引文格式：李荆荆,邓惠芬,曹震华,等. 基于GWR的长江经济带耕地集约利用时空演变研究[J]. 地理空间信息, 2025, 23(8):39-44. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2025.08.008

基于GWR的长江经济带耕地集约利用时空演变研究

李荆荆[1]，邓惠芬[1]，曹震华[1]，彭竞毅[2*]
（1. 湖北省空间规划研究院，湖北 武汉 430071；2. 中南财经政法大学 工商管理学院，湖北 武汉 430073）

摘 要：在“共抓大保护，不搞大开发”的背景下，研究长江经济带耕地集约水平时空分异特征并探索其驱动因素，提出差异化的管控政策建议，有助于提高耕地集约利用度，为实现长江经济带绿色生态发展、保障国家粮食安全提供决策参考。选择长江经济带为研究对象，以2005—2020年长江经济带社会经济发展数据为基础，从4个准则层出发搭建了集约度评价体系，分析了耕地集约利用水平的时空演变规律。在此基础上运用最小二乘法（OLS）模型识别出具有显著相关性的影响因素，后采用地理加权回归（GWR）模型探索显著驱动因子的时空格局和演化路径。结果表明：①2005—2020年长江经济带的耕地集约度呈现先升后降，再次上升并逐渐平稳发展的变化趋势。从空间分布上看，耕地集约度呈现“西低东高”的特征，集约利用水平多以不集约或低度集约为主，耕地资源集约潜力仍有待开发；②流域尺度上，长江经济带耕地集约利用水平整体表现为下游地区＞中游地区＞上游地区。上游地区的集约度一直处于极低水平；③驱动力演化类型以复合驱动型为主，影响耕地集约度驱动因素存在明显的空间异质性。“垦殖系数→双重因素→劳均产量”以及“劳均产量→双重因素→地均机械总动力”是典型的演化路径。

关键词：耕地集约利用；长江经济带；地理加权回归；驱动因素
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）08-0039-06

Research on Spatio-temporal Evolution of Cultivated Land Intensive Utilization in the Yangtze River Economic Belt Based on GWR Model

LI Jingjing[1], DENG Huifen[1], CAO Zhenhua[1], PENG Jingyi[2]
(1. Hubei Spatial Planning Institute, Wuhan 430071, China;
2. School of Business Administration, Zhongnan University of Economics and Law, Wuhan 430073, China)

Abstract: In the context of “to step up conservation of the Yangtze River and stop its over development”, studying the spatio-temporal differentiation characteristics of cultivated land intensive utilization levels in the Yangtze River Economic Belt and exploring their driving factors, as well as proposing differentiated management and control policy recommendations, will help improve cultivated land intensive utilization, provides decision-making references for achieving green ecological development in the Yangtze River Economic Belt and ensuring national food security. Taking the Yangtze River Economic Belt as the study area, using socio-economic development data from 2005 to 2020, we constructed an intensive utilization evaluation system based on four criteria layers, and analyzed the spatio-temporal evolution of cultivated land intensive utilization. Then, we used the ordinary least squares (OLS) model to identify the significant influence factors, and used geographically weighted regression (GWR) model to explore the spatio-temporal patterns and evolutionary paths of these significant driving factors. The results showed that ①from 2005 to 2020, the cultivated land intensive utilization level in the Yangtze River Economic Belt showed a trend of first increasing, then decreasing, and finally rising again and stabilizing. Spatially, the intensity of cultivated land utilization showed a “low in the west and high in the east” characteristic, with the utilization level mostly being either non-intensive or low-intensive, indicating that the intensive potential of cultivated land resources remains to be developed. ②At the watershed scale, the cultivated land intensive utilization level in the Yangtze River Economic Belt was overall characterized by downstream regions > midstream regions > upstream regions, with the upstream regions consistently exhibiting extremely low levels of intensity. ③The driving force evolution mainly follows a composite driving pattern, and the driving factors influencing cultivated land intensive utilization show obvious spatial heterogeneity. “Land reclamation coefficient→dual factors→labor productivity” and “Labor productivity→dual factors→total mechanical power per hectare” are typical evolutionary paths.

Key words: cultivated land intensive utilization, the Yangtze River Economic Belt, GWR, driving factor

目前，有关耕地集约利用的研究内容主要集中在评价方法与体系[1]、驱动力因子[2]以及时间尺度[3-5]和空间尺度两大角度上，从空间范围关系上又可以将耕地集约利用研究大致划分为全国[6-7]、省域[8-9]、城市

项目来源：国家自然科学基金面上项目（72374221）；中南财经政法大学中央高校基本科研业务费资助项目（202511366）。
第一作者简介：李荆荆（1982—），硕士，高级工程师，研究方向为国土空间用途管制、自然资源政策，E-mail：22271257@qq.com。
通信作者：彭竞毅（1999—），硕士，研究方向为耕地利用保护，E-mail：734461620@qq.com。

群[10]、流域[11]等宏观尺度，中小城市[12]、县域[13]等中观尺度和乡镇、村庄[14]、地块[15]等微观尺度的3个层次。在耕地利用评价方法方面，多运用PSR模型[16-18]、AHP层次分析法[19]、能值法[5]等数理模型对耕地集约度进行量化和测算；采用主成分分析法[18]、GWR模型[20]等探索影响耕地集约水平的影响因素；采用耦合协调度评价模型、聚类分析法[21]、回归分析法等进行耕地集约利用的变化分析。

本研究以长江经济带为研究区域，采用OLS模型、GWR模型等方法，对耕地集约度显著驱动力的演化路径和空间异质性进行了定量分析，为坚持生态优先、绿色发展的战略布局提供科学依据和理论支撑。

1 研究方法

1.1 耕地集约利用度指标体系构建

1.1.1 评价指标体系构建

耕地集约利用水平是多重因素共同决定的结果。多因素综合评估技术是指根据特定的任务和方法，把评估因素根据合理的评估模式加以计量和整合，转换成一种能够体现整体状况的综合指数，从而达到评估效果的一项量化技术。

$$U_i=\sum_{i=1}^{n} I_{ij}\times W_j \tag{1}$$

式中，U_i为第i个评价单元的耕地集约利用水平的综合指数，简称“集约度”；I_{ij}为第i个评价单元在第j个指标上的标准化值；W_j为第j个指标的指标权重值。

利用已有的研究成果，结合数据的可用性和有效性，从耕地投入强度、利用程度、产出效益和持续状况4个准则层出发，收集相关影响因素共11个指标，（指标层为：地均机械总动力，地均化肥施用量，地均耕地电力投入，地均农业从业人数，耕地平衡指数，垦殖系数，地均产值，劳均产量，粮食单产，人均耕地面积，农业供养指数），建立耕地集约利用评价指标体系。

1.1.2 数据标准化

为消除不同指标之间的量纲不一致，本研究采用离差标准化法对所收集的数据进行标准化处理。

$$Y_i=\frac{X_i-\min\{X_j\}}{\max\{X_j\}-\min\{X_j\}}\quad 1\le j\le n \tag{2}$$

1.1.3 确定指标权重

本文选用了均方差决策法确定指标权重。具体计算步骤如下：

1）求取标准化值的均值：

$$E_j=\sum_{i=1}^{n}\frac{Z_{ij}}{n} \tag{3}$$

式中，Z_{ij}为第j个指标的标准化值；E_j为Z_{ij}的均值。

2）计算均方差：

$$\sigma_j=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(Z_{ij}-E_j\right)^2} \tag{4}$$

式中，σ_j为Z_{ij}的均方差。

3）计算权重：

$$W_j=\frac{\sigma_j}{\sum_{j=1}^{m}\sigma_j} \tag{5}$$

式中，W_j为第j个指标对应的权重。

1.2 普通最小二乘法（OLS）

其基本原理是根据最小二乘法选择一组解释变量的线性函数参数，使各点到直线距离的平方和最小。其计算公式如下：

$$y_i=\beta+\sum_{k=1}^{n}\beta_k x_{ik}+\varepsilon_i \tag{6}$$

式中，y_i为空间i位置因变量（耕地集约利用水平）；β为二乘法空间截距；β_k为第k项自变量（驱动因子）的回归系数；x_{ik}为第k项自变量（驱动因子）在空间i位置的取值；ε_i为算法残差。

1.3 地理加权回归（GWR）

研究选择地理加权回归（GWR）模型评估驱动因子在空间层面上对各地区耕地集约利用水平的影响机制，可以用来探究被解释变量与几个自变量之间的空间关系。其评价公式如下：

$$y(u)=\beta_o(u)+\sum_{k=1}^{p}\beta_k(u)\times X_k(u)+\varepsilon(u) \tag{7}$$

式中，$\beta_o(u)$为截距项；$\beta_k(u)$为第k个协变量的回归系数；$X_k(u)$为位置u的第k个协变量的值；p为回归项的个数；$\varepsilon(u)$为位置u的随机误差项。

2 研究区与数据

2.1 研究区概况

长江经济带区域内大部分以高原、山地、丘陵和盆地为主（图1）。耕地、生态用地储备丰厚，耕地面积约4 500万hm^2，占全国耕地总面积的33.4%。此外，长江经济带不同区域的自然资源禀赋差异大，总体而言，上游自然资源丰富，生态敏感，人口贫困程度较高；下游较为发达，人口密度较高，压力较大。近年来，长江经济带发展面临粮食安全、生态系统退化、水污染、生物多样性丧失、区域发展不平

衡、产业转型升级等多方面挑战。随着《长江经济带发展规划纲要（2016）》的实施，长江经济带的发展已成为中国三大国家发展战略之一。该纲要倡导的是绿色发展，而不是以牺牲自然资源为代价来换取经济增长。

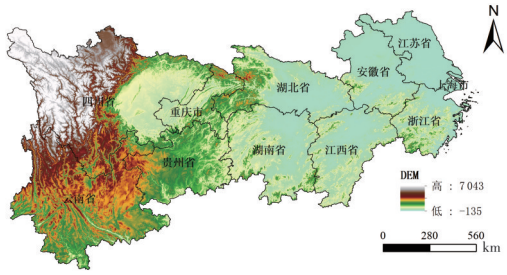


图1　研究区示意图

审图号：GS(2025)2603号

2.2　数据来源

本文所涉及的数据包括社会经济数据和地理信息数据。其中社会经济数据来源于《中国统计年鉴》（2006—2021年）、研究区域内各省（市）统计年鉴（上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川、云南、贵州）（2006—2021年）。空间地理数据来源于“地理空间数据云平台”（http://www.gscloud.cn）。

3　结果与讨论

3.1　耕地集约利用水平的时空格局分析

3.1.1　省域尺度

3.1.1.1　耕地集约利用水平的时间变化特征

2005—2020年长江经济带的耕地集约度总体上经历了先上升后下降，再次上升后平稳发展等阶段，在所研究的时间段内耕地利用集约度计算出的各省市平均值分别为0.331（2005年）、0.358（2010年）、0.371（2015年）和0.387（2020年）。各省市的集约度变化趋势可概括为3个阶段，第一阶段是2005—2011年，集约度在此阶段为上升趋势；第二阶段是2011—2014年，集约度为下降趋势；第三阶段是2014—2020年，集约度再次上升后基本保持平稳状态。

3.1.1.2　耕地集约利用水平的空间分异特征

耕地集约利用具有空间上分异特征，长江经济带2005—2020年的耕地集约利用水平总体上可以概括为高度集约[0.8，+∞]、中度集约(0.5，0.8)、低度集约(0.3，0.5)以及不集约[0，0.3]，根据该分类标准，制作耕地集约度空间分异图，探讨其耕地利用集约度的时空格局特征，具体结果如图2所示。

2005—2020年长江经济带的耕地在空间上呈现出了“集约度局部连片”的特征，从4个时间节点来

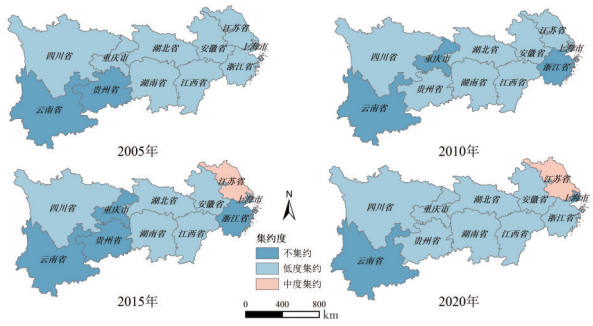


图2　省域耕地集约利用水平空间分异图

审图号：GS(2025)2603号

看，2005年大部分省（市）为低度集约水平，仅贵州省和云南省耕地利用不集约。2010年不集约的地区有云南省，重庆市，浙江省，其他地区均为低度集约。2015年江苏省成为研究区域内唯一一个中度集约地区，此外，与2010相比，贵州省再次成为不集约地区，其他地区仍属于低度集约地区。2020年，江苏省依旧是长江经济带仅有的中度集约地区，而上海市于4个时间节点中首次成为不集约地区。

2005—2020年，江苏省耕地利用集约度相对其他地区有较大程度提升，上升了0.174，湖南省和安徽省的集约度也有一定程度增长，增长数值分别为0.122和0.105。在所研究的时间段内，上海市是仅有的集约度最终下降的地区，下降数值为0.035，从低度集约降低到了不集约形态。2005—2011年，江苏省、上海市、安徽省有较大幅度上升，除浙江省、重庆市略有下降之外，其他省（市）均有小幅度上升。2011—2014年，除湖南省、重庆市、江苏省有所上升之外，其他各省（市）均有不同程度的下降。2014—2020年，除上海市发生了下降之外，其他地区均有提升。综合来说，长江经济带各省（市）集约度在2014—2020年这个时期趋向稳定；浙江省、重庆市、云南省、贵州省在该研究期间内多次处于不集约，而江苏省多次处于中度集约程度，从空间上看，华东与华中地区耕地集约度较为良好且稳定，而西南地区耕地则集约程度较低。

3.1.2　流域尺度

基于长江经济带发展格局所划分的“三级”：长江下游三角洲城市群、长江中游城市群、上游成渝城市群，将长江经济带流域划分为下游、中游、上游三个区域。将研究期间划分为2005—2010年、2010—2015年、2015—2020年3个区间，计算各时间区间各大流域的耕地集约利用水平，结果如图3所示。

具体而言，2005—2020年长江经济带全流域和3个分流域在各个时间区间内的耕地集约度平均值均随

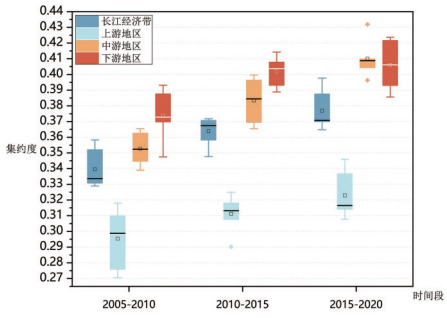


图3 流域尺度耕地集约利用水平值演变

时间而递增，上游地区耕地集约度处于[0.270 5，0.345 9]，中游地区耕地集约度在[0.339 0，0.431 9]，而下游地区耕地集约度在[0.347 4，0.423 7]。同时，与长江全流域相比，上游地区的集约度一直处于极低水平，上游地区的经济水平和社会发展程度较为落后，同时地理条件对于耕地集约利用有所限制，因此应给予高度重视。

3.2 耕地集约度的驱动因素

3.2.1 驱动因素初步选择

指标间的共线性可能导致模型参数估计不准确，模型拟合结果精度较差。因此，在将表1中的驱动力输入OLS和GWR模型之前，必须进行共线性诊断。根据本次诊断，11个驱动因素的VIF值均小于7.5，未发现共线冗余。因此，将驱动因素输入OLS和GWR模型进行回归分析。

为了选择显著性强、无多重共线性的因素输入GWR模型，结合OLS回归结果得到3个时段的显著驱动力（表1），所有指标均通过 $p < 0.05$ 的显著性检验。为了提高驱动力分析的精度，利用GWR模型生成的显著因子回归系数讨论了空间异质性。

表1 不同时间段的显著驱动因子

时间段	显著驱动因素
2005—2010年	垦殖系数 劳均产量
2010—2015年	粮食单产 人均耕地面积
2015—2020年	劳均产量 地均机械总动力

3.2.2 驱动力的演化路径分析

3.2.2.1 三个时期的主导因素

2005—2010年，研究区域主要受垦殖系数影响，涉及5个省（市），包括浙江省、江苏省、上海市、安徽省和江西省，这主要是由于这些省（市）临海，耕地资源较为丰富。因此，地区内拥有较大的耕地比例比劳均产量更能增加集约水平。而重庆市、四川省、云南省、贵州省的劳均产量对耕地集约度的影响较大。同时，湖北省和湖南省的垦殖系数和劳均产量共同影响耕地集约度（图4）。

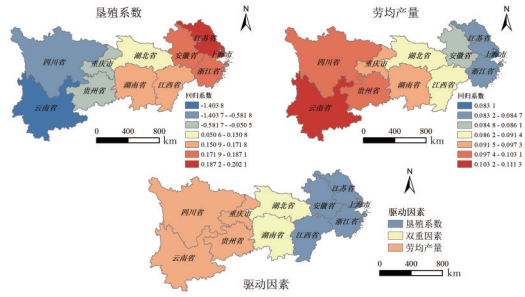


图4 2005—2010年耕地集约度显著驱动因子分布图

审图号：GS(2025)2603号

具体而言，研究区域西部地区（重庆市、四川省、云南省、贵州省）垦殖系数与耕地集约度呈负相关关系。从华中地区开始，回归系数绝对值由中部向东北逐渐增大，最大值集中在华东沿海地区，包括江苏省、上海市。劳均产量的回归系数与耕地集约度呈正相关关系（图4）。西部山区耕地比例受地形轻微限制而农业从业人员少，东部平原耕地资源状态好，产出水平高，城镇化水平高，促使耕地趋向集约利用。劳均产量的回归系数自东向西增大，呈现正相关关系。同时，云南省耕地集约度受劳均产量影响程度最大。四川省在西南地区中具有最高水平的劳均产量，因此耕地集约度受劳均产量影响程度也较大。

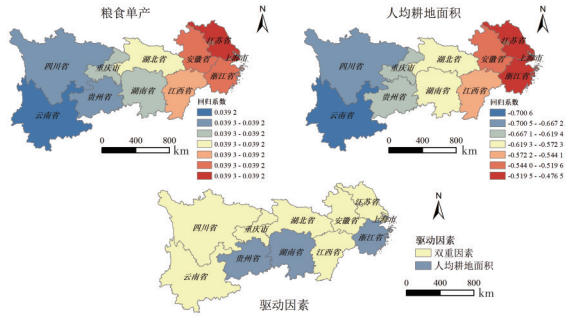


图5 2010—2015年耕地集约度显著驱动因子分布图

审图号：GS(2025)2603号

2010—2015年（图5），人均耕地面积数量占主导的地区包括湖南省、浙江省、贵州省。由粮食单产水平和人均耕地面积数量共同带动的地区包括湖北省、江苏省、安徽省等8个省（市）。在此时间段内，粮食单产水平对耕地集约度的影响一直低于人均耕地面积的影响，使得研究区域呈现人均耕地面积数量或2种因素共同主导的态势。

具体而言，粮食单产水平与耕地集约度呈正相关。同时，粮食单产回归系数和人均耕地面积回归系数均呈现自西南向东北方向递增的变化规律，这很大程度上是由于长江经济带沿线的自然资源状况差异，

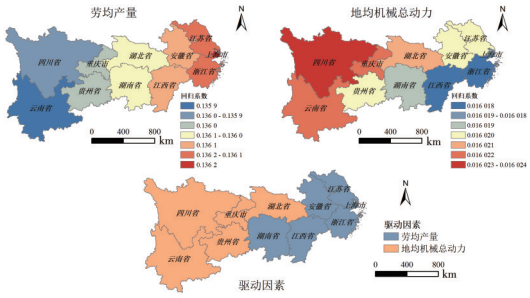


图6　2015—2020年耕地集约度显著驱动因子分布图

审图号：GS(2025)2603号

长江经济带下游地区较为平坦，而长江经济带上、中游地区地形地貌更加多样，耕地资源较为匮乏，并且耕地利用方式以粗放为主，其粮食总产量也相对较低，因此耕地集约度也处于较低水平。

2015—2020年（图6），研究区域驱动因素分化有明显的空间异质性，具体表现为：西部地区主要受地均机械总动力影响，包括湖北省、重庆市、四川省、云南省和贵州省，而东部地区主要受劳均产量影响，包括湖南、浙江等6个省（市）。

具体来说，劳均产量与耕地集约度呈正相关，回归系数由西南向华东地区不断增大，说明劳均产量对耕地集约度的贡献作用由西向东不断增强。浙江省、江苏省和上海市的回归系数较高，说明劳均产量对耕地集约度的贡献作用较强。地均机械总动力与耕地集约度也呈正相关，该因素下的回归系数以西南地区，如四川省、重庆市和云南省最为显著，而华东临海地区则相对较低。

3.2.2.2　进化类型和路径分析

根据2005—2010年、2010—2015年、2015—2020年不同省（市）显著因子的影响程度，采用自然断点法将显著因子回归系数分为7个水平。结合3个时期主要驱动因素的变化，将3个时期中曾受过双重因素影响的划分为复合驱动型；将3个时期中皆为单一显著驱动因子影响的情景划分为单调驱动型，进而得出省（市）的最终演化类型和演化路径（表2）。

由表2可知，复合驱动型是研究区占主导的演化类型，浙江省和贵州省则为单调驱动型。具体而言，在复合驱动型中，垦殖系数→双重因素→劳均产量的演化路径是最具代表性的，共有4个省（市）符合该条路径，分别为江苏省、上海市、安徽省、江西省，且均分布于华东地区，这说明华东地区影响耕地集约度的方向从自然状况与耕地资源禀赋逐渐过渡到耕地的产出效益（如粮食生产总量）与可持续性，再逐步过渡到农业从业人口比例等方面。其次，劳均产量→双重因素→地均机械总动力的路径也较为显著，符合该路径的3个省（市）均分布于西南地区。华中地区湖南省的主导驱动力由2005—2010年的垦殖系数和劳均产量共同影响转变为2015—2020年的劳均产量显著影响，具有一定的间隔波动性。湖北省的显著驱动因子较为复杂，从前2个时期的双重因素影响转化为最后一个时期的以地均机械总动力为主导驱动力，说明耕地集约度的影响重点从自然资源状态转向社会经济水平的发展。

表2　长江经济带耕地集约度的驱动因素演变

演化路径	省（市）数量	省（市）名称	演化
复合驱动型	4	江苏省、上海市、安徽省、江西省	垦殖系数→双重因素→劳均产量
	3	重庆市、四川省、云南省	劳均产量→双重因素→地均机械总动力
	1	湖南省	双重因素→人均耕地面积→劳均产量
	1	湖北	双重因素→双重因素→地均机械总动力
单调驱动型	1	浙江省	垦殖系数→人均耕地面积→劳均产量
	1	贵州省	劳均产量→人均耕地面积→地均机械总动力

3.3　政策建议

1）长江上游及中游地区应强化对政策、资金、要素方面的支持。重点健全长江经济带的农业综合补贴制度，激励农户增加对资金、农机、化肥、技术等要素的投入，引导农业劳动人口向专项技术人才转型发展，加强农业农村新型基础设施建设，加大机械化的投入水平，提升耕地机械化、规模化的生产经营水平，促进耕地利用由传统粗放经营向现代化、集约化转型；通过实施土地综合整治等政策措施，减少耕地细碎化，提升耕地质量和稳定生产能力，促进耕地的集约高效利用。

2）长江下游地区应侧重在科技研发、政策完善方面进行突破创新。重点鼓励农业科技创新，加大对农业科技研发和科技研发人员培养的投入力度，引导社会资本参与智慧农业、生物农业等关键核心领域的技术攻关，加强对农业生产经营、农村二三产业发展、农业农村科技等方面人才培养，以农业科技创新助力耕地集约利用水平提升；进一步完善相关政策，加强耕地用途管制，积极探索生态保护横向补偿机制，引导构建耕地“三位一体”的保护利用体系，提高耕地集约利用效率和生态保护效率，实现长江经济带地区耕地保护及利用向绿色生态转型，进一步落实

国家粮食安全战略要求。

4 结 语

本文以2005—2020年长江经济带共9个省份2个直辖市的社会经济数据及空间数据为基础，分析其耕地利用集约水平和空间异质性。得出相关结论：

1）2005—2020年长江经济带的耕地集约利用总体水平呈现先升后降，再次上升并逐渐平稳发展的趋势。在省域尺度上，耕地集约度变化趋势可划分为上升趋势、波动变化以及相对稳定3种。

2）在不同时期，影响耕地集约度驱动因素存在明显的空间异质性，可分为不同的演化类型和演化路径。

3）在驱动因子演化路径方面，在研究区，复合驱动型普遍成为主导演化类型，浙江省和贵州省为单调驱动型，从演化路径看，“垦殖系数→双重因素→劳均产量”以及“劳均产量→双重因素→地均机械总动力”是典型的演化路径。

综上上述，长江经济带耕地集约利用度受自然因素（地形地貌、光热水文等）、人口因素（劳均产量、非农人口等）、经济社会因素（机械化水平、劳动力素质等）和政策因素影响。上游因地形复杂、经济落后，集约度低；下游因经济发达、机械化投入高，集约度高。GWR模型分析显示其驱动机制存在空间异质性，为区域土地管理提供技术支撑。

参考文献

[1] 马聪,刘黎明. 不同经济发展水平地区耕地利用集约度比较[J]. 资源科学,2019,41(12):2 296-2 306

[2] 刘永康,刘学录,张一达,等. 耕地集约利用的空间特征及影响因素研究:以甘肃省东部四市为例[J]. 农业现代化研究,2019,40(4):574-582

[3] 井睿,张蚌蚌,赵敏娟,等. 近35年中国耕地集约度时空变化特征分析[J]. 水土保持研究,2019,26(5):353-361

[4] 张闯娟,何洪鸣. 西南地区耕地复种指数的时空格局演变及影响因素[J]. 干旱地区农业研究,2020,38(3):222-230

[5] 谢花林,邹金浪,彭小琳. 基于能值的鄱阳湖生态经济区耕地利用集约度时空差异分析[J]. 地理学报,2012,67(7):889-902

[6] 王向东,沈孝强,王振波,等. 中国耕地集约化利用评价2010—2016[J]. 中国人口·资源与环境,2019,29(4):58-67

[7] 李兆亮,杨子生,邹金浪. 我国耕地利用集约度空间差异及影响因素研究[J]. 农业现代化研究,2014,35(1):88-92

[8] 陈伟,吴群. 考虑耕地质量差异影响的江苏省耕地集约利用评价[J]. 农业工程学报,2013,29(15):244-253

[9] 朱润苗,陈松林. 耕地集约利用与新型城镇化的耦合关联研究:以福建省为例[J]. 农业现代化研究,2021,42(4):600-609

[10] 曾杰,姚小薇. 武汉城市圈耕地集约利用时空分异特征[J]. 农业工程学报,2013,29(19):215-223

[11] 张荣天,陆建飞. 长江经济带耕地集约利用多尺度时空特征与影响因素分析[J]. 农业工程学报,2019,35(24):271-278

[12] 居尔艾提·吾布力,安瓦尔·买买提明,薛东前. 城镇化与耕地集约利用水平及其耦合协调发展:以新疆阿克苏市为例[J]. 干旱区研究,2019,36(6):1 333-1 143

[13] 张志功,刘淑英,王平,等. 民勤县耕地集约利用空间格局分析[J]. 干旱区资源与环境,2013,27(10):44-50

[14] 王秀圆,阎建忠. 山区农户耕地利用集约度及其影响因素:以重庆市12个典型村为例[J]. 地理研究,2015,34(5):895-908

[15] 孔祥斌,李翠珍,王红雨,等. 京冀平原区地块尺度农户耕地集约利用差异对比[J]. 农业工程学报,2010,26(增刊):331-337

[16] 张法朋,丁文婕. 基于PSR模型的县域耕地集约利用评价研究:以乳山市为例[J]. 安徽农学通报,2020,26(增刊):110-112

[17] 程兰花,杨德刚,张新焕,等. 基于PSR模型的新疆县域耕地集约利用时空演化特征[J]. 干旱区研究,2018,35(2):493-502

[18] 何坚坚,庞博,张鹏岩,等. 耕地集约利用的变化、态势与驱动力分析:以河南省为例[J]. 河南大学学报(自然科学版),2018,48(4):404-414

[19] 宋佳楠,金晓斌,周寅康. 基于多层线性模型的耕地集约利用对粮食生产力贡献度分析:以内蒙古自治区为例[J]. 资源科学,2010,32(6):1 161-1 168

[20] 邢璐平,方斌,向梦杰. 基于GWR模型的江苏省耕地集约利用水平时空变化特征及影响因素[J]. 长江流域资源与环境,2019,28(2):376-386

[21] 邓楚雄,谢炳庚,李晓青,等. 基于投影寻踪法的长株潭城市群地区耕地集约利用评价[J]. 地理研究,2013,32(11):2 000-2 008

（上接第17页）

ta[C]//Proceedings of the 2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS),2019

[14] Liu Q, Babanin A, Guan C, et al. Calibration and Validation of HY-2 Altimeter Wave Height[J]. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology,2016,33(4):881-897

[15] Yang J, Xu G, Yin L, et al. Data Fusion of Significant Wave Height from HY-2A and Other Satellite Altimeters[C]//Proceedings of SPIE 8 538, Earth Observing Missions and Sensors:Development, Implementation, and Characterization II,2012