

张 杰,刘 丹,诸叶平,等. 基于 ESDA 的乡镇粮食产量空间特征分析——以河北省石家庄市为例[J]. 江苏农业科学,2015,43(8):466-470.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.08.151

基于 ESDA 的乡镇粮食产量空间特征分析 ——以河北省石家庄市为例

张 杰¹, 刘 丹¹, 诸叶平^{1,2}, 岳慧丽¹

(1. 中国农业科学院农业信息研究所,北京 100081;2. 农业部农业信息服务技术重点实验室,北京 100081)

摘要:以河北省石家庄市 46 个乡镇 2007—2012 年粮食总产量和 2012 年常用耕地面积为基础变量,采用探索性空间数据分析(exploratory spatial data analysis,ESDA)的空间自相关分析方法和自然间断点分级(Jenks)分类方法,借助 GeoDa、ArcGIS 软件分析各乡镇粮食总产量的空间分布特征、演化趋势以及粮食总产量和单产之间的相互关系。结果表明,石家庄市研究区域内粮食总产量总体上存在正的空间自相关特征;局部之间有较强的低-低聚集性,并且逐步趋于稳定;粮食总产量和单产之间的发展水平出现了不协调现象。

关键词:ESDA;空间自相关;GIS;粮食产量;石家庄

中图分类号:F326.11 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)08-0466-05

我国作为农业大国在粮食产量和粮食安全等多方面有着较大影响。伴随着人口攀升、工业用粮需求提高和农产品加工业迅速发展,我国粮食需求不断增加,同时,粮食产量和食品安全问题一直是经济发展和政策讨论的热点问题。Brown 曾 2 次提出的“中国粮食供应威胁论”直指我国粮食安全问题^[1],使我国粮食问题受到更多的关注。乡镇是我国粮食生产的基础单位,也是考察的常用对象,而如今的农村城镇化、新农村政策、农业产业结构调整 and 农村土地流转等多项政策对我国的粮食生产、粮食产量带来一定的影响。因此,在新形势下对我国乡镇粮食生产及其空间格局和特征进行系统分析有着很高的需求。

探索性空间数据分析(exploratory spatial data analysis,ESDA)通过对地物或者现象空间分布格局的描述与可视化,发现空间分布规律,揭示研究对象之间的空间相互作用机

制^[2-3]。其以空间关联测度为核心,是一系列空间数据分析方法和技术的集合^[4]。目前已有不少专家利用 ESDA 方法分析空间格局问题,例如:谢花林利用该方法研究环鄱阳湖地区 43 个县(市)农业经济空间差异性^[5];廖邦国等分析上海市区域人口分布问题^[6-7];梅志雄等借助 ESDA 和 Kringing 方法探索住宅价格空间结构^[8]。大部分研究都集中在县(市)尺度上的社会经济问题,利用 ESDA 技术探索粮食产量空间相关性的研究并不多见,深入分析到乡镇级别的实例更少。为此,本研究借助 GIS 与 ESDA 空间分析技术探索河北省石家庄市部分县(市)各乡镇粮食产量空间分布规律及演化趋势,为分析乡镇其他属性空间格局提供借鉴。

1 数据来源及数据处理

本研究着重分析河北省石家庄市所属的藁城市、晋州市、无极县、赵县等地区乡镇粮食产量的空间异质性。研究区域为石家庄市上述 4 个地区 46 个乡镇,分析变量为乡镇粮食产量和单产,时间序列为 2007—2012 年(当年年鉴统计上一年数据)。各乡镇 2012 年位置分布及粮食总产量如图 1 所示,单位为 t,分析单产时用到 2012 年研究区域内的常用耕地面积(单位:hm²)。本研究涉及的数据分为 2 类:统计数据和地理空间数据。前者取自《河北农村统计年鉴》(2008—2013 年),后者为 1:400 万河北省乡镇行政区划图。通过 ArcGIS

收稿日期:2014-09-03

基金项目:国家“863”计划(编号:2013AA102305);农业系统智能控制与虚拟技术团队项目(编号:AAS-ASTIP-2015-AII-03)。

作者简介:张 杰(1989—),男,湖北黄冈人,硕士研究生,主要从事农业信息空间分析与辅助决策。E-mail:budaowengzb@163.com。

通信作者:诸叶平,博士,研究员,主要从事农业信息技术研究。
E-mail:zhuyeping@caas.cn。

出、配套完善、服务规范、致富明显等要求,建设省级农家乐集聚村,2020 年前建设 200 个“江苏省农家乐集聚村”。二是开发利用农业文化。对全省重要农业文化遗产进行调查摸底,积极申报中国重要农业文化遗产保护项目,传承利用农业文化遗产。融合文化、科技、旅游等产业,加强休闲观光农业创意开发,深化休闲农业内涵。三是加强休闲观光农业服务指导。积极开展从业人员和管理人员培训,加强休闲观光农业宣传推介,支持各地开展丰富多彩的农事节庆活动,持续打造江苏休闲观光农业知名节庆品牌。

参考文献:

- [1] 李 娟,王 健,任 喆. 我国休闲农业发展现状及对策分析[J]. 北方园艺,2014(9):214-218.
- [2] 葛 莉. 治理农药污染是减少农业环境污染的有效途径[J]. 农业工程技术·新能源产业,2013(7):35-36.
- [3] 韩威威,郑业鲁,李 泽,等. 农产品安全追溯信息系统设计与实现[J]. 广东农业科学,2010,37(10):20-22.
- [4] 李瑞云,张 华. 我国园艺业发展现状、趋势及对策[J]. 中国农业资源与区划,2010,31(2):67-70.



图1 研究区域各乡镇地图相应数字为 2012 年粮食总产量(单位: t)

软件数据关联功能可以将统计到的粮食总产量和耕地面积数据连接到地图属性中,GeoDa 软件中的字段计算功能可对粮食产量数据做正态变换,计算公式为: $y = \ln x$ 。

2 研究方法

运用空间计量经济学中的 ArcGIS 和 ESDA 技术,对研究区域内粮食产量进行空间自相关分析,探索乡镇粮食产量之间的空间依赖性、时空特征。空间自相关指相同属性在不同空间位置上的关联性,是度量空间依赖程度的重要指标。首先通过 ArcGIS 软件数据关联功能将粮食总产量统计数据连接到行政区划图中;然后借助 GeoDa 软件获取研究区域的空间权重矩阵,并利用全局空间自相关指数 Moran's I 和局部空间自相关 LISA 图来探索乡镇粮食总产量空间特征及演化趋势;最后,运用 ArcGIS 软件对粮食总产量和单产作分类处理,研究二者之间的相互关系。

2.1 空间权重矩阵

空间权重矩阵是以矩阵的形式记录地物单元之间是否相邻的重要表达方法,具体形式为:

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & \cdots & w_{nn} \end{bmatrix}; w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{单元 } i \text{ 和 } j \text{ 相邻} \\ 0 & \text{单元 } i \text{ 和 } j \text{ 不相邻} \end{cases}$$

其中: W 是空间权重矩阵记号; n 为研究单元个数; W_{ij} 表示第 i 与第 j 个单元的空间相邻关系。通常单元自身不存在相邻关

系,因而 $W_{ii} = 0$ 。空间权重矩阵是本次空间自相关分析的基础,有基于二进制邻近(contiguity)、K 近邻(K-nearest neighbors)、距离阈值(distance threshold)等 3 种类型^[9]。本研究是探讨乡镇粮食总产量的空间格局关系,分析对象类型为多边形,只要有共同的边界或者相同的邻接角落都应视为相邻,所以采用基于 Queen 标准建立二进制邻近空间权重矩阵。

2.2 全局空间自相关

全局空间自相关描述同一变量在不同对象之间的相关程度,反映在研究区域内相似属性的平均聚集程度^[10]。本研究采用空间统计学中的全局 Moran's I 指标分析,其计算公式为:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x})^2} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (1)$$

式中: n 为研究单元个数; W_{ij} 表示标准化后的空间权重矩阵; x_i, x_j 是属性变量 x 在单元 i, j 上的观测值, \bar{x} 为变量的均值。

Moran's I 的取值范围为 $[-1, 1]$, $I > 0$ 表示空间正相关,且数值越大说明聚集性越强; $I < 0$ 表示空间负相关,即空间单元之间的相关性较弱,数值越接近于 -1 ,属性变量的差异性越大; $I = 0$ 表示相互独立,属于随机分布^[11]。通常利用统计量 Z 检验空间单元之间的相关性。

$$Z = \frac{1 - E(I)}{\sqrt{VAR(I)}} \quad (2)$$

式中: $E(I)$ 是 Moran's I 的期望值, $E(I) = -1/(n-1)$;空间

$VAR(I)$ 是标准差。零假设表示空间单元不存在相关性,为随机分布。正态分布中,5% 的显著性水平对应的阈值是 1.96,如果 $|z| < 1.96$,则零假设成立,即不存在空间自相关;反之,说明存在空间自相关^[11]。

2.3 局部空间自相关

局部空间自相关描述每个单元与其相邻单元之间的关联程度,常用来分析局部空间发展的不平衡性^[12],其计算公式如下:

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{s^2} \sum_{j \neq i} w_{ij} (x_j - \bar{x})。$$
 (3)

表 1 Moran 散点图各象限含义

散点图象限	Moran 值	含义	聚集性	差异性
第 1 象限	正值	本区值高,相邻单元值也高	High - High,简称 H - H	差异小
第 2 象限	负值	本区值低,相邻单元值高	Low - High,简称 L - H	差异大
第 3 象限	正值	本区值低,相邻单元值也低	Low - Low,简称 L - L	差异小
第 4 象限	负值	本区值高,相邻单元值低	High - Low,简称 H - L	差异大

3 实证分析

3.1 总体粮食产量空间差异分析

使用 Anselin 设计的 GeoDa 软件计算石家庄市 46 个乡镇 2007—2012 年粮食总产量的全局空间自相关统计量,结果如表 2 所示。从计算结果可知,Moran's I 指数均大于 0,并且除 2009 年外,其值从 2007 年的 0.101 3 增加到 2012 年的

0.216 7,总体呈递增趋势。2009 年 Moran's I 指数明显小于其他年份,这可能与当年发生的特大干旱有关,从而使局部粮食产量受到影响,表现出不稳定性。通过分析表中 Z 值,可知 Moran's I 值都远大于正态分布 95% 置信区间检验阈值 1.96,即通过了假设检验^[16]。说明近几年来,石家庄市各乡镇的粮食总产量在空间上有正相关性,即粮食高产区之间相邻,地产区之间聚集,且聚集性逐步增强。

表 2 石家庄市 46 个乡镇 2007—2012 年地区粮食总产量的全局 Moran's I 统计值

年份	Moran's I 指数	$E(I)$	平均值	标准差	P 值	Z 值
2007	0.101 3	-0.022 2	-0.024 9	0.087 4	0.090	11.695 65
2008	0.189 6	-0.022 2	-0.027 7	0.084 3	0.004	12.125 74
2009	0.116 8	-0.022 2	-0.024 6	0.085 5	0.057	11.955 56
2010	0.189 9	-0.022 2	-0.020 2	0.081 2	0.004	12.588 67
2011	0.201 6	-0.022 2	-0.025 1	0.081 5	0.004	12.542 33
2012	0.216 7	-0.022 2	-0.022 4	0.082 9	0.003	12.330 52

3.2 局部粮食总产量空间差异分析

3.2.1 Moran 散点图分析 Moran 散点图能定性区分每个空间单元与其周围地区的某种地理现象。近 6 年来石家庄市研究区域粮食总产量的 Moran 散点图如图 2 所示,散点图记录了每个乡镇单元所在的象限,统计结果见表 3。通过图 2、表 3 可知粮食总产量处于 H-H、L-L 类别的地区数量较多,二者总和占乡镇总数量的 59% ~ 72%,均超过半数,说明石家庄市乡镇区域粮食总产量在局部范围内存在空间依赖性,局部地区之间的发展有很强关联性。

3.2.2 LISA 聚集图分析 运用 GeoDa 软件制作研究区各乡镇粮食总产量的局部空间自相关聚集图,结果如图 3 所示。分析 LISA 聚集图可知:(1)研究区域内不显著的地区数量较多,特别是 2007 年,说明多地区局部粮食总产量相关性不强。(2)H-H 聚集性的单元相对较多,说明局部存在空间同质状态,主要分布在西南地区,即前大章乡、韩村镇、新寨店镇、赵州镇、北王里镇、高村乡、沙河店镇。L-L 聚集性的单元只有 1 个营里镇,而且多年来一直未改变其低聚集性,说明营里镇及其附近乡镇的粮食总产量一直处于较低水平。自 2008 年以来,王西章乡(粮食总产量 34 894 t)一直处于 L-H 状态,其邻近的南柏舍镇(61 666 t)、赵州镇(68 954 t)、沙河店镇

(47 068 t)都是粮食高产区,表现的这种“冷点”现象值得关注和研究。(3)2007 年 H-H 聚集性的乡镇只有 3 个,后来逐步增多,最后趋于稳定。高-低聚集性除 2009 年在东侯坊乡出现 1 次外,后来再无此类“热点”现象。(4)处于 H-H 或者 L-L 聚集的地区,在 Moran 散点图中,其纵坐标的绝对值比较大。图 2 中 2012 年散点图第 1 象限矩形框中高亮度显示的点对应于该年份 LISA 图中处于 H-H 聚集的地区,第 3 象限中黑色点对应于 LISA 图中 L-L 聚集的地区,即营里镇。

3.3 粮食总产量和粮食单产分析

上文已经分析了研究区域内粮食总产量的空间相关性,为进一步了解总产量和单产之间的相互关系,进一步对二者做分类研究。以 2012 年数据为例,粮食单产 = 粮食总产量/常用耕地面积,单产、总产量的单位分别是 kg/hm²、t。使用 ArcGIS 中的自然间断点分级法(Jenks)将分析对象分成 4 类,结果如图 4 所示。观察分类专题图可知:(1)粮食总产量高的地区主要集中在西南角,呈现一种 H-H 聚集状态,与“3.2”节分析一致。(2)粮食单产高的地区总产不一定高,甚至偏低。粮食单产高的地区分布在中部的南董、廉州、南营、贾市庄以及北部的前西关、里城道、大陈、南流、七汲、小樵等

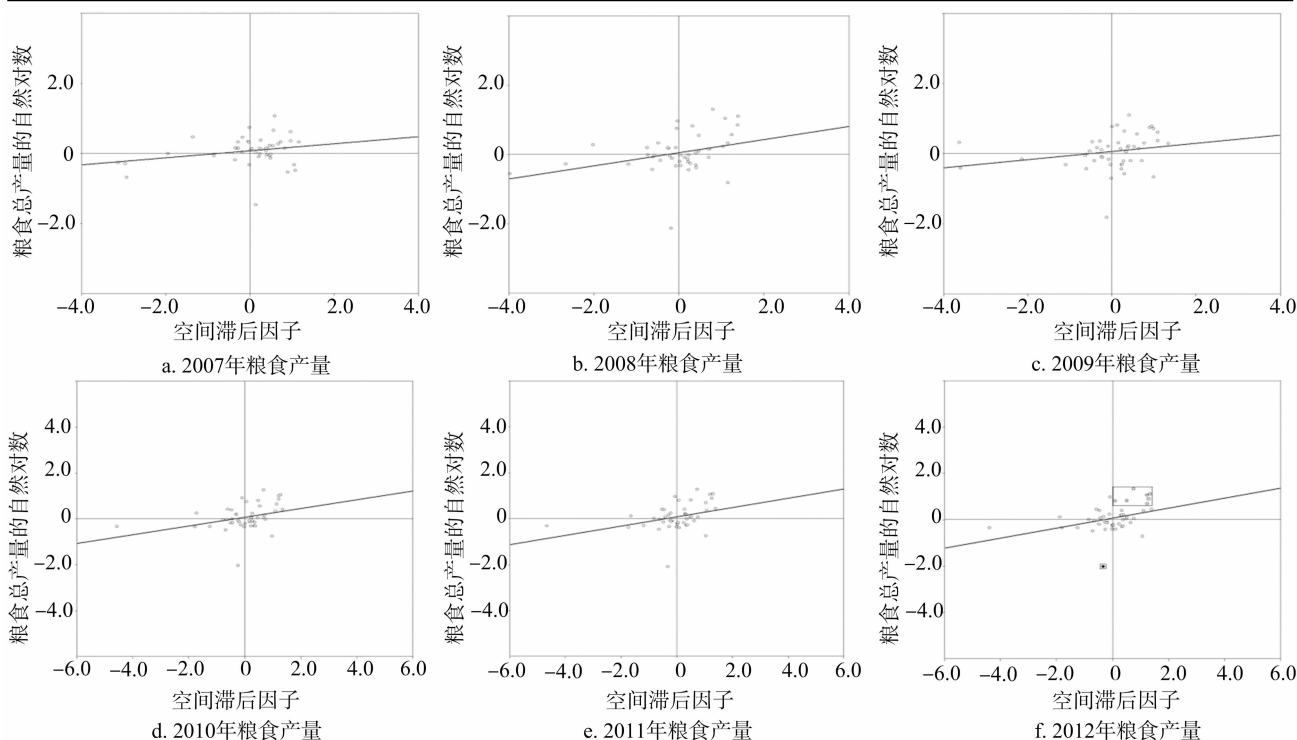


图2 石家庄市乡镇粮食总产量的Moran's散点图

表3 石家庄市 2007—2012 年 46 个乡镇散点图中位置统计

年份	数量(个)				H-H、L-L 占有乡镇 百分比(%)	H-L、L-H 占有乡镇 百分比(%)
	H-H	L-H	L-L	H-L		
2007	19	10	9	8	61	39
2008	14	8	13	11	59	41
2009	19	7	12	8	67	33
2010	17	5	16	8	72	28
2011	13	7	17	9	65	35
2012	16	8	14	8	65	35

镇,除了廉州、小樵镇的粮食总产量处于较高水平外,其他多属中等甚至低产状态。反之,对于总产量高的地区单产也表现了这种偏低现象。因而,在农业生产过程中,不能过于重视粮食总产量而忽视了单产的提高。

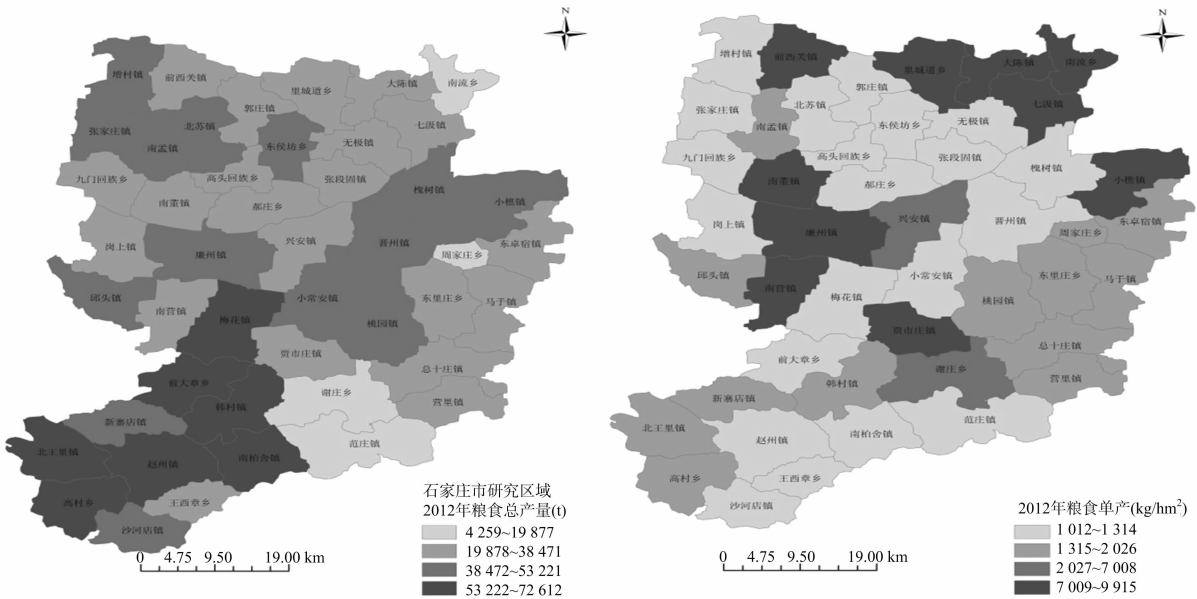
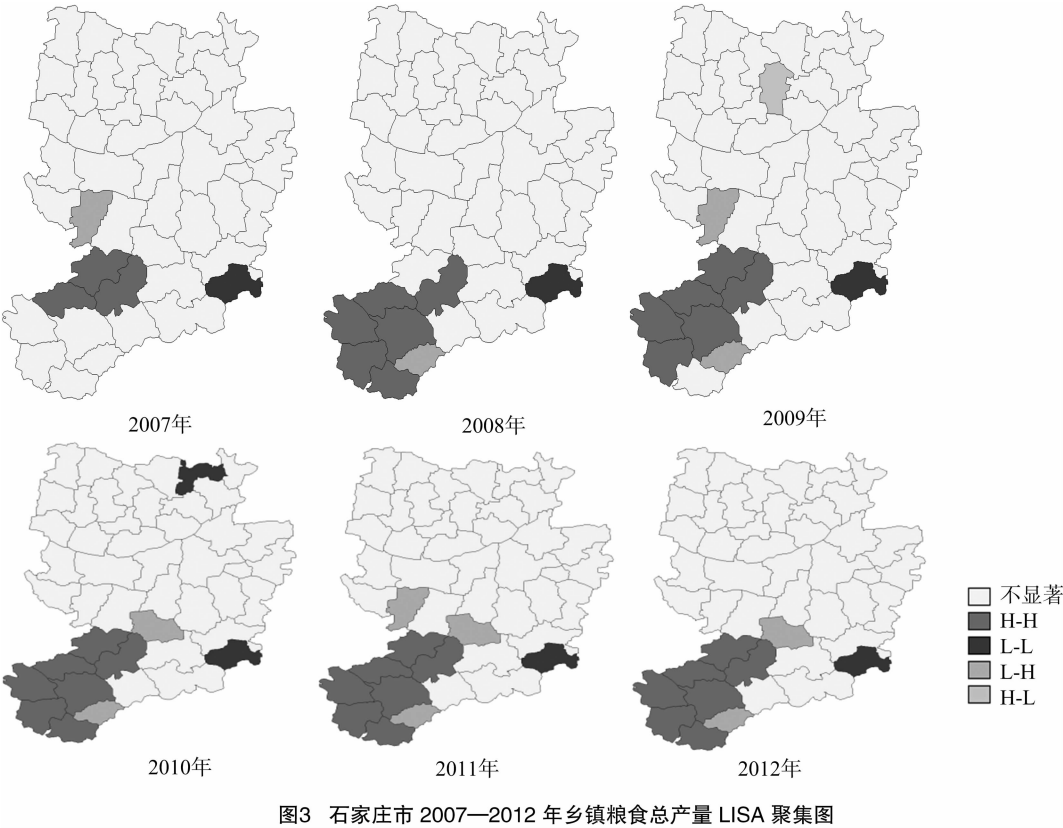
4 结论

通过运用探索性空间数据分析(ESDA)和自然间断点分级法(Jenks)分类,包括空间权重矩阵、Moran's I 指数、Moran 散点图、LISA 图等方法分析 2007—2012 年石家庄市 46 个乡镇粮食总产量的空间分布特征及变化趋势,研究粮食总产量和单产之间的相互关系。结果表明:(1)通过全局空间自相关分析,发现石家庄市 46 个乡镇粮食总产量存在空间依赖性,表现出较强的空间聚集特征。(2)局部空间自相关分析结果表明,粮食总产量 H-H 聚集区主要集中在研究区域的西南角,且逐步趋于稳定。并且多年来营里镇一直处于 L-L 聚集状态。另外,王西章乡最近几年在粮食总产量方面一直较低,而其邻近的其他乡镇总产量较高,为“冷点”现象。(3)粮食总产量和单产分类结果表明,总产量高的地区集中在研

究区域西南角,而单产高的地区反而出现在中部和北部,粮食总产量高的地区单产普遍偏低,即粮食单产和总产量之间发展水平出现了不协调现象。

参考文献:

- [1] Brown R L. Who will feed China[R]. Washington DC: World Watch Institute, 1995.
- [2] 彭立,刘邵权. 三峡库区农村发展系统评价与空间格局分析[J]. 农业工程学报, 2013, 29(2): 239-249.
- [3] 范斐,杜德斌,李恒,等. 中国地级以上城市科技资源配置效率的时空格局[J]. 地理学报, 2013, 68(10): 1331-1343.
- [4] 徐丽华,岳文泽. 上海市人口分布格局动态变化的空间统计研究[J]. 长江流域资源与环境, 2009, 18(3): 222-228.
- [5] 谢花林. 环鄱阳湖地区农业经济空间差异分析——基于探索性空间数据分析(ESDA)方法[J]. 农业现代化研究, 2010, 31(3): 299-303.
- [6] 廖邦固,徐建刚,宣国富,等. 1947—2000 年上海中心城区居住空间结构演变[J]. 地理学报, 2008, 63(2): 195-206.
- [7] 宣国富,徐建刚,赵静. 基于 ESDA 的城市社会空间研究[J]. 地理科学, 2010, 30(1): 23-29.
- [8] 梅志雄,黎夏. 基于 ESDA 和 Kriging 方法的东莞市住宅价格空间结构[J]. 经济地理, 2008, 28(5): 862-866.
- [9] 吴玉鸣. 中国区域农业生产要素的投入产出弹性测算[J]. 中国农村经济, 2010(6): 25-37.
- [10] 王千,金晓斌,阿依吐尔逊·沙木西,等. 河北省粮食产量空间格局差异变化研究[J]. 自然资源学报, 2010, 25(9): 1525-1535.
- [11] 马晓熠,裴韬. 基于探索性空间数据分析方法的北京市区域经济差异[J]. 地理科学进展, 2010, 29(12): 1555-1561.
- [12] 鲍洪杰,刘德光. 甘肃省区域经济空间差异分析研究——基于 Geoda095i 统计分析[J]. 工业技术经济, 2011, 30(9): 54-59.



[13] 连 健, 李小娟, 宫辉力, 等. 基于 ESDA 的北京市乡镇农业经济空间特性分析[J]. 地域研究与开发, 2010, 29(1): 130-135.

[14] 李小娟, 佟 玲, 康绍终. 海河流域作物水分敏感系数空间分布[J]. 农业工程学报, 2013, 29(14): 82-89.

[15] 陈 霞. 我国服务业发展的空间差异性及其影响因素实证分析[Z]. 2013: 7-9.

[16] 马晓冬, 马荣华, 徐建刚. 基于 ESDA-GIS 的城镇群体空间结构[J]. 地理学报, 2004, 59(6): 1048-1057.