

# 河南省耕地集约利用时空分异及分区研究

刘 玉<sup>1,2</sup>, 郝星耀<sup>1,2</sup>, 潘瑜春<sup>1,2</sup>, 唐秀美<sup>1,2</sup>

(1. 北京农业信息技术研究中心, 北京 100097; 2. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097)

**摘要:** 通过构建耕地集约利用评价模型, 采用 Kernel 密度曲线等深入分析 1990 年、2000 年和 2010 年河南省 126 个县域的耕地集约利用程度及其时空规律, 并采用双重自组织模型进行耕地集约利用分区。结果表明: ① 县域耕地集约利用度的 Kernel 密度曲线呈现典型的单峰分布模式, 分布曲线由“尖峰形”向“宽峰形”发展并整体向右移动, 表明河南省耕地集约利用整体水平上升, 县域差异扩大。② 耕地集约利用水平空间差异显著, “北高南低”、“东高西低”、“平原区高, 山地丘陵区低”的特征明显; 大多数县域耕地集约利用度随时间变化稳步提高, 但提高水平差异较大; 耕地投入强度和耕地产出效率的提升幅度较大, 耕地利用强度和可持续性状况提升较慢。③ 采用双重自组织模型将 126 个县域划分为东部黄淮平原区、北部平原区、东南丘陵平原区、中南平原区、西部山地丘陵区等 5 个耕地集约利用区, 并提出了相应的发展策略。

**关键词:** 耕地集约利用; 熵权法; Kernel 密度法; 时空分异; 双重自组织模型; 河南省  
**中图分类号:** F301.24      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-0690(2014)10-1218-08

提高耕地集约利用程度是保障国家粮食安全, 进而促进农村可持续发展的重要手段<sup>[1]</sup>。中国正处于社会经济转型发展的重要时期, 一方面非农建设和生态退耕占用大量耕地, 致使耕地面积不断下降<sup>[2]</sup>; 另一方面, 人口总量的惯性增长和居民消费水平的提升使农产品需求持续增加, 耕地面积减少和农产品需求增加间的矛盾加剧。在宜耕后备资源有限的情况下, 提高耕地集约利用水平的内涵式挖潜成为破解这一矛盾的有效途径<sup>[3]</sup>。节约集约利用耕地已成为当前建设节约型社会的重要内容, 也是国土资源管理部门和农业部门的一项重点工作<sup>[4]</sup>。

当前, 国内耕地集约利用评价研究主要有两类: 一类是从单一的农业生产投入入手, 选取劳动集约度、资本集约度等指标开展研究<sup>[5,6]</sup>。在数据资料的限制下, 这类研究集中在国家(省域)层面的宏观分析或者典型案例区的实证探索, 难以揭示中微观层面的空间差异。另一类从投入强度、利用强度、利用效率等方面选取综合指标, 通过主成分分析法、层次分析法、熵权法等确定权重, 揭

示某一区域耕地集约利用程度及变化态势<sup>[7,8]</sup>。这类研究多以地级市或者县域为研究单元, 以统计数据为基础, 揭示耕地集约利用的时空规律。同时, 陈伟等从耕地集约利用的可比性入手, 开展了考虑耕地质量差异的江苏省耕地集约利用评价<sup>[9]</sup>; 曹志宏等引进能值法分析黄淮海地区耕地集约利用的时空规律, 以弥补实物形态和价值形态核算耕地利用集约度的缺点<sup>[10]</sup>。在研究区域上, 河南、黑龙江、江西等粮食主产省份的研究逐渐增多。例如, 张小虎等<sup>[11]</sup>从省域尺度评价了河南省耕地集约利用趋势及时空分异; 龙冬冬等<sup>[12]</sup>采用最优组合赋权法、协调度评价模型等, 定量分析了河南省市域耕地集约利用水平的时空特征; 乔家君<sup>[13]</sup>采用因子分析法、重心分析法等, 探究了河南省县级尺度农田集约利用的时空变化。这些研究揭示了耕地集约利用的宏观态势和演化特征, 但基于县域尺度的研究相对薄弱, 河南省耕地集约利用分区及对策的研究亟待加强。

作为中国第一农业大省和第一人口大省, 河南省耕地的集约利用不仅影响着本省现代农业发

收稿日期: 2013-09-25; 修订日期: 2014-04-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(41201173、41130748)资助。

作者简介: 刘 玉(1982-), 男, 河北无极人, 博士, 助理研究员, 研究方向为土地利用、区域农业与农村发展。E-mail: liuyu@nercita.org.cn

通讯作者: 潘瑜春, 研究员。E-mail: Panyc@nercita.org.cn

展、农村经济转型和社会稳定,而且对于保障全国农产品安全也具有重要作用。因此,以县域为基本研究单元,客观评价河南省耕地集约利用水平的区域差异,并进行耕地集约利用分区,可以为区域农业发展提供依据。

## 1 研究方法 with 数据来源

### 1.1 耕地集约利用评价模型

结合已有研究成果<sup>[4,14-17]</sup>,遵循科学性 with 可操作性兼顾、全面性 with 主导性相结合、资源集约化 with 可持续利用相结合的原则,从耕地投入强度、利用强度、产出效率和可持续状况4方面构建耕地集约利用评价指标体系。单位耕地农业劳动力投入、单位耕地农业机械动力投入、单位耕地化肥投入、单位耕地农药投入等直接反映了耕地的投入强度;垦殖指数、灌溉保证率、复种指数则从土地资源的配置状况反映耕地利用强度;地均粮食产量、地均农业增加值反映了耕地产出效率;人均耕地面积、耕地变化率、粮食稳定性指数等在一定程度上反映了耕地集约利用的可持续性。本文采用熵权法确定指标权重,主要包括数据标准化、计算综合标准化值、计算各指标的熵值、计算各指标的差异性系数、计算各指标的权重、计算各县域的综合评价分值等步骤<sup>[18]</sup>。

### 1.2 Kernel 密度估计法

Kernel 密度估计法是一种非参数估计方法,可用连续的密度曲线描述随机变量的分布形态<sup>[19]</sup>。该文采用 Kernel 密度估计法分析耕地集约利用度的分布特征,通过分布图中波峰个数及分布图位移趋势直观地刻画耕地集约利用度的分布状况及其动态演进方式。

$$f(x) = \left( \frac{1}{Nh} \sum_{i=1}^N K\left[\frac{X_i - x}{h}\right] \right) \quad (1)$$

式中, $f(x)$ 为点 $x$ 处的概率密度; $i$ 为研究单元数, $i=1, 2, \dots, N$ ;  $h$ 为带宽; $K(\bullet)$ 是随机核估计的核函数。若 Kernel 密度分布图呈现出明显的“双峰”状,表明县域耕地集约利用存在双峰趋同;若波峰高度持续降低,表明县域间耕地集约利用差异增大,而集中程度在下降;若分布图随着时间向右移动,表明耕地集约利用度在提高。

### 1.3 基于双重自组织模型的耕地集约利用分区

作为一种新的非监督聚类方法,自组织特征映

射网模型(SOFM)由输入层和输出层组成,两层之间互相连接,采用竞争学习机制实现对输入模式的自组织分类,特征相似的点在分类空间中相邻<sup>[20-22]</sup>。双重自组织分区采用自组织特征映射网络以及混合距离进行分区,在此基础上检测空间异常值,并修正分区边界得到最终的分区结果,充分考虑了地理空间和特征空间对分区的影响。具体步骤包括:①构造 SOFM 网络,设定各个参数,并对数据集坐标和属性进行无量纲化处理;②构造混合距离;③随机选取第 $n$ 点的属性向量作为输入向量,并以混合距离衡量最佳匹配点;④根据领域函数和学习率函数对神经元进行权值修正。

在实现自组织分区时,由于空间距离和属性距离均可用于度量聚类对象在空间域和属性域上的邻近关系,采用混合距离来衡量采样点间的相似性,设含有双重属性的点集定义如下:

$$X_N = \{g_N^1, g_N^2, \dots, g_N^L, a_N^1, a_N^2, \dots, a_N^D\} \quad (2)$$

$$D_{ij} = \omega_s \times D_{ij}^s + \omega_a \times \sqrt{\sum_{d=1}^D \omega_d (a_i^d - a_j^d)^2} \quad (3)$$

式中, $\{g_N^1, g_N^2, \dots, g_N^L\}$ 表示地理空间( $L$ 一般取1, 2, 3); $\{a_N^1, a_N^2, \dots, a_N^D\}$ 表示属性空间( $D$ 为属性个数); $D_{ij}^s$ 为两点之间的地理空间距离(欧氏距离); $\omega_d$ 表示属性 $d$ 的权值, $\sum \omega_d = 1$ ;  $a_i^d$ 和 $a_j^d$ 表示点 $i$ 和 $j$ 属性 $d$ 的取值; $\omega_s$ 和 $\omega_a$ 分别表示属性地理空间权值和特征空间权值, $\omega_s + \omega_a = 1$ 。

### 1.4 数据来源

本研究从县域尺度揭示河南省耕地集约利用的变化特征。从数据的可获得性和研究需要出发,以2010年为基准对行政区划单元修正,将各地级市辖区分别统一归并为地级市区,最终划分为126个县域单元。1990~2010年分县的耕地面积、粮食产量、农作物播种面积、农业增加值等数据来源于相应年份的《河南统计年鉴》(1991~2012)<sup>[23,24]</sup>和《河南农村统计年鉴》(1991~2005)<sup>①</sup>。

## 2 河南省耕地集约利用的区域差异分析

### 2.1 耕地集约利用度的 Kernel 密度曲线及其分析

为了便于耕地集约利用的时空比较,将3个年份的各项数据放在一起构成原始数据矩阵,根据

① 河南农村统计年鉴,河南省农村社会经济调查队,1991~2005。

研究期内河南省县域各项指标的最大值和最小值确定极值,通过熵权法确定权重(表1),进而得到河南省各县不同时期的耕地集约利用度。为了消除价格上涨因素的影响,采用农业增加值价格指数对地均农业增加值进行修正,统一修正为以1990年为基期的可比价。

在matlab软件中,采用高斯密度函数模型估计得到县域耕地集约利用度的Kernel密度曲线(图1)。  
 ① 3个年份中,Kernel密度曲线均呈现较典型的单峰分布模式,曲线主峰基本上位于平均水平,表明多数县域耕地集约利用度呈现以平均水平为核心的近似正态分布。  
 ② 1990~2010年间,密度分布曲线整体向右移动,反映出县域耕地集约利用度呈现上升趋势。  
 ③ 密度曲线由“尖峰形”向“宽峰形”发展,且变化趋势明显。1990年县域耕地集约利用度表现出明显的尖峰特征;与1990年相比,2000年Kernel密度分布图的峰度变得平缓,主峰相对下降并向右移动,表明此期间耕地集约利用度在普遍上升的同时县域间差异增大;2010年,Kernel密度分布图的峰度比2000年变窄,主峰高度略有提升并继续向右移动,表明2000~2010年间县域耕地集约利用度在提高但县域间差异一定程度上在缩小。

### 2.2 耕地集约利用的空间分异特征

采用SPSS的快速聚类法将3个年份的县域耕地集约利用度( $S_i$ )划分为高度集约( $S_i > 0.45$ )、中度集约( $0.45 \geq S_i > 0.35$ )、基本集约( $0.35 \geq S_i > 0.25$ )和不集约( $S_i \leq 0.25$ )4个等级(图2)。1990年,县域耕地集约利用度总体偏低,介于0.120~0.425,平均值为0.262,没有县域步入到高度集约水平。从空间分布上看,河南省西北部县域的耕地利用处于中度集约:在孟州市到南乐县一线呈现带状分布,以鄯陵县为中心呈现面状分布;河南省西南部(包括三门峡、洛阳、南阳和平顶山)以及驻马店市等所辖县域的耕地利用处于不集约水平,耕地集约利用度低于0.225。

2000年,各县域耕地集约利用水平快速提升,耕地集约利用度介于0.181~0.561之间,平均值为0.369。27个县域步入到高度集约水平,在孟州市到南乐县一线呈现带状分布,以太康县为中心呈现面状分布;中度集约区基本上分布在高度集约区周围;基本集约区在信阳市、驻马店市和平顶山市北部一线呈现带状集中分布,在三门峡市、安阳市和南阳市零散分布;不集约区在河南西南部呈现出以宜阳县为中心的“十”字分布。

2010年县域耕地集约利用度介于0.210~0.736

表1 耕地集约利用评价指标体系及其权重

Table 1 Evaluation index system and weight of cultivated land intensive use

目标层	准则层	指标层	表达式	效应	权重
耕地 利用 集约 程度	耕地投入强度 (0.424)	单位耕地农业劳动力投入	农林牧渔从业人员/耕地面积	正指标	0.043
		单位耕地农业机械动力投入	农业机械总动力/耕地面积	正指标	0.180
		单位耕地化肥投入	化肥施用量/耕地面积	正指标	0.115
		单位耕地农药投入	农药使用量/耕地面积	正指标	0.086
	耕地利用强度 (0.172)	垦殖指数	耕地面积/区域土地面积	正指标	0.073
		复种指数	农作物总播种面积/耕地面积	正指标	0.023
		灌溉保证率	有效灌溉面积/耕地面积	正指标	0.076
	耕地产出效率 (0.193)	地均农业增加值	农业增加值/耕地面积	正指标	0.116
		地均粮食产量	粮食总产量/粮食作物播种面积	正指标	0.077
	可持续性状况 (0.211)	人均耕地面积	耕地面积/区域总人口	正指标	0.062
		耕地变化率	(末期耕地面积-基期耕地面积)/基期耕地面积	正指标	0.101
		粮食稳定性指数*	近3a粮食单产的离散系数**	逆指标	0.048

注:\*本文采用近3a粮食单产的离散系数表征粮食产量的稳定性。\*\*离散系数的计算公式: 
$$V_i = \sqrt{\frac{\sum (x_{iz} - \bar{x}_i)^2}{n-1}} / \frac{\sum x_{iz}}{n}$$
。  $x_{iz}$  为  $i$  县域

第  $z$  年的粮食单产,  $n$  为年数( $n=3$ ),  $\bar{x}_i$  为  $i$  县域平均粮食单产,  $V_i$  为  $i$  县粮食产量的离散系数。 $V_i$  越大,表明区域粮食生产的稳定性越弱。

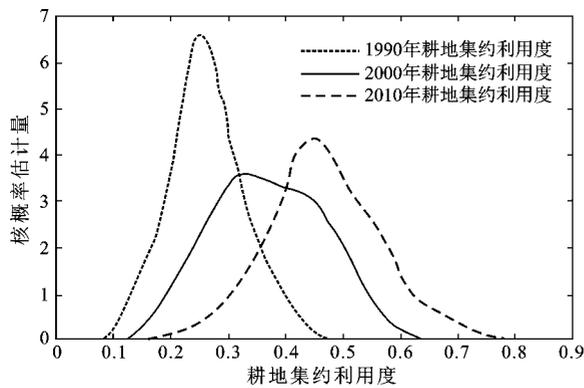


图1 河南省县域耕地集约利用度的核密度估计  
Fig.1 Kernel density estimation of Henan Province for cultivated land intensive degree

之间,平均值为0.461,其中 $0.375 \leq S_i \leq 0.575$ 的县域单元数占126个县域单元的73%。县域之间耕地集约利用水平差异悬殊,其中武陟县因其较高的农业投入、较高的耕地利用强度和良好的耕地可持续状况,耕地集约利用度高达0.736;而卢氏县因其较少的农业投入和较低的产出水平,耕地集约利用度仅为0.210。67个县域属于高度集约区,主要分布在河南省东部和北部,地势平坦,耕地资源丰富,耕地质量也较高,是农产品的重要产区;信阳市、驻马店市和南阳市北部的大多数县域处于中度集约区;基本集约区主要分布在豫西山地区丘陵及周边,地势起伏较大,不利于农业机械化推广,耕地集约利用的潜力有限;仅卢西县处于不集约区。总体而言,县域耕地集约利用度具有较强的空间集聚效应,燕山太行山山前平原区、冀鲁豫低洼平原区的耕地集约度处于较高水平,豫西

山地丘陵区及鄂豫皖山地丘陵区的耕地集约利用度相对较低。

### 2.3 耕地集约利用的时间变化特征

河南省平均耕地集约利用度由1990年的0.262上升到2010年的0.461,其中1990~2000年间上升较快。然而,耕地投入强度、利用强度、产出效率等的非同步变化使河南省耕地集约利用度变化的空间差异显著(图3)。与1990年相比,2010年全部县域的耕地集约利用度在增加,增加幅度介于0.018~0.457,平均值为0.199。28个县域耕地集约利用的增加幅度在0.25以上,商丘市、驻马店市分布较为密集;27个县域耕地集约利用的增加幅度低于0.15,在河南省中西部分布较密集。

分别以耕地投入强度、利用强度、产出效率和可持续性状况为横坐标,以密度为纵坐标,基于matlab软件绘制县域耕地集约利用度的Kernel密度图(图4);通过计算耕地集约利用度各准则层的平均值,绘制3个时段耕地集约利用度内部构成变化图(图5)。由图4和图5可知,1990~2010年,研究区耕地投入强度和耕地产出效率都在稳步提升,耕地利用强度和耕地的可持续性状况提升较慢。

① 由图4a可知,1990~2010年间,密度分布曲线整体向右移动,表明各县域耕地投入强度快速提升。1990年,县域耕地投入强度的Kernel密度估计图表现出明显的尖峰特征;随着时间推移,Kernel密度估计图明显向“宽峰形”发展,峰度变得平缓,左端至中间部分面积减少,右端部分面积增加。表明大部分县域的耕地投入强度提升较快,且县域间的差异较大。县域耕地产出效率分布与县域耕地投入强度分布基本相似。② 由图4b可

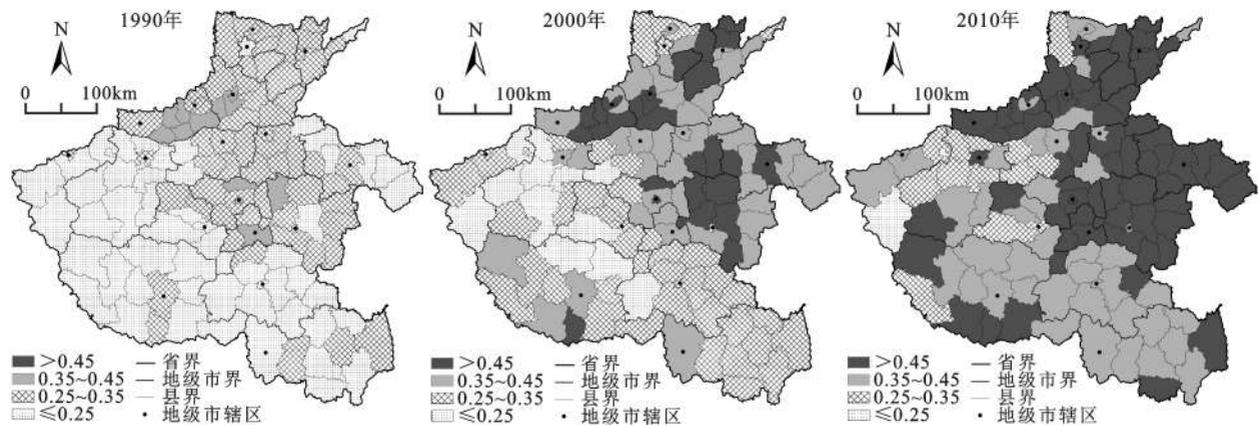


图2 河南省县域耕地集约利用度的空间格局

Fig.2 Spatial distribution of cultivated land intensive degree in Henan Province

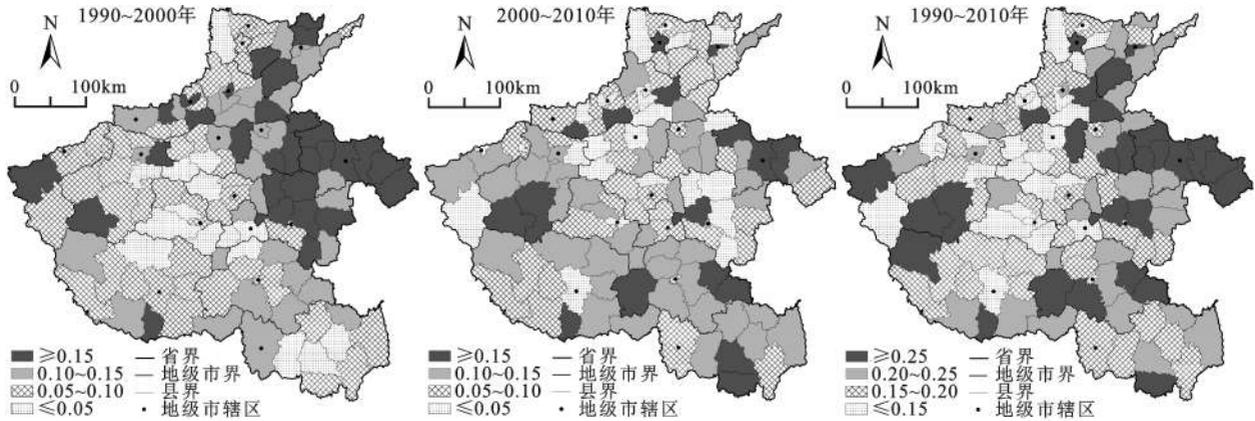


图3 河南省县域耕地集约利用度变化的空间格局

Fig.3 Distribution maps for the change of cultivated land intensive degree of Henan Province

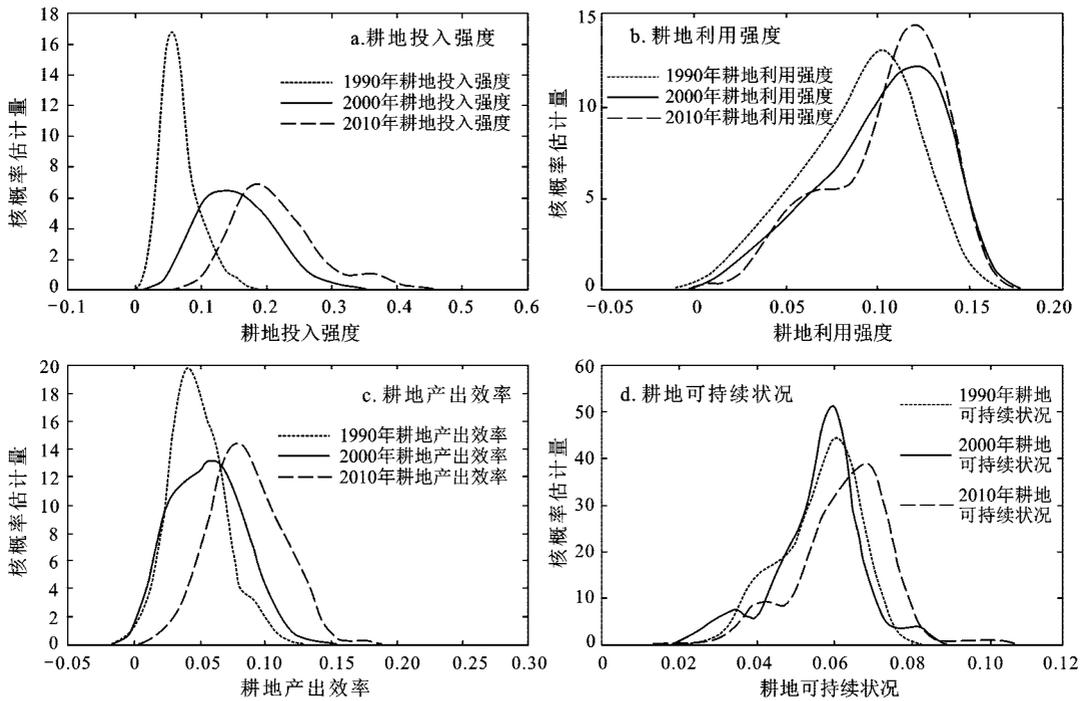


图4 河南省县域耕地集约利用度内部构成的Kernel密度估计

Fig.4 Kernel density estimation for the criterion layers of cultivated land intensive degree in Henan Province

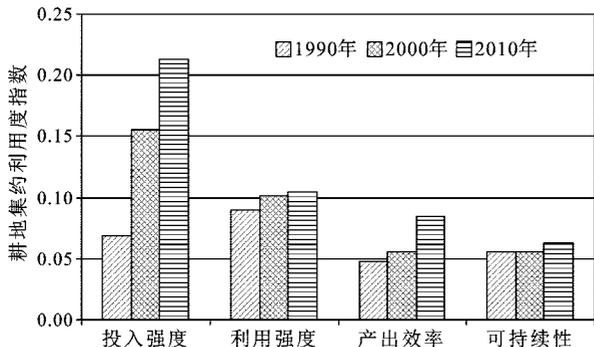


图5 河南省县域耕地集约利用度的准则层变化

Fig.5 Changes for the criterion layers of cultivated land intensive degree of Henan Province

知,研究期间,密度分布曲线整体向右移动但幅度低于耕地投入强度的移动幅度,反映出县域耕地利用强度有所提升但幅度较小。县域耕地利用强度始终保持尖峰形态,变化幅度较小,表明大部分县域的耕地利用强度变化不大,县域间的差异也没有明显扩大趋势。③ 农业结构战略性调整、非农化占用等使1990~2000年的县域耕地面积快速下降,县域耕地可持续状况呈现下降趋势;2000年以来,县域耕地面积的快速下降趋势得到遏制,粮食稳定性系数的提升使耕地的可持续状况曲线向右移动;分布图的峰度降低且变得平缓,表明耕地

可持续状况的县域差异增大。④ 3个年份县域耕地投入强度、利用强度、产出效率和可持续性状况均呈现典型的单峰形态,并没有明显的双峰趋同或多峰趋同;但2010年,耕地投入强度、利用强度和可持续性状况出现了由单峰向双峰模式转变的趋势。双峰模式代表着部分县域一些指标在低水平上集中,另一部分县域在高水平上集中,意味着河南省县域耕地投入强度、利用强度和可持续性状况已经由收敛走向发散。

### 2.4 耕地集约利用分区

基于matlab软件神经网络工具箱中提供的初始化权值、学习和训练、竞争激活等函数构建SOFM网络模型。赋予每个县域空间单元的几何中心点以作为计算变差函数的输入地理空间变量,2010年的耕地投入强度、耕地利用强度、耕地产出效率和耕地可持续性状况4个变量作为输入特征空间变量,实现双重自组织分区。设计网络参数为:初始权值为[0,1]的随机数,基本学习速率0.1,最大循环次数为1000次,其余参数采用默认值。最终将河南省126个县域分为东部黄淮平原区、北部平原区、东南丘陵平原区、中南平原区、西部山地丘陵区5个区(图6)。

东部黄淮平原区主要分布在河南省东部,地势平坦,耕地集中连片,是河南省乃至国家的重要粮食产区。该区作为传统农区,经济发展相对缓慢,

劳动力资源较丰富,耕地“非农化”和“非粮化”进程相对缓慢,耕地的利用强度和可持续状况是全省最高的。应以国家粮食战略工程河南核心区建设为契机,大力推进高标准基本农田建设,完善农田基础设施,提高粮食生产的规模化、集约化、产业化和标准化水平,同时严格控制耕地非粮化程度,提升粮食高产稳产的能力。

北部平原区主要属于太行山山前平原区和冀鲁豫低洼平原区,地势平坦,水土资源丰富,现代农业发展的基础良好,耕地投入强度是5个区中最高的,利用强度和产出效率也较高。

东南丘陵平原区主要分布在河南信阳市,投入强度和利用强度在5个区中居中,但产出效率是河南省最高的一个区。日照充足,降雨丰沛,水稻的种植面积较大。建议进一步强化农田基础设施建设,增加农业投入并优化投入结构,提高耕地的综合集约利用水平。

中南平原区主要分布在黄淮平原区西部和南阳盆地,耕地的投入强度、利用强度和产出效率均处于较低水平,区位优势尚未有效发挥。作为中原经济区的重要发展轴带,该地区未来经济发展将加速。应加大优质耕地的保护力度,适度控制耕地非农化速度,稳定农作物种植面积;增加农业生产投入并优化投入结构,提高农作物单产水平;同时适度发展集约高效农业和城郊型农业。

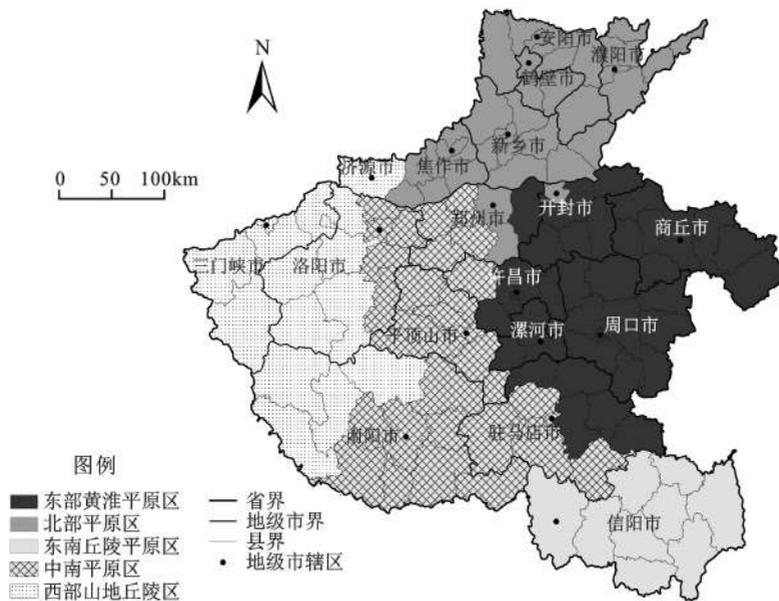


图6 耕地集约利用分区

Fig.6 Intensive utilization zoning map of the cultivated land

西部山地丘陵区主要包括豫西山地丘陵区 and 鄂豫皖丘陵山地区西部,地势起伏较大,耕地面积小且分布分散,耕地投入强度和利用强度较低,区域耕地集约水平是河南省最低的。应在保护生态环境的前提下,合理利用优质耕地资源,提高土地利用率和产出率。

### 3 结论与讨论

1) 本文运用多因素综合评价方法,计算了1990年、2000年和2010年河南省126个县域的耕地集约利用度,并基于ArcGIS等展示了县域耕地集约利用的空间格局和演化趋势。总体而言,河南省耕地集约利用度快速提升,县域间差异扩大;耕地集约利用度空间差异显著,北部高于南部、东部高于西部、平原区高于山地丘陵区,高度集约的县域集中分布在河南省东部和北部。

2) 河南省大多数县域耕地集约利用水平均呈现随时间变化提高的态势,但提高水平差异较大。耕地投入强度和耕地产出效率的提升幅度较大,耕地利用强度和耕地可持续性状况提升较慢,部分县域呈现下降趋势。基于双重自组织模型将河南省划分为5个耕地集约利用区,应根据各区的自然资源禀赋、社会经济条件、耕地集约利用水平与潜力等,制定差异化的耕地集约利用措施。

本文初步揭示了1990年以来河南省县域耕地集约利用的时空变化特征,对于区域耕地集约利用政策制定具有指导意义。然而耕地集约利用时空差异的成因机制尚不明确,耕地集约利用水平提高的方法和集约模式,还有待进一步的研究和探讨。

### 参考文献:

- [1] 赵京,杨钢桥.耕地利用集约度变化及其驱动因素分析——以湖北省为例[J].长江流域资源与环境,2012,21(1): 30~35.
- [2] 孙燕,林振山,金晓斌,等.中国耕地保有量的动力预测模型及对策[J].地理科学,2008,28(3): 337~342.
- [3] 许月卿,王静,崔丽,等.基于多元数据集成的农用地集约利用评价——以北京市平谷区为例[J].资源科学,2009,31(7): 1117~1124.
- [4] 朱天明,杨桂山,姚士谋,等.农用地集约利用与农产品消费市场

- 场可达性关系研究——以江苏兴化市为例[J].人文地理,2010,113(3): 84~89.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 杜国明,刘彦随.黑龙江省耕地集约利用评价及分区研究[J].资源科学,2013,35(3): 554~560.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 曹志宏,梁流涛,郝晋珉.黄淮海地区农用地利用集约度及其时空分布[J].资源科学,2009,31(10): 1779~1786.
- [11] 张小虎,张合兵,赵素霞,等.基于三角模型河南省耕地集约利用趋势及时空分异[J].土壤通报,2013,44(2): 277~283.
- [12] 龙冬冬,赵宏波,宋戈,等.河南省耕地集约利用时空变化特征研究[J].水土保持研究,2012,19(4): 223~228.
- [13] 乔家君,吴娜琳,李德洗.河南省农田利用集约度时空变化及其影响环境[J].地理研究,2012,31(9): 1598~1609.
- [14] 张平平,鲁成树.安徽省沿江地区耕地利用集约度及粮食安全相关分析[J].水土保持通报,2011,31(3): 202~207.
- [15] 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.
- [16] 董秀茹,王秋兵,石水莲.农用地集约利用评价指标体系的建立[J].土壤通报,2008,39(2): 209~213.
- [17] 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.
- [18] 王富喜,毛爱华,李赫龙,等.基于熵值法的山东省城镇化质量测度及空间差异分析[J].地理科学,2013,33(11): 1323~1329.
- [19] 安康,韩兆洲,舒晓惠.中国省域经济协调发展动态分布分析——基于核密度函数的分解[J].经济问题探索,2012,(1): 20~25.
- [20] 倪步喜,章丽英,姚敏.基于SOFM网络的聚类分析[J].计算机工程与设计,2006,25(5): 856~857.
- [21] 叶敏婷,王仰麟,彭建,等.基于SOFM网络的云南省土地利用程度类型划分研究[J].地理科学进展,2007,26(2): 97~105.
- [22] Jiao L M, Liu Y L, Zou B. Self-organizing dual clustering considering spatial analysis and hybrid distance measures[J]. Science China Earth Sciences, 2011, 54(8): 1268~1278.
- [23] 河南省统计局,国家统计局河南调查总队.河南经济统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,1990~1991.
- [24] 河南省统计局,国家统计局河南调查总队.河南统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2000~2012.

## Evaluating and Zoning of Cultivated Land Intensive Use in Henan Province at County Level

LIU Yu<sup>1,2</sup>, HAO Xing-yao<sup>1,2</sup>, PAN Yu-chun<sup>1,2</sup>, TANG Xiu-mei<sup>1,2</sup>

(1. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China; 2. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China)

**Abstract:** The intensive use of cultivated land resource is not only the key to improve the cultivated land use efficiency and to ensure the national food security, but also been one of the most important components in rural development and social stability. Henan is the largest agricultural province and the most populous province in China, research on the intensive use of cultivated land in Henan is a window for penetrating into phenomena in China, for which occupying more than 6% cultivated land area in China. Considering the actual situation of the 126 counties in Henan Province, the evaluation index system for cultivated land use intensity was established from four aspects, including land investment degree, utilizing intensity, output efficiency and sustainable development status. The weight of each index was calculated by the entropy method, and then the intensity of cultivated land use in 1990, 2000 and 2010 at county level was evaluated and graded. The results demonstrated that: 1) As for temporal characteristic, the average degree of cultivated land intensive use showed an increasing tendency, increased from 0.262 in 1990 to 0.461 in 2010, and the total disparities of intensive use degree in Henan at county level have enlarged. The distribution shapes of intensive use degree were typical "single peak" shapes in the three years, transforming from "spike peak" in 1990 to "broad peak" in 2000 and 2010. 2) As for spatial characteristic, the character of spatial clustering about counties of high value and low value was remarkable, and intensive degree was significantly higher in eastern plain region than in western mountain area, higher in northern region than in southern region. The investment degree and utilizing efficiency of cultivated land were the main reasons that lead to the increment of cultivated land intensive use, while utilizing intensity and sustainable development status improved slower. The level of cultivated land intensive use in most counties from 1990 to 2010 showed a steady increase. 3) The spatial difference of cultivated land intensive use was resulted mainly from location condition, natural features and economic condition, and the main driving forces influencing cultivated land intensive use in different counties were different. The 126 counties in Henan were aggregated into five regions by self-organizing dual zoning method, including the eastern Huang-Huai plain area, the northern plain area, the southeast plain area, the central-south plain area and the western mountain area, and some suggestions on cultivated land intensive use were brought forward.

**Key words:** cultivated land use intensity; the entropy method; the kernel density method; spatial-temporal variance; self-organizing dual zoning method; Henan Province