

农用地集约利用水平与建设用地规模时空耦合分析 ——以湖南省为例

龙明璐, 贺清云

(湖南师范大学 资源与环境科学学院, 长沙 410081)

摘 要:为了缓解快速城镇化发展中建设用地和农用地的争地矛盾,促进经济建设和农业之间的协调发展,综合运用耦合协调模型、空间自相关模型,以湖南省 109 个区(县、市)为研究对象,分析了 2010—2016 年农用地集约利用水平与建设用地规模的时空演变特征及其协调关系。结果表明:(1) 农用地集约利用水平和建设用地规模的全局空间自相关 Moran's I 指数均为正且有上升趋势,在空间上具有高、低值集聚分布的正相关特征;(2) 湘西和湘中南大多数区(县、市)建设用地规模和农用地集约利用水平的耦合协调度小于 0.4,呈非耦合协调状态,但 2010—2016 年向好趋势明显,衡阳市发展迅速;(3) 各个区(县、市)在不同的经济、社会发展条件和自然因素影响下形成不同的建设用地规模和农用地集约利用水平,未来要进一步因地制宜采取措施,促进协调发展。

关键词:农用地集约利用; 建设用地规模; 耦合协调性; 空间相关性; 湖南省

中图分类号:F301.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2020)02-0330-07

Analysis on Spatial-Temporal Coupling of Intensive Utilization of Agricultural Land and Construction Land Scale —Taking Hunan Province as an Example

LONG Minglu, HE Qingyun

(College of Resources and Environment Science, Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

Abstract: In order to alleviate the contradiction between construction land and agricultural land in the process of rapid urbanization development, and promote the coordinated development level between economic construction and agriculture, 109 districts (counties and cities) in Hunan Province were used as the research samples. Based on the coupling coordination model and spatial autocorrelation model, the spatiotemporal evolution characteristics and coordination relationship between the intensive utilization level of agricultural land and the scale of construction land in 2010—2016 were analyzed. The results showed that: (1) the global spatial autocorrelation Moran's I index of agricultural land intensive utilization level and construction land scale was positive and upward trend, which had positive correlation characteristics in spatial distribution; (2) the coupling coordination degree of the scale of construction land and the intensive utilization level of agricultural land in most districts (counties and cities) in western Hunan and central and southern Hunan was less than 0.4, which was in a non-coupled coordination state, but the positive trend was obvious between 2016 and 2010, and the Hengyang City developed rapidly; (3) social and economic conditions and natural factors affected the spatial layout of construction land scale and intensive use of agricultural land, and measures should be taken to promote coordinated development in line with local conditions.

Keywords: agricultural land intensity utilization; construction land scale; coupling coordination model; spatial autocorrelation; Hunan Province

建设用地的扩张成为发展中国家土地利用变化的一大重要特征,务工农民两头占地^[1]、政府部门为获得更多的土地财政更趋向于选择增量供给方式^[2]是建设用地扩张的两种主要形式。在后备土地资源不足的情况下建设用地不可避免地要侵占农用地,从而产生了争地矛盾。国家为促进土地资源优化与协调利用,一方面通过增存挂钩等政策严格控制建设用地扩张,另一方面在中央一号文件中强调通过稳定产量、建设高标准农田、优化农业结构、突破农业关键技术实现农业的集约发展。建设用地规模控制和农用地集约利用是协调发展的要义,建设用地扩张对农用地的数量、质量、形态等产生重要影响,同时农用地的集约利用是缓解与建设用地之间争地矛盾最重要的形式,两者相互影响、相互制约。建设用地规模与农用地集约利用之间能否协调成为缓解用地矛盾的重要一环。

有关建设用地增长的研究主要分为两部分,一是建设用地增长的驱动力研究,或运用计量方法对各个驱动因子进行综合研究^[3],或有针对性地分析建设用地扩张与单个驱动因子之间的相关关系^[4-7]。另一研究重点则是建设用地时空演变研究,包括建设用地整体和内部结构两方面的时空演变研究^[8-9],还有对建设用地未来发展趋势的仿真模拟^[10]。建设用地规模不断扩大的同时农用地持续减少,且有研究认为农用地集约利用水平的变化有时比面积锐减更能影响我国的粮食安全^[11]。因此,农用地集约利用在近几年也成为研究热点,从国家级到乡镇级的研究均有^[12-16]。研究方法涉及主成分分析法^[13]、因子分析法^[17]、层次分析法^[18]、BP 神经网络^[19]等,并已有较成熟的评价指标体系,但是多局限在评价的范围内,缺乏进一步拓展。综上,目前的研究多基于对建设用地或农用地单方面的面积变化、空间分布和机理研究,统筹研究方面则多以城乡分区的视角进行城乡协调发展研究,鲜有地类视角的时空协调研究。在研究模式上,建设用地扩张和农用地集约评价多进行单个区域的研究,缺乏横向对比性。多区域研究则多为静态研究,缺乏纵向对比性。动态研究的区域尺度一般较大,指导的针对性较弱。

湖南作为农业大省和经济发展迅速的中部枢纽,研究其建设用地规模与农用地集约利用水平之间的耦合协调关系具有代表性。本文利用面板数据,通过计算建设用地规模和农用地集约利用水平,分析两者之间的耦合协调性,旨在回答以下问题:第一,建设用地规模和农用地集约利用耦合协调度的时空演变特征;第二,分析空间分布格局产生的机理,为缓解争地矛盾提供参考。

1 研究区概况

本文选取湖南省 109 个区(县、市)作为研究区域。湖南位于中部“一中心、四区”地区,是“泛珠三角”计划中的一员,经济发展不可避免要扩大建设用地面积,同时湖南作为农业大省,在国家粮食安全保障战略中占有重要地位。根据湖南省 2010 年土地利用现状数据和《湖南省土地利用规划(2006—2020 年)》(2017 年修订版)的规划数据,预计 2010—2020 年 10 年间,全省新增建设用地 186 764 hm²,其中 136 541 hm²来自农用地。2010—2016 年,湖南省城市、建制镇、村庄面积均呈上涨趋势,“两头占地”情况突出。各个区(县、市)均有新增建设用地,从 85.13 hm²(武陵源区)到 3 885.29 hm²(望城区)不等。农用地呈递减趋势,除澧县、安乡县、汉寿县和宁远县外,其余区县农用地缩减面积从 25.10 hm²(资阳区)到 3 597.13 hm²(望城区)不等。大湘西地区、湘南地区生态环境脆弱,环洞庭湖区是国家级农产品产区,建设用地和农用地争地矛盾突出。

2 研究方法数据来源

2.1 研究方法

2.1.1 建设用地规模的评定 建设用地规模采用各个评价单元建设用地之和与总面积的比来衡量。

$$B_{ij} = (S_1 + S_2 + S_3) / S_i \quad (1)$$

式中: B_{ij} 为*i*区(县、市)第*j*年的建设用地规模; S_1 为城镇村及工矿用地面积; S_2 为交通水利运输用地面积; S_3 为其他建设用地面积; S_i 为*i*区(县、市)的总面积。

2.1.2 农用地集约利用水平的评价

(1) 指标体系与权重。土地集约利用是指通过合理增加土地投入和更深层次的利用,实现综合产出最大化的同时保证可持续发展。因此,本文结合前人的相关研究,考虑到指标选取的科学性、综合性和代表性,结合研究区域的实际情况,从土地投入强度、土地利用强度、土地产出效益、土地持续状态 4 个方面选取 12 个指标对农用地集约利用情况进行评价。通过 X_1 、 X_2 和 X_3 从人力、设施、技术投入 3 个方面综合表现农用地投入的强度。通过 X_4 表现利用效率, X_5 反映农用地的反复利用程度,薄膜可起到保温、保墒、防止肥料流失、防虫等作用,因此采用 X_6 反映土地利用的精细程度,以上 3 个指标综合效率、重复利用次数和精细程度来反映土地利用强度。 X_7 通过粮食单产反映土地的利用效率, X_8 则能充分反映所经营的农产品经济价值高低,再结合 X_9 的人力投入—产出比从土地和人力两方面综合反映土地的产出效益。在追求地均和人均产出

最大化的同时还要注重土地的可持续利用。于是采用 X_{10} 反映自然灾害对农用地的影响,选用 X_{11} 反映地区生态环境的稳定程度,通过 X_{12} 表现农用地的承

载能力,从这 3 个方面体现地区农用地的可持续能力。利用极值标准化法对指标数据进行标准化处理,再运用熵值法对指标权重进行计算(表 1)。

表 1 农用地集约利用水平评价指标

目标层	准则层	指标层	表达式	权重
农用地 集约利 用水平	土地投入强度	人力投入指数(X_1)	农业从业人员/农用地面积	0.0600
		机械动力投入指数(X_2)	农业机械总动力/农用地面积	0.1894
		灌溉指数(X_3)	有效灌溉面积/农用地面积	0.0379
	土地利用强度	机耕指数(X_4)	机耕面积/耕地面积	0.1004
		复种指数(X_5)	粮食播种面积/耕地面积	0.0213
		薄膜使用指数(X_6)	薄膜使用量/农用地面积	0.2431
		粮食单产指数(X_7)	粮食总产量/粮食播种面积	0.0106
	土地产出效益	人均经济生产指数(X_8)	农林牧渔总产值/农业从业人数	0.1260
		农用地产值密度指数(X_9)	农林牧渔总产值/农用地面积	0.1287
		稳产指数(X_{10})	$1-(\text{农业自然灾害成灾面积}/\text{农用地面积})$	0.0037
	土地持续状态	森林覆盖指数(X_{11})	林地面积/总面积	0.0390
		粮食安全指数(X_{12})	粮食总产量/常住总人口/400	0.0398

(2) 评价方法。根据上述标准化处理的数据和熵权法求得的权重,运用加权求和的方法计算农用地集约利用水平。

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^n W_k T_k$$

(2)

式中: A_{ij} 为 i 区(县、市)第 j 年的农用地集约利用水平; W_k 为各个指标权重; T_k 为各项指标标准化值,其中 $k=1,2,3\cdots,12$ 。 A_{ij} 越大表示农用地集约利用水平越高。

2.1.3 耦合协调度模型 本文利用耦合协调度模型来衡量评价单元建设用地规模与农用地集约利用水平之

间相互影响的程度。其中,协调度仅反映两者的一致程度,而耦合协调度能表现两者协调质量的高低。

$$C = \sqrt{\frac{B_{ij} \cdot A_{ij}}{(B_{ij} + A_{ij})^2}}$$

(3)

$$D = \sqrt{C \cdot T}$$

(4)

$$T = \alpha B_{ij} + \beta A_{ij}$$

(5)

式中: C 为耦合度; D 为耦合协调度; T 为建设用地规模与农用地集约利用的综合评价指数。结合已有研究^[20-21]和专家意见,本文确定待定系数 $\alpha=0.5, \beta=0.5$ 。通过参考前人经验,将 D 值分为 9 个等级(表 2)。

表 2 耦合协调度等级

耦合协调度	(0,0.2]	(0.2,0.3]	(0.3,0.4]	(0.4,0.5]	(0.5,0.6]	(0.6,0.7]	(0.7,0.8]	(0.8,0.9]	(0.9,1]
协调等级	严重失调	中度失调	轻度失调	濒临失调	勉强协调	轻度协调	中度协调	良好协调	优质协调

2.1.4 空间自相关模型

(1) 全局空间自相关。全局空间自相关用于描述某一变量是否与其相邻空间点存在显著的相关性,本文采用 Moran's 指数来分别分析建设用地规模与农用地集约利用水平在空间上与领域的关联程度。计算方法如下:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{q=1}^n W_{iq} (X_i - \bar{X})(X_q - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n \sum_{q=1}^n W_{iq} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

(6)

式中: I 为全局自相关指数; X_i 和 X_q 分别为 i, q 区(县、市)的某一属性值, \bar{X} 为湖南省该属性的平均值; W_{iq} 为 i 和 q 之间的空间关联测度(相邻为 1,不相邻为 0)。 I 取值范围为 $[-1,1]$,正值表示变量空间正相关,负值表示变量空间负相关。

(2) 局部空间自相关。本文引入局部空间自相

关来弥补全局空间自相关不能反映局部地区聚类情况的缺陷。通过运用 LISA 指数来反映耦合协调度的空间聚类关系。其表达式如下:

$$I_i = \frac{n (X_i - \bar{X}) \sum_{q=1}^n W_{iq} (X_q - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

(7)

式中: I_i 为局部空间自相关指数; X_i 和 X_q 分别为 i, q 区(县、市)耦合协调度; \bar{X} 为湖南省耦合协调度的平均值; W_{iq} 为采用 Queen 连接、邻接的秩为 1 的空间权重矩阵。

2.2 数据来源

研究对象为湖南省 109 个区(县、市)(因长沙县等 13 个区(县、市)在研究期间行政范围进行了调整,无法进行连续对比分析,故未在研究对象之列)。历年地类面积数据来自湖南省土地利用现状变更调查数据,地类

划分采用规划基数分类。农用地集约利用评价数据和 GDP 数据来自 2010—2017 年的《湖南省农村统计年鉴》和《湖南省统计年鉴》,或通过从中获取的数据计算得来。其中缺少 2013 年的农业从业人数,采用相邻年份插补获得。平均坡度通过 LSV 下载 30 m 分辨率 DEM 高程数据,在 ArcGIS 10.2 中通过处理获得。

3 结果与分析

3.1 建设用地规模与农用地集约利用水平分析

3.1.1 全局空间自相关特征 从表 3 可以看出,3 个时段的 Global Moran's I 指数均大于 0, Z 值全部通过 0.01 置信水平下的显著性检验,表明湖南省建设用地规模和农用地集约利用水平的空间分布均呈正相关特征。建设用地规模的 Moran's I 值均超过 0.68,说明其在空间上高值和低值集聚分布特征明显。农用地集约利用水平的空间关联性在 2016 年有很大的提升,空间集聚特征越发突出。

3.1.2 局部演化特征 由图 1 可知,湖南省建设用地规模在空间上以长株潭城市群、岳阳市、常德市、娄底市、邵阳市和衡阳市的中心城区为高值核心,湘西、湘南为低值集聚区。研究期间,建设用地占比 47.1%

~90%的区(县、市)从 15 个到 16 个再到 18 个,增长最大的是雁峰区,超过 0.1,其余区县均未超过 0.08。如图 2 所示,农用地集约利用水平在 0.209~0.703 的区(县、市)由 5 个增加至 17 个,0.070~0.104 的区(县、市)由 67 个下降至 42 个。表明湖南省 6 a 间农用地集约利用水平提升大,且 2013—2016 年的增速较 2010—2013 年快。其中冷水江市因机械动力投入大、天心区因农用地产值密度提升快,增幅均超过 0.1,其余区(县、市)都小于 0.059。总体来看,农用地集约利用水平的空间差异较建设用地规模小,在 2016 年形成北部环洞庭湖区—中部长株潭城市群—南部衡阳市的线状高值区。

表 3 建设用地规模与农用地集约利用水平全局相关指数

比较项	指数分析项	2010 年	2013 年	2016 年
建设用地规模	Moran's I	0.688263	0.688653	0.686514
	预期指数	-0.00926	-0.00926	-0.00926
	Z 得分	11.42043	11.30661	11.21549
	p 值	0	0	0
农用地集约利用水平	Moran's I	0.196191	0.195622	0.412522
	预期指数	-0.00926	-0.00926	-0.00926
	Z 得分	5.831671	6.136877	6.136877
	p 值	0	0	0

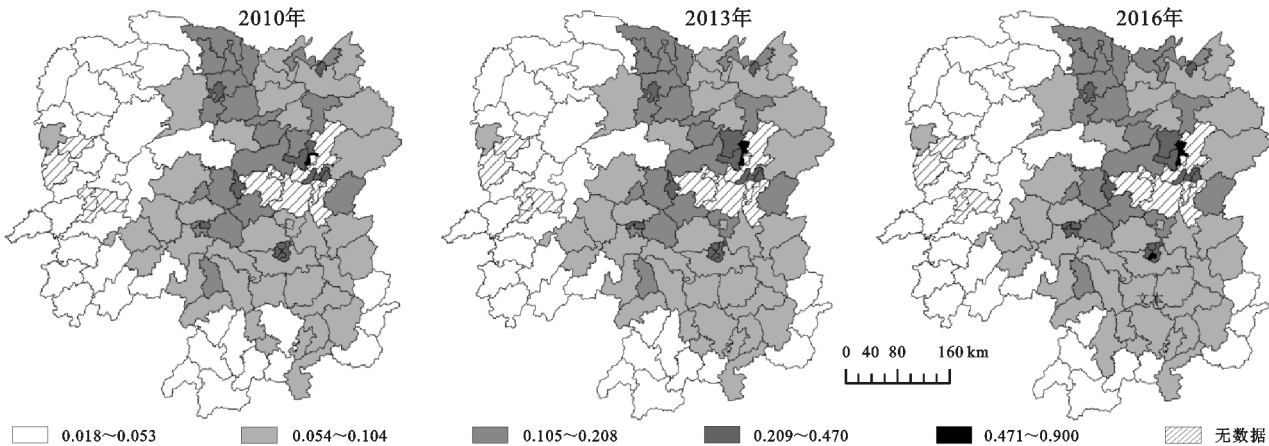


图 1 建设用地规模

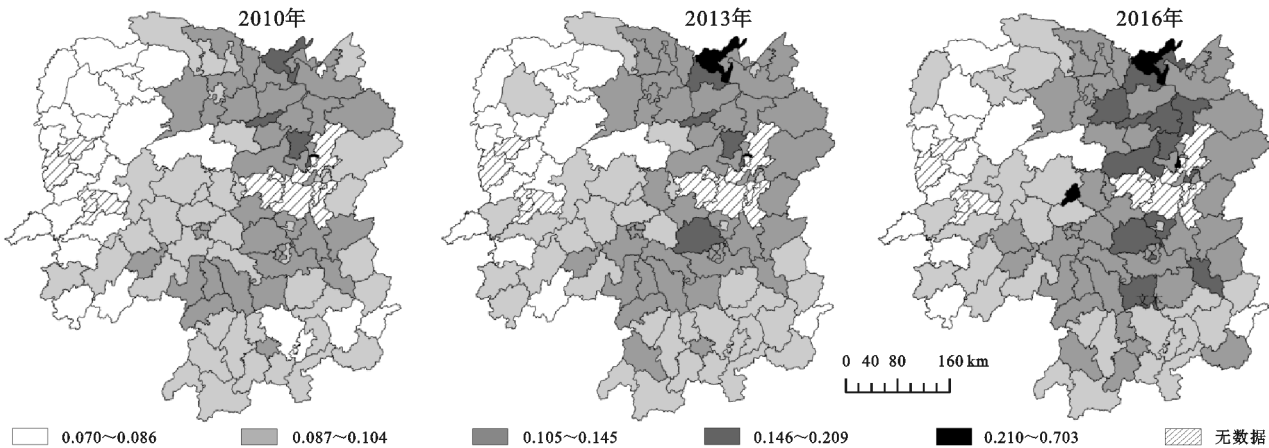


图 2 农用地集约利用水平

3.1.3 耦合协调分析 图 3 和图 4 显示湖南 4 大板块建设用地规模与农用地集约利用水平耦合协调度的空间分布和聚类情况。(1) 大湘西地区。大湘西地区主要包括湘西自治州、怀化、张家界 3 市,低—低聚集区面积广大。但是这种状况在研究期间有明显的改善,麻阳苗族自治县等 6 个区(县、市)均由严重失调转为中度失调。(2) 湘中南地区。湘中南地区主要包括娄底、郴州、衡阳、永州 4 市,整体耦合协调情况较湘西要好,2010—2013 年属于中度失调聚集区,2010 年有道县、宁远县、资兴县、桂东县 4 个低—低聚集县,至 2016 年降低到 2 个。衡阳作为湘中南地区的中心城市发展迅速,除南岳区、衡东县和耒阳市外,中度失调区(县、市)均发展为轻度失调。冷水江市、娄星区和除南岳外的衡阳市城区均达到协调水平,以衡阳市城区为中心的高—高协调区面积不断扩大。(3) 长株潭城市群地区。该地区包括长沙、株

洲、湘潭 3 市,整体耦合协调度在湖南省最高。研究所覆盖的长株潭城市群中心城区在 2016 年均达到协调水平,高一高协调区域不断扩张,由最初的开福区、芙蓉区、天心区、岳麓区 4 个区(县、市)发展至 2013 年的 5 个再到 2016 年的 7 个。长株潭城市群与湘中南的衡阳市共同构成湖南最主要的两个高一高协调中心。(4) 环洞庭湖区。环洞庭湖区主要包括常德、岳阳、益阳 3 市,属于中国的农产品生产区。该地区以中度失调和轻度失调为主并逐步向轻度失调发展,整体耦合协调度上升,武陵区在 2013 年实现勉强协调并保持住协调状态。(5) 从湖南省整体来看,2010—2016 年,严重失调区(县、市)由 30 个下降至 23 个,中度失调区(县、市)由 48 个下降至 43 个,轻度失调区(县、市)增加 4 个,濒临失调区(县、市)增加 7 个,初级协调区(县、市)增加 1 个。全省建设用地规模与农用地集约利用水平的耦合协调趋势向好。

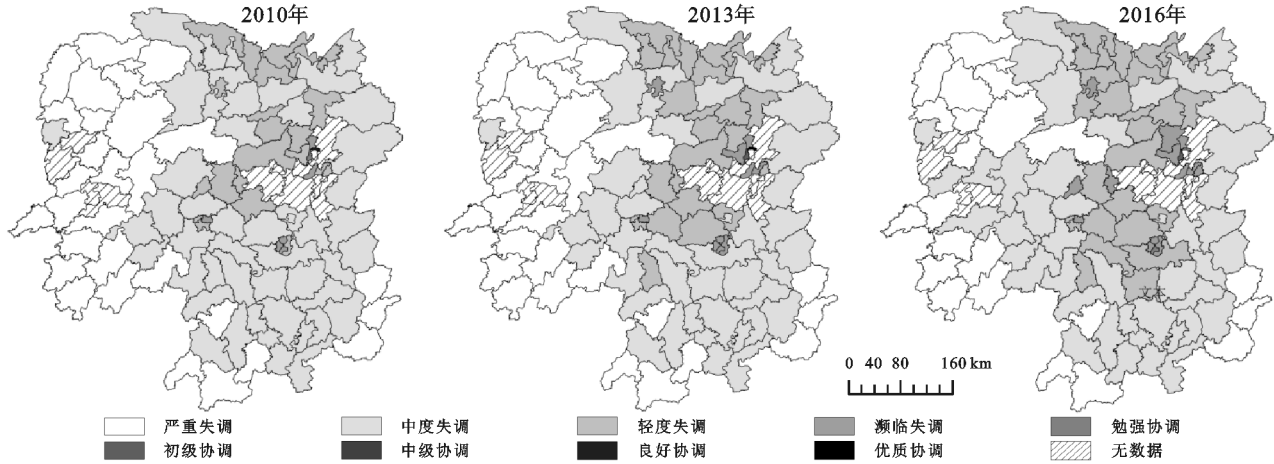


图 3 建设用地规模与农用地集约利用水平耦合协调度

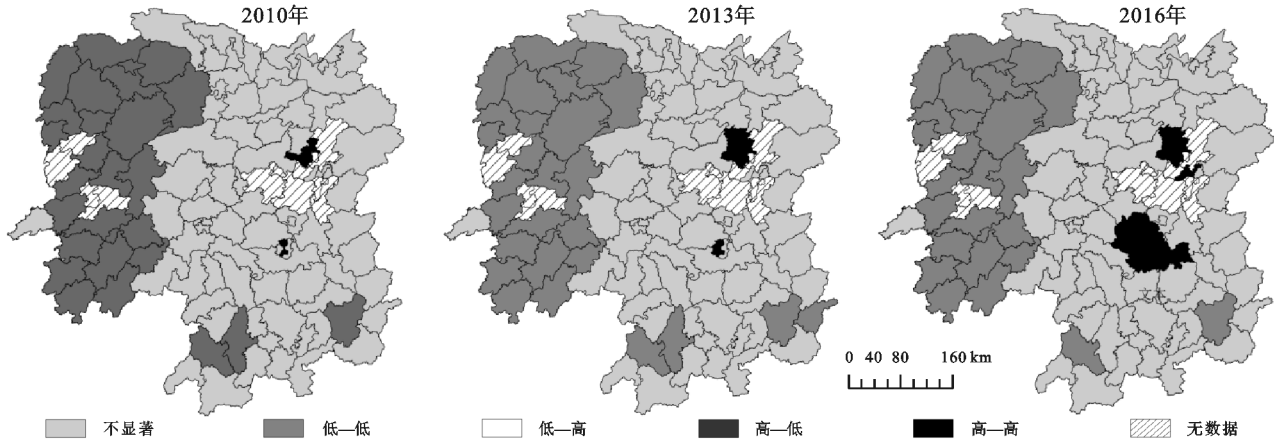


图 4 耦合协调度 LISA 聚类

3.2 机理分析

结合相关研究^[3,22-24],采用常住人口密度作为社会因素、人均 GDP 作为经济因素、平均坡度作为自然因素,以 2016 年的数据为例分析建设用地规模和农

用地集约利用水平空间分异的机理。

由表 4 和图 5 可知,人均 GDP、常住人口密度与建设用地规模显著正相关,平均坡度与农用地集约利用水平显著负相关。经济的发展、老龄化社会的到来

使得务农的机会成本越来越大,很多农民选择弃农务工。但是出于经济压力、落户限制、念旧情节等原因,绝大多数进城务工的农民并没有能够在城市落户,收入增加和对生活质量要求的提高使得农民在农村产生新的建设用地需求,空心村现象加重。经济发展和人民生活都需要建设用地作为载体,即使当前强调通过内涵挖潜、增存挂钩等减少建设用地扩张,但是每年建设用地规模仍然呈上涨趋势,城市、建制镇、村庄建设用地规模均不断扩大。与此同时,在大量农业劳动力析出的情况下,留守的农民只有实现农业的规模经营和集约经营才能保证自己的收入相当或超过务工收入。农业机械总动力指数和薄膜使用指数等投入和利用强度指标在农用地集约利用评价指标中占有较大的权重,地形条件较好的地区可以通过增加农业机械和资本投入来提高劳动生产率和产值,但是对于山地多、起伏大的湘西和湘南地区来说机械使用受到限制,投入—产出比相对较低。当留守的农民无法兼顾所有农用地时,就会出现粗放经营和撂荒。综上所述原因产生了建设用地规模、农用地集约利用水平以及两者耦合协调度的空间差异。国家于 2012 年对《闲

置土地处置办法》进行进一步修订,2014—2015 年相关部门在全国各地开展了两轮闲置土地大清查和督查处理工作,2018 年自然资源部组建后的第一份文件即《关于健全建设用地“增存挂钩”机制的通知》,由此可见建设用地无序扩张已经成为土地资源管理中的一大“顽疾”,而相应的管控措施也越来越严格和科学。湖南省在研究期间建设用地虽然在各个区(县、市)均呈逐年上涨趋势,但是每个区(县、市)分布区间变化不大,建设用地面积的管控取得了一定的成效。从 2004 年起,国家连续下达关于“三农”的一号文件,农业发展越来越得到重视,在研究期间湖南省农用地集约利用水平提高较快,不断弥补建设用地扩张严重而农用地集约利用水平滞后的鸿沟,使得全省耦合协调区(县、市)个数不断增加(图 6)。

表 4 相关性检验

项目	常住人口密度	人均 GDP	平均坡度农用地
	建筑用地规模	建设用地规模	集约利用水平
Pearson 相关性	0.888**	0.773**	-0.679**
显著性(双侧)	0.000	0.000	0.000

注:** 代表在 0.01 水平上显著相关。

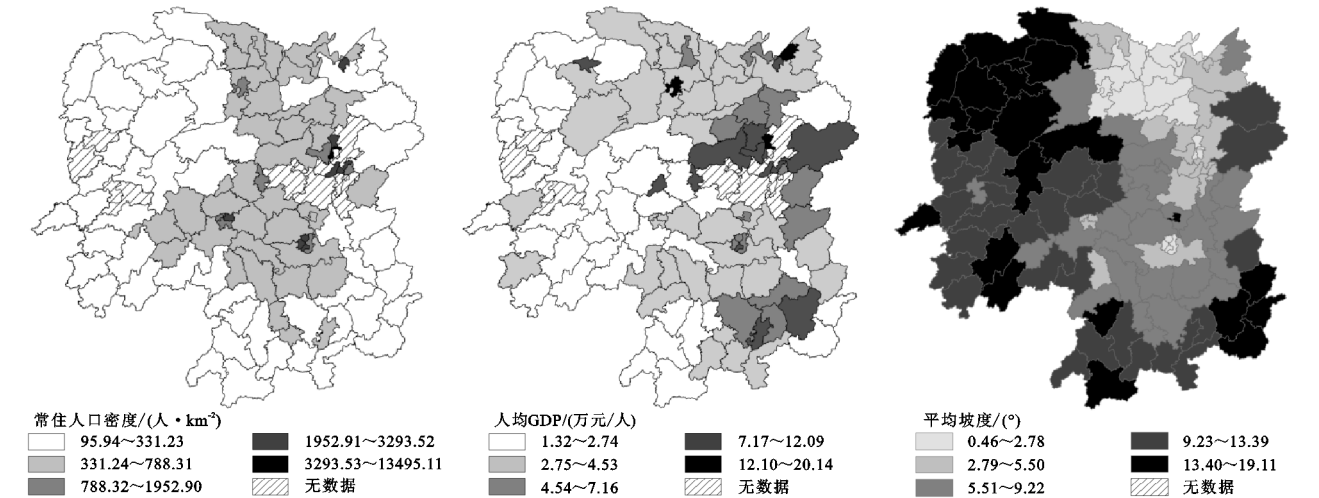


图 5 研究区常住人口密度、人均 GDP 和平均坡度

4 结论与建议

本文将湖南省 109 个区(县、市)作为研究对象,分析湖南省建设用地规模、农用地集约利用水平以及两者耦合协调度的时空演变特征。可以得到如下结论:(1) 建设用地规模以长株潭城市群、岳阳市、常德市、娄底市、邵阳市和衡阳市的中心城区为核心向周边递减,说明经济、社会因素对建设用地规模有显著影响。(2) 农用地的集约利用水平以环洞庭湖区、长株潭城市群、衡阳市为中心向西部和南部递减,整体分布形态与湖南省马蹄形的地形特征相似,说明自然条件对农用地集约利用产生了较大影响。(3) 在建

设用地逐年扩张和农用地逐年缩减的背景下,湖南省建设用地规模和农用地集约利用水平非协调面积大,尤以湘西和湘南最为突出,但在研究期间整体协调度逐年稳步提升。根据地区经济、社会发展潜力和自然条件,因地制宜制定土地利用规划是促进协调可持续发展的应有之道。

通过对比中科院研究制定的中国主体功能区划方案^[25],发现国家级重点开发区与湖南省建设用地规模高值区基本吻合,农产品生产区与农用地集约利用高值区基本一致,而重点生态功能区则与建设用规模低值区和农用地集约利用水平低值区有相似的分

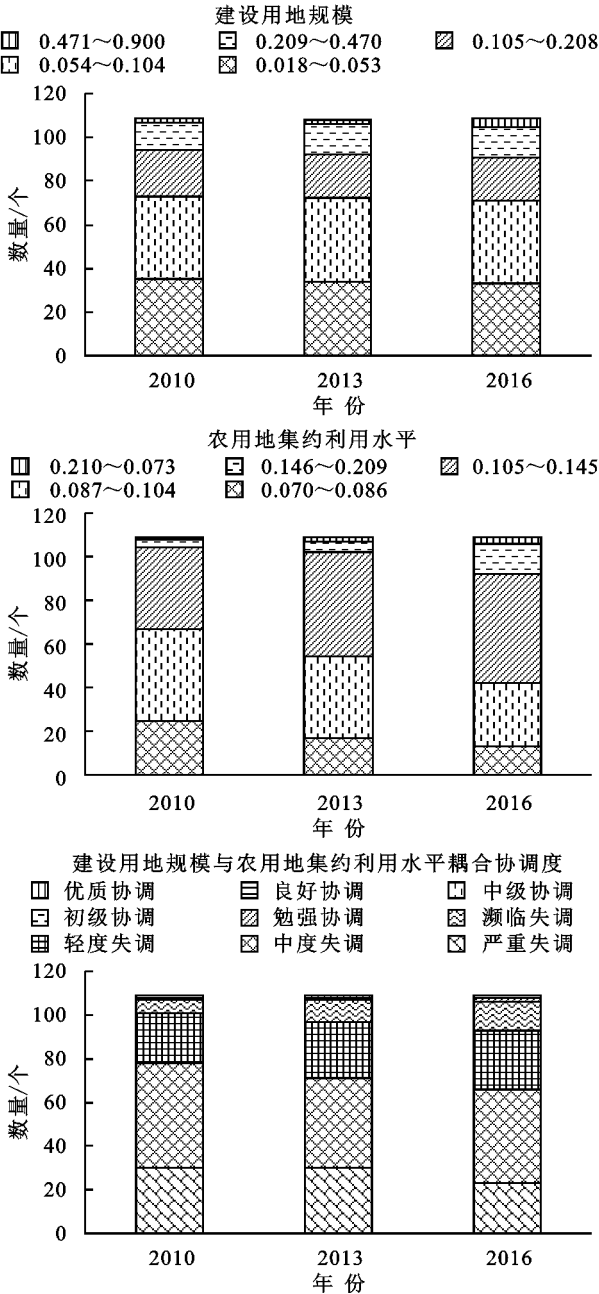


图 6 各区间区(县、市)数量变化

建设用地扩张大多是以存量建设用地为依托在周边进行开发,侵占的农用地大多质量较好,这种扩张不仅缩减了农用地的数量,还加剧农用地破碎化程度、影响农用地的整体质量,倒逼农用地的集约利用,因此建设用地的内涵挖潜是对农用地数量和质量的双重保护。在后备土地资源不足的情况下,农用地的集约利用为建设用地必要的扩张提供空间,能够缓解可利用土地资源不足的压力。根据以上研究内容,提出几点建议:(1) 严格落实政策要求,不仅要保证增减挂钩农地的数量,还要狠抓质量;(2) 通过出让价格优惠政策等引导开发商利用城镇存量建设用地,积极开展村庄规划,促进存量建设用地的内涵挖潜;(3) 一方面适度鼓励农民从事非农职业,从而通过三

权分置将农用地使用权集中于农作大户,促进耕地的规模经营,获取规模效益。另一方面加强对留守农户的技术培训,加大对农业适度规模经营的补助,提高集约利用水平;(4) 农业机械效率和投入产出比不高的生态脆弱区可因地制宜种植特种作物或开展生态旅游,提高农林牧渔服务业产值。对于建设用地规模极高的地区(如长沙市)通过农用地易地置换、农用地指标易地转让等方式在省内实现占补平衡。

参考文献:

[1] 刘涛,史秋洁,王雨,等.中国城乡建设占用耕地的时空格局及形成机制[J].地理研究,2018,37(8):1609-1623.

[2] 郑凯文,刘卫东,张恒义.经济发达地区农村建设用地供求平衡演变特征:以宁波市为例[J].经济地理,2018,38(7):136-142,162.

[3] 车通,罗云建,李成.扬州城市建设用地扩张的时空演变特征及其驱动机制[J].生态学杂志,2019,38(6):1872-1880.

[4] 吴一凡,刘彦随,李裕瑞.中国人口与土地城镇化时空耦合特征及驱动机制[J].地理学报,2018,73(10):1865-1879.

[5] 王宏玉,胡守庚,卢静.中国建设用地扩张与经济增长脱钩关系及管控策略[J].中国土地科学,2019,33(3):68-76.

[6] 曾源源,胡守庚,瞿诗进.长江中游经济带交通区位条件变化与建设用地扩张时空耦合规律[J].长江流域资源与环境,2018,27(12):2651-2662.

[7] Yang Z, Chen Y, Qian Q, et al. The coupling relationship between construction land expansion and high-temperature area expansion in China's three major urban agglomerations [J]. International Journal of Remote Sensing, 2019,40(17):1-20.

[8] 罗妮,刘耀林,孔雪松.武汉市城乡建设用地时空演变及驱动机制研究:基于城乡统筹视角[J].长江流域资源与环境,2014,23(4):461-467.

[9] 刘纪远,刘文超,匡文慧,等.基于主体功能区规划的中国城乡建设用地扩张时空特征遥感分析[J].地理学报,2016,71(3):355-369.

[10] 熊鹰,陈云,李静芝,等.基于土地集约利用的长株潭城市群建设用地供需仿真模拟[J].地理学报,2018,73(3):562-577.

[11] Li X, Wang X. Changes in agricultural land use in China: 1981—2000[J]. Asian Geographer, 2003,22(1/2):27-42.

[12] 燕群,蒙古军.基于气候因子修正的农用地集约利用评价研究[J].北京大学学报:自然科学版,2011,47(1):120-126.

[13] 邓楚雄,谢炳庚,李晓青,等.基于主成分分析法的湖南省农用地集约利用评价[J].热带地理,2011,31(1):71-76.

[14] 武美丽,敖登高娃,赵明.基于主成分分析法的农用地集约利用评价:以内蒙古鄂尔多斯市为例[J].干旱区资源与环境,2016,30(9):97-103.

[15] 张璐,刘淑英,王平.农用地集约利用模糊综合评价:以甘肃凉州区为例[J].广东农业科学,2010,37(3):267-270.

迅速沉降极易板结,导致产量不高。

(4) 在地形、岩性以及土壤综合影响下,尤其是岩石(片麻岩类)以及岩石发育而来的土壤影响下,元阳梯田空间分布上呈现出明显区域性,集中连续分布于元阳中部,其他地区零星分布,规模不大;对元阳梯田形成的自然因素及空间分布研究,岩性是一个重要考量因素。

正是在多重自然因素综合影响作用下,元阳梯田呈现出中部集中连续、其他区域零星分布的空间景观格局。

参考文献:

[1] 曲福田,陈江龙,陈雯.农地非农化经济驱动机制的理论分析与实证研究[J].自然资源学报,2005,20(2):231-241.

[2] 孟鹏,郝晋珉,周宁,等.黄淮海平原城镇化对耕地变化影响的差异性分析[J].农业工程学报,2013,29(22):1-10.

[3] 陈丹,周启刚,何昌华,等.基于 MPI 的典型西南山区耕地空间分布影响因素研究:以重庆石柱县为例[J].水土保持研究,2014,21(2):228-233.

[4] 何昌华,陈丹,李天国,等.基于空间统计和多元统计的耕地影响因素及回归模型研究:以重庆市石柱县为例[J].水土保持通报,2017,37(2):199-206.

[5] 刘宗滨,宋维峰,马菁.红河哈尼梯田空间分布特征值研究[J].西南林业大学学报,2016,36(3):153-157.

[6] 陈燕.哈尼族梯田文化的内涵、成因与特点[J].贵州民族研究,2007,27(4):105-109.

[7] 刘卫红.四度同构和谐共处:有感于云南哈尼梯田[J].科教文汇,2007(2):190-191.

[8] 角媛梅,肖笃宁,程国栋.亚热带山地民族文化与自然环

境和谐发展实证研究:以云南省元阳县哈尼族梯田文化景观为例[J].山地学报,2002,20(3):266-271.

[9] 角媛梅,张家元.云贵川大坡度梯田形成原因探析:以红河南岸哈尼梯田为例[J].经济地理,2000,20(4):94-96.

[10] 王妍,张超,宋维峰,等.元阳梯田空间分布特征研究[J].水土保持研究,2013,20(2):103-107.

[11] 张超,王妍,宋维峰.云南省元阳梯田遥感辅助识别特征研究[J].水土保持研究,2014,21(5):221-224.

[12] 元阳县地方志编纂委员会.元阳县志[M].昆明:云南民族出版社,2009.

[13] 朱静,柴兴国.“农业的可持续发展”案例设计:以云南元阳梯田种植业为例[J].地理教学,2018(7):16-18,62.

[14] 黄绍文.诺玛阿美到哀牢山:哈尼族文化地理研究[M].昆明:云南民族出版社,2007.

[15] 马平安,郭全邦,李荣华,等.太行山片麻岩山地植被水土保持效益研究[J].地理学与国土研究,1999,15(3):43-46.

[16] 胡厚田,白志勇.土木工程地质[M].北京:高等教育出版社,2016.

[17] 山西农学院土壤农化专业.土壤学[M].北京:人民教育出版社,1975.

[18] 闵庆文,邵建成.云南红河哈尼稻作梯田系统[M].北京:中国农业出版社,2015.

[19] 朱克贵,杜国华,章士炎,等.中国土种志[M].北京:中国农业出版社,1993.

[20] Kavdir Y, Smucker A J M. soil aggregate sequestration of cover crop root and shoot-derived nitrogen[J]. Plant and Soil, 2005,272(1):263-276.

(上接第 336 页)

[16] 何春燕,杨庆媛,邓永旺,等.镇域农用地集约利用评价及其影响因素分析:以重庆市王场镇为例[J].水土保持研究,2013,20(4):235-241.

[17] 赵丽,朱永明,张蓬涛,等.基于因子分析法的农用地集约利用评价研究:以河北保定市为例[J].农机化研究,2010,32(11):7-11.

[18] 陈水英,毕如田,曹毅.忻州市农用地集约利用时空变化分析[J].中国农业资源与区划,2013,34(1):103-108.

[19] 丁艳喜,宋文博,孟庆香,等.河南省农用地集约利用影响因素计量分析:基于遗传算法-BP 神经网络、广义脉冲响应函数的实证研究[J].干旱地区农业研究,2015,33(3):224-230.

[20] 黄丽娟,马晓冬.江苏省县域经济与乡村转型发展的空间协同性分析[J].经济地理,2018,38(6):151-159.

[21] 马力阳,罗其友.我国城镇化与农村发展耦合协调时空特征及机制[J].地域研究与开发,2017,36(6):45-49,92.

[22] 程铭,肖寒,荀文会.1999—2015 年沈阳市建设用地规模扩张影响因素研究[J].中国农业资源与区划,2017,38(7):146-152.

[23] 葛春叶,涂建军,李宽,等.重庆市建设用地变化及其驱动力分析[J].西南大学学报:自然科学版,2008,30(10):137-141.

[24] Liu Z J, Huang H Q, Werners S E, et al. Construction area expansion in relation to economic-demographic development and land resource in the Pearl River Delta of China[J]. Journal of Geographical Sciences, 2016,26(2):188-202.

[25] 樊杰.中国主体功能区划方案[J].地理学报,2015,70(2):186-201.