

李晓庆,姜 博,米 媛,等. 黑龙江省资源型城市城镇化质量与生态环境承载力耦合分析[J]. 江苏农业科学,2018,46(8):259-263.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.08.065

黑龙江省资源型城市城镇化质量与生态环境承载力耦合分析

李晓庆,姜 博,米 媛,韩 怡,孙 妍

(东北农业大学资源与环境学院,黑龙江哈尔滨 150030)

摘要:开展城镇化与生态环境耦合协调度研究是目前是学术界和政府部门亟待解决的难点问题,其中资源型城市的此类研究极为典型,在城镇化发展过程中面临着日益严重的生态环境胁迫压力。深度剖析城镇化与生态环境协调发展度的内涵,构建二者协调发展水平评价体系,利用全局主成分分析法与变异系数综合确权法确定指标权重并提高其精度,借助耦合度与协调度模型对黑龙江省资源型城市的协调发展水平进行测算、分析与比较,利用空间自相关模型探讨城市间协调发展水平的空间集聚特征与规律。结果表明,黑龙江省资源型城市城镇化质量与生态环境承载力整体处于中度协调发展水平,大多城市处于中度协调期,研究期内协调发展水平整体呈先升高后降低的趋势,且优化力度较小;大庆市为唯一处于高协调发展期的城市,鸡西市与双鸭山市处于中度协调发展期,其余资源型城市处于低度协调期或处于轻度失调期,协调度发展特征呈以大庆市为高值点向周边城市逐步降低的态势;资源型城市协调度空间集聚特征总体表现为由弱相异属性集聚向强相异属性集聚的转化,且空间正相关性逐步减弱,各城市协调度两极差异逐步变大。

关键词:城镇化质量;指标体系;耦合度模型;生态环境承载力;协调度;时空特征;资源型城市

中图分类号: F293.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)08-0259-05

改革开放以来,我国城镇化发展进程不断加快,城镇化是人类历史发展的必然趋势,是国家经济、文化、科技发展水平的重要标志,引领着人类高度物质文明的发展。我国城镇化

率已由 1978 年的 17.92% 上升到 2015 年的 56.1%,然而城市化率的激增具有两面性,快速城镇化发展的同时,也造成了不同程度的生态环境破坏,致使城镇化发展进程受到制约。目前,城镇化与生态环境的协调发展已成为影响全球可持续发展战略的关键性问题,并逐步成为区域发展研究的核心问题。国内外学者从不同角度对城镇化与生态环境的关系进行了深入研究,研究内容主要涉及以下 3 个方面:(1)城镇化对生态环境的胁迫研究。有学者认为,城镇化进程中土地要素最易受到影响,快速城镇化导致的用地扩张问题是诱发生态环境恶化的主要动因^[1];另有学者探讨了城镇化对水资源污

收稿日期:2016-11-24

基金项目:教育部人文社科基金青年项目(编号:16YJCZH034);国家自然科学基金(编号:41101153)。

作者简介:李晓庆(1991—),女,山东烟台人,硕士研究生,主要从事区域发展与土地利用研究。E-mail:923025855@qq.com。

通信作者:姜 博,博士,副教授,硕士生导师,主要从事城市与区域发展研究。E-mail:jiangbo_1979@163.com。

- [16]徐秋芳,姜培坤. 不同森林植被下土壤水溶性有机碳研究[J]. 水土保持学报,2004,18(6):84-87.
- [17]何友军,王清奎,汪思龙,等. 杉木人工林土壤微生物生物量碳氮特征及其与土壤养分的关系[J]. 应用生态学报,2006,17(12):2292-2296.
- [18]魏雅芬,方 杰,赵学勇,等. 科尔沁沙地樟子松人工林不同年龄针叶生理生态性状[J]. 植物生态学报,2011,35(12):1271-1280.
- [19]张 超,刘国彬,薛 蕊,等. 黄土丘陵区不同林龄人工刺槐林土壤酶演变特征[J]. 林业科学,2010,46(12):23-29.
- [20]余 娜,刘济明,张 超,等. 不同沙生植被土壤酶活性分异特征研究[J]. 水土保持研究,2010,17(1):77-81.
- [21]王 兵,刘国彬,薛 蕊,等. 黄土丘陵区撂荒对土壤酶活性的影响[J]. 草地学报,2009,17(3):282-287.
- [22]王卫霞,史作民,罗 达,等. 南亚热带 3 种人工林土壤微生物生物量和微生物群落结构特征[J]. 应用生态学报,2013,24(7):1784-1792.

- [23]刘 涓,杜 静,魏朝富,等. 紫色土区土地整理年限对土壤理化特性的影响[J]. 农业工程学报,2015,31(10):254-261.
- [24]薛 蕊,刘国彬,张 超,等. 黄土高原丘陵区坡改梯后的土壤质量效应[J]. 农业工程学报,2011,27(4):310-316.
- [25]Lauber C L, Strickland M S, Bradford M A, et al. The influence of soil properties on the structure of bacterial and fungal communities across land-use types[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2008, 40(9):2407-2415.
- [26]Steinweg J M, Plante A F, Conant R T, et al. Patterns of substrate utilization during long-term incubations at different temperatures[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2008, 40(11):2722-2728.
- [27]Harrison K A, Bardgett R D. Influence of plant species and soil conditions on plant-soil feedback in mixed grassland communities[J]. Journal of Ecology, 2010, 98(2):384-395.
- [28]张源润,蔡进军,董立国,等. 半干旱退化山区坡改梯土壤养分变异特征研究——以宁夏彭阳县为例[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(3):121-124.

染^[2]及植被景观破碎化^[3]的影响。(2)生态环境对城镇化的约束研究。目前国内关于生态环境对城镇化发展约束的研究相对较少,已有研究主要从资源环境承载力的角度入手,展开定量分析和实证研究,例如张理茜等研究了东北地区生态敏感性 & 生态系统服务功能对城市土地开发适宜性的影响^[4];李德一等探讨了生态环境脆弱区城市化的现状及主要约束因素^[5]。(3)城市化与生态环境的耦合评价研究。学者们大多通过构建耦合协调度模型来分析不同区域城市化与生态环境耦合协调程度的空间差异^[6-8]。也有学者通过分析城市化发展水平与生态环境质量,建立了城镇化与生态环境的协调度模型^[9]。研究方法以定量分析为主,主要包括遥感(remote sensing,简称 RS)/地理信息系统(geographic information system,简称 GIS)空间分析^[10]、遥感影像分析^[11]等,研究中涉及的模型主要有耦合协调度模型^[12]、空间自相关模型^[13]、环境库兹涅茨曲线(environmental kuznets curve,简称 EKC)计量模型^[14]、灰色系统模型^[15]、双指数模型^[16]等。研究尺度在宏观上涉及国家层面^[17]、省区层面^[18]以及城市群^[19],微观上涉及某个城市个体、内部层面^[20]及县(区)^[21],总体来看以经济发达地区及城市尺度研究为重点和热点。目前,学者们对资源型城市新型城镇化质量与生态环境承载力耦合的研究相对较少,而资源型城市的城镇化对生态环境影响最为剧烈,生态环境对城镇化的制约力也最为典型。黑龙江为我国东北地区具有资源型城市较多且较为典型的省份,深入研究其城镇化质量与生态环境承载力耦合机制具有重要的指导意义。本研究以黑龙江省 8 个资源型城市为例,构建城镇化质量与生态环境承载力指标体系,运用全局主成分分析法与变异系数法进行综合确权,基于协调发展度、相对发展度模型及空间自相关模型探讨 2005—2013 年黑龙江省资源型城市城镇化与生态环境的耦合关系,并进行耦合发展度时空差异分析,以期深化资源型城市相关理论研究,并为未来对我国其他资源型城市的研究提供相关参考。

1 研究方法

1.1 研究区概况

黑龙江省是我国的重工业基地,以石油、煤炭、木材和食品工业为主,资源型城市包括鸡西、鹤岗、双鸭山、大庆、伊春、七台河、牡丹江、黑河市(由于指标数据难以获取,因此大兴安岭地区不作研究)。全省总面积为 47.3 万 km²,总人口数约为 3 835 万,其中资源型城市面积为 21.65 万 km²,人口数为 1 418 万,国内生产总值(gross domestic product,简称 GDP)为 7 307.7 亿元。截止到 2015 年,黑龙江省的城镇化率为 58.8%,资源型城市城镇化飞速发展的同时导致生态环境遭到不同程度的破坏,粗放型发展模式显现,致使部分资源型城市逐步趋于衰退,资源型城市面临着城镇化发展与生态环境保护的双重压力。

1.2 数据来源与处理

数据主要来源于 2005—2015 年《黑龙江省统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国经济社会发展统计数据库》及各资源型城市统计公报。因原始数据量纲不同、指标计量单位差异明显,所以须进行数据标准化处理。本研究采用极差标准化法进行数据处理。

正向标准化公式:

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}。$$

负向标准化公式:

$$X'_{ij} = \frac{X_{\max} - X_{ij}}{X_{\max} - X_{\min}}。$$

式中: X_{ij} 、 X'_{ij} 分别为原始数据、标准化后数据; X_{\max} 、 X_{\min} 分别为某原始指标数据的最大值、最小值。

1.3 指标体系的构建

本研究从城镇化质量和生态环境等 2 个方面选取指标。为使评价结果科学、可靠,本研究借鉴已有研究成果,采用频度统计、理论分析法进行指标统计与筛选^[22]。利用中国知网(China national knowledge infrastructure,简称 CNKI)数据库进行频度统计,从 2005—2013 年有关城镇化水平测度的 1 562 篇文献和生态环境承载力指标设计的 269 篇文献中选取研究者使用频度较高的指标进行理论分析,考虑到资源型城市城镇化发展特点对生态环境的影响非常强烈,结合黑龙江省资源型城市发展现状,对城镇化和生态环境两大体系进行外拓:从人口城镇化、社会城镇化和经济城镇化等 3 个方面扩充城镇化内涵,借鉴中国科学院可持续发展战略研究组的相关研究成果^[23],从生态环境水平、生态环境压力和生态环境保护等 3 个方面将生态环境进行指标分解与细化(表 1)。

表 1 城镇化与生态环境综合评价指标体系		
目标层	准则层	指标层
城镇化指标	人口城镇化	城市人口自然增长率(%)
	人口城镇化	非农业人口比重(%)
	人口城镇化	城市二三产业从业人员比重(%)
	经济城镇化	人均 GDP(元/人)
	经济城镇化	城市社会消费品零售总额(万元)
	经济城镇化	城市固定资产投资总额(万元)
	经济城镇化	城市居民人均可支配收入(元/人)
	社会城镇化	城市人均拥有道路面积(人/m ²)
	社会城镇化	城市用水普及率(%)
	社会城镇化	客运量(万人次)
生态环境指标	社会城镇化	货运量(万 t)
	生态环境水平	建成区面积覆盖率(%)
	生态环境水平	人均绿地面积(m ² /人)
	生态环境压力	人均工业废水排放量(t/人)
	生态环境压力	人均工业废气排放量(t/人)
	生态环境压力	人均工业固体废物排放量(t/人)
	生态环境保护	工业废水排放达标率(%)
生态环境保护	生态环境保护	工业固体废物综合利用率(%)
	生态环境保护	生活垃圾无害化处理率(%)

1.4 指标权重的确定

1.4.1 全局主成分分析法 全局主成分分析法是一种多指标综合评价分析方法:若统计 i 个地区,使用相同的 p 个指标 $x_1, x_2, x_3, \cdots, x_p$ 进行描述, t 年度数据表为 $x_t = (x_{ij})_{n \times p}$, 则 T 年共有 T 张数据表,构成时序立体数据表,将 T 张数据表排序构成 $nT \times p$ 大矩阵,该矩阵定义为全局数据表。

$$B_{im} = \sum_{i=1}^n (W_j \times X'_{ij})。$$

式中: B_{im} 为第 i 个城市第 m 个公共因子得分; W_j 为第 j 项指标权重; X'_{ij} 为指标标准化后数值。

$$T_i = \sum_{m=1}^k (M_m \times B_{im}) ; T'_i = \sum_{m=1}^k (N_m \times B_{im})。$$

式中: T_i 为生态环境承载力得分; T'_i 为城镇化得分; M_m 、 N_m 分别为生态环境承载力、城镇化质量综合评价指标体系中第 m 个公共因子的方差贡献率。

1.4.2 变异系数法 变异系数法是一种客观赋权的方法,其基本原理是利用差异信息,通过度量差异信息的离散程度赋权。该方法较熵值法、均方差权值法等客观赋权法更为科学合理。

平均值:

$$E_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i。$$

标准差:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - E_x)^2}。$$

式中: x_i 为各指标因子; σ_x 为指标 x 的标准差; n 为指标 i 中样本个数; E_x 为第 x 个指标平均值。

变异系数:

$$V_x = \frac{\sigma_x}{E_x}。$$

指标权重:

$$W_j = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2 / |\bar{r}_j|}}{\sum_{j=1}^n [\sum_{i=1}^m (r_{ij} - \bar{r}_j)^2 / |\bar{r}_j|]} \times \bar{r}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m r_{ij}。$$

得分情况: $F_{ij} = W_j \times X'_{ij}$;

$$H_i = \sum_{j=1}^n F_{ij}; H'_i = \sum_{j=1}^n F'_{ij}。$$

式中: H_i 为生态环境得分; H'_i 为城镇化得分。

1.4.3 综合得分值 $S_i = \sqrt{T_i \times H_i}$; $U_i = \sqrt{T'_i \times H'_i}$ 。

式中: S_i 为生态环境承载力综合得分; U_i 为城镇化综合得分。

2 研究模型的构建

2.1 耦合度模型

借鉴物理学中的容量耦合概念及容量耦合系数模型,参

照已有学者的研究方法构建生态环境承载力与城镇化的耦合度模型。

$$C = (U_i^k \times S_i^k) / (\alpha U_i + \beta S_i)^{2k}。$$

式中: C 为耦合度系数, $0 \leq C \leq 1$, C 值越大表示生态环境与城镇化耦合发展越协调; α 、 β 为待定系数且 $\alpha + \beta = 1$; k 为调节系数, $2 \leq k \leq 8$, 令调节系数 $k = 5$, $\alpha = \beta$ 。

2.2 协调度模型

耦合度模型虽能有效评价生态环境承载力与城镇化的耦合强度,但有可能存在两者评价得分均较低而耦合度较高的情况,为避免此种情况的发生,引入协调发展度系数:

$$D = \sqrt{[C \times (\alpha U_i + \beta S_i)]}。$$

式中: D 为协调发展度系数, $0 \leq D \leq 1$, D 值越大,生态环境与城镇化的协调发展水平越高。为更直观反映二者的协调发展情况,根据本研究数据处理结果,将协调发展水平划分为 4 个阶段: $0 < D \leq 0.3$ 为轻度失调, $0.3 < D \leq 0.5$ 为低度协调, $0.5 < D \leq 0.7$ 为中度协调, $0.7 < D \leq 1$ 为高度协调。

2.3 空间自相关模型

通过 ArcGIS 空间聚类分析模块及 Geo DA 软件,将生态环境承载力与城镇化质量协调发展度视为系统唯一属性变量,采用全局莫兰 Moran's 指数分析生态环境与城镇化协调发展度的空间聚类特征。莫兰值位于 $[-1, 1]$ 之间,接近 1 表示相似属性集聚,各城市间协调发展水平出现规模效应;反之,接近 -1 表示相异属性集聚,各城市间协调发展水平很不均衡;接近 0 则表示无空间聚类效应,属性在空间上随机分布。

$I = n \sum_i \sum_j W_{ij} (x_i - \bar{x}_j) (x_j - \bar{x}_j) / [(\sum_i \sum_j W_{ij}) \sum_i (x_i - \bar{x}_j)^2]$ 。

式中: I 表示全局莫兰指数; n 为样本总数; W_{ij} 为权重指数; \bar{x}_j 为指标 j 的平均值

3 结果与分析

根据协调度模型及协调度等级的划分标准,通过计算得到黑龙江省资源型城市城镇化质量与生态环境承载力的协调发展状况(表 2)。

表 2 城镇化与生态环境协调发展度评价结果

地区	协调发展度									ΔD
	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	
鸡西市	0.614	0.618	0.670	0.612	0.617	0.619	0.671	0.657	0.656	0.042
鹤岗市	0.606	0.573	0.537	0.427	0.537	0.566	0.481	0.486	0.460	0.146
双鸭山市	0.670	0.644	0.558	0.550	0.588	0.572	0.588	0.617	0.642	0.028
大庆市	0.851	0.840	0.859	0.857	0.805	0.817	0.896	0.885	0.885	0.034
伊春市	0.398	0.358	0.284	0.311	0.281	0.373	0.401	0.392	0.366	0.032
七台河市	0.631	0.670	0.644	0.638	0.603	0.646	0.551	0.583	0.496	0.135
牡丹江市	0.497	0.599	0.625	0.619	0.590	0.679	0.673	0.662	0.591	0.094
黑河市	0.384	0.488	0.436	0.519	0.401	0.457	0.405	0.260	0.395	0.011
平均值	0.581	0.599	0.577	0.567	0.553	0.591	0.583	0.568	0.561	0.020

3.1 时间层面

由表 2 和图 1 可知,黑龙江省资源型城市城镇化与生态环境指数相对波动不大,2005—2013 年的协调发展度平均值分别为 0.581、0.599、0.577、0.567、0.553、0.591、0.583、0.568、0.561。研究期内大多城市城镇化与生态环境协调发展水平处于中度协调期,且城市数量先增加后减少,2006—2010 年比例最大为 62.5%;轻度失调期城市数量最少,出现

在 2007、2009 年的伊春及 2012 年的黑河,比例仅为 12.5%;低度协调期城市数量整体呈先减少后增加趋势,2013 年比例达到最高,为 50%;高度协调期的城市在研究期内比例始终为 12.5%,且处于高度协调期的城市均为大庆市。同时黑龙江省资源型城市协调发展水平优化或劣化程度存在一定差异性,其中鹤岗、七台河、双鸭山与伊春等市的协调发展水平呈劣化趋势,研究初期和末期协调发展度数值变化量分别是

0.146、0.135、0.028、0.032；鸡西、大庆、牡丹江与黑河等市的协调发展水平处于优化趋势，基末期协调发展度数值变化量分别为 0.042、0.034、0.094、0.011，其中牡丹江优化趋势较大，黑河优化趋势最小。总体来看，黑龙江省资源型城市城镇化与生态环境协调发展水平为中等发展水平，协调发展水平整体较稳定，有略微下降趋势；协调发展水平优化趋势较小，平均值 ΔD 仅为 0.02。

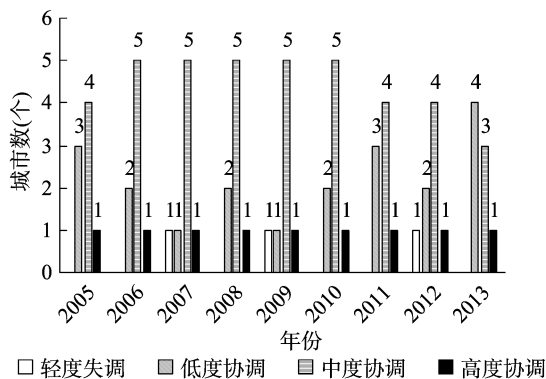


图1 资源型城市协调发展状态的城市数量

3.2 空间层面

以黑龙江省资源型城市城镇化与生态环境协调发展度计算结果为基础，借助 ArcGIS 及 Geo DA 软件对资源型城市 2005—2013 年的协调发展水平进行全局空间自相关分析，计算 Global Moran's I 值（通过 $P=0.01$ 检验），得到 2005—2013 年的 Global Moran's I 值均为负值。选取研究基期、中期与末期协调发展度的 Moran 散点图（图 2），深入分析各城市协调发展度空间相关性的动态变化。图 2 中第一象限（HH：显著

高高集聚）和第三象限（LL：显著低低集聚）的城市表现为空间正相关，即城镇化发展良好的地区，生态环境承载力水平也较高，反之较低；二、四象限的城市表现为空间负相关。

由图 2 和图 3 可知，研究基期（2005 年）分布在二、四象限城市比例为 87.5%，一、三象限城市比例为 12.5%；鹤岗市城镇化与生态环境协调发展度空间的正相关性明显，处于 LL 区，城镇化质量与生态环境承载力均较低，处于中度协调发展水平阶段，其余城市均表现为空间负相关，其中伊春市与黑河市处于显著低高集聚（LH）区，空间负相关性明显，处于低水平协调发展期，而双鸭山、七台河、鸡西、牡丹江、大庆等市处于显著高低集聚（HL）区，协调发展度虽表现为空间负相关性，但负相关效应并不明显，尤其是大庆市，处于高度协调发展水平阶段，协调发展度非常好，鸡西、双鸭山、七台河等市处于中度协调期，牡丹江市处于低度协调期。总体来看，研究基期各城市协调发展度空间分布呈现弱相异属性集聚状态，以大庆市为高值点向边缘区逐步递减。

研究中期（2009 年）城市均分布一、四象限，城市比例均为 50%。伊春、鹤岗、黑河与双鸭山等市处于 LL 区，其中鹤岗市与双鸭山市的空间正相关效应较明显，协调发展水平较高，处于中度协调期；而伊春市与黑河市的空間正相关性不强，城镇化质量与生态环境承载力发展失衡严重，其中黑河市处于低度协调发展期，伊春市由基期的低度协调劣化为中期的轻度失调。鸡西、牡丹江、七台河与大庆等市处于 HL 区，区内城市整体协调发展水平为中高度协调，其中大庆依然处于高度协调期，其余 3 市为中度协调期。2009 年为资源型城市协调发展水平空间集聚特征最为规律的年份，协调度空间呈随机分布状态，协调发展水平呈由南向北逐步降低的趋势。

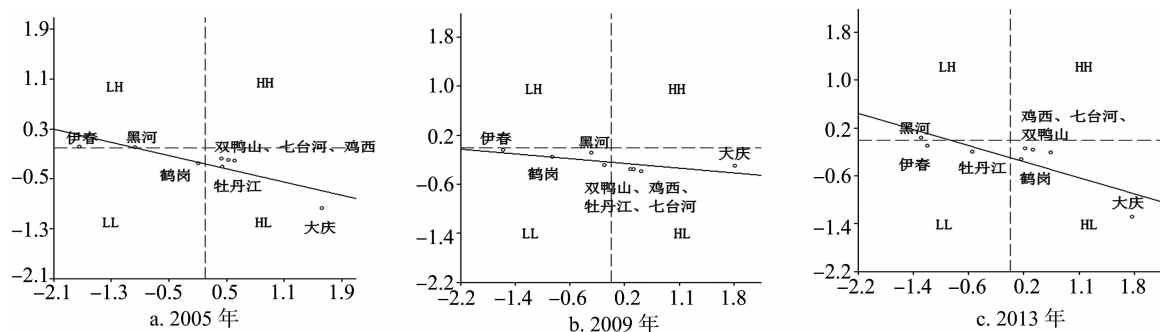


图2 资源型城市基-中-末期协调发展度的Moran散点图

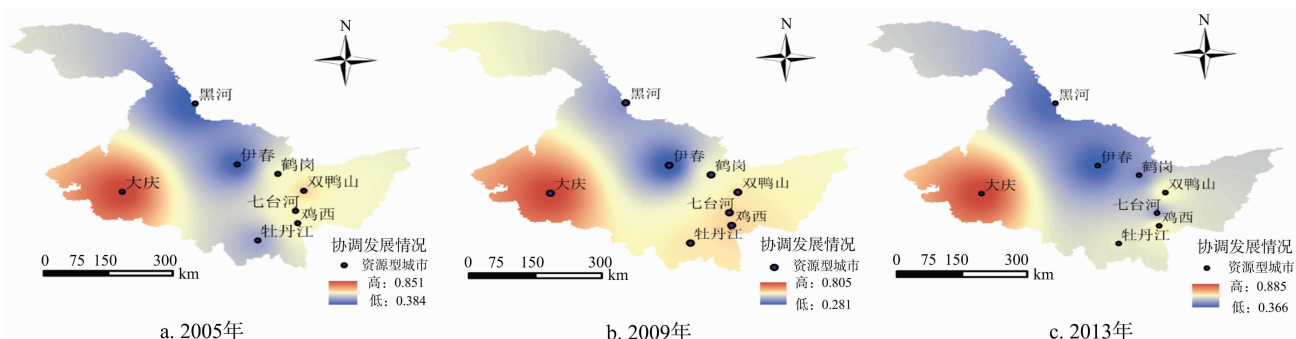


图3 资源型城市基-中-末期协调发展水平空间差异情况

研究末期(2013 年)城市主要分布在二、三、四象限,所占比重分别为 12.5%、25.0%、62.5%。其中伊春市、牡丹江市处于 LL 区,协调发展水平处于中低度协调期;黑河市处于 LH 区,处于低度协调发展水平阶段;鸡西、七台河、双鸭山、鹤岗与大庆等市处于 HL 区,其中鸡西市与双鸭山市处于中度协调发展水平阶段,七台河市与鹤岗市处于低度协调发展水平阶段,而大庆市处于高度协调期。总体来看,研究末期黑龙江省资源型城市间协调发展水平有差异性,空间集聚性不强,协调度空间分布为强相异属性集聚状态,协调发展水平在经历研究中期短暂升高之后出现下降趋势,表现出协调发展水平以大庆市为高点向四周大幅降低的态势。

综上所述,研究期内黑龙江省资源型城市城镇化质量与生态环境承载力协调发展水平呈先升高后降低的趋势,大多城市分布在 HL 区,且大庆市为处于高度协调期的唯一城市。各城市协调发展度空间集聚特征表现为弱相异属性集聚—随机分布—强相异属性集聚,空间正相关性先加强后减弱。

4 结论

在时间上,黑龙江省资源型城市城镇化质量与生态环境承载力指数总体波动不大,协调发展水平中等,且呈先升高后降低的发展趋势;处于中度协调期的城市比例较多且协调发展水平优化趋势较小;鸡西、大庆、牡丹江与黑河等市的协调发展水平处于优化趋势,其中牡丹江市的优化趋势较大,黑河市的优化趋势最小,其余城市的协调发展水平处于劣化状态。

在空间上,研究期内资源型城市协调发展水平均呈现以大庆市为唯一高协调发展区并向周边城市逐步降低的趋势。鸡西市、双鸭山市处于中度协调发展期,大庆市处于高度协调发展期,鹤岗市与七台河市的协调发展水平由中度协调逐步转变为低度协调,牡丹江市则由低度协调逐步优化为中度协调,伊春市与黑河市为协调发展水平低值点集聚区,协调发展水平为低度协调期。

黑龙江省资源型城市在研究期内的协调发展度 Global Moran's I 值均为负值,协调度空间集聚特征呈弱相异属性集聚—随机分布—强相异属性集聚状态, Moran 散点图中大部分城市分布在 HL 区,城市协调度空间正相关性逐步减弱,负相关性逐步加强,说明城镇化质量与生态环境承载力发展具有不同步性,二者协调发展水平呈逐步下降趋势。

参考文献:

- [1] 赵亚莉,刘友兆,龙开胜. 城市土地开发强度变化的生态环境效应[J]. 中国人口·资源与环境,2014,24(7):23-29.
- [2] 吴运金,张甘霖,赵玉国,等. 城市化过程中土地利用变化对区域滞洪库容量的影响研究——以南京市河西地区为例[J]. 地理科学,2008,28(1):29-33.
- [3] 苏伟忠,杨桂山,甄峰. 长江三角洲生态用地破碎度及其城市化关联[J]. 地理学报,2007,62(12):1309-1317.
- [4] 张理茜,蔡建明. 生态环境脆弱地区城市化发展特征及城市发展路径选择流程研究[J]. 生态环境学报,2010,19(11):2764-2772.
- [5] 李德一,张树文. 生态约束的哈大齐区域城市土地开发适宜性评

- 价[J]. 水土保持研究,2010,17(5):207-211.
- [6] 汤青,徐勇,刘毅. 广东省土地利用变化时空分异及其与城市化和工业化的耦合关系[J]. 中国土地科学,2010,24(10):46-51.
- [7] 刘浩,张毅,郑文升. 城市土地集约利用与区域城市化的时空耦合协调发展评价——以环渤海地区城市为例[J]. 地理研究,2011,30(10):1805-1817.
- [8] 宋建波,武春友. 城市化与生态环境协调发展评价研究——以长江三角洲城市群为例[J]. 中国软科学,2010,230(2):78-87.
- [9] 严俊霞,冯璇,薛占金,等. 山西省城市化与生态环境综合水平协调度分析[J]. 山西大学学报(自然科学版),2013,36(2):313-318.
- [10] Yin J, Yin Z, Zhong H D, et al. Monitoring urban expansion and land use/land cover changes of Shanghai metropolitan area during the transitional economy (1979—2009) in China [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2011, 177 (1/2/3/4): 609-621.
- [11] Ma Y, Kuang Y Q, Huang N S. Coupling urbanization analyses for studying urban thermal environment and its interplay with biophysical parameters based on TM/ETM + imagery [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2010, 12(2):110-118.
- [12] 钱宏胜,岳汉秋,梁亚红,等. 河南省城市土地集约利用与城市化耦合协调性评价[J]. 水土保持研究,2015,22(4):348-353.
- [13] 贾琦,运迎霞,尹泽凯. 城市群土地利用效益与城镇化水平的时空耦合分析——我国三大城市群的实证分析[J]. 现代城市研究,2014(8):9-13.
- [14] Kijima M, Nishide K, Ohyama A. Economic models for the environment Kuznets curve: a survey [J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2010, 34(7):1187-1201.
- [15] 曹飞. 中国新型城镇化质量与城镇土地集约测度及其协调分析[J]. 水土保持研究,2015,22(6):349-353.
- [16] 乔标,方创琳,李铭. 干旱区城市化与生态环境交互胁迫过程研究进展及展望[J]. 地理科学进展,2005,24(6):31-41.
- [17] Astaraié - Imani M, Kapelan Z, Fu G, et al. Assessing the combined effects of urbanisation and climate change on the river water quality in an integrated urban wastewater system in the UK [J]. Journal of Environment Management, 2012, 112:1-9.
- [18] 王长建,张小雷,杜宏茹,等. 近 30 年新疆城市化与生态环境互动关系的动态计量分析[J]. 中国沙漠,2012,32(6):1794-1802.
- [19] 王少剑,方创琳,王洋. 京津冀地区城市化与生态环境交互耦合关系定量测度[J]. 生态学报,2015,35(7):2244-2254.
- [20] 王长建,张小雷,杜宏茹,等. 城市化与生态环境的动态计量分析——以新疆乌鲁木齐市为例[J]. 干旱区地理,2014,37(3):609-619.
- [21] 李波,张吉献. 中原经济区城镇化与生态环境耦合发展时空差异研究[J]. 地域研究与开发,2015,34(3):143-147.
- [22] 刘耀彬. 区域城市化与生态环境耦合特征及机制——以江苏省为例[J]. 经济地理,2006,26(3):456-462.
- [23] 中国科学院可持续发展战略研究组. 2 000 中国可持续发展战略报告[M]. 北京:科学出版社,2000:209-252.