

# 中国地级城市四化协调发展的空间异质性研究

胡艳兴, 潘竟虎\*

(西北师范大学 地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要:利用中国区域经济统计年鉴、中国城市统计年鉴和中国分县市人口统计年鉴,结合四化协调发展模型、ESDA及GWR等模型和方法,分析了2001-2011年中国地级及以上城市四化协调发展的空间相关性、异质性及影响四化协调发展的影响因素。研究表明:中国地级单元四化协调发展空间差异显著,表现出“北高南低、西高东低”的趋势;四化协调发展具有较为显著空间正相关性;四化协调发展类型数目最多的为轻度失调和濒临失调,分别为120和109个;人均GDP和人均社会消费品零售总额及人均教育支出对四化协调发展有促进作用,而城乡人均收入差距比、城乡人均消费比及城乡人均固定资产比对四化协调发展起抑制作用,其中人均GDP对四化协调发展的影响最为显著;四化协调发展的区域集中分布于中部传统农业区、胡焕庸沿线的西南地区及西北地区。

关键词:四化协调发展;探索性空间数据分析;地理加权回归;中国

中图分类号:K901

文献标识码:A

## 1 引言

工业化、信息化、城镇化和农业现代化是人类文明进步的重要标志,是新时期现代化建设的基本内容,四化之间互相影响、相互促进<sup>[1]</sup>。十八大后我国首次将“四化”同步提升到国家战略高度,尽管提出“四化同步”的概念时间较短,研究也不够深入,但国外针对“四化”的研究已有一定的深度和广度,为我国研究具有中国特色的“四化”协调发展提供了宝贵的经验和教训<sup>[2-3]</sup>。工业化是现代化建设的先导,城镇化与工业化的互动促进了经济的快速发展,而信息化是科学生产力的代表,是现代化建设必不可少的推动力量。“四化”的同步建设和协调发展已成为我国现代化建设的重要途径之一。鉴于我国在现代化建设中出现的种种问题,为了更好地推进国家发展和经济水平提高,研究“四化”的协调发展显得尤为重要。学术界已展开对工业化、城镇化和农业现代化之间协调发展的研究<sup>[4-6]</sup>,但对于“四化”之间协调发展的研究较多处于定性化,或应用指标体系和统计学等单一方法<sup>[7]</sup>,使得对“四化”协调发展的研究存在缺陷,不够完善。在此情况下,本文运用空间计量方法和模型等对“四化”协调发展作以分析,以期为现代化建设和国民经济转型提供参考。

## 2 数据来源

### 2.1 研究区与数据来源

本文以2012年中国地级行政区(地级市、自治州、地区和盟)为尺度进行研究,不包括台湾、香港和澳门特别行政区。文中所需社会经济统计数据主要来源于2002和2012年《中国统计年鉴》、《中国城市统计年鉴》和《中国分县市人口统计年鉴》。各个地级单元的行政界线及城市驻地等位置信息数据来自国家基础地理信息中心1:400万数据库。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 “四化”综合发展测度

参考已有学者研究<sup>[4-7]</sup>,本文从工业化、城镇化、信息化和农业现代化4个角度出发,以全面性、科学

---

收稿日期:

作者简介:胡艳兴(1990-),男,甘肃榆中人,硕士生,从事土地利用与GIS研究。E-mail: melo216@163.com

通讯作者:潘竟虎,博士,副教授,主要研究方向为空间经济分析。E-mail: panjh\_nwnu@nwnu.edu.cn

基金项目:国家自然科学基金项目(41361040)

性及数据可获得性为准。工业化方面选择了工业产出比重 X1（第二产业增加值/地区生产总值）、工业就业比重 X2（第二产业从业人数/就业总人数）、工业劳动生产率 X3（第二产业增加值/第二产业从业人数）和工业产值利润率 X4（规模以上工业利润总和/规模以上工业总产值）；城镇化方面选择了人口城镇化率 X5（非农业人口/总人口）、就业城镇化率 X6（城镇就业人数/就业总人数）、人均消费指数 X7（社会消费品零售总额/总人口）和医疗卫生人员指数 X8（卫生机构人员数/总人口）；信息化方面选取了邮电业务指数 X9（邮电业务总量/总人口）、固定电话普及度 X10（固定电话用户/总人口）、移动电话普及度 X11（移动电话用户/总人口）和互联网宽带普及度 X12（互联网宽带接入用户数/总人口）；农业现代化方面选择了农业劳均产出 X13（农林牧渔业总产值/第一产业从业人数）、农业劳均农产品产量 X14（主要农产品产量/第一产业从业人数）、农业机械化程度 X15（农业机械总动力/耕地面积）和农业灌溉比 X16（有效灌溉面积/耕地面积）。通过选择的指标构建了工业化发展指数 G(g)、城镇化发展指数 C(c)、信息化发展指数 X(x)和农业现代化发展指数 N(n)，用上述四个指数进行四化发展水平的测度：

$$G(g) = \sum_{i=1}^n \alpha_i g_i; C(c) = \sum_{i=1}^n \beta_i c_i; X(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i x_i; N(n) = \sum_{i=1}^n \mu_i n_i \quad (1)$$

式中  $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \mu_i$  表示各个指标的权重，各指标的权重利用 AHP 分析方法计算得出， $g_i, c_i, x_i, n_i$  分别表示四化各个指标经过极差标准化标准后的无量纲值。

为了得到四化综合发展指数，本文将工业化、城镇化、信息化和农业现代化对四化综合发展的影响同等对待，即在计算四化综合发展指数时，将上述 4 个指标等权加和取平均值，即可得到四化综合发展指数：

$$T=1/4[G(g)+C(c)+X(x)+N(n)] \quad (2)$$

表 1 四化综合发展水平指标体系

Tab. 1 The index system of a comprehensive evaluation on the new four modernizations

工业化 G (g)			城镇化 C (c)			信息化 X (x)			农业现代化 N (n)		
指标	单位	权重	指标	单位	权重	指标	单位	权重	指标	单位	权重
X1	%	0.299	X5	%	0.425	X9	元/人	0.290	X13	元/人	0.320
X2	%	0.275	X6	%	0.305	X10	户/万人	0.185	X14	Kg/人	0.164
X3	元/人	0.226	X7	人元/	0.172	X11	户/万人	0.234	X15	kW/hm <sup>2</sup>	0.276
X4	%	0.200	X8	人/万人	0.098	X12	户/万人	0.291	X16	%	0.240

### 2.2.2 “四化”耦合发展测度

本文在构建耦合度模型的过程中，引入了李裕瑞<sup>[7]</sup>等对物理学中的多个要素之间相互作用的耦合度模型经过修正改进后模型：

$$C = \sqrt{2 - \frac{4 \times [G(g)^2 + C(c)^2 + X(x)^2 + N(n)^2]}{[G(g) + C(c) + X(x) + N(n)]^2}} \quad (3)$$

### 2.2.3 “四化”协调发展测度

耦合模型只能综合反映耦合作用的强弱，无法反映协调水平的高低。为此，本文引四化入发展这一概念，四化协调发展不但可以反映四化间相互发展水平的高低，而且可以表达四化各自发展水平的高低。其计算公式<sup>[4]</sup>为：

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (4)$$

### 2.2.4 三维趋势分析

主要用于表达空间对象的总体分布特征规律，忽视局部变异特征。在三维趋势图中，每一条竖棒代表了某个要素点的属性值和空间位置信息，这些点的信息将被投影到一个由东西方向（X 方向）和南北方向

(Y 方向) 所构成的正交平面上。

### 2.2.5 探索性数据分析

ESDA 在学术界已被广泛应用, 是一种较为理想的处理研究区总体空间差异和关联程度的数据驱动分析方法。由于篇幅所限, 其计算公式见参考文献<sup>[8]</sup>。

### 2.2.6 地理加权回归

GWR 回归模型充分考虑了影响因素变量的空间位置信息, 允许局部回归的参数估计值, 其公式参见<sup>[9]</sup>。本文利用 Fotheringham<sup>[10]</sup>等提出的 AIC (赤池信息准则) 来确定最优带宽, 根据最优带宽来构建核函数, 最后构建中国地级单元四化协调发展的 GWR 模型进行模拟, 并根据模拟和模型检验结果进行分析讨论。

## 3. “四化”协调发展的空间格局异质性特征分析

### 3.1 “四化”综合发展水平的测度

利用协调度模型计算得出 2001 年和 2011 年协调发展的平均值为 0.3596 和 0.3913, 标准差为 0.1024 和 0.1068。2001 年四化协调发展指数较高的主要分布在西北地区、内蒙古自治区的部分城市、东部沿海地区和湘鄂赣边界地区, 四化协调发展指数的低值区主要分布于西南地区、中部地区和青藏高原地区。2011 年四化协调发展表现的更加破碎与分离, 重庆市等转化为四化协调发展的高值区。

参考廖重斌<sup>[11]</sup>的协调度划分标准, 本文将协调度按照等级高低划分为以下 10 种类型 (表 2): I 代表极度失调 ( $D < 0.100$ )、II 代表严重失调 ( $0.101 \leq D < 0.200$ )、III 代表中度失调 ( $0.201 \leq D < 0.300$ )、IV 代表轻度失调 ( $0.301 \leq D < 0.400$ )、V 代表濒临失调 ( $0.401 \leq D < 0.500$ )、VI 代表勉强协调 ( $0.501 \leq D < 0.600$ )、VII 代表初级协调 ( $0.601 \leq D < 0.700$ )、VIII 代表中级协调 ( $0.701 \leq D < 0.800$ )、IX 代表良好协调 ( $0.801 \leq D < 0.900$ ) X 代表优质协调 ( $0.901 \leq D < 1.000$ )。由表 2 可知, 我国四化协调发展类型中, 绝大多数的为轻度失调和濒临失调, 表明中国地级单元四化协调发展的整体发展水平并不高, 而且地区差异明显, 四化协调发展类型形式较为严峻。2001 年和 2011 年, 处于初级协调和中级协调的地级单元只有深圳和广州。

表 2 2001-2011 年四化协调发展类型划分

Tab.2 The type of the coordination development of new four modernizations from 2001 to 2011

数目 \ 类型	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
2001	1	20	70	141	87	17	6	0	1	0
2011	1	8	55	120	109	38	10	2	0	0

### 3.2 宏观趋势分析

利用 ArcGIS 的全局势分析方法, 分别以正西和正南为正交平面的 X 轴和 Y 轴, 以中国地级单元四化协调发展指数为 Z 轴, 制作三维趋势图, 将透视角度合理旋转后, 用来揭示中国地级单元四化协调发展指数的空间变化特征及其趋势 (图 1)。从图 1 来看, 在空间分布上, 2001 年和 2011 年的四化协调发展指数的分异程度都为东西方向高于南北方向。总体来看, 2001 年到 2011 年期间, 中国四化协调发展指数在北方 > 中部 > 南方、西部 > 东部 > 中部, 且该趋势在进一步扩大。

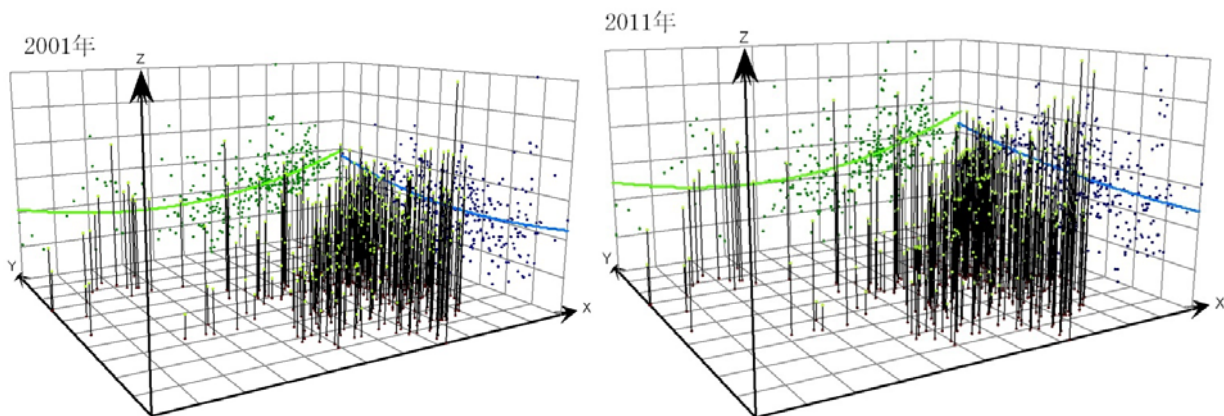


图 1 2001-2011 年地级单元四化协调发展指数全局趋势图

Fig. 1 Overall trends of the coordination development of new four modernizations from 2001 to 2011

### 3.3 空间自相关分析

利用 GeoDa 095i 软件, 在 2001 和 2011 年四化协调发展指数 Moran's I 的正态统计量 Z 值均超过 0.05

置信水平的临界值 1.96 条件下, 计算得出 2001 年和 2011 年四化协调发展指数的全局 Moran's  $I$  指数分别为: 0.5053 和 0.5466, 表明中国地级单元四化协调发展存在着明显的空间自相关特性, 四化协调发展指数较高的地级单元在空间上趋于集聚, 四化协调发展指数较低的地级单元在空间上也趋于集聚。为了更进一步分析各地级单元协调耦合发展的空间集聚效应, 本文采用双变量空间局域分析方法<sup>[12]</sup>探讨了 2001 和 2011 年各地级单元协调发展与周围相邻单元耦合发展的相互影响。运用 GeoDa 095i 软件提供的 Multivariate LISA 功能计算得出了这两个变量的 2001 和 2011 年 LISA 集聚图 (图 5)。

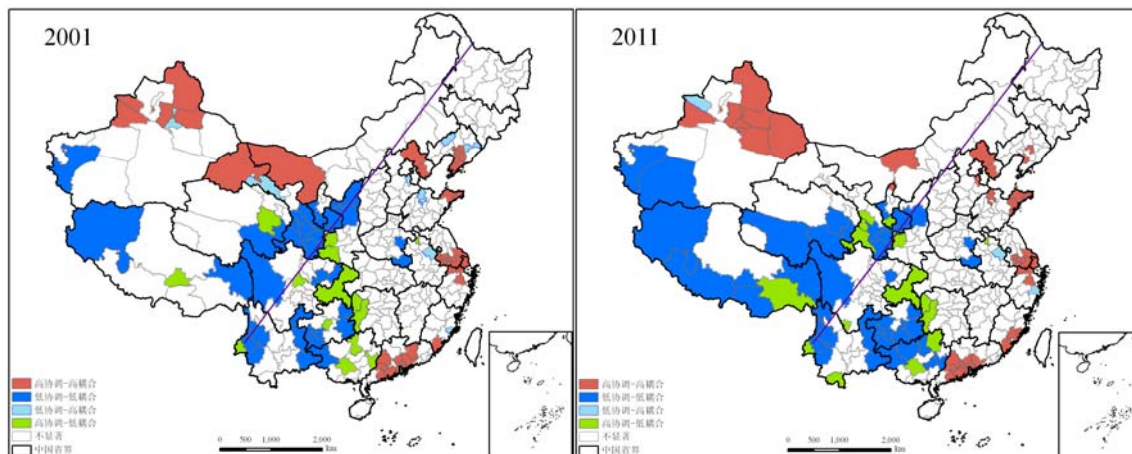


图 2 2001-2011 年四化协调发展与四化耦合发展的双变量空间自相关 LISA 集聚图

Fig 2. LISA cluster map of the coordination development and coupling development of new four modernizations from 2001 to 2011

由图 2 可知: ①高四化协调发展-高四化耦合发展的显著正相关城市在 2001 年和 2011 年分别有 37 和 42 个, 这些地区四化整体发展水平较高, 并且四化之间协调发展也较好, 是理想的四化发展状态。10 年间, 该状态的地级单元数目虽有所增加, 但增幅不大, 即便 2011 年数目达到了 42 个, 也才占据了研究单元的 12%左右。从空间来看, 理想的四化发展地级单元主要分布在新疆、酒嘉玉、环渤海、长江三角和珠江三角洲的沿海地带等我国具有代表特色的城市, 其中新疆克拉玛依等主要依托石油、酒嘉玉地区主要依托钢铁产业、其余 3 个连片区都是我国经济最发达的区域。②低四化协调发展-低四化耦合发展的显著正相关城市在 2001 年和 2011 年分别为 37 和 42 个, 从整体看, 该发展状态的地级单元有一个共性: 一般都分布在几个省份的交界地带。2001 和 2011 年, 主要连片分布中部及西南部各省份的交界地带, 各省份的交界地带会导致各地级单元的形式比较复杂, 是导致这些地级单元处于低协调-低耦合发展区域的原因。③高四化协调发展-低四化耦合发展的显著负相关城市在 2001 年和 2011 年分别有 14 和 15 个, 主要零星分布在胡焕庸线附近, 如宝鸡、汉中、重庆、拉萨等, 这些地级单元的四化协调发展状态较为理想, 在以后发展中要进一步提高其综合发展程度。④低四化协调发展-高四化耦合发展的显著负相关城市在 2001 和 2011 年分别有 8 和 3 个, 这些地级单元零星的分布在全国的各个区域, 乌鲁木齐、河西走廊地区、本溪和阜新、滁州、莆田等地级单元, 这些地级单元的四化协调程度不高, 但是其耦合程度较高, 需要及时调整, 是需要重点关注的对象。

### 3.4 四化协调发展的地理加权回归分析 (GWR)

利用 ArcGIS 9.3 提供的空间自相关工具 (Spatial Autocorrelation) 对 2001 和 2011 年四化协调发展指数的平均值进行计算, 得出其 moran's  $I$  指数为 0.4138, 说明中国四化协调发展在空间上并不是随机分布的, 而是存在着空间自相关性, 表现出较为显著的空间集聚特征, 这为利用 GWR 模型解释四化协调发展的影响因素提供了可能。

本文以四化协调发展指数为因变量, 选取人均 GDP、城乡居民收入比、城乡居民消费比、城乡人均固定资产投资比、人均教育支出、农村人均农业贷款额、人均社会消费品零售总额、大中型企业产值等 8 项指标作为解释变量。

将上述解释变量进行共线性检验后, 将方差膨胀因子 (VIF) 大于 10 的变量剔除, 留下了人均 GDP、城乡居民人均收入比、城乡居民人均消费比、城乡人均固定资产投资比、人均教育支出及人均社会消费品零售总额等 6 个指标作为地理加权回归分析的解释变量。利用地理加权回归模型 (GWR) 得出的  $R^2$  为

0.8666, Adjusted  $R^2$  为 0.8270, AICc 值为 434.8407, 可以看出 GWR 的拟合度较高。

人均 GDP 和人均社会消费品零售总额及人均教育支出对四化协调发展有促进作用, 而城乡人均收入差距比、城乡人均消费比及城乡人均固定资产比对四化协调发展起抑制作用, 其中人均 GDP 对四化协调发展的影响最为显著。①人均 GDP 对四化协调发展有积极的促进作用。人均 GDP 的敏感区域主要位于西南地区, 该地区的大部分地级单元的人均 GDP 较低, 经济发展水平较低, 提高工业化等的发展或许是提高人均 GDP 乃至提高四化协调发展的必经之路。②人均社会消费品零售总额的提高会提高四化协调发展, 回归系数的高值区主要位于胡焕庸线以西的西南地区及陕、甘、青及蜀的交界地带, 这些区域的四化协调发展指数整体较低, 人均消费品零售额值也较低。说明这些区域是该影响因素的敏感区域, 当地政府在制定政策时应该鼓励消费, 提高人均消费水平后, 会导致四化协调发展指数的大幅提高。③人均教育支出回归系数的负值集中分布在西北地区、胡焕庸沿线的华北地区及华中地区。负值区绝大部分地级单元还处在低四化协调发展阶段, 尤其是新疆的个别地级单元, 即便四化协调发展指数很高, 但是财政对教育的投入力度不足, 对于这些区域当地政府应该借鉴华南地区的发展模式, 在提高工业化、城镇化等水平时, 也应该相应的提高基础设施建设, 包括对教育的投入, “科学技术是第一生产力”, 否则这些区域的四化协调发展有可能逆向而行。④城乡收入比整体对四化协调发展呈现出负相关关系, 城乡收入比越大, 导致四化协调发展指数越低。城乡收入比的回归系数整体分布差异较为明显, 以环渤海为界限, 分别向南北两个方向依次增大。不过城乡收入比越大的地区往往四化协调发展越低, 城乡收入比越大, 越容易导致矛盾产生, 从而可能导致四化耦合发展水平极高, 但是其协调水平较低, 政府部门应该适当引导, 使农村劳动力向城市流动, 从而缩小城乡收入差距。⑤城乡人均固定资产投资比在珠江三角洲地区的回归系数最小且为负值, 而该区域恰为全国地级单元中四化协调发展指数最高的区域, 表明城乡固定资产比的过大, 有可能抑制四化协调发展指数的增高, 长期下去会导致这些区域的农业现代化发展水平过低, 从而使四化协调发展指数降低。城乡固定资产投资比正值较大的几个地级单元集中分布在新疆, 这些地区的城乡固定资产投资比较大, 四化协调发展指数较高, 说明适当的提高城乡固定资产投资比有助于提高四化协调发展。⑥城乡收入比的提高对四化协调发展的推进有抑制作用, 与城乡收入比相似, 要缩小城乡人均消费比, 政府除了引导农村劳动力向城市流动外, 还应该拉动农村消费水平, 鼓励促进农村居民的消费。

### 3.5 基于四化协调发展问题区域识别

中国四化协调发展水平整体偏低, 基于四化协调发展测度及其影响因素分析, 建立了四化协调发展问题区域的识别标准: 如果某地级单元的四化综合发展或者四化协调指数, 只要其中有一项低于全国平均水平的 60%, 则该地级单元被界定为四化协调发展的问题区域。2001 年低于四化综合发展水平 60% 的地级单元有 49 个, 而低于四化协调发展水平 60% 的有 27 个, 到 2011 年时, 分别为 41 和 29 个, 将两类问题区域中的重复地级单元只保留一个, 最后得到 2001 年问题地级单元有 52 个, 2011 年问题区域有 49 个。这些问题区域集中分布于中部传统农业区、胡焕庸沿线的西南地区及西北地区, 这些区域具有的共性是产业转型缓慢, 多以农业为主导产业, 经济收入较低, 导致城镇化发展缓慢。此外, 胡焕庸沿线区域还面临着地形较为复杂、生态环境脆弱等问题。只有解决了问题区域四化发展问题, 才能提高全国地级单元四化协调发展的整体水平, 这些地区的地方政策的实施必须加以特别关注, 如中部传统农业区应该推进城乡一体化统筹发展道路, 将空心村进行整治, 设立中心集镇等使居民集中居住, 从而复垦更多耕地, 是农业化朝着规模生产的方向发展, 在不牺牲农业和粮食生产的前提下, 走具有农业特色的城镇化道路; 西北地区不应该片面的追求经济增长, 而应该以当地特色资源为依托, 提高当地基础设施, 吸引更多外来游客观光游玩, 从而做到在保护生态的基础上给当地居民创收。

## 4 结论与讨论

我国四化协调发展整体水平较低, 地级单元大多数处于轻度失调和濒临失调状态, 提高四化协调发展的形式较为严峻。在推动城乡一体化发展的过程中, 依据实际情况当地政府应当针对造成四化协调发展指数较低的原因提出创新性的区域改进政策, 以改变和促进当前结构和部门较为单一, 综合性较差的政策。

本文以全国地级单元为研究对象, 在尺度上未与省域及国家整体尺度进行对比分析。除此之外, 在分析影响因素时, 受限于数据获取和篇幅问题, 只选择了数据容易获取的人文因素, 对自然因素的考虑不足, 在以后的研究中有待进一步深化。

参考文献 (References) :

- [1] 崔凯, 冯献. 建国以来工业化、信息化、城镇化和农业现代化同步推进的历史进程与发展趋势探析[J]. 广东农业科学, 2013 (16) : 201-206
- [2] Kar-yiu Wong, Chong K Yip. Industrialization, economic growth and International trade[J]. Review of International Economies, 1999, 7(3):522-540
- [3] Alberto Botta. Economic development structural change and natural resource booms:A structuralist perspective[J]. Metroeconomica, 2010, 61(3):510-539
- [4] 钱丽, 陈忠卫, 肖仁桥. 中国区域工业化、城镇化与农业现代化耦合协调度及其影响因素研究. 经济问题探索. 2012, (11):10-17
- [5] 丁志伟, 张改素, 枉法增. 中原经济区“三化”协调的内在机理与定量分析. 地理科学, 2013, 33 (4) : 402-409
- [6] 姜会明, 王振华. 吉林省工业化、城镇化与农业现代化关系实证分析. 地理科学, 2012, 32 (5) : 591-595.
- [7] 李裕瑞, 王婧, 刘彦随 等. 中国“四化”协调发展区域格局及其影响因素[J]. 地理学报, 2014, 69(2):199-212
- [8] Anselin L, Syabri I, Kho Y. GeoDa: an Introduction to Spatial Data Analysis[J]. Geographical Analysis, 2006, 38 (1) : 5-22.
- [9] 徐建华. 地理建模方法[M]. 北京: 科学出版社, 2010
- [10] Fotheringham A S, Brunsdon C, Charlton M. Quantitative Geography: Perspectives on Spatial Data Analysis. London: SAGE Publications LTD, 2000
- [11] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系—以珠江三角洲城市群为例. 热带地理, 1999, 2(6):171-177
- [12] 方叶林, 黄震方, 涂玮, 等. 基于地统计分析的安徽县域经济空间差异研究[J]. 经济地理, 2013, 33 (2) : 33-38