

武汉城市圈耕地集约利用时空分异特征

曾 杰¹, 姚小微^{1,2*}

(1. 中国地质大学(武汉)资源学院, 武汉 430074; 2. 中国地质大学(武汉)公共管理学院, 武汉 430074)

摘 要: 为加强对武汉城市圈耕地集约利用时空变化规律的认识, 该文从投入强度、利用程度和产出效益 3 个方面构建了包含 10 项指标的耕地集约利用评价指标体系; 以县级单元作为基本分析尺度, 运用全局主成分分析方法, 对划分的 35 个评价单元 2002—2009 年间的耕地集约利用水平进行综合评价, 分析武汉城市圈耕地集约利用的时空分异特征。结果表明: 2002—2009 年, 随着资本投入和科技投入的波动性增长, 武汉城市圈耕地集约水平呈现出“稳定上升-平稳发展-阶段下降-迅速上升”的变化过程, 平均分值由 58.40 提高至 61.62, 整体保持了增长态势; 受区域地貌特征、耕作条件的影响, 武汉城市圈各地区耕地集约利用水平差异显著, 集约度较高的区域主要分布于东西沿江平原一线, 南北丘陵山区耕地集约度较低, 总体呈现“中间高、两翼低”的空间分异格局; 但随着城市圈整体集约度的提高, 各地区间耕地利用集约度的差异正在逐步缩小并趋于稳定; 研究期内, 各地区耕地集约度变化呈现明显的空间分异特征, 多数地区耕地集约度变化呈现波动上升趋势, 但城市圈中心武汉市区及其周边部分地区, 由于耕地产值的大幅下降, 耕地集约度有所下降。该文为武汉城市圈耕地集约利用水平的提高提供了科学依据。

关键词: 土地利用, 主成分, 农村地区, 耕地集约利用, 时空分异, 武汉城市圈

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2013.19.027

中图分类号: F301.21

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2013)-19-0215-09

曾 杰, 姚小微. 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.

Zeng Jie, Yao Xiaowei. Spatial-temporal disparity characteristics of cultivated land intensive use in Wuhan Urban Agglomeration[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(19): 215—223. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

中国人口众多, 有限的耕地资源承载着巨大的粮食生产压力。加之城市化、工业化进程持续快速推进, 耕地资源减少与建设用地扩张之间的矛盾十分尖锐, 耕地保护形势日益严峻, 严重威胁了中国的粮食安全, 制约着社会经济的可持续发展。在此背景下, 通过加大资本、技术和劳动力等经济要素投入, 改善耕地内部利用方式, 提高耕地集约利用水平与粮食生产效率, 不仅是保障中国粮食安全的必然选择, 而且还关系到农民增收与农村稳定, 对促进社会经济可持续发展具有重要意义^[1-2], 因此耕地集约利用成为各级政府和学术界关注的热点。目前, 相关研究主要集中于耕地集约利用空间分异特

征与变化规律^[2-7]、耕地集约利用驱动力分析^[8-11]、耕地集约利用评价指标体系与评价方法研究^[12-18]等方面; 研究案例从尺度上看涵盖了国家^[19]与省级^[20]的宏观尺度、区域^[5]和市、县级^[21-22]等中观尺度以及农户^[23]和地块层面^[24]的微观尺度。由于不同区域的经济社会发展水平不同, 耕地利用呈现出明显的地域特征^[7], 揭示耕地集约度在不同地域单元的时空分异特征及其变化规律, 是科学制定差异化耕地利用与保护政策, 保障区域粮食安全的重要依据, 对提高区域耕地利用水平、促进社会经济可持续发展尤为重要。

武汉城市圈是中国城市群结构体系中重要的增长极之一^[25], 快速城市化和工业化进程使其耕地非农化问题日益突出。而湖北省 46 个粮食主产区(市、区)中有 25 个集中于武汉城市圈地区, 这对区域粮食安全产生了巨大影响。研究显示^[26], 1992—2007 年间, 武汉城市圈每年因耕地非农化而减少的粮食产量相当于 147 万人的粮食消费量, 粮食安全形势不容乐观。2007 年武汉城市圈获批成为全国资源节约型和环境友好型(简称“两型社会”)建设综合配套改革试验区, 在保障经济建设和保护耕地资源的双重压力下, 促进耕地资源集约高效利用

收稿日期: 2013-03-26 修订日期: 2013-08-26

基金项目: 中国博士后科学基金(2012M521503); 中国地质大学(武汉)中央高校新青年教师科研启动基金(CUG120861)

作者简介: 曾 杰(1985—), 男, 湖北钟祥人, 博士, 研究方向为国土资源调查评价。武汉 中国地质大学(武汉)资源学院, 430074。

Email: cugjay@gmail.com

*通信作者: 姚小微(1983—), 女, 湖北武汉人, 博士, 研究方向为土地资源评价与规划。武汉 中国地质大学(武汉)公共管理学院, 430074。Email: yaowx1110@gmail.com

对于保障区域粮食安全和社会经济可持续发展的意义重大。客观评价耕地集约利用水平,揭示其时空变化差异与特征,可为当前武汉城市圈土地资源集约高效利用和“两型社会”目标的实现提供重要依据,但目前相关研究较为少见。基于此,本文以武汉城市圈为研究对象,从耕地投入与产出的角度建立集约度评价指标体系,运用全局主成分方法揭示其 2002—2009 年间区域耕地集约度变化规律以及各县(市、区)级单元耕地集约度时空分异特征,以期为其耕地集约利用水平的提高提供科学依据,并进一步丰富耕地集约利用研究成果。

1 研究区域与数据来源

1.1 研究区概况

武汉城市圈位于湖北省东部,长江中游, $112^{\circ}30' \sim 116^{\circ}07'E$, $29^{\circ}05' \sim 31^{\circ}51'N$ 之间,含湖北省会武汉市及其周边约 100 km 以内的黄石、鄂州、孝感、黄冈、咸宁、仙桃、天门、潜江等 9 个城市,土地总面积 $5.79 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。地势大部低平,西部和中东部为开阔的江汉平原和鄂东沿江平原,南部、东北和北部是山地丘陵岗地区。南部和中部属亚热带季风性湿润气候,向北逐渐过渡至亚热带大陆性季风气候,热量丰富,光照充足,降水丰沛,农业生产条件优良,是中国中部地区著名的“鱼米之乡”。从经济区位上看,武汉城市圈地处由长江流域经济带和京广铁路经济带构成的“十”字型一级发展轴线的交汇处,区位优势突出,是拉动湖北省乃至中部地区崛起的重要战略引擎,也是以长江流域经济带为轴线的中国东、中、西部协调发展的关键接力点之一。

1.2 数据来源与处理

本研究选取的各项评价指标原始数据来源于

湖北农村统计年鉴(2003—2010 年)。鉴于数据的可获得性和耕地集约利用评价尺度可比性,本文以县级单元作为基本分析尺度,同时分别对武汉市、黄石市和鄂州市的部分主城区作适当归并,共划分出 35 个评价单元,并在 ArcGIS 10 平台上建立耕地利用集约度评价数据库。

2 研究方法

2.1 耕地集约利用评价指标体系构建

有关学者对耕地集约利用的内涵展开讨论,指出其是在一定时间周期内,通过适度增加资本、技术、劳动等生产要素投入,并优化投入结构,以最大限度获得耕地利用效益,实现耕地可持续利用的土地利用方式^[3,20]。本文认为,对耕地集约利用水平进行评价,就是对耕地的投入产出、利用程度和效率进行综合衡量,不仅要测度投入强度和利用程度,还应反映出耕地的利用效益^[10,27-28]。研究耕地集约度的时序变化及空间分布规律,不仅可以更深入的了解区域耕地集约利用现状,也是进一步探寻耕地集约利用影响机制,促进耕地不断形成合理集约度的基本前提^[14]。

由于耕地资源是在一定的社会经济与科技发展水平下,人类活动与自然生态条件共同作用的复杂系统,因此特定区域内耕地集约利用水平也是动态变化的,建立科学合理的评价指标体系是客观评价耕地集约利用水平的基本前提。本文根据耕地集约利用及其评价的内涵和目标,在前人研究成果的基础上^[5,19,29],基于系统性、科学性、可操作性和代表性等主要原则,结合武汉城市圈耕地利用现状特点,从投入强度、利用程度和产出效益 3 个方面构建了包含 10 项指标的武汉城市圈耕地集约利用评价指标体系(表 1)。

表 1 耕地集约利用评价指标体系
Table 1 Evaluation indexes of cultivated land intensive use

目标层 Aim	准则层 Principles	指标层 Indicators	指标计算说明 Explanations
耕地集约利用	耕地投入强度 P_1	地均劳动投入 X_1	农业从业人员/耕地总面积/(人·hm ⁻²)
		地均机械投入 X_2	农业机械总动力/耕地总面积/(kW·hm ⁻²)
		地均化肥投入 X_3	农用化肥施用量/耕地总面积/(kg·hm ⁻²)
		科技良种投入 X_4	优质水稻面积/耕地总面积/%
	耕地利用程度 P_2	复种指数 X_5	农作物总播种面积/耕地总面积/%
		灌溉指数 X_6	有效灌溉面积/耕地总面积/%
		机械化指数 X_7	机耕机播面积/耕地总面积/%
	耕地产出效益 P_3	地均产值 X_8	种植业总产值/耕地总面积/(万元·hm ⁻²)
		人均产值 X_9	种植业总产值/农业从业人员/(万元·人 ⁻¹)
		人均粮食产量 X_{10}	粮食总产量/农业从业人员/(t·人 ⁻¹)

注:由于研究区耕地以水稻种植为主,根据原始数据的可获得性,采用优质水稻面积比例反映该地区科技良种投入强度。为消除价格变动的影响,各年种植业总产值均换算成可比价格计算。

Note: Land is mainly cultivated with rice in the study area. Based on this and limited data available, this paper adopted the cultivated area percentage of high-quality rice as the technology input index. In order to eliminate the effects of price fluctuation, the data of output values are calculated at constant prices.

2.2 评价方法

全局主成分分析法 (global principal component analysis, GPCA) 是在经典主成分分析法的基础上, 用一个集合变量代替全局量来描绘系统随时间变化的方法, 实现了经典主成分分析和时序分析的有机结合。GPCA 通过对时序全局数据表进行降维分析, 不仅可以有效消除多因素综合评价中各指标之间的共线性, 避免权重确定的主观性; 同时通过对指标、空间和时间三维立体数据表进行分析, 避免了对每张数据表分别进行主成分分析时造成的不同时序数据无法比较的缺陷, 保证了系统分析的统一性、整体性和可比性^[30-31]。基于此, 本文引入全局主成分分析法, 从动态的角度更完整地考察武汉城市圈耕地集约利用程度的时空分异特征。

1) 建立全局数据表。假设有 n 个待分析样本, 使用相同的 m 项变量来描述, 记每张原始数据表为 $X=(X_{ij})_{n \times m}$ 。若研究时间序列为 T , 则共有 T 张原始数据表, 将 T 张数据表按时间顺序构成一个 $n \times m \times T$ 的三维立体数据表, 记为 $X=(X_{ij})_{n \times m \times T}$ 。

2) 实施经典主成分分析。将三维立体数据表按时间顺序纵向展开, 对指标数据进行 Z 分值标准化, 通过判断相关系数矩阵, 计算 KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) 值和 Bartlett 球度检验诊断变量之间的共线性; 计算各主成分的方差贡献率与特征根, 提取前 p ($1 \leq p < m$) 个特征值大于 1 且累计方差贡献率大于 80% 的主成分; 用各变量在各主成分上的载荷除以相对应的特征根的平方根计算得到每个主成分中各项原始变量所对应的系数, 从而计算各主成分得分, 即

$$F_k = \sum_{j=1}^m \mu_j X'_j \quad (1)$$

式中, F_k ($1 \leq k \leq p$) 为各样本在第 k 个主成分上的得分; μ_j 为各分析变量在该主成分上对应的特征向量; X'_j 为原始变量标准化数据。

根据各主成分方差贡献与主成分得分最终计算出各区域耕地集约利用综合得分, 即

$$Z_t = a_1 F_1 + a_2 F_2 + \cdots + a_p F_p \quad (2)$$

式中, Z_t 为某地区第 t 年耕地集约利用综合得分 ($1 \leq t \leq T$); a_1, a_2, \cdots, a_p 为各主成分方差贡献率, F_1, F_2, \cdots, F_p 为各主成分得分。

为简化问题, 本文假设研究区耕地投入与产出处于报酬递增阶段, 各项指标均为正指标, 即指标的分值越高, 耕地集约利用程度就越高。同时, 为更清晰的反映各评价单元耕地集约利用程度差异, 通过百分制折算公式进行转换, 计算方法如下

$$K = Z / (Z_{\max} - Z_{\min}) \times 40 + 60 \quad (3)$$

式中, K 为百分制转换后的集约利用分值, Z_{\max} 和 Z_{\min} 分别为转换前集约利用综合得分的最大值和最小值。

为进一步探寻研究区耕地利用集约度时空变化规律与内在原因, 本文采用变异系数衡量不同年份武汉城市圈耕地集约度变化的离散程度, 其计算公式为

$$Cv = \frac{1}{\bar{K}} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (K_i - \bar{K})^2} \times 100\% \quad (4)$$

式中, Cv 为变异系数; n 为样本数; K_i 为样本分值; \bar{K} 为样本分值平均值。

3 结果与分析

3.1 耕地集约利用分值计算

将 35 个评价单元按时间序列展开形成 280 个样本, 以表 1 中的 10 项指标的标准化值进行全局主成分分析, 运用 SPSS 软件计算得到各指标相关系数矩阵, 结果显示 KMO 值大于 0.6, Bartlett 球度检验的显著性水平小于 0.01, 提取的前 4 项主成分特征根均大于 1 且累计方差贡献率达到 80% 以上 (表 2), 认为上述样本可以进行全局主成分分析。

表 2 主成分特征根与方差贡献率

Table 2 Eigen values and variances of principal components

主成分 Principle components	特征根 Eigen values	方差贡献率 Variances/%	累计方差贡献率 Accumulative variances/%
F_1	3.07	30.73	30.73
F_2	2.10	21.02	51.75
F_3	1.76	17.64	69.39
F_4	1.15	11.51	80.89

根据载荷矩阵和表 2 中 4 个主成分特征根计算得到各指标在各主成分上的特征向量, 得到主成分系数矩阵, 如表 3 所示。

表 3 各主成分因子系数

Table 3 Factor coefficients of principal components

指标 Indicators	主成分 Principal components			
	F_1	F_2	F_3	F_4
地均劳动投入 X_1	0.268	0.321	-0.486	-0.267
地均机械投入 X_2	0.417	-0.312	0.017	0.203
地均化肥投入 X_3	0.215	0.326	-0.037	0.511
科技良种投入 X_4	0.048	0.547	0.150	-0.045
复种指数 X_5	0.423	0.297	0.195	-0.268
灌溉指数 X_6	0.306	0.290	0.223	0.294
机械化指数 X_7	0.297	-0.241	-0.171	0.523
地均产值 X_8	0.483	-0.144	-0.046	-0.396
人均产值 X_9	0.309	-0.361	0.422	-0.183
人均粮食产量 X_{10}	-0.127	0.111	0.665	0.042

由表 3 可知, 第 1 主成分包括地均机械投入、

复种指数、灌溉指数和地均产值 4 项指标, 主要反映了耕地利用强度; 第 2 主成分科技良种投入指标具有较大的载荷系数, 反映出科技投入水平对区域耕地集约利用度的重要影响; 第 3 主成分包括地均劳动投入、人均产值和人均粮食产量 3 项指标, 主要反映了耕地产出能力; 第 4 主成分则包括地均化

肥投入和机械化指数 2 项指标, 主要反映的是耕地投入水平。

根据式 (1) 可以计算出各县 (市、区) 各主成分得分, 因篇幅所限本文省略主成分得分表。再根据式 (2) 和式 (3) 计算得到 2002—2009 年武汉城市圈各评价单元耕地集约利用水平分值 (表 4)。

表 4 2002—2009 年武汉城市圈各区域耕地集约利用分值表
Table 4 Cultivated land intensive use scores from 2002 to 2009

区域 Regions	耕地集约利用分值 Cultivated land intensive use scores								平均 Average
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
武汉市区	65.97	67.54	66.68	68.26	65.36	62.66	61.57	61.31	64.92
蔡甸区	64.43	65.44	65.05	64.25	63.26	62.70	62.91	63.15	63.90
江夏区	61.18	62.92	67.87	67.39	65.97	67.58	69.02	71.16	66.64
黄陂区	62.34	62.95	63.64	66.56	64.60	64.78	65.71	67.23	64.73
新洲区	63.34	64.73	63.47	64.03	60.84	63.14	63.21	62.85	63.20
黄石市区	46.37	52.63	52.45	47.85	52.32	50.36	60.25	53.92	52.02
大冶市	54.55	53.75	56.27	56.94	57.02	55.23	55.79	56.03	55.70
阳新县	46.91	46.61	51.33	51.58	51.67	50.97	51.34	54.78	50.65
鄂州市区	65.90	73.36	68.28	70.29	69.68	69.26	70.85	71.10	69.84
孝南区	49.48	49.47	50.70	51.84	52.57	52.45	53.82	55.23	51.95
孝昌县	54.68	54.92	57.46	56.26	57.82	59.55	60.06	60.95	57.71
大悟县	45.72	44.78	47.46	48.34	48.12	44.88	47.68	48.76	46.97
安陆市	47.20	47.66	49.48	51.18	53.20	51.80	53.15	53.88	50.94
云梦县	60.31	61.25	61.15	62.48	62.67	62.40	63.08	64.42	62.22
应城市	63.66	65.46	67.58	68.36	67.57	66.15	67.82	66.74	66.67
汉川市	55.38	53.77	55.32	55.97	56.47	56.30	57.27	59.46	56.24
黄州区	72.82	79.17	74.74	70.54	71.45	65.71	66.56	70.63	71.45
团风县	67.39	66.16	68.10	69.89	69.12	66.66	68.45	63.49	67.41
红安县	62.53	64.96	61.75	61.21	60.69	60.97	60.67	60.92	61.71
麻城市	57.43	59.83	60.22	60.50	60.98	61.66	62.35	63.73	60.84
罗田县	51.94	52.95	55.40	53.73	53.86	53.73	55.66	56.64	54.24
英山县	71.86	80.48	63.04	59.98	59.19	60.43	61.48	63.19	64.96
浠水县	60.66	61.68	63.72	64.04	64.68	63.82	65.95	66.15	63.84
蕲春县	64.76	64.65	63.04	62.07	64.12	63.68	65.85	68.75	64.62
武穴市	69.01	69.17	69.63	64.99	75.01	67.27	70.80	72.45	69.79
黄梅县	57.49	57.12	58.29	60.18	55.37	56.88	64.29	66.77	59.55
咸安区	58.65	60.78	59.54	59.80	51.40	52.57	52.95	53.83	56.19
嘉鱼县	63.32	64.35	66.55	65.68	65.98	64.04	65.28	66.11	65.16
赤壁市	64.28	66.47	68.64	64.20	65.88	63.25	64.60	64.98	65.29
通城县	49.99	52.89	52.69	55.33	54.02	53.48	54.71	56.00	53.64
崇阳县	46.92	46.51	49.79	51.78	52.17	50.79	51.41	53.64	50.37
通山县	41.27	42.40	43.45	43.45	42.79	40.48	40.51	41.50	41.98
仙桃市	60.71	61.90	62.39	63.82	61.89	61.31	62.92	65.16	62.51
天门市	55.90	56.83	57.40	58.95	58.08	58.78	62.17	63.61	58.96
潜江市	59.70	59.87	60.63	62.84	65.54	63.33	65.31	68.33	63.19

3.2 武汉城市圈耕地集约利用时序变化特征

根据研究期内武汉城市圈各地区耕地集约度平均值 (图 1), 可以看出武汉城市圈耕地集约利用水平整体上经历了“稳定上升-平稳发展-阶段下降-迅速上升”的变化过程。2002—2005 年, 各区域集约度平均值由 58.40 提高到 60.13, 其中 2002

—2003 年间增幅最大, 达到 1.47%。这与 F_1 耕地利用强度因子的大幅度提升密切相关, 其中耕地灌溉指数在 2003 年大幅度提高至历年最高水平, 成为当年武汉城市圈耕地集约利用水平快速提高的主要驱动因素。2005—2006 年, 耕地利用集约度整体水平微弱下降, 至 2007 年平均分值明显降低至

59.12, 在研究期内仅高于 2002 年的集约利用水平, 这主要是受到前 3 项主成分因子得分降低的影响, 其中复种指数在 2007 年突然降至历年最低水平, 是导致当年耕地集约度明显降低的主要原因。2007 年以后, 由于 4 项主成分得分均有不同程度的提高, 区域耕地集约利用平均水平再次大幅度提升, 2008 年集约度平均值为 60.73, 比 2007 年提高 2.73%, 是研究期内单年提高幅度最大的一年; 2009 年平均分值达到 61.62, 为研究期内的最高水平。

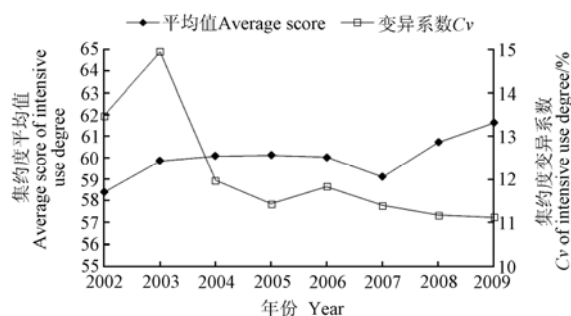


图 1 2002—2009 年武汉城市圈各年度耕地集约度平均水平与变异系数

Fig.1 Average scores and coefficient of variation (Cv) of cultivated land intensive use from 2002 to 2009

2002—2009 年间, 武汉城市圈耕地集约利用水平虽然经历波动, 但总体保持了提高的态势。从耕地投入上看, 研究期内武汉城市圈地均机械投入水平一直稳定提高, 地均化肥投入和科技良种投入虽然在个别年份出现波动性降低, 但整体上仍然呈现显著提高的走势, 并在 2009 年达到历年最高水平, 说明地均机械投入、化肥投入和科技投入水平的提高是促进武汉城市圈耕地集约利用水平提高的主要因素。与上述要素投入提高相反, 地均劳动投入水平是唯一逐年下降的指标, 说明随着区域经济的发展与技术的进步, 减少劳动力投入对提高耕地集约度影响较小, 加大科技和资本等其他要素的投入对提高耕地集约利用水平效用更为明显。

由图 1 可以看出, 与耕地利用集约度平均水平波动变化相类似, 武汉城市圈耕地集约度离散程度总体呈现“两升两降”的波动变化趋势。2002—2003 年, 变异系数随城市圈耕地集约利用整体水平同步增长, 由 13.47% 上升至 14.94%, 且远高于其它年份, 说明各地区耕地利用集约度差异程度明显增加, 且城市圈耕地集约整体水平的提升主要由少数地区耕地集约水平的提升所带动, 从表 4 可以看出, 主要是英山县和黄州区耕地集约利用水平大幅度提高所致。2004 年, 由于英山县和黄州区耕地集约度下降至与其它地区相当的水平, 变异系数急剧下降至 11.97%, 与 2003 年相比下降幅度达到 19.90%,

区际耕地集约度差异明显缩小, 而耕地整体集约利用水平却呈现微弱增加的趋势, 说明城市圈多数地区耕地集约利用水平的增长抵消了个别地区耕地集约利用水平的快速下降所带来的影响。

2004—2009 年, 变异系数在波动变化中始终稳定在 11%~12% 之间, 而耕地集约度在经历短期下滑的情况下仍保持了总体上升趋势。特别是 2007—2009 年间, 变异系数持续小幅降低而集约度水平大幅稳定提高, 说明近年来武汉城市圈耕地集约度在总体上升的同时, 区域间耕地利用集约度的差异在逐步缩小并趋于稳定, 不同地区耕地投入强度和利用程度总体提高, 带动了城市圈耕地集约度的持续增长。但由于各地区自然条件的不同和社会经济发展水平的差异, 地区间耕地集约利用水平的差距在一段时期内将仍然存在, 这也是造成城市圈耕地集约利用空间差异的重要原因。

3.3 武汉城市圈耕地集约利用空间分异特征

利用 ArcGIS 中的自然分界法 (natural break) 将武汉城市圈 2002—2009 年耕地利用集约等级划分为 5 个等级, 使各级的内部方差之和最小, 从低到高依次代表耕地集约度为: 粗放 (I 级)、较粗放 (II 级)、一般集约 (III 级)、较集约 (IV 级) 和高度集约 (V 级), 并用各地区多年耕地集约利用等级均值代表其 2002—2009 年总体集约水平 (图 2)。

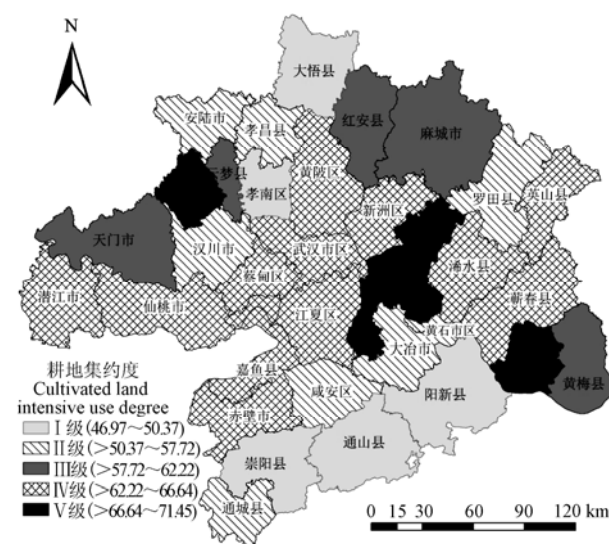


图 2 武汉城市圈各时期耕地集约利用空间差异 (2002—2009 年)

Fig.2 Spatial differences of cultivated land intensive use in different period of time from 2002 to 2009

研究期内, 武汉城市圈各地区耕地集约利用水平差异显著。大悟县、孝南区、阳新县、通山县和崇阳县的耕地整体上属于粗放利用水平; 安陆市、

孝昌县、罗田县、汉川市、黄石市区、大冶市、咸安区和通城县的耕地整体上属于较为粗放利用的水平；红安县、麻城市、云梦县、天门市和黄梅县的耕地整体上属于一般集约利用水平；潜江市、仙桃市、蔡甸区、黄陂区、新洲区、江夏区、武汉市区、嘉鱼县、赤壁市、英山县、浠水县和蕲春县的耕地整体上属于较为集约利用的水平；应城市、团风县、黄州区、鄂州市区和武穴市 5 个地区的耕地整体上属于高度集约利用水平。从隶属于各集约等级的县（市、区）数量上看，共有 12 个县（市、区）的耕地处于较集约利用水平，约占研究区全部评价单元的 1/3；其次，有 8 个县（市、区）的耕地处于较粗放利用水平；处于粗放利用、一般集约和高度集约 3 个等级的各有 5 个县（市、区）。从空间分布上看，耕地集约利用程度相对较高的地区主要分布于研究区东西沿江平原一线，集约程度相对较低的地区主要分布于北部和南部丘陵山区，呈现出中间高、两翼低的空间分异格局。这说明城市圈耕地集约利用水平的空间差异与区域地貌特征关系密切。总体上，平原地区耕地连片程度较高，耕作条件较好，机械化程度高，从而耕地集约利用水平相对较高；而在北部和南部丘陵山地区，农田机械化程度受到地形条件制约，从而直接影响了耕地集约水平的提高。

从时序上看，各地区耕地集约度变化程度的差异，也是造成武汉城市圈耕地集约利用水平呈现空间分异的原因之一。多数地区与武汉城市圈整体变化趋势相类似，呈现在波动中逐渐提高的趋势，其中明显上升的地区主要包括江夏区、麻城市、黄梅县和潜江市等。但受到耕地地均产值大幅度下降的影响，武汉市区、蔡甸区、新洲区、黄州区、团风县、红安县、英山县和咸安区的耕地产出效益下降，耕地集约利用水平在波动中不断降低。

运用式（4）计算各县（市、区）耕地集约度变化的变异系数（图 3），可以更好的衡量不同地区集约度变化的差异程度。总体而言，武汉城市圈耕地集约利用水平变化显著的地区主要有英山县、黄石市区、咸安区、黄梅县、黄州区等；变化较为平稳的主要是蔡甸区、嘉鱼县、新洲区、云梦县、大冶市等地区。其中，2002—2009 年间，英山县耕地集约水平变化最为明显，其在 2003 年的耕地集约度大幅提高至 80.48，为各地区在研究期内的最大值，但 2004 年又迅速回落至 63.04，2006 年降至历年最低值 59.12，研究期内集约度极差达到 21.29，变异系数达 10.7%；其次为黄石市区，集约度极差为 13.89，变异系数为 7.57%；变化程度最小的地区为蔡甸区，集约度分值极差为 2.74，变异系数仅为 1.51%。

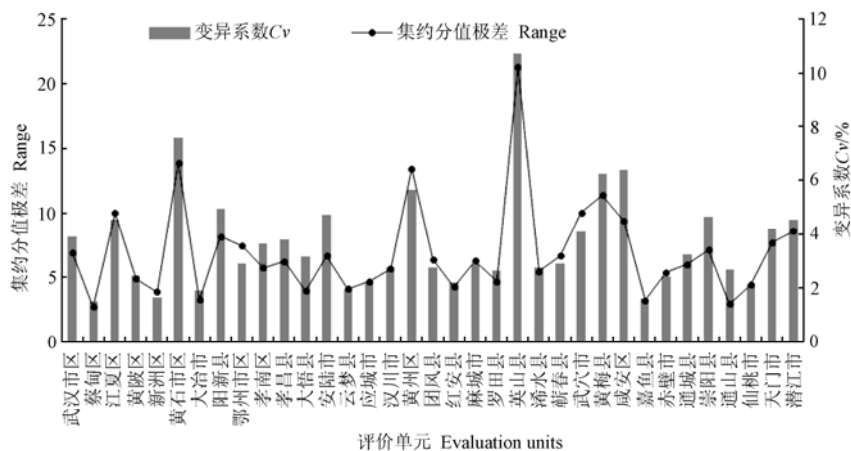


图 3 2002—2009 年武汉城市圈各地区耕地利用集约度变化离散程度

Fig.3 Dispersion levels of cultivated land intensive use degree in each evaluation unit from 2002 to 2009

4 结论与讨论

本文基于耕地集约利用的内涵，从投入强度、利用程度和产出效益等三方面构建了武汉城市圈耕地集约利用评价指标体系，在此基础上对武汉城市圈耕地集约利用的时空分异特征进行讨论，研究的主要结论如下：

1) 受资本和科技投入波动性增长的影响，武汉城市圈耕地集约利用水平整体上呈现“稳定上升

-平稳发展-阶段下降-迅速上升”的变化趋势，各地区耕地集约度离散程度表现为“两升两降”的波动变化规律，表明近年来武汉城市圈耕地集约度在总体上升的同时，区域间耕地利用集约度的差异也在逐步缩小并趋于稳定。

2) 虽然武汉城市圈耕地集约度处于总体上升阶段，但研究期内各地区耕地集约利用水平差异显著，受区域地貌特征、耕作条件的影响，研究区耕地集约利用程度相对较高的地区主要分布于东西

沿江平原一线, 北部和南部丘陵山区集约度相对较低, 总体呈现“中间高、两翼低”的空间分异格局。

3) 2002—2009 年间, 武汉城市圈各地区耕地集约程度变化呈现明显的分异特征; 多数地区耕地集约度变化呈现波动上升趋势, 其中江夏区、麻城市、黄梅县和潜江市提高幅度明显; 城市圈中心武汉市区及其周边的蔡甸区、新洲区、黄州区、团风县等地由于耕地产值的大幅下降, 耕地产出效益受到影响, 耕地集约利用水平在波动中降低。

与已有同类研究相比, 本文针对“指标-空间-时间”三维立体数据采用全局主成分分析方法, 较为客观、系统地考察了武汉城市圈耕地集约利用程度变化规律, 使武汉城市圈 2002—2009 年间各地区耕地集约利用水平具有全局可比性。耕地利用受自然条件和社会经济条件等诸多因素影响, 其集约利用水平必然随着各类要素的区域差异而呈现一定的时空分异特征; 本文限于篇幅和原始数据的可获得性, 选取的评价指标较为有限, 仅能满足在县级单元尺度上的研究需求。但随着研究尺度的变化, 影响耕地集约利用时空分异的驱动因素也必然有所不同; 准确识别不同尺度下耕地集约利用时空分异的驱动因素并对其进行定量化分析将是今后研究的重要方向之一。此外, 随着资本、劳动力和科技投入水平的提高, 势必会对耕地的自然性状产生影响, 由耕地集约利用水平的改变所带来的生态环境问题不容忽视; 必须有针对性的适度增加投入, 在保护和改善农田生态环境的条件下提高耕地集约度, 从而切实保障国家粮食安全和区域可持续发展。

[参 考 文 献]

- [1] 刘成武, 李秀彬. 1980—2002 年中国农地利用变化的时序特征[J]. 农业工程学报, 2006, 22(4): 194—198.
Liu Chengwu, Li Xiubin. Time-sequence characteristics of the annual changes of the agricultural land use in China during the period 1980-2002[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2006, 22(4): 194—198. (in Chinese with English abstract)
- [2] 安玉娟, 门明新, 霍习良, 等. 河北省耕地利用集约度变化特征[J]. 地理科学进展, 2009, 28(4): 611—616.
An Yujuan, Men Mingxin, Huo Xiliang, et al. The characteristics of the agricultural land use intensity in Hebei based on the production cost[J]. Progress In Geography, 2009, 28(4): 611—616. (in Chinese with English abstract)
- [3] 骆东奇, 李乐, 郭英, 等. 重庆市耕地集约利用评价及空间分异研究[J]. 地域研究与开发, 2010, 29(1): 98—103.
Luo Dongqi, Li Le, Guo Ying. The appraise of cultivated land intensive use and its spatial differentiation in Chongqing city[J]. Areal Research and Development, 2010, 29(1): 98—103. (in Chinese with English abstract)
- [4] 庞英. 山东沿海地区耕地利用集约度时空特征[J]. 农业工程学报, 2011, 27(9): 328—333.
Pang Ying. Spatial and temporal characteristics of land use intensive degrees of coastal areas in Shandong Province[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(9): 328—333. (in Chinese with English abstract)
- [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.
Xie Hualin, Zou Jinlang, Peng Xiaolin. Spatial-temporal difference analysis of cultivated land use intensity based on emergy in Poyang Lake eco-economic zone[J]. Acta Geographica Sinica, 2012, 67(7): 889—902. (in Chinese with English abstract)
- [6] 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[J]. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(4): 469—478. (in Chinese with English abstract)
- [7] 张琳, 张凤荣, 安萍莉, 等. 不同经济发展水平下的耕地利用集约度及其变化规律比较研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(1): 108—112.
Zhang Lin, Zhang Fengrong, An Pingli, et al. Comparative study of cultivated land use intensive degree and its change law at different economic levels[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2008, 24(1): 108—112. (in Chinese with English abstract)
- [8] 朱传民, 黄雅丹, 吴佳, 等. 不同地貌区耕地集约利用水平空间分异及驱动机制: 以江西省为例[J]. 山地学报, 2012, 30(2): 156—164.
Zhu Chuanmin, Huang Yadan, Wu Jia, et al. Spatial disparity of cultivated land intensive utilization and its driving forces based on different types of geomorphology: A case study of Jiangxi province[J]. Journal of Mountain Science, 2012, 30(2): 156—164. (in Chinese with English abstract)
- [9] 易军, 梅昀. 基于 PSR 框架的耕地集约利用及其驱动力研究: 以江西省为例[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(8): 895—900.
Yi Jun, Mei Yun. Study on intensive cultivated land use and its driving forces based on PSR model: A case study of Jiangxi Province[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2010, 19(8): 895—900. (in Chinese with English abstract)
- [10] 赵京, 杨钢桥. 耕地利用集约度变化影响因素典型相关分析[J]. 中国人口、资源与环境, 2010, 20(10): 103—108.
Zhao Jing, Yang Gangqiao. Canonical correlation analysis on the influencing factors of the change of cultivated land intensive use degree[J]. China Population, Resources and Environment, 2010, 20(10): 103—108. (in Chinese with English abstract)
- [11] 吴郁玲, 顾湘, 周勇. 农户视角下湖北省耕地集约利用影响因素分析[J]. 中国土地科学, 2012, 26(2): 50—55.
Wu Yuling, Gu Xiang, Zhou Yong. Factors analysis on intensive use of cultivated land from the viewpoint of farmers in Hubei Province[J]. China Land Sciences, 2012, 26(2): 50—55. (in Chinese with English abstract)
- [12] 王业桥. 节约和集约用地评价指标体系研究[J]. 中国土地科学, 2006, 20(3): 24—31.
Wang Yeqiao. Study on indicators for the assessment of land saving and intensive use[J]. China Land Sciences, 2006, 20(3): 24—31. (in Chinese with English abstract)

- [13] 曹银贵, 周伟, 王静, 等. 基于主成分分析与层次分析的三峡库区耕地集约利用对比[J]. 农业工程学报, 2010, 26(4): 291—296.
Cao Yingui, Zhou Wei, Wang Jing, et al. Comparative on regional cultivated land intensive use based on principal component analysis and analytic hierarchy process in Three Gorges Reservoir Area[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(4): 291—296. (in Chinese with English abstract)
- [14] 熊小青, 廖和平. 基于熵值法的耕地集约利用评价[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2009, 34(3): 236—240.
Xiong Xiaoqing, Liao Heping. Evaluation of cultivated land intensive utilization applying entropy method[J]. Journal of Southwest China Normal University: Natural Science Edition, 2009, 34(3): 236—240. (in Chinese with English abstract)
- [15] 李莹, 胡银根, 李坤, 等. 基于农用地分等成果更新技术的耕地集约利用评价[J]. 中国土地科学, 2011, 25(8): 61—68.
Li Ying, Hu Yinggen, Li Kun, et al. Intensity assessment on cultivated land: Based on the updated results of farmland gradation[J]. China Land Sciences, 2011, 25(8): 61—68. (in Chinese with English abstract)
- [16] 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): 1161—1168.
Song Jianan, Jin Xiaobin, Zhou Yinkang. A study on the contribution rate of agricultural land use intensity to grain productivity based on hierarchical linear models: A case study on the Inner Mongolia[J]. Resources Science, 2010, 32(6): 1161—1168. (in Chinese with English abstract)
- [17] 李进涛, 谭术魁, 汪文雄. 基于 DPSIR 模型的城市土地集约利用时空差异的实证研究: 以湖北省为例[J]. 中国土地科学, 2009, 23(3): 49—54.
Li Jintao, Tan Shukui, Wang Wenxiong. Empirical study of spatial-temporal differences of urban land use intensity based on DPSIR model: A case of Hubei Province[J]. China Land Sciences, 2009, 23(3): 49—54. (in Chinese with English abstract)
- [18] 邵晓梅, 王静. 小城镇耕地集约利用评价方法比较研究: 以浙江省慈溪市为例[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(1): 93—97.
Shao Xiaomei, Wang Jing. Comparison of intensive cultivated land use appraisal methods of small towns: A case study of Cixi in Zhejiang Province[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2008, 17(1): 93—97. (in Chinese with English abstract)
- [19] 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[J]. Journal of Natural Resources, 2007, 22(6): 907—915. (in Chinese with English abstract)
- [20] 祝小迁, 程久苗, 费罗成. 安徽省耕地集约利用及其驱动力分析[J]. 中国土地科学, 2009, 23(2): 11—17.
Zhu Xiaolian, Cheng Jiumiao, Fei Luo Cheng. Analysis on intensive use of cultivated land and its driving forces in Anhui Province[J]. China Land Science, 2009, 23(2): 11—17. (in Chinese with English abstract)
- [21] 邓楚雄, 谢炳庚, 李晓青, 等. 长沙市耕地集约利用时空变化分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28(1): 230—237.
Deng Chuxiong, Xie Binggen, Li Xiaoqing, et al. Analysis on spatial-temporal change of cultivated land intensive use in Changsha city[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(1): 230—237. (in Chinese with English abstract)
- [22] 魏永东, 温学飞, 马锋茂, 等. 宁夏盐池县基于熵值法的耕地集约利用评价[J]. 中国农学通报, 2011, 27(32): 216—220.
Wei Yongdong, Wen Xuefei, Ma Fengmao, et al. The intensive utilization evaluation of arable land in Yanchi County, Ningxia based on entropy value method[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(32): 216—220. (in Chinese with English abstract)
- [23] 郝海光, 李 Xiubin. Agricultural land use intensity and its determinants in ecologically-vulnerable areas in North China: A case study of Taipusi County, Inner Mongolia autonomous region[J]. Journal of Resources and Ecology, 2011, 2(2): 117—125.
- [24] 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(S2): 331—337.
Kong Xiangbin, Li Cuizhen, Wang Hongyu et al. Analysis on arable land intensity difference at plot scale in Jingji Plain[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(S2): 331—337. (in Chinese with English abstract)
- [25] 方创琳, 宋吉涛, 张蕾, 等. 中国城市群结构体系的组成与空间分异格局[J]. 地理学报, 2005, 60(5): 827—840.
Fang Chuanglin, Song Jitao, Zhang Qiang, et al. The formation, development and spatial heterogeneity patterns for the structures system of urban agglomerations in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2005, 60(5): 827—840. (in Chinese with English abstract)
- [26] 范辉, 董捷. 武汉城市圈耕地非农化时空特征及其与粮食产量的关系[J]. 农业系统科学与综合研究, 2010, 26(3): 264—270.
Fan Hui, Dong Jie. Temporal and spatial characteristics analysis of relation between arable land non-agriculturalization and grain productivity in Wuhan Urban Circle[J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture, 2010, 26(3): 264—270. (in Chinese with English abstract)
- [27] 赵思凡. 对集约用地内涵的再思考: 基于对香港城市土地集约利用模式的分析[J]. 中国土地科学, 2009, 23(8): 73—77.
Zhao Sifan. Rethinking the meaning of intensive land use: Based on analyzing intensive land use patterns in Hongkong[J]. China Land Science, 2009, 23(8): 73—77. (in Chinese with English abstract)
- [28] 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[J]. Progress in Geography, 2008, 27(6): 12—17. (in Chinese with English abstract)
- [29] 李 Xiubin, Wang Xiuhong. Changes in agricultural land use in China[J]. Asian Geographer, 2003, 22(1/2): 27—42.
- [30] 何为, 修春亮. 吉林省城市土地集约利用的空间分异[J]. 自然资源学报, 2011, 26(8): 1287—1296.
He Wei, Xiu Chunliang. Analysis of spatial difference in regional urban land intensive utilization: A case study of Jilin province[J]. Journal of Natural Resources, 2011, 26(8): 1287—1296. (in Chinese with English abstract)

- [31] 张旺, 申玉铭. 京津冀都市圈生产性服务业空间集聚特征[J]. 地理科学进展, 2012, 31(6): 742—749.
Zhang Wang, Shen Yuming. The spatial characteristics of

producer service agglomeration in Beijing-Tianjin-Hebei metropolitan region[J]. Progress in Geography, 2012, 31(6): 742—749. (in Chinese with English abstract)

Spatial-temporal disparity characteristics of cultivated land intensive use in Wuhan Urban Agglomeration

Zeng Jie¹, Yao Xiaowei^{1,2*}

(1. Faculty of Earth Resources of China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. School of Public Administration of China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Cultivated land intensive use is a hot topic discussed in China since it is significant to guarantee food security and promote sustainable development of land resource as well as social economy. Wuhan Urban Agglomeration is an important region for crop production in Central China. In this paper, the spatio-time characteristics of cultivated land intensive use were analyzed to better understand the variations of cropland intensive use levels during the year of 2002 to 2009 in Wuhan Urban Agglomeration. An evaluation index system was established at first. According to the data available, the study area was divided into 35 units at county-level. All data used were acquired from statistical yearbooks. Based on the original definition and scholars' discussions, the established index system contained 10 indicators from 3 aspects including intensity of cropland involvement, utilization of cropland and output benefits. The method applied in this paper was Global Principal Components Analysis (GPCA) that combined principle component analysis with sequence analysis. Comparing to other conventional evaluation models, the advantage of this method was able to reveal the sequential and spatial characteristics of cultivated land intensive use of the 35 units objectively, systematically and consistently. Besides, the coefficient of variations (C_v) was also used to describe the changes as well as its spatial reasons. Based on the analysis process, the results reached are as follows: 1) During the period of 2002 to 2009, capital investment and technology input of the cultivated land increased in fluctuation. Base on this, the average score of cultivated land intensive use rose from 58.40 of 2002 to 61.62 of 2009 with wave-like change process. Specifically, it showed rising steadily and keeping stable, then going down occasionally and ascending fast at last. Meanwhile, the sequential changes of coefficient of variation (C_v) for cultivated land intensive use degree experienced double rises and double falls. However, the C_v kept no more than 12% from 2004 to 2009, which was significantly lower than the level of 2002-2003, indicating that the regional disparity of cultivated land intensive use was becoming smaller. 2) During the entire period of research, the relative high level distribution of cultivated land intensive use mainly involved Jiangnan Plain and plains in eastern Hubei along the Yangtze River, which basically covered from the west to the east of the study area. The intensive use levels of cropland were comparatively lower in the northern and southern hilly and mountainous region. Generally, the spatial disparity pattern of cultivated land intensive use in Wuhan Urban Agglomeration appeared to be high in the central part and low in the northern and southern side. 3) The changing trends were significantly different in different parts of the study area. The levels of cultivated land intensive use in the majority of the Wuhan Urban Agglomeration went up with fluctuations such as Jiangxia District and Macheng City. On the contrary, small areas such as the town area of Wuhan City and some surrounding units went down with fluctuations mainly effected by sharp descending of cropland output value. The results were able to provide scientific basis for enhancing cropland intensive use in Wuhan Urban Agglomeration.

Key words: land use, principal components analysis, rural areas, cultivated land intensive use, spatial-temporal disparity, Wuhan Urban Agglomeration

(责任编辑: 张俊芳)