

地理科学  
*Scientia Geographica Sinica*  
ISSN 1000-0690, CN 22-1124/P

## 《地理科学》网络首发论文

题目：辽宁省城市人居环境系统耦合协调度时空格局演变及驱动力研究  
作者：李雪铭，郭玉洁，田深圳，白芝珍，刘贺  
DOI：10.13249/j.cnki.sgs.2019.08.002  
收稿日期：2018-07-10  
网络首发日期：2019-08-29  
引用格式：李雪铭，郭玉洁，田深圳，白芝珍，刘贺. 辽宁省城市人居环境系统耦合协调度时空格局演变及驱动力研究[J/OL]. 地理科学.  
<https://doi.org/10.13249/j.cnki.sgs.2019.08.002>



**网络首发：**在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

**出版确认：**纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

李雪铭,郭玉洁,田深圳,等.辽宁省城市人居环境系统耦合协调度时空格局演变及驱动力研究[J].地理科学,2019,39(8):1208-1218.[Li Xueming, Guo Yujie, Tian Shenzhen et al. The Spatio-temporal Pattern Evolution and Driving Force of the Coupling Coordination Degree of Urban Human Settlements System in Liaoning Province. Scientia Geographica Sinica, 2019, 39(8): 1208-1218.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2019.08.002

# 辽宁省城市人居环境系统耦合协调度 时空格局演变及驱动力研究

李雪铭<sup>1,2</sup>, 郭玉洁<sup>1</sup>, 田深圳<sup>1</sup>, 白芝珍<sup>1</sup>, 刘贺<sup>1</sup>

(1. 辽宁师范大学城市与环境学院, 辽宁 大连 116029; 2. 辽宁师范大学海洋经济与可持续发展研究中心, 辽宁 大连 116029)

**摘要:**人居环境系统内部的耦合协调是保证人居环境均衡发展的基础。基于“人类-居住-支撑-自然-社会”5个子系统,构建人居环境系统耦合协调发展评价指标体系,将2个系统间的容量耦合模型扩展运用到人居环境5个子系统中,综合熵值法、GIS空间分析以及地理探测器对辽宁省2005~2016年人居环境系统耦合协调度的时空演化特征与驱动力进行探讨,阐述人居环境系统内部协调性。研究表明:① 2005~2016年辽宁省人居环境系统内部的耦合度与耦合协调度整体呈缓慢浮动上升趋势;② 辽宁省人居环境耦合协调度呈分散格局,并且呈现从中间向两侧递减的“屋脊”式格局和“双核结构”;东西方向上,空间演变趋势由倒U型逐渐向一字型演变,南北方向上由斜线型向“L”型演变。③ 全省出现了中耦合低协调区、中耦合过渡协调区、高耦合低协调区、高耦合过渡协调区、高耦合高协调区5种类型区。④ 空间分异驱动力主要包括人的需求、经济发展、住房、互联网发展等。

**关键词:**城市人居环境;耦合协调度;趋势面分析;时空演化;辽宁省

**中图分类号:**K903 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0690(2019)08-1208-11

系统内部的协调是人居环境保持健康稳定发展的核心。城市人居环境不仅是人们赖以居住、生活的基本条件和场所,还是衡量区域经济发展、物质文化生活水平的重要标志<sup>[1]</sup>。在“摊大饼”式城市扩张中,人类活动的范围与强度不断增大,公共资源分配不均<sup>[2]</sup>、城市生态系统受到威胁<sup>[3-4]</sup>、城市化与资源环境承载力之间的矛盾<sup>[5]</sup>等日益凸显,人居环境呈现结构性失衡和无序性发展的态势。国务院公布的新一轮东北老工业基地振兴战略部署中指出应坚持保护环境、区域协调发展的方针。然而人居环境内部系统不协调导致人口流失、雾霾频发、交通拥堵、房价攀升等问题出现,严重阻碍城市发展,如何实现协调发展成为亟待解决的问题。

从系统内部协调角度出发把握系统发展特征对人居环境的均衡发展具有重要意义。国外人居

环境的研究起源于城市规划学。自20世纪50年代,道萨迪亚斯提出“人类聚居学”理论以来,国外学者针对人居环境系统协调发展的研究主要集中在经济<sup>[6]</sup>、城市化<sup>[7]</sup>、旅游业<sup>[8]</sup>、自然环境<sup>[9]</sup>等角度。20世纪90年代初吴良镛在国内创立了人居环境科学。国内学者对人居环境类型<sup>[10]</sup>、质量<sup>[11]</sup>、宜居度<sup>[12]</sup>、吸引力<sup>[13]</sup>、适宜度<sup>[14]</sup>进行了研究,但对于人居环境系统的协调研究相对薄弱。20世纪90年代末国内学者受西方人居环境科学理论的影响,多从城市规划的角度对自然与人工环境的协调关系进行研究<sup>[15]</sup>。地理学者早期擅长构建“指标评价”体系,从经济<sup>[6]</sup>、城市化<sup>[17]</sup>等方面探究人居环境的协调发展,但对驱动机理涉及较少。近年来,人居环境系统协调研究角度更加广泛,相关学者从房地产开发<sup>[18]</sup>、系统失配度<sup>[12]</sup>等探索与人居环境发展的相关性。人居环境作为一个复杂巨系统存在,研究

**收稿日期:**2018-07-10; **修订日期:**2018-09-11

**基金项目:**国家自然科学基金项目(41671158, 41171137)、教育部博士点基金项目(20132136110001)、辽宁省高等学校优秀人才支持计划项目(LR2013050)资助。[Foundation: National Natural Science Foundation of China (41671158, 41171137), Ph.D. Programs Foundation of Ministry of Education (20132136110001), Supported by Program for Liaoning Excellent Talents in University (LR2013050).]

**作者简介:**李雪铭(1964-),男,江苏常熟人,教授,博导,主要研究方向为城市人居环境。E-mail:lixueming.999@163.com

**通讯作者:**郭玉洁。E-mail:guoyujie0619@163.com

目前主要集中在人居环境系统与某个独立系统的外在协调性,少有对人居环境内在系统相互影响与协调的分析<sup>[19]</sup>,而内部协调性是其可持续发展的关键。此外,研究多停留在协调关系的测算与评价阶段,未对其驱动力进行深入探究。吴良镛将人居环境划分为自然、人类、社会、居住以及支撑系统,强调要将其作为一个整体,全面、系统、综合地研究<sup>[20]</sup>,从人居环境系统入手,可以缓解系统间矛盾,减少人口流失、交通拥堵、房价攀升等问题出现。

本文将辽宁省人居环境的5个子系统作为研究对象,利用耦合协调模型,构建系统内部耦合协调的评价指标体系,结合GIS空间分析法与地理探测器分析辽宁省人居环境系统耦合度与协调度的时空格局,探讨人居环境内部系统发展是否是一种协调的动态耦合关系,同时分析其驱动力,以期为合理安排人居环境建设投资,促进内部系统协调发展提供理论支持,为东北老工业基地振兴提供科学依据。

## 1 数据与方法

### 1.1 指标选取与数据来源

建设良好的人居环境要从系统协调角度出发。遵循指标体系建立的科学性、全面性、可操作性、可比性和以人为本的原则,在前人研究基础上<sup>[21]</sup>,参考《宜居城市科学评价标准》<sup>[22]</sup>,全面兼顾5个子系统,选择39项指标,构建人居环境内部系统耦合协调发展评价指标体系(表1)。人居环境正向指标指数值较大,表示人居环境质量越好,负向指标指数值越小,表示人居环境的质量越好。

本研究选取辽宁省14个地级市作为研究区域,指标数据主要来源于2005~2016年《辽宁省统计年鉴》<sup>[23]</sup>、《中国城市统计年鉴》<sup>[24]</sup>等。由于选取指标数据时标准不同,数据间的量纲、量级存在差异,本文使用极差标准化法进行数据处理。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 耦合协调度模型

耦合采用系统论思想,对不同变量间的协同变动全面分析而不考虑因果关系<sup>[25]</sup>,因此将这个概念引入人居环境系统研究。

1) 计算五大系统综合评价指数。根据前人研究成果<sup>[25,26]</sup>将人居环境系统5个子系统综合评价函数分别表示为:

表1 辽宁省城市人居环境系统耦合协调度指标体系

Table1 The evaluation index system of urban human settlements in Liaoning Province

目标层	准则层	指标层	指标属性	单位
人居环境系统耦合协调度	人类系统	性别比	负向	%
		人口自然增长率	负向	%
		60岁以上人口比率	负向	%
		城市人口密度	负向	人/km <sup>2</sup>
	居住系统	建成区面积	正向	km <sup>2</sup>
		建成区绿化率	正向	%
		人均居住面积	正向	km <sup>2</sup>
		人均公园绿地面积	正向	m <sup>2</sup>
	支撑系统	自来水普及率	正向	%
		道路照明灯	正向	千盏
		人均生活用水量	正向	L
		公路总里程	正向	km
		每万人拥有公交车	正向	辆
		人均道路面积	正向	m <sup>2</sup>
		邮电业务总量	正向	万元
		每万人拥有医疗床位数	正向	床
		城市污水日处理能力	正向	万t
		城市燃气普及率	正向	%
		每万人互联网用户	正向	人
	自然系统	文化艺术馆个数	正向	个
		影剧院个数	正向	个
		体育馆个数	正向	个
		文娱消费支出	正向	元
		人均污水排放总量	负向	t
		年平均气温	正向	℃
		年平均降水量	正向	mm
		年日照时数	正向	h
		年平均相对湿度	正向	%
		人均工业废气排放总量	负向	m <sup>3</sup>
		人均工业固体废物产生量	负向	t
	社会系统	报刊期发数	正向	万份
		人均GDP	正向	元
		在岗工年平均工资	正向	元
		固定资产投资	正向	元
		制造业占GDP比重	正向	%
		制造业就业比重	正向	%
		第三产业占GDP比重	正向	%
		第三产业就业比重	正向	%
		失业率	负向	%

$$f_{(x)} = \sum_{i=1}^m a_i x_i, \quad g_{(y)} = \sum_{j=1}^n b_j y_j, \quad h_{(z)} = \sum_{k=1}^o c_k z_k, \\ s_{(u)} = \sum_{l=1}^q d_l u_l, \quad t_{(v)} = \sum_{p=1}^r e_p v_p \quad (1)$$

式中,  $f_{(x)}$ 表示人类系统综合评价指数;  $g_{(y)}$ 表示居住系统综合评价指数;  $h_{(z)}$ 表示支撑系统综合评价指数;  $s_{(u)}$ 表示自然系统综合评价指数;  $t_{(v)}$ 表示社会系统综合评价指数;  $x_i, y_j, z_k, u_l, v_p$ 表示5个子系统各要素标准化后的值,  $a_i, b_j, c_k, d_l, e_p$ 则分别表示5个系统各要素的权重,  $m, n, o, q$ 和  $r$ 分别表示5个子系统要素个数。耦合不考虑变量间的因果关系, 故权重可通过熵权法这种客观赋权方法确定。

2) 计算五大系统耦合度。将容量耦合系数模型推广到人居环境5个子系统中可以得出子系统相互作用的耦合度模型, 其表达式为:

$$C = 5 \{ [f_{(x)} \times g_{(y)} \times h_{(z)} \times s_{(u)} \times t_{(v)}] / [f_{(x)} + g_{(y)} + h_{(z)} + s_{(u)} + t_{(v)}] \}^{1/5} \quad (2)$$

式中,  $C$ 为耦合度, 范围为[0,1]。当  $C=0$ 时说明5个子系统之间或其内部要素处于无关状态, 人居环境将向无序方向发展。当  $C=1$ 时表明各个子系统之间达到良性耦合并趋向于新的有序结构。根据中值分段法<sup>[25,26]</sup>对耦合度类型进行划分(表2)。

表2 耦合度类型划分标准

Table 2 The classification criteria of coupling degree

耦合度	耦合度发展阶段
0.00~0.30	低水平耦合阶段
0.30~0.50	拮抗阶段
0.50~0.80	磨合阶段
0.80~1.00	高水平耦合阶段

3) 计算五大系统耦合协调度。耦合度更多反映的是系统要素相似性, 人居环境系统发展还需了解各子系统间相互耦合的协调程度, 因此进一步构造耦合协调度模型。其计算公式为:

$$C = \sqrt{D \times T} \quad (3)$$

$$T = \alpha f_{(x)} + \beta g_{(y)} + \delta h_{(z)} + \lambda s_{(u)} + \mu t_{(v)} \quad (4)$$

式中,  $C$ 为耦合度,  $D$ 代表耦合协调度;  $T$ 代表综合协调指数,  $\alpha, \beta, \delta, \lambda, \mu$ 为待定系数, 本文认为5个子系统同样重要, 均取0.2。采用中值分段法<sup>[16,26]</sup>得出耦合协调类型划分标准(表3)。

表3 耦合协调度类型划分标准

Table 3 The classification criteria of coupling coordinative degree

耦合协调度	耦合协调度等级	耦合协调度	耦合协调度等级
0.00~0.09	极度失调	0.50~0.59	勉强耦合协调
0.10~0.19	严重失调	0.60~0.69	初级耦合协调
0.20~0.29	中度失调	0.70~0.79	中级耦合协调
0.30~0.39	轻度失调	0.80~0.89	良好耦合协调
0.40~0.49	濒临失调	0.90~1.00	优质耦合协调

### 1.2.2 趋势面分析

趋势面利用空间数据拟合出一个数学曲面来说明较大空间跨度的地理要素观测值在空间上的变化趋势与分布规律<sup>[27]</sup>。本研究以2005年、2009年、2013年和2016年4个时间截面的耦合协调度为数据, 运用趋势面法分析辽宁省人居环境系统耦合协调度的总体分异趋势。设  $Z_i(x_i, y_i)$ 为第  $i$ 个城市的位置,  $(x_i, y_i)$ 为平面空间坐标,  $X$ 轴代表东西方向,  $Y$ 轴代表南北方向。

### 1.2.3 地理探测器模型

本文运用因子探测器<sup>[28,29]</sup>探究人居环境系统内部驱动因子  $X$ 对属性  $Y$ 即耦合协调度的影响, 模型如下:

$$q = 1 - \frac{1}{N\sigma^2} \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2 \quad (5)$$

式中,  $q$ 为探测因子  $X$ 的探测力值,  $h=1, \dots, L$ 为因子  $X$ 的分层;  $N$ 与  $N_h$ 为整个区域与探测区的样本数;  $\sigma^2, \sigma_h^2$ 代表整个区域与探测区域的  $Y$ 值方差。  $q$ 的取值区间为[0,1],  $q$ 值越大, 说明因子  $X$ 对属性  $Y$ 的影响度越高<sup>[30]</sup>。

## 2 结果与分析

根据耦合度、耦合协调度公式测算出辽宁省人居环境系统2005~2016年耦合度与耦合协调度的变化, 结果如图1。

### 2.1 耦合度和耦合协调度时序变化

#### 2.1.1 总体发展阶段差异

从整体上来看, 辽宁省人居环境系统2005~2016年耦合度与协调度的变化均呈现出缓慢上升的趋势, 5个子系统内部相互作用的程度不断增强。耦合度类型一直为高水平耦合型, 耦合协调度类型从濒临失调型演变为勉强耦合协调型。

根据耦合协调度变化, 将2005~2016年间辽宁省人居环境发展分为4个阶段: ① 濒临失调阶段

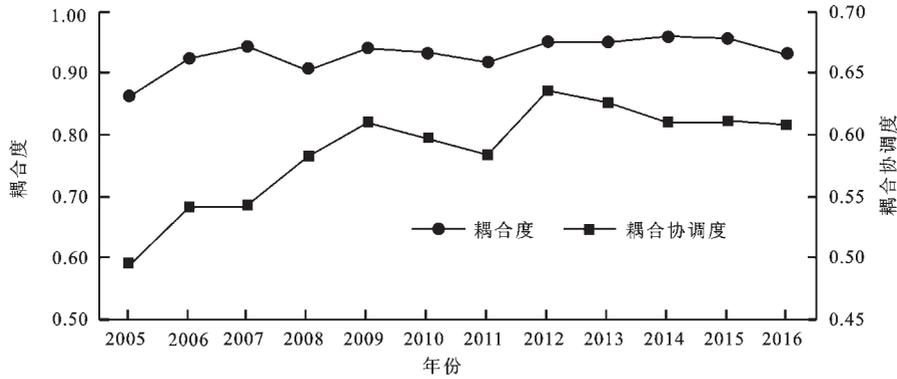


图1 辽宁省2005~2016年人居环境系统耦合度和耦合协调度

Fig.1 The coupling degree and coupling coordination degree of human settlements from 2005 to 2016 in Liaoning Province

(2005年)。此阶段社会系统发展水平滞后是人居环境系统濒临失调的主要原因之一。自然系统的综合评价水平远高于其他4个子系统。② 勉强耦合协调阶段(2006~2011年)。2006~2010年耦合度与协调度呈波动上升趋势,人类系统综合评价水平出现大幅度增长,自然系统2008年达到峰值后开始下降。2010~2011年耦合度与协调度均下降。③ 初级耦合协调阶段(2012~2013年)。耦合度与耦合协调度呈现小幅度上升态势。这一阶段十二五规划提出了“全面振兴东北地区等老工业基地”政策。④ 勉强耦合协调阶段(2014~2016年)。耦合度与协调度呈下降趋势。

### 2.1.2 城市发展阶段差异

城市间耦合协调度差异最大出现在2011年,沈阳(最高)与阜新(最低)相差246%,差距最小出现在2006年,大连(最高)与朝阳(最低)相差179%。14个城市根据协调度数值变化不同可分为3类;第1类为高值区,包括沈阳、大连;第2类为中值区,包括鞍山、抚顺、本溪、丹东、锦州、营口、辽阳、盘锦、铁岭、朝阳、葫芦岛;第3类为低值区即阜新,如图2所示。

高值区城市中,大连人居环境协调发展较平稳,沈阳波动变化较大。中值区城市变化趋势相似、位次稳定。随着辽宁沿海经济带被纳入国家

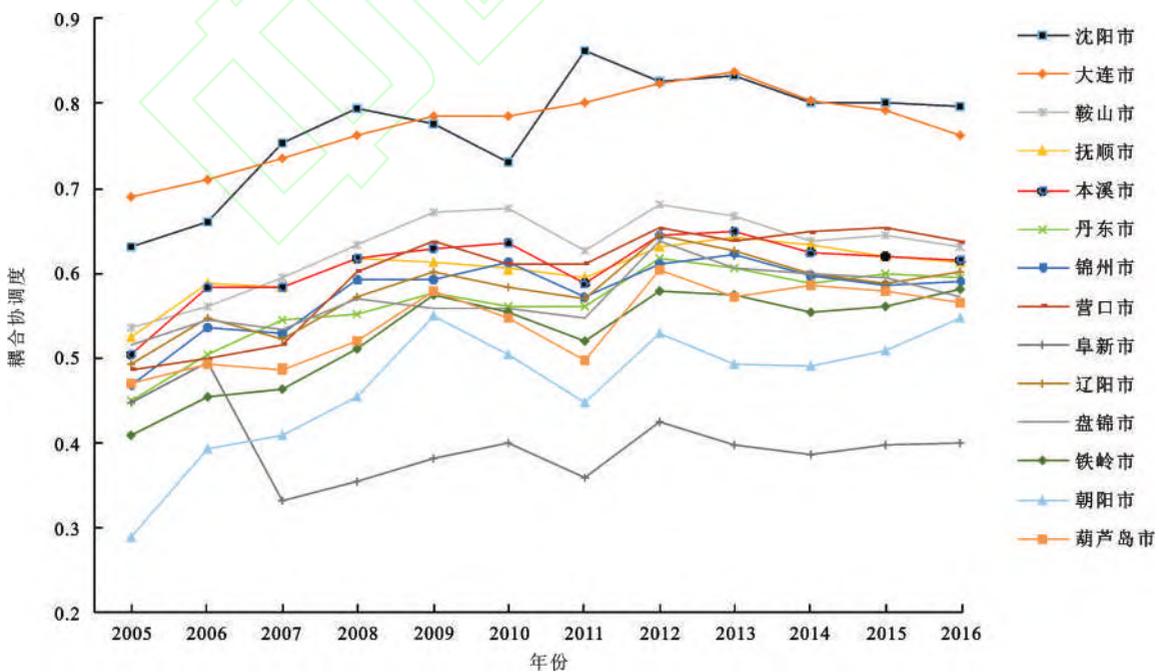


图2 2005~2016年辽宁省14市人居环境耦合协调度

Fig.2 The coupling coordination degree of human settlements from 2005 to 2016 of 14 cities in Liaoning Province

战略,营口与盘锦人居环境耦合协调度增速明显加快。低值区阜新产业基础与公共设施建设都比较薄弱,人居环境系统整体低水平发展。

### 2.2 耦合协调度的空间分异特征

基于4个时间截面的耦合协调度数据,绘制人居环境系统耦合协调度空间分布图(图3)。

1) 空间分布呈分散状态。辽宁省14市人居环境系统耦合协调度呈上升趋势,部分城市出现回落现象。协调类型以濒临失调和勉强耦合协调为主,未出现优秀耦合协调。利用ArcGIS全局自相关分析计算出2005年、2009年、2013年、2016年耦合协调度分布的全局Moran's *I*估计值均为负值,正态统计量*Z*值均未通过显著性检验,如表4,

说明辽宁省耦合协调度分布整体上不存在空间依赖性,呈分散状态。选用趋势面分析进一步探索耦合协调度在空间上的分布规律与变化趋势,如图4,可以看出省域的东西方向上,空间演变趋势由倒U型逐渐向一字型演变,说明人居环境系统内部互动强度中部高于东西部的差距逐渐减小。南北方向上的趋势线由斜线型向“L”型演变,即南部耦合协调度高于北部,南部与北部的内部互动强度逐渐增强超过中部。

2) 中间向两侧递减的“屋脊”式格局。耦合协调度最高的地区为沈阳、大连、鞍山;最低的地区为阜新、朝阳,呈现出从中间向两侧递减的屋脊式格局。从区域角度来看,辽中(沈阳、鞍山、辽

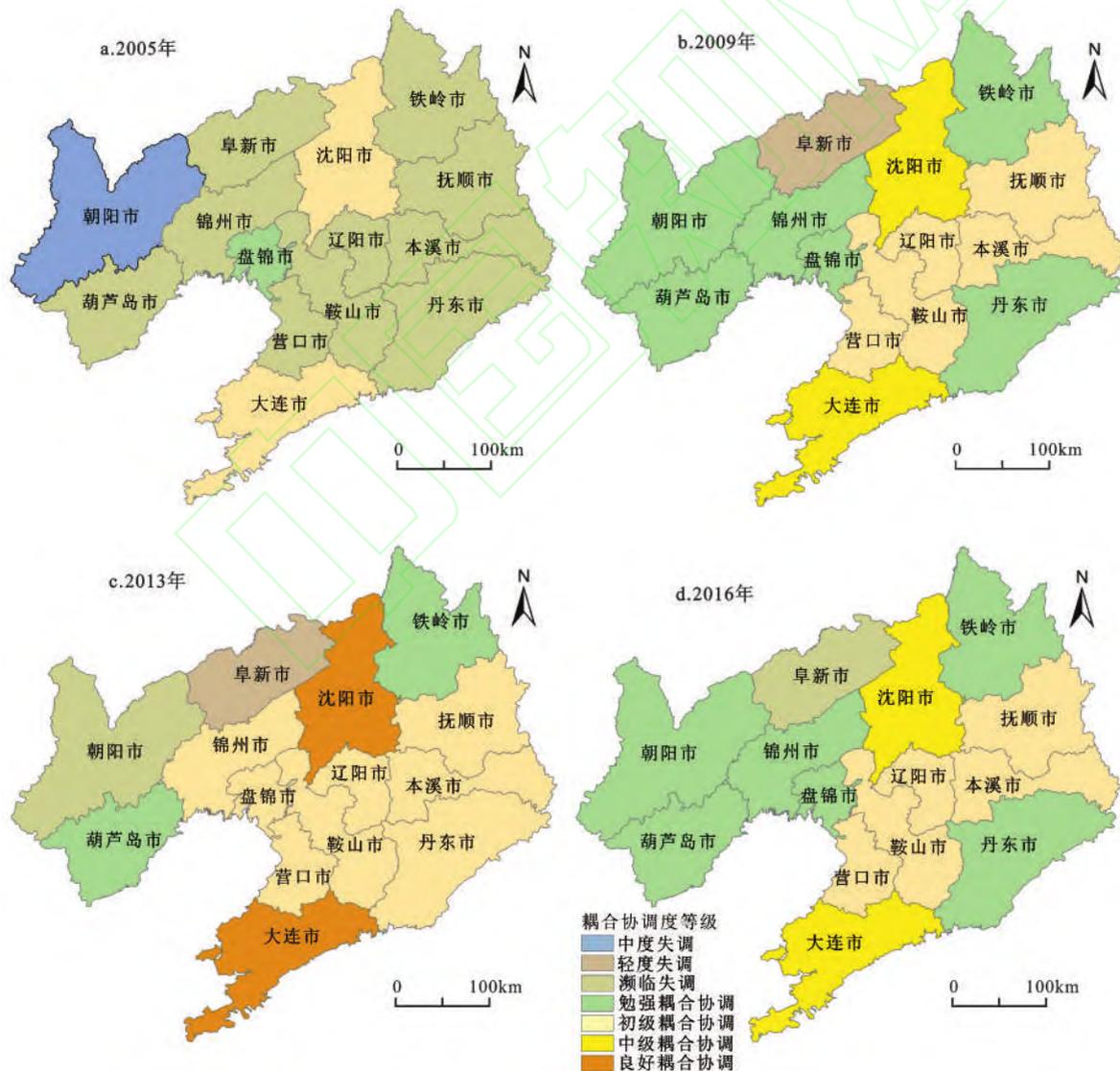


图3 辽宁省人居环境系统耦合协调度空间分布

Fig.3 The spatial distribution of coupling coordination degree of human settlements in Liaoning Province

表4 辽宁省城市人居环境系统耦合协调度的 Moran's I估计值

Table 4 Moran's I estimate of the coupling coordination degree of urban human settlements system in Liaoning Province

年份	Moran's I	Z(I)	P
2005	-0.164	-0.678	0.432
2009	-0.203	-0.544	0.568
2013	-0.179	-0.723	0.487
2016	-0.157	-0.735	0.417

阳)与辽南地区(大连、营口)人居环境系统耦合协调度高于辽东(抚顺、本溪、丹东)、辽西(阜新、朝阳、锦州、葫芦岛、盘锦)、辽北地区(铁岭)。

3) 双核结构。沈阳与大连远高于其他城市,作为双核引领辽宁省人居环境系统协调的发展。沈阳地处辽宁省腹地,是“沈阳经济区”的中心城市,实力雄厚。大连市是东北老工业基地龙头城市、辽宁沿海经济带的核心城市,经济发展水平高,外资企业、医疗资源、科研院所、商贸物流中心集中,投资环境和公共服务优势突出。其中沈阳与大连的每万人医疗床位数、互联网用户、文娱消费支出指标均值是其余城市的198%,固定资产投资指标均值是其余城市的127%,因此可以说明两

市以雄厚的基础与国家政策支持成为辽宁省人居环境协调发展的两极。

2.3 耦合协调类型的空间组合

耦合度与耦合协调度空间分布上并不是一致的,将耦合度C值与协调度D值组合起来,把研究区域划分为5种类型(表5),绘制耦合协调类型的空间组合分布图(图5)。

表5 辽宁省人居环境系统耦合协调类型空间组合

Table 5 The coupling and coordination type space combination of the human settlements system in Liaoning Province

耦合协调类型空间组合	耦合度范围	耦合协调度范围
中耦合低协调区	$0.50 \leq C < 0.80$	$D < 0.40$
中耦合过渡协调区	$0.50 \leq C < 0.80$	$0.40 \leq D < 0.60$
高耦合低协调区	$0.80 \leq C < 1.00$	$D < 0.40$
高耦合过渡协调区	$0.80 \leq C < 1.00$	$0.40 \leq D < 0.60$
高耦合高协调区	$0.80 \leq C < 1.00$	$0.60 \leq D < 1.00$

中耦合低协调区。4个典型年份中,2005年朝阳、2016年阜新属于中耦合低协调区。2009年朝阳市发展为高耦合过渡协调型,人居环境内部系统作用力与子系统发展同步性均有一定提高。

中耦合过渡协调区。2005年铁岭与丹东均属

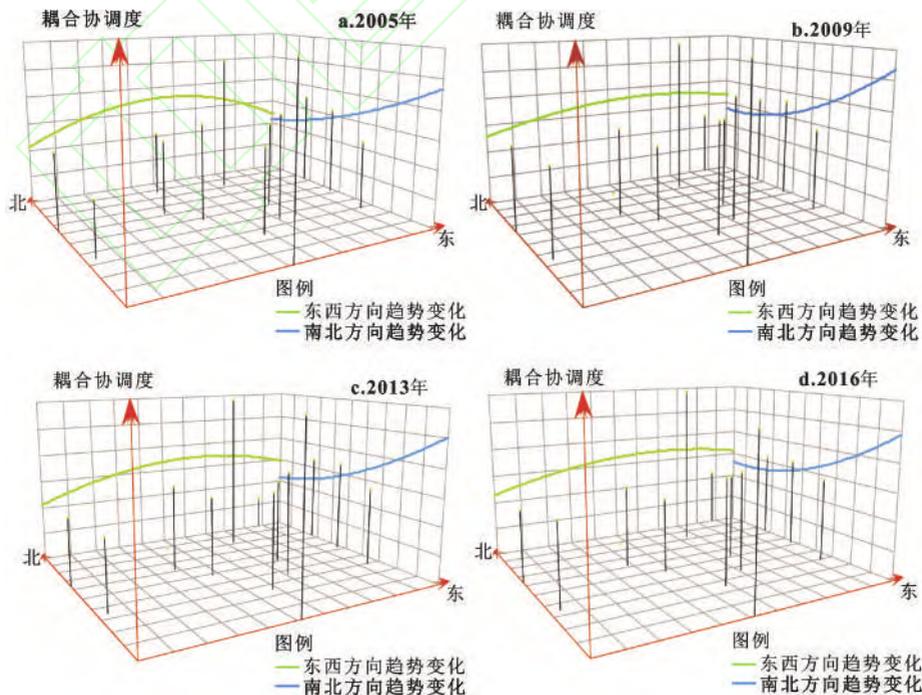


图4 辽宁省耦合协调度空间变化趋势

Fig.4 The variation trend of coupling coordination degree in Liaoning Province

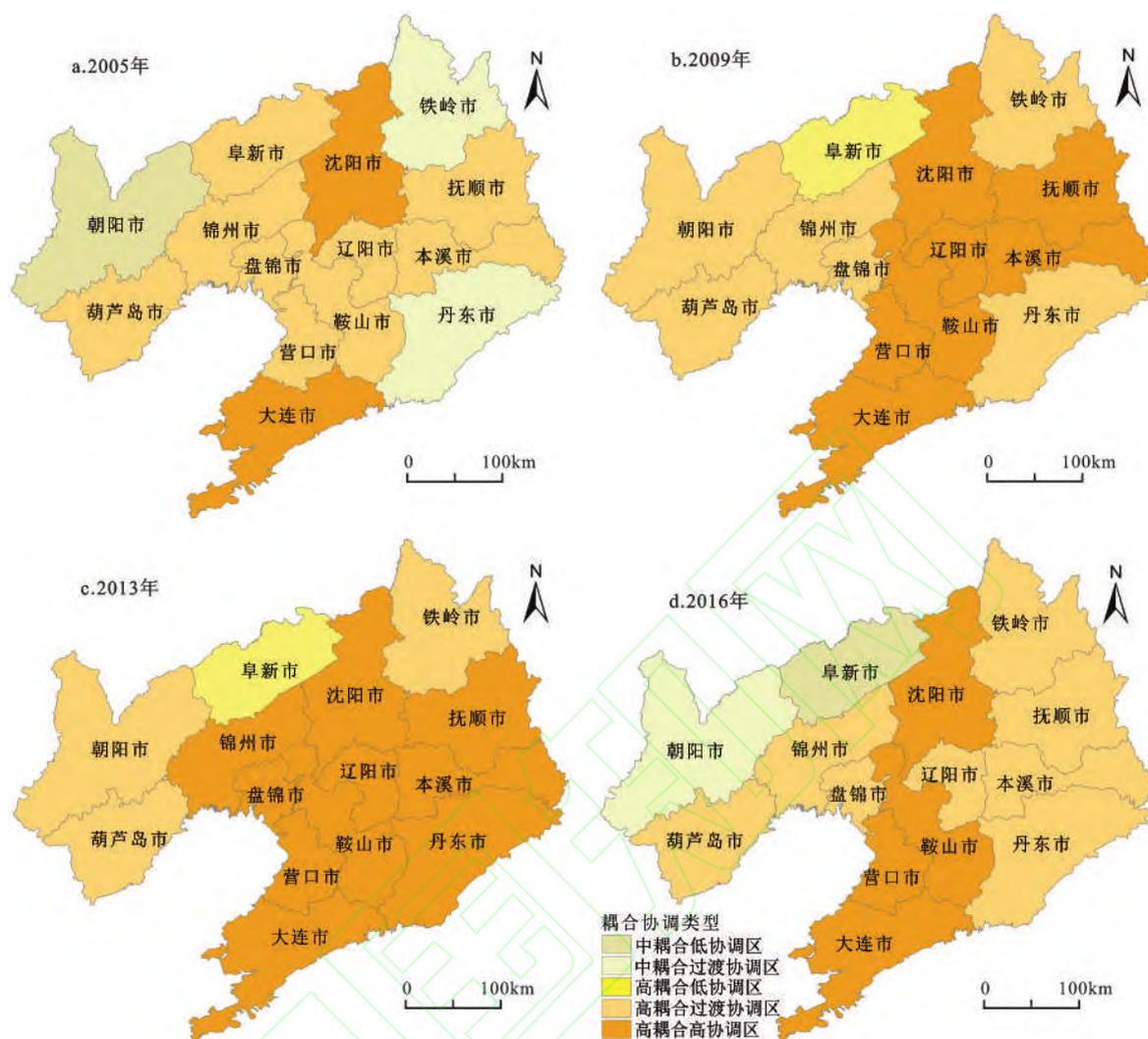


图5 辽宁省人居环境耦合协调类型空间组合分布

Fig.5 The spatial composite distribution map of different categories based on coupling coordination degree of human settlements in Liaoning Province

于中耦合过渡协调区。随后由于子系统发展同步性逐渐提高,二者都发展为高耦合过渡协调区。

**高耦合低协调区。**4个时间截面中,2009年、2013年阜新为高耦合低协调区,人居环境发展水平与系统资源不匹配,子系统发展的同步性亟待提高。

**高耦合过渡协调区。**该类城市多为能源型城市,环境压力大。鞍山虽属于高耦合过渡协调区域,但耦合协调度与系统综合评价水平明显高于其他城市,可称为副中心城市,未来发展潜力巨大。作为一座重工业城市,鞍山在环境治理方面投入颇多,发展经济并未以牺牲生态环境为代价。

**高耦合高协调区。**在4个典型年份中,沈阳与

大连均属于高耦合高协调区。2013年时该类型城市数量达到11个,但是在2016年高耦合高协调区范围出现收缩。

#### 2.4 城市人居环境系统协调驱动力

采用变异系数法探测内部因子对整体系统协调发展的影响力,选择变异系数最大的指标即人类系统中的城市人口密度,居住系统中的人均居住面积,支撑系统中的每万人互联网用户,自然系统中的人均污水排放总量,社会系统中的人均GDP作为地理探测器中的探测因子。

通过地理探测器模型计算2005年、2009年、2013年、2016年各探测因子对辽宁省人居环境系统耦合协调度影响力 $q$ 值如表6,可以看出4个时间截面中人均GDP、人均居住面积都是影响人居

表6 辽宁省人居环境系统耦合协调度影响因子影响力 $q$ 值Table 6 Impact of elements to coupling coordination degree ( $q$ ) of human settlements in Liaoning Province

年份	城市人口密度	人均居住面积	每万人互联网用户	人均污水排放总量	人均GDP
2005	0.482	0.671	0.383	0.722	0.735
2009	0.691	0.711	0.375	0.689	0.771
2013	0.672	0.756	0.630	0.594	0.991
2016	0.525	0.734	0.639	0.435	0.978

环境系统协调发展的重要因素。2005年主要受人均GDP、人均居住面积与人均污水排放总量3个因子影响;2009年城市人口密度因子也影响显著;2013年中每万人互联网用户因子的影响能力显著增加;2016年更多地受人均GDP、人均居住面积、每万人互联网用户的影响,每万人互联网用户因子排在第3位。综合来看,人居环境系统内部的耦合协调发展是各种要素从不同角度对人居环境子系统相互作用驱动的结果。

1) 人的需求是人居环境系统协调发展的根本动力。人类与自然是人居环境系统中的2个基本系统,从表6可以看出城市人口密度与人均居住面积2个因子的 $q$ 值相对稳定。人作为人居环境的主体,自身需要的改变使人口出现集聚和扩散现象,从而导致其他几个子系统的结构改变从而对人居环境系统的协调发展产生影响。自然系统是聚居产生并发挥功能的基础。由于人民生活水平的逐渐提高,人类子系统与自然子系统对人居环境系统协调发展的影响程度开始逐渐减弱。

2) 经济驱动力是人居环境系统协调发展的主导动力。4个年份的人均GDP影响力 $q$ 值保持稳定增加,经济水平发展对人民生活水平的提高、自然环境的修复发展、公共设施建设、教育事业的发展、科研能力等方面都具有正向驱动作用。因此社会系统的发展是人居环境系统协调发展基础。

3) 住房是促进人居环境协调发展强有力的工具。城市是一个连续的居住系统,居住问题是中国当代重大问题之一。人均居住面积因子对人居环境协调发展的影响力 $q$ 稳定,主要由于20世纪90年代以来中国启动城市住房制度改革,住房体系基本由市场调节,人均住房面积不断增加。

4) 互联网发展是人居环境系统的新型驱动力。从表6中可看出2013年、2016年每万人互联

网用户因子的影响力相比2005年、2009年增加约1倍。“十二五”期间正是中国互联网蓬勃发展的5a,在这期间互联网对人居环境协调的贡献率明显提升。互联网发展影响高新技术的发展、人们生活的便利程度等,对城市人居环境的协调发展越来越重要。

### 3 结论

在建立人类、居住、支撑、自然、社会系统5个人居环境内部子系统的耦合协调模型基础上,分析2005~2016年辽宁省人居环境协调发展的时空特征与演化,得到以下主要结论:

1) 整体来看,2005~2016年辽宁省人居环境系统的耦合度缓慢上升,处于高水平耦合阶段;耦合协调度逐渐上升,呈分散格局,由濒临耦合协调阶段转变为勉强耦合协调阶段。在省域的东西方向上,空间演变趋势由倒U型逐渐向一字型演变,南北方向上斜线型向“L”型演变。

2) 从市域角度来看,各市人居环境系统耦合协调度总体上呈现出“双核”分布规律,呈从中间向两侧递减的“屋脊式”空间格局。

3) 根据辽宁省人居环境系统耦合度及协调度的时空分布特征,将全省分为中耦合低协调区、中耦合过渡协调区、高耦合低协调区、高耦合过渡协调区、高耦合高协调区5个类型区。

4) 利用地理探测器分析发现耦合协调度空间分异的驱动力包括人的需求、经济发展、住房以及互联网发展等。人的需求是人居环境协调发展的根本,经济发展为主要动力,住房为发展的工具,而互联网发展则是新型驱动力。

目前中国城镇化正处在一个加速转型过程,人居环境建设与优化已经成为城镇建设的主要任务。辽宁省作为东北老工业基地的重要组成部分,是中国城市建设的一个缩影,人居环境系统内部不均衡不协调是其不可略过的发展阶段。本文

通过建立辽宁省人居环境内部系统综合评价指标体系,运用耦合协调度模型、趋势面分析刻画了人居环境系统内部耦合协调度时空演变过程,并选取地理探测器模型探究驱动力,为探索宏观尺度人居环境协调发展问题提供一种思路。人居环境是一个复杂的巨系统,而本文仅从5个子系统方面选取39个指标来刻画人居环境协调发展过程,尚缺少反映居民主观意愿的指标。同时仅使用静态的面板数据,以地级市为研究单元对城市人居环境耦合协调度的时空变化及驱动力进行了初步探究。在今后的研究中将对人居环境系统的作用关系与机制进行更小尺度的精细化研究。

### 参考文献(References):

- [1] 熊鹰,曾光明,董力三,等.城市人居环境与经济协调发展不确定性定量评价——以长沙市为例[J].地理学报,2007,62(4):397-406. [Xiong Ying,Zeng Guangming,Dong Lisan et al. Quantitative evaluation of the uncertainties in the coordinated development of urban human settlement environment and economy: Taking Changsha City as an example. *Acta Geographica Sinica*,2007, 62(4):397-406.]
- [2] 李雪铭,田深圳,杨俊,等.城市人居环境的失配度——以辽宁省14个市为例[J].地理研究,2014,33(4):687-697. [Li Xueming, Tian Shenzhen, Yang Jun et al. The preliminary study of mismatch degree of urban human settlements: Taking 14 cities in Liaoning Province as cases. *Geographical Research*,2014,33(4):687-697.]
- [3] Yang J,Guan Y Y,Xia J H et al.Spatiotemporal variation characteristics of green space ecosystem service value at urban fringes: A case study on Ganjingzi District in Dalian, China[J].*Science of the Total Environment*,2018,639:1453-1461.
- [4] Yang J,Guo A D,Li Y H et al.Simulation of landscape spatial layout evolution in rural-urban fringe areas: A case study of Ganjingzi District[J].*GI Science & Remote Sensing*, 2019,56(3):388-405.
- [5] 段佩利,刘曙光,尹鹏,等.中国沿海城市开发强度与资源环境承载力时空耦合协调关系[J].经济地理,2018,38(5):60-67. [Duan Peili,Liu Shuguang,Yin Peng et al. Spatial-temporal coupling coordination relationship between development strength and resource environmental bearing capacity of coastal cities in China. *Economic Geography*,2018,38(5):60-67.]
- [6] Hauser W. The infrastructure of nature's island: Settlements, networks and economy of two plantations in Colonial dominica [J]. *Historical Archaeology*,2015,19(3):601-622.
- [7] Baccini P.The horizontal metropolis between urbanism and urbanization[M]. Barcelloni Corte: Springer International Press, 2018:111-118.
- [8] Dimelli P.The effects of tourism in Greek insular settlements and the role of spatial planning[J]. *Knowledge Economy*,2017,8(1):319-336.
- [9] Asare K N, Boadu A T, Adimado A A.Evaluation of groundwater and surface water quality and human risk assessment for trace metals in human settlements around the Bosomtwe Crater Lake in Ghana[J]. *Earth and Environmental Sciences*,2016,5(1):1812.
- [10] 李雪铭,张英佳,高家骥.城市人居环境类型及空间格局研究——以大连市沙河口区为例[J].地理科学,2014,34(9):1033-1040. [Li Xueming,Zhang Yingjia,Gao Jiayi. Spatial pattern and classification of human settlement:A case study of Shahekou in Dalian. *Scientia Geographica Sinica*,2014,34(9):1033-1040.]
- [11] 陈呈奕,张文忠,湛东升,等.环渤海地区城市人居环境质量评估及影响因素[J].地理科学进展,2017,36(12):1562-1570. [Chen Chengyi,Zhang Wenzhong, Zhan Dongsheng et al. Quantitative evaluation of human settlement environment and influencing factors in the Bohai Rim area. *Progress in Geography*, 2017, 36(12):1562-1570.]
- [12] 毕硕本,凌德泉,计晗,等.郑洛地区史前聚落遗址人居环境宜居度指数模糊综合评价[J].地理科学,2017,37(6):904-911. [Bi Shuoben,Ling Dequan, Ji Han et al. Fuzzy comprehensive evaluation of the human settlement environment of the prehistoric settlement sites in the Zhengzhou-Luoyang area. *Scientia Geographica Sinica*,2017,37(6):904-911.]
- [13] 李雪铭,张建丽,杨俊,等.社区人居环境吸引力研究——以大连市为例[J].地理研究,2012,31(7):1199-1208. [Li Xueming, Zhang Jianli, Yang Jun et al. Analysis of the attraction field of urban human settlements: A case study of Dalian. *Geographical Research*,2012, 31(7):1199-1208.]
- [14] 谷永泉,杨俊,冯晓琳,等.中国典型旅游城市人居环境适宜度空间分异研究[J].地理科学,2015,35(4):410-418. [Gu Yongquan, Yang Jun, Feng Xiaolin et al. Spatial differentiation of human settlement environment suitability in Chinese typical tourist cities. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, 35(4):410-418.]
- [15] 宋雁.创造自然与人工环境协调的人居环境——荣成市景观风貌设计总体思路[J].规划师,1999,15(1):37-40. [Song Yan. Create a natural and artificial environment in harmony with the human living environment: Rongcheng city landscape design general idea. *Planners*,1999, 15(1):37-40.]
- [16] 李雪铭,李婉娜.1990年代以来大连城市人居环境与经济协调发展定量分析[J].经济地理,2005,25(3):383-386. [Li Xueming, Li Wanna. Quantitative analysis about coordinating development of environment of urban human settlements and economy in Dalian since the 1990's. *Economic Geography*,2005, 25(3):383-386.]
- [17] 李雪铭,倪玉娟.近十年来我国优秀宜居城市城市化与城市人

- 居环境协调发展评价[J].干旱区资源与环境,2009, 23(3):8-14. [Li Xueming, Ni Yujuan. Assessment on the coordination between urban human settlements and urbanization of outstanding liable cities in China in recent decade. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2009, 23(3):8-14.]
- [18] 张英佳,李雪铭,夏春光.中国地级市房地产开发与人居环境耦合发展空间格局[J].地理科学进展,2014, 33(2):232-240. [Zhang Yingjia, Li Xueming, Xia Chuanguang. Spatial pattern of coupling development between real estate development and housing condition at prefectural level in China. *Progress in Geography*, 2014, 33(2):232-240.]
- [19] 李伯华,刘艳,刘沛林,等.湖南省人居环境系统耦合度的时空演化研究[J].统计与决策,2016(18):104-107. [Li Bohua, Liu Yan, Liu Peilin et al. The study of the spatial and temporal evolution of human settlements environmental system coupling in Hunan Province. *Statistics and Decision*, 2016(18):104-107.]
- [20] 吴良镛. 人居环境科学导论[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2001:38-48. [Wu Liangyong. Introduction to science of human-settlements. Beijing: China Architectural Building Press, 2001: 38-48.]
- [21] 张文忠. 城市内部居住环境评价的指标体系和方法[J].地理科学,2007,27(1):17-23. [Zhang Wenzhong. Index system and method of residential environmental evaluation in inner cities. *Scientia Geographica Sinica*, 2007, 27(1):17-23.]
- [22] 中华人民共和国建设部科技司.宜居城市科学评价标准[G]. 北京:中华人民共和国建设部科学技术司,2007. [Department of Science and Technology of the Ministry of Construction of China. Urban science research. Livable city science evaluation standard. Beijing: Department of Science and Technology of the Ministry of Construction of China., 2007.]
- [23] 国家统计局. 辽宁统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社, 2006-2017. [National Bureau of Statistics of China. Liaoning statistical yearbook. Beijing: China Statistics Press, 2006-2017.]
- [24] 国家统计局. 中国城市统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社, 2006-2017. [National Bureau of Statistics of China. China city statistical yearbook. Beijing: China Statistics Press, 2006-2017.]
- [25] 马丽,金凤君,刘毅. 中国经济与环境污染耦合度格局及工业结构解析[J]. 地理学报,2012,67(10):1299-1307. [Ma Li, Jin Fengjun, Liu Yi. Spatial pattern and industrial sector structure analysis on the coupling and coordinating degree of regional economic development and environmental pollution in China. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(10):1299-1307.]
- [26] 谢炳庚,陈永林,李晓青. 耦合协调模型在“美丽中国”建设评价中的运用[J]. 经济地理,2016, 36(7):38-44. [Xie Binggang, Chen Yonglin, Li Xiaoqing. The application of coupling coordination model in the evaluation of “Beautiful China” construction. *Economic Geography*, 2016, 36(7):38-44.]
- [27] 李强,王士君,梅林. 长春市中心城区大型超市空间演变过程及机理研究[J]. 地理科学,2013, 33(5):553-561. [Li Qiang, Wang Shijun, Mei Lin. The spatial characteristics and mechanism of supermarkets in central district of Changchun, China. *Scientia Geographica Sinica*, 2013, 33(5):553-561.]
- [28] Wang J F, Zhang T L, Fu B J. A measure of spatial stratified heterogeneity[J]. *Ecological Indicators*, 2016, 67:250-256.
- [29] Wang J F, Li X H, Christakos G et al. Geographical detectors based health risk assessment and its application in the neural tube defects study of the Heshun region, China[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2010, 24(1): 107-127.
- [30] 王劲峰,徐成东. 地理探测器:原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(1):116-134. [Wang Jinfeng, Xu Chengdong. Geodetector: Principle and prospective. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(1): 116-134.]

## The Spatio-temporal Pattern Evolution and Driving Force of the Coupling Coordination Degree of Urban Human Settlements System in Liaoning Province

Li Xueming<sup>1,2</sup>, Guo Yujie<sup>1</sup>, Tian Shenzhen<sup>1</sup>, Bai Zhizhen<sup>1</sup>, Liu He<sup>1</sup>

(1. School of Urban and Environmental Sciences, Liaoning Normal University, Dalian 116029, Liaoning, China; 2. Centre for Marine Economy and Sustainable Development Research, Liaoning Normal University, Dalian 116029, Liaoning, China)

**Abstract:** Coupling coordination within the human settlements system is the basis for ensuring a balanced development of the human settlements. This paper expounds the internal coordination of the human settlements system and discusses the spatial and temporal distribution and driving force of the coupling and coupling coordination.

dination degree of human settlements in Liaoning Province, China. This paper builds the evaluation index system of the coupled development of human settlements system based on the five subsystems of 'human-living-support-nature-society'. The coupling model between two systems is extended to five subsystems of human settlements. The entropy method and GIS spatial analysis methods are used to analyze the spatial-temporal evolution characteristics of coupling coordination degree of human settlements system in Liaoning Province from 2005 to 2016. The research shows that: 1) From 2005 to 2016, the coupling degree and coupling coordination degree of the human settlements system in Liaoning Province showed a slow upward trend. There is a difference in the degree of coordination between cities. The high value areas of coupling coordination degree includes Shenyang and Dalian. The median area of coupling coordination degree includes Anshan, Fushun, Benxi, Dandong, Jinzhou, Yingkou, Liaoyang, Panjin, Tieling, Chaoyang and Huludao. The coupling coordination degree low value area includes Fuxin. 2) The coupling coordination degree of human settlements in Liaoning Province is in a dispersed pattern which presents a 'roof ridge' pattern and a 'dual-core structure' that decrease from the middle to the sides. In the east-west direction, the spatial evolution trend gradually evolves from the inverted the 'U' shape to the '—' shape, and the north-south direction changes from the tilted line type to the 'L' type. The coupling coordination degree between Shenyang and Dalian has been in the top two, far higher than other cities, as a dual core to lead the coordinated development of the human settlements system in Liaoning Province. 3) There are five types of zones: medium coupling-low coordination zone, medium coupling-transition coordination degree zone, high coupling-low coordination degree zone, high coupling-transition coordination degree zone and high coupling-high coordination degree zone. 4) We use geographic detector to explore the driving forces of the coupling coordination within the human settlements system. The spatial differentiation driving force mainly includes people's needs, economic development, housing and internet development. People's needs are the basis for the coordinated development of the human settlements system. Economic development is the main driving force, and housing is a tool for coordinated development. However, the development of the Internet is a new driving force for the coordinated development of the human settlements system.

**Key words:** urban human settlements; coupling coordination degree; analysis of trend surface; spatio-temporal pattern evolution; Liaoning Province