

耕地资源空间集聚度评价及影响因素^①

——以江苏省睢宁县为例

李鑫¹, 李宁¹, 马晓冬^{2*}

(1 江苏师范大学测绘学院, 江苏徐州 221116; 2 江苏师范大学城市与环境学院, 江苏徐州 221116)

摘要: 耕地空间集聚是农地整治目标之一, 也是农业现代化的基本要求, 现有研究大多是从景观格局视角用多指标对耕地空间集聚进行评价, 为了探寻耕地空间集聚的影响因素, 本文提出一种单指标评价法。首先综合考虑耕地图斑的位置、形状、面积, 定义了耕地图斑的空间集聚度公式, 并用程序代码求取每一图斑的集聚度大小; 其次以不同图斑的集聚度为因变量, 选择相关影响因素为自变量进行计量分析; 最后以江苏省睢宁县为例做了实证分析。结果表明: 当设定半径指数为 2 000 m 时, 2013 年睢宁县耕地空间集聚平均值是 0.567 7, 总体水平较高, 有利于农业现代化生产; 坡度、高程、人均 GDP、人均耕地、与城市距离、路网密度、基本农田建设对耕地空间集聚水平都有显著影响, 且坡度与基本农田建设对耕地集聚的作用弹性较大, 而城市距离对空间集聚的作用弹性最小。论文提出的耕地空间集聚度评价方法可为基本农田划定及农地整治提供相关技术支撑。

关键词: 空间集聚; 耕地; 计量模型; 影响因素; 睢宁县

中图分类号: F301.21; K909

耕地空间集聚是农业现代化的基本要求, 也是耕地生产效率提高的重要条件。近年来开展的农用地整治、高标准基本农田建设等工程的一个重要目的就是提高耕地空间集聚水平, 为后续的农业现代化生产创造条件^[1-3]。可见, 耕地空间集聚不仅是农业现代化的量化指标, 也是对土地整治效果进行评价的重要标准, 因此对其进行准确全面的量化具有一定理论与现实意义。现有研究大多是从景观格局与空间相关性视角对某一用地类型的空间集聚水平进行评价, 且评价尺度集中在中观与宏观层次, 即评价了不同村或镇的某一用地类型空间集聚水平, 缺少针对斑块尺度的空间集聚评价, 即未对不同斑块所代表的空间位置的集聚度进行评价。评价标准总体上可以分为 3 类: 一是用斑块密度、斑块平均面积、斑块形状指数、核密度估算指数、邻近指数、斑块分散度指数等景观生态指标对空间集聚度进行评价^[4-10]; 二是用探索性空间数据分析工具(ESDA)寻找某用地分布的热点区^[11-14]; 三是基于分形理论用多维分形指数来评价空间集聚度^[15-18]。现有文献之所以用多指标来表征量化空间集聚度是因为其不仅与某范围内斑块数量有关, 斑块面积大小、形状和不同斑块间的相互位置都会影响空

间集聚度大小。目前看来, 对空间集聚度进行评价时还难以消除指标间的相关性, 因此对评价结果的准确性会产生影响, 此外, 耕地空间集聚评价之后, 一项重要的研究是寻找影响空间集聚的因素, 以减轻其空间破碎度, 因此如果是多指标量化空间集聚水平, 则不利于该项研究的进行。鉴于此, 论文从空间集聚的基本内涵出发, 构造出一种新方法用以评价耕地空间集聚水平, 并且从空间上计量分析耕地空间集聚的影响因素, 以改进目前土地利用空间集聚评价方法, 寻找影响耕地空间集聚的因素, 为农用地整治及高标准基本农田划定提供参考借鉴。论文整体思路是首先构建新方法, 用单指标来表征不同耕地图斑所在位置的空间集聚水平; 其次, 把可能影响耕地空间集聚的因素空间化, 用计量回归法分析相关影响因素; 再次以江苏省睢宁县为例展示方法的运用, 同时为睢宁县基本农田划定与土地综合整治提供政策建议。

1 研究方法

1.1 空间集聚度评价方法

空间集聚除了考虑某一用地的分布密度外, 还应考虑斑块面积大小、形状及相互位置关系^[19-21], 因

基金项目: 国家自然科学基金项目(41401627、41471144)和江苏省自然科学基金项目(BK20140236)资助。

* 通讯作者(xiaodgma@163.com)

作者简介: 李鑫(1986—), 男, 山东临沂人, 博士, 讲师, 主要研究方向为土地利用模型。E-mail: topzcg@126.com

此, 现有研究是用多指标进行评价, 而本文构建的耕地空间集聚度评价法, 除了具有以单指标量化集聚度的优势外, 还把评价单元细化至每个图斑, 即评价了每个耕地图斑所在位置的集聚度, 为进一步分析空间集聚的影响因素奠定了基础, 具体方法见图 1 与式(1)。

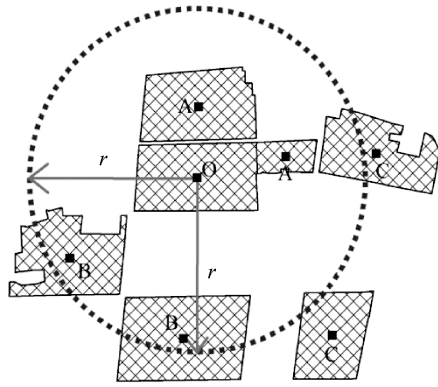


图 1 评价方法示意图

Fig. 1 Evaluation methodology diagram

$$com_i = \frac{\sum_{(j: D_{ij} \leq r; c(j)=耕地)} a_j}{\sum_{(j: D_{ij} \leq r)} a_j} \quad (1)$$

式中: com_i 表示第 i 个耕地图斑位置的空间集聚度; r 是以耕地图斑几何重心为圆点的半径参数; D_{ij} 表示第 j 个图斑与第 i 个耕地图斑的几何距离; a_j 表示第 j 个图斑面积。式(1)的分子部分表示在第 i 个耕地图斑半径范围内, 属性是耕地的图斑面积之和, 比如在图 1 中, 图斑 O 到 A 与 B 的距离小于 r , 而到 C 的

半径大于 r , 因此需要计算 O、A 与 B 图斑面积之和作为分子; 而分母则表示所有与 O 距离小于 r 的图斑面积之和, 无论其属性为耕地与否。上述指标包含了图斑的几何重心、相互之间距离、空间耕地密度等几方面信息, 较好刻画了空间集聚的定义, 因此可用来表示空间集聚度, 同时该指标还巧妙规避道路、河流等不规则矢量图斑对集聚度量化的影响。需说明的是空间集聚度 com_i 与半径参数 r 有关, 不同半径参数可理解为不同空间尺度, 即不同尺度下图斑的空间集聚度不同, 因此在应用该方法评价耕地空间集聚度时, 应首先明确所采用的半径参数大小, 就如空间分析时首先要表明地图的精度一样。

由上述定义可看出, 空间集聚度不能在 ArcGIS 或者景观生态 Fragstats 软件中直接计算, 本文是通过导出矢量图斑属性表, 之后在 Matlab 中编程计算不同耕地图斑的空间集聚度大小。把全部图斑按顺序编号, 图斑属性为耕地时标注为 1, 为其他属性时标注 0, 自动计算图斑重心的坐标, 于是形成表 1, 最后一列是需要求取的不同图斑的空间集聚度。Matlab 中程序的思路是: 从第一个图斑开始循环, 若属性不是耕地则直接对其空间集聚度赋值 -999 9, 若属性是耕地, 则着手计算其空间集聚度; 首先计算该耕地图斑与其他所有图斑的距离, 之后与半径 r 进行对比, 若小于 r 则计算其累加面积作为分母, 若不仅距离小于 r , 且其属性还为耕地, 则计算其累加面积作为分子, 两者之比便是该耕地图斑的空间集聚度; 直到把所有图斑循环完毕为止, 导出数据至 Excel 表中。

表 1 属性表结构

Table 1 The structure of attribute table

图斑编号	地类名称	重心 X 坐标	重心 Y 坐标	面积	空间集聚度
1	1	477 479.24	3 779 254.04	2 578.07	
2	0	482 037.76	3 780 943.69	2 126.30	
3	1	478 251.02	3 777 998.20	286.65	
4	1	476 397.27	3 782 078.93	366.31	
5	1	481 519.94	3 780 067.61	316.71	
6	0	478 489.22	3 778 334.76	6 923.57	
...	

1.2 计量回归法

常规方法只能以多指标形式得到不同村、不同镇的耕地空间集聚度大小, 因此要进一步用计量方法分析空间集聚的影响因素就较为困难; 本文提出的方法可得到每个耕地图斑的空间集聚度, 因此, 下面把集聚度作为因变量, 用计量方法寻找影响耕地空间集聚分布的因素。耕地是人类社会经济活动对土地资源利

用的结果之一, 其空间集聚水平不仅受自然因素影响, 更受社会经济甚至政策因素的影响。自然因素中, 当然气候、降水等对耕地集聚的影响显著, 但考虑到影响因素在研究区内的差异性, 论文只选择坡度、高程进行研究。社会经济因素中, 经济发展水平、资源禀赋、社会生产活动对耕地布局的扰动都可能对耕地空间集聚有影响, 于是论文选择人均 GDP、人均

耕地、路网密度、与城镇距离指标来表示上述影响因素。考虑到土地整治活动的影响,把是否开展高标准基本农田建设工程也作为潜在影响因素。具体用多元线性回归表示为:

$$y_i = c + \sum_{j=1}^7 c_j x_{i,j} + v_i \quad (2)$$

式中: y_i 表示第 i 个耕地图斑聚集度, $x_{i,j}$ 是第 i 个图斑的第 j 个自变量大小, c_j 是第 j 个自变量的作用系数, v_i 是随机扰动项,用加权最小二乘法(OLS)进行估计,实证研究中根据模型回归结果具体分析各自变量对耕地空间集聚的影响。如何得到每个耕地图斑的自变量大小是模型的关键:对于坡度与高程,可从 DEM 中得到精度为 30 m 的栅格数据,之后将其转化为矢量数据,再把耕地图斑由面转为点,得到图斑重心的点文件,再与坡度、高程矢量数据进行 intersect 操作,于是可得到图斑重心位置的坡度、高程大小。对于人均耕地、人均 GDP 是按乡镇单元来赋值的,即同一乡镇内,全部耕地图斑的这两个自变量相同。对于路网密度、与城镇距离两个变量,选择乡级以上道路组成线文件, ArcGIS 中用 Line Density 工具计算栅格的路网密度值,用 Euclidean Distance 工具计算不同栅格到最近镇的中心距离,之后按照与坡度、高程相同方法得到不同耕地图斑的路网密度、与城镇距离大小。最近几年来,全国开展了高标准基本农田整治工程,对项目区范围内的耕地进行平整及水利、防护林建设,因此,这里把是否开展过高标准基本农田建设作为虚拟变量,对项目区内的耕地赋值 1,其他耕地赋值 0。

2 实证研究

2.1 研究区概况与数据来源

睢宁县位于江苏省西北部,属徐州市,土地面积 1 769.34 km²。地理坐标是 33°40′~34°10′N, 117°31′~118°10′E。东邻宿豫区,北接邳州市,西北与铜山接壤,南部、西部与安徽省毗邻。睢宁属暖温带海洋性季风气候,年均气温 14℃左右,年均降水量 922.1 mm,年均日照 2 393.3 h,无霜期 214 天。废黄河、废运河、白马河分别从睢宁县北部、中部、南部自西向东穿过。2013 年末全县总人口 139.25 万,其中农村人口 89.44 万,经济生产总值 410 亿元,固定资产投资 215 亿。2013 年末农用地面积是 131 710.1 hm²,占总面积 74.44%,其中耕地 104 730.8 hm²,占总面积 59.19%,建设用地 35 768.6 hm²,未利用地 9 455.26 hm²。由于地形、气候、土壤等宜于农业生产,再加之更高层次的规划对睢宁县的功能定位是以农业为主,因此农

业生产在睢宁社会经济发展中一直占有重要地位,2013 年农业占总产值 20% 以上,比重较高。2014 年睢宁被评为“中国粮食生产先进县”,且在徐州境内睢宁县又是农业综合开发、基本农田建设的重点区,近年来通过河滩及其他农用地整治,有效增加了耕地面积。于是对睢宁县耕地空间集聚进行评价,分析影响其空间集聚的自然、社会及政策因素,不仅可对耕地集聚的现状水平有总体认识,还可为未来农用地整治指明方向与重点,提高土地整治效率,有利于农业现代化目标的实现。

论文数据主要有两部分:一是土地利用空间数据,来源于 2013 年变更 1:5 000 的二调数据库,DEM 来自于地理空间数据云的 GDEM 30 m 数据;社会经济数据来自《江苏统计年鉴 2014》,其他社会经济数据来自《徐州市黄河故道流域土地利用总体规划》的前期数据,基期年是 2013 年。

2.2 空间集聚度评价结果

睢宁县有 6.5 万个耕地图斑,在 Matlab 中计算不同斑块的空间集聚度,考虑到研究区大小及矢量图精度,本文设定半径为 r 为 2 000 m,运行时间大约为 6~7 min,之后把结果输出至表 1 的最后一列,再在 ArcGIS 中用属性表的链接工具把集聚值赋给每个图斑。统计发现图斑的最大空间集聚度是 0.793 4,表明在以该图斑为圆心,半径 2 000 m 范围内,约有 79.34% 的面积是耕地,而最小则是 0.100 6,平均值是 0.567 7,并且大部分图斑的集聚度在 0.5~0.7,在该区间内形成了密集条带,见散点图 2,可见睢宁县耕地空间集聚水平总体较高,这与睢宁一直以来作为粮食生产重点区,农地整治及基本农田建设重点区是相吻合的。图 3 是耕地空间集聚分布图,白色部分是其地,即不参与集聚度计算的图斑;蓝色部分说明该位置的耕地空间集聚水平较高,主要分布在废黄河与废运河之间的岚山镇、庆安镇及东南部邱集镇,这些地区耕地分布相对集中,表明其他用地对耕地的切割效应相对有限;而红黄色部分表示耕地集聚水平较低地区,主要集中在城镇周围,如睢宁县城、桃园镇、官山镇、姚集镇及双沟镇周围,这可能是因为城镇土地往外扩张,侵占了耕地,同时伴随着基础设施用地、工业用地对耕地布局的切割,使耕地分布较为零散,从另一方面也说明,城镇用地及农村居民点用地的分布较为分散,缺乏统一规划。同时发现行政区外围耕地图斑的空间集聚水平较低,根据本文对空间集聚度定义可发现这是作用半径的原因,即如果外围补充相邻行政区的地类图斑,则外围耕地的集聚水平会有一定提高。

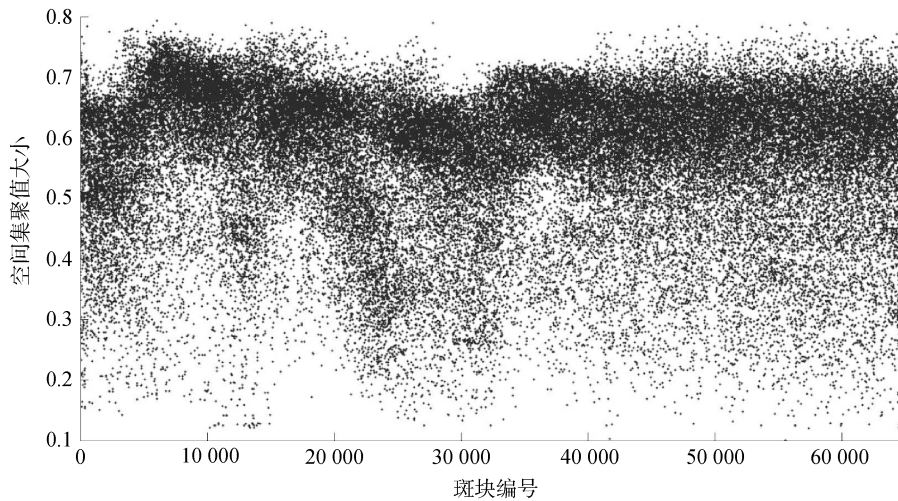


图 2 耕地图斑的空间集聚分布散点图

Fig. 2 Scatter plot of arable land patch spatial compactness

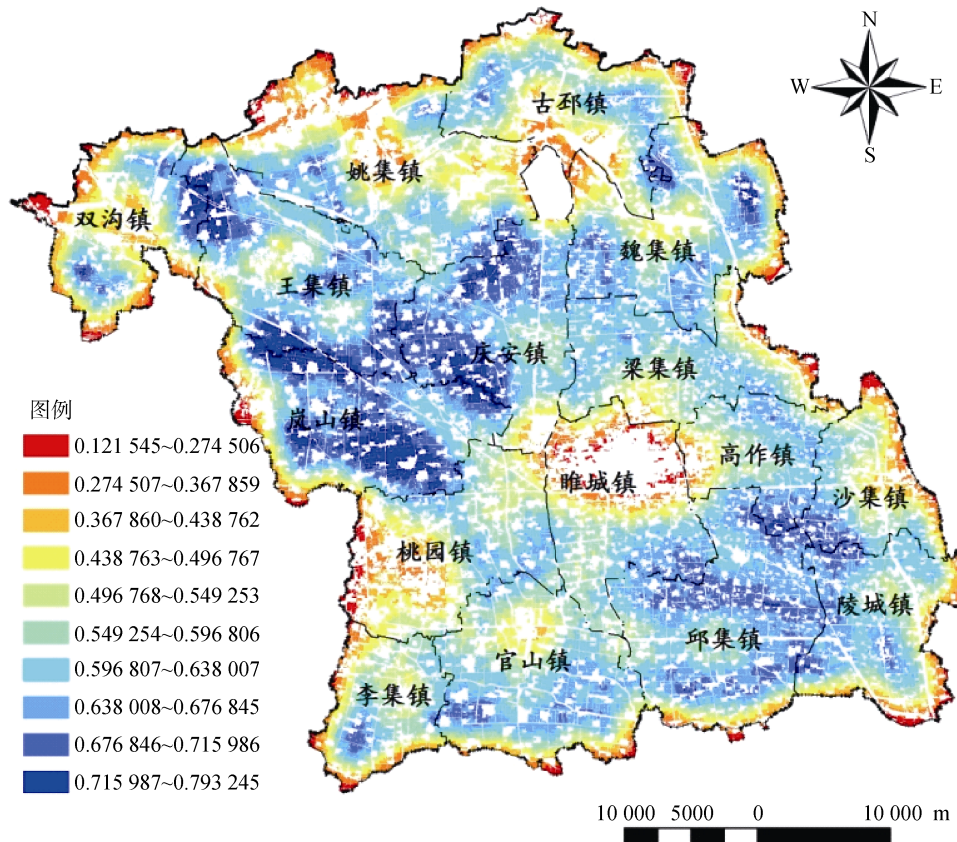


图 3 睢宁县耕地空间集聚指数分布

Fig. 3 Distribution of arable land spatial compactness in Suining County

2.3 影响因素分析

对耕地空间集聚影响因素进行分析,可提高睢宁县耕地空间集聚水平,为农业机械化、现代化创造条件。鉴于此,以不同图斑的集聚值为因变量,上述 7 个影响因素为自变量,构建多元线性回归模型,寻找相关影响因素。其中对于 DEM 数值,有些是小于零,即低于海平面,对于此,统一设置成 1。由于半径参

数 r 会影响不同图斑的集聚度,进而影响回归结果,因此本文分别求取了 r 为 1 000、2 000 和 4 000 m 三种情况下的集聚指数,分别将其作为因变量,以更准确地考察各影响因素对集聚度影响是否显著,结果见表 2 中的模型 1、模型 2 与模型 3。研究过程中同时也发现由于行政区界线的影响,外围耕地图斑的集聚度大小已偏离了真实值,于是这里向内做

缓冲区，只选择缓冲区内的耕地图斑作为因变量，即扣除外围不准确的样本，样本数量由原来的 6.5 万变为 4.4 万。

将数据从 Excel 导入 Eviews 6,据式(2)设置方程形式，选择加权最小二乘法，回归结果见表 2。首先进行多重共线性、自相关与异方差检验，求取了变量间的相关系数矩阵，发现共线性问题不严重，于是未进一步用逐步回归及岭回归等方法消除共线性；由于是截面数据，又采用加权最小二乘法，因此异方差可被有效消除^[22]；对于自相关用 DW 检验，发现 DW 值在可接受范围内。其次，对于模型的总体效果，F 值较大，且显著性水平均在 1% 内，说明模型总体显著，然而模型的拟合优度却总体不高，模型 2 是 0.326 0，模型 1 仅为 0.254 7，拟合优度代表自变量对因变量的解释水平，这说明在模型之外还有其他重要变量未纳入模型，但考虑到本文所用的是截面数据，同时参考经济学高水平期刊，最终认为 0.3 左右的拟合优度值是完全可以接受的^[23-24]。在此基础上分析各因素对耕地空间集聚水平的影响：发现模型 1、模型 2 与模型 3 中，所选取的 7 个因素对耕地空间集聚的影响都非常显著，显著性水平均在 1% 内，且作用方向完全相同，说明虽然不同半径有相对的空间集聚水平，但所选择的因素对耕地空间集聚的影响是

一致的，不会因尺度变化而变化。具体是：海拔与坡度值越大，则耕地集聚水平越小，这是因为海拔、坡度越高，园地、林地及草地分布越多，则耕地分布相对减少，因此集聚水平会下降；人均 GDP 越高，耕地集聚度越小，因为人均 GDP 越高，表明经济发展水平越高，相应的工矿用地、工业用地对耕地布局的负面作用越大；人均耕地越大，耕地集聚度越高，人均耕地高说明耕地资源丰富，耕地破碎化的人为因素减弱，分布会相对集中连片；路网密度越大，耕地集聚度越小，路网密度高加大了对耕地布局的切割，同时路网密度高的地区耕地分布较少，于是会带来耕地集聚度减小；离城镇距离与耕地集聚大小呈反比，与城镇越远，农业生产色彩越重，耕地分布越集中，因此集聚度大；对于虚拟变量 JBNT，本研究发现位于高标准基本农田项目区内的耕地，集聚水平高，而项目区外则耕地集聚水平较低，这可能是因为基本农田工程对土地平整的作用，当然也可能因为在划定项目区时优先把集中连片的耕地划入其中。模型中自变量系数代表了自变量对因变量的边际弹性，即自变量 1 单位的变化带来集聚度的变化，可见，基本农田建设及坡度因子对耕地集聚的作用系数最高，而与城镇距离对耕地集聚作用的系数最小，说明前者对耕地集聚的弹性较大，而后者弹性最小。

表 2 耕地图斑空间集聚影响因素计量回归结果
Table 2 Econometrics results of influence factors for farmland spatial compactness

模型 1 : $Y_1=C(1)+C(2)\times DEM+C(3)\times SLOPE+C(4)\times PGDP+C(5)\times PFARMLAND+C(6)\times RODENSITY+C(7)\times DISTANCE+C(8)\times JBNT$								
	C (常数项)	DEM (高程)	SLOPE (坡度)	PGDP (人均 GDP)	PFARMLAND (人均耕地)	RODENSITY (路网密度)	DISTANCE (与城镇距离)	JBNT (基本农田保护区)
相关系数	0.556 3	(0.000 8)	(0.000 8)	(0.000 1)	0.000 1	(0.000 3)	0.000 0	0.072 5
T 检验	146.188 3	(12.542 5)	(7.514 9)	(11.249 0)	40.797 1	(51.750 0)	8.750 4	34.149 1
P 值	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
	$R^2=0.254 7$			$DW=1.699 9$		$F=1 660.2040$		
模型 2 : $Y_2=C(1)+C(2)\times DEM+C(3)\times SLOPE+C(4)\times PGDP+C(5)\times PFARMLAND+C(6)\times RODENSITY+C(7)\times DISTANCE+C(8)\times JBNT$								
	C	DEM	SLOPE	PGDP	PFARMLAND	RODENSITY	DISTANCE	JBNT
相关系数	0.526 2	(0.000 9)	(0.000 9)	(0.000 1)	0.000 1	(0.000 3)	0.000 0	0.056 6
T 检验	174.257 3	(18.561 4)	(9.771 0)	(10.553 7)	58.496 3	(55.382 9)	13.624 2	33.591 6
P 值	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
	$R^2=0.326 0$			$DW=1.538 7$		$F=2 349.351 0$		
模型 3 : $Y_3=C(1)+C(2)\times DEM+C(3)\times SLOPE+C(4)\times PGDP+C(5)\times PFARMLAND+C(6)\times RODENSITY+C(7)\times DISTANCE+C(8)\times JBNT$								
	C	DEM	SLOPE	PGDP	PFARMLAND	RODENSITY	DISTANCE	JBNT
相关系数	0.515 4	(0.001 0)	(0.001 1)	(0.000 1)	0.000 1	(0.000 1)	0.000 0	0.024 9
T 检验	208.741 3	(24.384 4)	(15.121 3)	(16.813 1)	71.884 7	(36.544 0)	14.483 2	18.072 9
P 值	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
	$R^2=0.324 5$			$DW=1.417 7$		$F=2332.619 0$		

3 结论

鉴于目前用多指标对耕地空间集聚水平进行评价,难以消除相互间的重叠效应,且不利于进一步探析耕地集聚分布的影响因素,本文综合考虑了耕地图斑的位置、面积及形状等因素,提出了一种单指标评价方法,对每个耕地图斑的集聚度进行评价,之后从空间上寻找影响耕地空间集聚的因素,并进行了计量分析,最后以江苏省睢宁县为例进行了实证研究。得到以下结论:

1) 本文提出的耕地空间集聚评价方法具有科学性,该方法综合考虑了图斑位置、形状及面积,且将评价单元具体到耕地图斑,有利于对集聚影响因素的进一步分析,因此比传统方法更有优势。用该法进行空间集聚评价时,需指定一个半径参数,该半径参数可理解为空间尺度,不同空间尺度下,耕地空间集聚水平相对不同,这并不影响该方法的广泛应用,反而使其具有对不同尺度下耕地空间集聚进行评价的优势。

2) 尺度半径 r 为 2 000 m 时,睢宁县的耕地空间集聚平均值为 0.567 7,大部分图斑的集聚度在 0.5~0.7,表明其耕地空间集聚水平较高,耕地分布集中连片,有利于农业现代化生产。

3) 对睢宁县,坡度、高程、人均 GDP、人均耕地、与城市距离、路网密度、基本农田建设对耕地空间集聚水平都有显著影响,且坡度与基本农田建设对耕地集聚的作用弹性较大,而城市距离对耕地集聚的作用弹性最小。

参考文献:

- [1] 费罗成,程久苗,王秉建,等. 耕地集约利用研究进展与展望[J]. 土壤, 2009, 41(5): 696-702
- [2] 周生路,吕蕾. 江苏沿海耕地资源量空间分布态势评价[J]. 土壤, 2006, 38(6): 794-799
- [3] 于丹丹,刘淑英,王平,等. 甘肃省耕地集约利用空间分析[J]. 土壤通报, 2015, 46(6): 1 299-1 306
- [4] 李鑫,欧名豪,马贤磊. 基于景观指数的细碎化对耕地利用效率影响研究——以扬州市里下河区域为例[J]. 自然资源学报, 2011, 26(10): 1 758-1 767
- [5] 孙雁,刘友兆. 基于细碎化的土地资源可持续利用评价——以江西分宜县为例[J]. 自然资源学报, 2010, 25(5): 802-810
- [6] 陈红宇,朱道林,郟文聚,等. 嘉兴市耕地细碎化和空间集聚格局分析[J]. 农业工程学报, 2012, 28(4): 235-242
- [7] 仇江啸,王效科,逯非,等. 城市景观破碎化格局与城市化及社会经济发展水平的关系——以北京城区为例[J]. 生态学报, 2012, 32(9): 2 659-2 669
- [8] 田兴,周生路,吴绍华,等. 县域土地利用细碎度综合度量与空间分异研究——以江苏省东海县为例[J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(9): 1 142-1 148
- [9] Rösch V, Tschamtk T, Scherber C, et al. Landscape composition, connectivity and fragment size drive effects of grassland fragmentation on insect communities[J]. Journal of Applied Ecology, 2013, 50(2): 387-394
- [10] Wardoyo W, Jordan G A. Measuring and assessing management of forested landscapes[J]. Forestry Chronicle, 1996, 72(6): 639-645
- [11] 王千,金晓斌,周寅康. 河北省耕地生态安全及空间聚集格局[J]. 农业工程学报, 2011, 27(8): 338-344
- [12] 李鑫,欧名豪. 江苏省耕地空间分布与变化研究[J]. 农业现代化研究, 2011, 32(6): 730-734
- [13] 关兴良,方创琳,鲁莎莎. 中国耕地变化的空间格局与重心曲线动态分析[J]. 自然资源学报, 2010, 25(12): 1 997-2 006
- [14] 熊昌盛,韦仕川,栾乔林,等. 基于 Moran's I 分析方法的耕地质量空间差异研究——以广东省广宁县为例[J]. 资源科学, 2014, 36(10): 2 066-2 074
- [15] 马晓冬,李全林,沈一. 江苏省乡村聚落的形态分异及地域类型[J]. 地理学报, 2012, 67(4): 516-525
- [16] 单勇兵,马晓冬,仇方道. 苏中地区乡村聚落的格局特征及类型划分[J]. 地理科学, 2012, 32(11): 1 340-1 347
- [17] 杨国安,甘国辉. 基于分形理论的北京市土地利用空间格局变化研究[J]. 系统工程理论与实践, 2004, 24(10): 131-137
- [18] 包安明,陈云浩,史建康,等. 干旱区不同土地利用类型的时空分形特征研究——以塔里木河干流区域为例[J]. 干旱区地理, 2009, 32(5): 761-768
- [19] Stewart T J, Janssen R. A multiobjective GIS-based land use planning algorithm[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2014, 46(7): 25-34
- [20] Demetriou D, See L, Stillwell J. A spatial genetic algorithm for automating land partitioning[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2013, 27(12): 2 391-2 409
- [21] Porta J, Parapar J, Doallo R, et al. High performance genetic algorithm for land use planning[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2013, 37(1): 45-58
- [22] 李子奈,潘文卿. 计量经济学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2013: 107-116
- [23] 邢鹂,樊胜根,罗小鹏,等. 中国西部地区农村内部不平等状况研究——基于贵州住户调查数据的分析[J]. 经济学(季刊), 2009, 8(1): 325-346
- [24] 金松青, Klaus Deininger. 中国农村土地租赁市场的发展及其在土地使用公平性和效率性上的含义[J]. 经济学(季刊), 2004, 3(4): 1 003-1 028

Evaluation of Arable Land Spatial Compactness and Analysis of Its Influence Factors: A Case Study of Suining County in Jiangsu Province

LI Xin¹, LI Ning¹, MA Xiaodong^{2*}

(1 *School of Geodesy and Geomatics, Jiangsu Normal University, Xuzhou, Jiangsu 221116, China;*
2 *School of Urban Environment Sciences, Jiangsu Normal University, Xuzhou, Jiangsu 221116, China*)

Abstract: The spatial compactness of arable land is an important objective of agricultural land consolidation and the basic premise for agriculture modernization. There are already some studies involved in the spatial compactness of arable land, however, most of these studies applied multiple indicators mainly from the perspective of landscape ecology, which could not eliminate multicollinearity among adoptive indicators. In order to gain accurate spatial compactness value and its influence factors, this paper presented a new method with a single index. Firstly, we defined the formulation of spatial compactness from shape, area and location of arable land patches and calculated it with the program code in Matlab; Secondly, we deemed spatial compactness value of farmland patch as dependent variable, and applied econometric method to determine its influence factors; Lastly, Suining County in Jiangsu Province was taken as a case study. Results indicated that the average value of arable land spatial compactness in Suining County was 0.567 7 in 2013, when the radius was set at 2 000 meters, suggesting a high compactness level and good fitness for agricultural modernization. The selected factors of DEM, slope, per capita GDP, per capita farmland, distance to town, density of road network and basic farmland construction affected the arable land spatial compactness obviously, of which slope and basic farmland construction had high marginal function to compactness, while the factor of distance to town had the least marginal function. The proposed method presented in this research could provide technical assistance for basic farmland planning and agricultural land consolidation.

Key words: Spatial compactness; Arable land; Econometrics model; Influence factor; Suining County