

【LI B，WU P. Progress on Utilization and Development of Mountainous Cultivated Land in China［A］. China Natural Resources Institute land resources research Specialized Committee，Agricultural geography and rural development Specialized Committee. Study on the development and utilization of land resources and the coordinated development of human and land in mountainous areas of China［C］. China Natural Resources Institute land resources

research Specialized Committee, Agricultural geography and rural development Specialized Committee, 2010:4. 】

［10］ 花晓波，阎建忠，王琦，等． 大渡河上游河谷与半山区耕地利用集约度及影响因素的对比分析［J］． 农业工程学报，2013，20: 234－244.

【HUA X B, YAN J Z, WANG Q, et al. Comparative analysis on influencing factors of cultivated land use intensity in valley and middle mountain area of upper Dadu River watershed［J］. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 20: 234－244. 】

［11］DEININGER K. Land markets in developing and transition economies:impact of liberalization and implications for future reform［J］． American Journal of Agricultural Economics，2003，85(5) : 1217－1222.

［12］ Tan S H，Heerink N，Qu F T. 2006. Land fragmentation and its driving forces in China. Land Use Policy，23(3) : 272－285.

［13］ 张英，李秀彬，宋伟，等． 重庆市武隆县农地流转下农业劳动力对耕地撂荒的不同尺度影响［J］． 地理科学进展，2014(04) : 552－560.

【ZHANG Y, LI X B, SONG W, et al. Effect of agricultural laborer on cropland abandonment under land circulation at different levels in Wulong County, Chongqing City［J］． Progress in Geography, 2014(04) : 552－560. 】

［14］ 邵景安，张仕超，李秀彬． 山区土地流转对缓解耕地撂荒的作用［J］． 地理学报，2015(04) : 636－649.

【SHAO J A, ZHANG S C, LI X B. The role of rural farmland transfer in preventing farmland abandonment in the mountainous areas［J］． Acta Geographica Sinica, 2015(04) : 636－649. 】

［15］ SKLENICKA P，JANOVSKA V，SALEK M，et al. The farmland rental paradox: Extreme land ownership fragmentation as a new form of land degradation. Land Use Policy，2014，38: 587－593.

［16］ 王永艳，李阳兵，邵景安，等． 基于斑块评价的三峡库区腹地坡耕地优化调控方法与案例研究［J］． 生态学报，2014，12: 3245－3256.

【WANG Y Y, LI Y B, SHAO J A, et al. Optimizing theory and case studies of cultivated slope land in the center of three gorges reservoir area based on patch-scale land evaluation［J］. Acta Ecologica Sinica, 2014, 12: 3245－3256. 】

［17］ 甘彩红，李阳兵，邵景安，等． 三峡库区腹地县域耕地压力研究———以奉节县 27 个乡镇为例［J］． 资源科学，2014，7: 1365－1373.

【GAN C H, LI Y B, SHAO J A, et al. Analysis of County Scale Cultivated Land Pressure in the Central Region of the Three Gorges Reservoir Area: A Case Study of 27 Towns in Fengjie County, Chongqing［J］． Resources Science, 2014，7:1365－1373. 】

［18］ 李升发，李秀彬． 耕地撂荒研究进展与展望［J］． 地理学报，2016，3：370－389.

【LI S F，LI X B． Progress and prospect on farmland abandonment［J］. Acta Geographica Sinica，2016，3：370－389.】

［19］ 宋小青，吴志峰，欧阳竹． 耕地转型的研究路径探讨［J］. 地理研究，2014，3：403－413.

【SONG X Q，WU Z F，OUYANG Z． Route of cultivated land transition research［J］． Geographical Research，2014，3：403－413.】

［20］ 朱连奇，钱乐祥，刘静玉，等． 山区农业土地利用模式的设计［J］． 地理研究，2004，4：479－486.

【ZHU L Q,QIAN L X,LIU J Y,et al. Study on the models of agricultural land use in mountainous area[J]. Geographical Research，2004，4：479－486.】

［21］ MENG Q H，FU B J，YANG L Z． Effects of land use on soil erosion and nutrient loss in the Three Gorges Reservoir Area，China［J］． Soil Use and Management，2001，17（4）：288 －291.

［22］ 骆永菊． 三峡腹地贫困山区经济支撑框架构建及产业发展路径选择［J］． 农村经济，2004，4：31－33.

【LUO Y J． The construction of economic support framework and the choice of the path of industrial development in the Three Gorges hinterland［J］． Rural Economy，2004，4：31－33.】

［23］ GRAINGER A． The forest transition：An alternative approach. Area，1995，27(3)：242－251.

［24］ 龙花楼，李秀彬． 区域土地利用转型分析———以长江沿线样带为例［J］． 自然资源学报，2002，2：144－149.

【LONG H L，LI X B． Analysis on regional land use transition A case study in transect of the Yangze River. Journal of Natural Resources，2002，17(2)：144－149.】

［25］ VERBURG P H，VAN D S J，VELDKAMP A，et al． From land cover change to land function dynamics：a major challenge to improve land characterization［J］． Journal of Environmental Management，2009，90(3)：1327－1335.

［26］ 龙花楼． 论土地利用转型与土地资源管理［J］． 地理研究，2015，9：1607－1618.

【LONG H L． Land use transition and land management［J］. Geographical Research，2015，9：1607－1618.】

［27］ 龙花楼．《西南丘陵山区村落居住空间重构研究》评述［J］. 地理学报，2016，6：896.

【LONG H L. Review on the reconstruction of village residential space in the hilly and mountainous areas of Southwest China［J］． Acta Geographica Sinica，2016，6：896.】

［28］ 许发圣． 山区耕地平衡的问题与对策［J］． 中国土地，2005，5：39－40.

【XU S F. Problems and Countermeasures of cultivated land balance in Mountainous Areas [J]. China Land, 2005, 5: 39 －40. 】

[29] 张华，尹奇. 川西山区耕地使用权流转现状及制约因素实证分析———以四川省雅安为例 [J]. 资源与产业，2010，2: 67－72.

【ZHANG H, YIN Q. An empirical analysis on the current situation and restrictive factors of the circulation of cultivated land use rights in Western Sichuan Province—a case study of Ya an, Sichuan [J]. Resources and Industries, 2010, 2: 67－72. 】

[30] 宋小青，欧阳竹. 1999 ～ 2007 年中国粮食安全的关键影响因素 [J]. 地理学报，2012，67(6) : 793－803.

【SONG X Q, OUYANG Z. Key influencing factors of food security guarantee in China during 1999－2007 [J]. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(6) : 793－803. 】

[31] 王娟，吴海涛，丁士军. 山区农户生计转型及其影响因素研究———以滇西南为例 [J]. 中南财经政法大学学报，2014(5) : 133－140.

【WANG J, WU H T, DING S J. A study on the transformation of rural households' livelihood and its influencing factors—a case study of Southwest Yunnan [J]. Journal of Zhongnan University of Economics and Law, 2014(5) : 133－140. 】

[32] 宋小青，欧阳竹. 耕地多功能内涵及其对耕地保护的启示 [J]. 地理科学进展，2012(7) : 859－868.

【SONG X Q, OUYANG Z. Connotation of Multifunctional Cultivated Land and Its Implications for Cultivated Land Protection [J]. Acta Geographica Sinica, 2012(7) : 859－868. 】

[33] PENG J, LIU Z, LIU Y, et al. Multifunction ality assessment of urban agriculture in Beijing City, China [J]. Science of the Total Environment, 2015, 537: 343－351.

[34] 宁爱凤，刘友兆. 城市化进程中农业多功能变化的理性思考 [J]. 农村经济，2012，10: 87－90.

【NING A F, LIU Y Z. Rational thinking on the multi function change of agriculture in the process of Urbanization [J]. Rural Economy, 2012, 10: 87－90. 】

[35] 李兵，吴平. 我国山区耕地开发利用研究进展 [C]. 2010 全国山区土地资源开发利用与人地协调发展学术研讨会，2010.

【LI B, WU P. Progress on Utilization and Development of Mountainous Cultivated Land in China [C]. 2010 Symposium on the development and utilization of land resources and the coordinated development of man and land in the mountainous areas of China, 2010. 】

[36] 刘成武，李秀彬. 基于生产成本的中国农地利用集约度的变化特征 [J]. 自然资源学报，2006(1) : 9－15.

【LIU C W，LI X B. The changing characteristics of the agricultural land use intensity in China based on the production cost [J]. Journal of Natural Resources，2006(1) : 9—15. 】

[37] AMJATH-BABU，T. S. KAECHELE H. Agricultural system in selected Indian states: What do the related indicators say about the underlying biodiversity changes and economic trade-offs? [J]. Ecological Indicators，2015(57) : 171—181.

[38] 杨培，王磊，张楠，等. 国内外家庭农场规模研究综述 [J]. 中国农学通报，2016，14: 200—204.

【YANG P，WANG L，ZHANG N，et al. Family Farms' Scale at Home and Abroad [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin，2016，14: 200—204. 】

[39] 钱克明，彭廷军. 我国农户粮食生产适度规模的经济学分析 [J]. 农业经济问题，2014，3: 4—7.

【QIAN K M，PENG T J. Economic Analysis on the moderate scale of farmers' grain production in China [J]. Issues in Agricultural Economy，2014，03: 4—7. 】

[40] 朱启臻，胡鹏辉，许汉泽. 论家庭农场: 优势、条件与规模 [J]. 农业经济问题，2014，7: 11—17.

【ZHU Q Z，HU P H，XU H Z. Discussion about Family Farm:Advantage [J]. Requirement and Scale，2014，7: 11—17. 】

[41] 邵砾群，陈海滨，夏显力，等. 美国农业转型的经验及其对中国的启示 [J]. 农业经济，2012，11: 6—8.

【SHAO L Q，CHEN H B，XIA X L，et al. The experience of American agricultural transformation and Its Enlightenment to China [J]. Rural Economy，2012，11: 6—8. 】

[42] 池源，石洪华，王恩康，等. 庙岛群岛北五岛景观格局特征及其生态效应 [J]. 生态学报，2017，37 (4) : 1270—1285.

【CHI Y，SHI H H，WANG E K，et al. Landscape pattern characteristics and ecological effects on five northern islands of Miaodao Archipelago [J]. Acta Ecologica Sinica，2017，37(4) : 1270—1285. 】

[43] 王远飞，何洪林. 空间数据分析方法 [M]. 北京: 科学出版社，2007: 66—71.

【WANG Y F，HE H L. Spatial data analysis method [M]. Beijing:Science Press，2007: 66—71. 】

[44] SHI S. Selection of band width type and adjustment side in kernel Density estimation over in homogeneous backgrounds [J]. Geographical Information Science，2010，24(5) : 643 —660.

[45] 李武艳，朱从谋，王华，等. 浙江省耕地质量多尺度空间自相关分析 [J]. 农业工程学报，2016，23: 239—245.

【LI W Y，ZHU C M，WANG H，et al. Multi-scale spatial autocorrelation analysis of cultivated land quality in

Zhejiang province [J]. Transactions of the CSAE, 2016, 23: 239－245. 】

［46］ 姜广辉，赵婷婷，段增强，等. 北京山区耕地质量变化及未来趋势模拟［J］. 农业工程学报，2010，(10)：304－311.

【JIANG G H, ZHAO T T, DUAN Z Q, et al. Cultivated land quality change and its future trend modeling in Beijing mountainousarea [J]. Transactions of the CSAE, 2010, (10) : 304－311. 】

［47］ 孟斌，王劲峰，张文忠，等. 基于空间分析方法的中国区域差异研究［J］. 地理科学，2005，25(4)：394－400.

【MENG B, WANG J F, ZHANG W Z, et al. Evaluation of regional disparity in China based on spatial Analysis [J]. Scientia Geographica Sinica, 2005, 25(4) : 394－400. 】

［48］范垚,杨庆媛,马寅华,等. 重庆市农用地整治项目时空分异特征研究[J]. 长江流域资源与环境,2016,25(9) :1347－1357.

【FAN Y, YANG Q Y, MA Y H, et al. Research on temporal and spatial variation of farmland consolidation projects in Chongqing [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2016, 25(9) : 1347－1357. 】