

东北地区建设用地开发强度格局演变的空间分异机制

刘艳军, 于会胜, 刘德刚, 祝丽媛

(东北师范大学地理科学学院, 长春 130024)

摘要: 建设用地开发强度是区域建设用地开发利用程度及其对区域人口和经济社会承载强度的综合反映。本文以东北地区 179 个县域空间为基本研究单元, 应用冷热点、空间变差函数、GWR 模型等定量方法对建设用地开发强度的时空分异格局演变及分异机制进行了探讨, 得出以下结论: ① 2000-2015 年东北地区建设用地开发强度总体呈现出增长态势, 但空间分异显著, 各单元间建设用地开发强度高低的相互作用及联动效应较为明显, 但建设用地开发强度的空间分布逐渐趋于非均衡, 建设用地开发强度的冷热点分布格局与全局分异变化及空间异质性态势基本吻合; ② 2000 年东北地区开发强度格局分异由政府财政投入力度、用地投资强度和产业结构水平共同影响, 到 2005-2015 年发展演化为政府财政投入力度、用地投资强度、经济发展水平和产业结构水平共同影响; ③ 2000-2015 年政府财政投入力度、用地投资强度、经济发展水平和产业结构水平与东北地区建设用地开发强度格局分布态势具有一定的关联性, 但在不同区域呈现出影响程度的差异性。

关键词: 建设用地开发强度; 演变格局; 影响因素; 空间分异机制; 东北地区

DOI: 10.11821/dlxb201805003

1 引言

建设用地开发强度是区域建设用地集约利用程度和人类活动频繁程度的直接体现, 是区域建设用地开发利用程度及其对人口和经济社会承载强度的综合反映^[1]。建设用地开发强度的增长是建设用地密度增加、用地产出强度提高、人口承载强度增大的综合变动过程。从开发利用视角看, 建设用地开发强度呈现出区域综合利用建设用地功能表现出的土地利用效益, 通过对建设用地开发强度时空变化分析, 能够刻画区域社会经济发展的时空格局。建设用地开发强度变化是区域内社会、经济、自然、制度等要素相互影响、共同制约的结果 (图 1), 其演变因素具有多元性和层次性, 包括社会要素、经济要素、资源环境要素和政策要素等^[2]。地形地貌、水资源等资源环境条件为建设用地开发强度变化提供基础支撑。随着社会经济的发展, 建设用地开发需求增大, 城镇化水平提升等社会发展影响建设用地开发强度变化, 产业发展、投资扩大等经济要素变化为土地开发提供发展动力与资金支持。同时, 由于土地内涵式开发的需要, 土地集约化利用要求及相关政策法规也对建设用地开发强度起到重要的约束作用, 引导区域土地可持续开发利用。

通过对国内外已有研究的梳理与分析, 目前建设用地开发强度相关的研究主要集中在

收稿日期: 2017-12-18; 修订日期: 2018-03-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(41771172, 41001099) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41771172, No.41001099]

作者简介: 刘艳军(1981-), 男, 吉林镇赉人, 博士, 副教授, 中国地理学会会员(S110007211M), 主要从事城市地理、城市与区域发展研究。E-mail: liuyj323@nenu.edu.cn

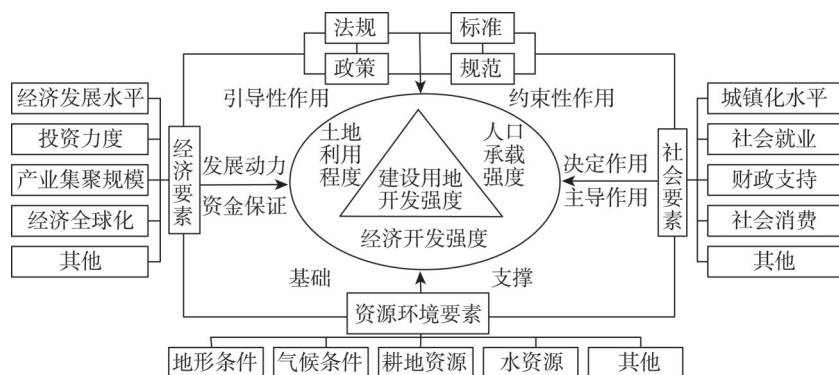


图1 建设用地开发强度及其作用因素理论框架

Fig. 1 Theoretical framework of the development intensity of construction land and its influencing factors

在以下3个方面：①从宏观的土地利用变化与城市建设用地扩张及其影响因素入手，部分研究以遥感、GIS等手段对土地利用的动态变化、城市建设用地扩张、城市建设用地转型进行了分析，并就其影响因素展开了讨论^[3-8]。此外，很多学者以城市建设用地扩张为切入点，就城市建设用地扩张的识别及其影响因素^[9]、土地利用变化与城市形态的关系^[10]、建设用地结构合理性^[11]等问题进行了探讨。②关于土地开发强度的评价及其方法，部分学者以面板数据为支撑进行土地开发强度变化及案例分析^[12]，近年来，应用遥感、GIS等手段对土地开发强度的评价使得结果的精度得到提高^[13-15]，同时部分国外学者尝试通过对已有方法的整理对比找出土地开发强度评估的新方法^[16]。③从用地开发强度与其他因素的相互关系等视角展开，部分学者从土地开发强度对环境的影响^[17]、土地开发强度与生物多样性的相互关系^[18]、土地开发对生态服务功能的影响^[19]等方面入手对土地开发强度与生态环境的关系进行了分析。此外，大量研究关注轨道交通对土地开发强度的影响^[20]、城市扩张与城市土地开发强度变化的关系^[21]等方面，并围绕土地开发强度影响因子的分析^[22-23]、建设用地演化的驱动机制^[24-25]展开了讨论。总体来看，在遥感、GIS等技术手段支持下，土地开发利用及其强度分析已取得丰富成果。目前国内外已有研究多从土地开发强度评价及其方法入手，探讨土地开发利用的演变特征、作用因素及要素影响，而对于建设用地开发强度演变格局及其影响机制缺乏深入探讨。此外，基于理论与实证相互印证视角构建建设用地开发强度变化的理论框架也需要进一步归纳总结。

基于此，本文依据建设用地开发强度的内涵特征，进一步总结建立建设用地开发强度变化的理论框架和测度模型，对东北地区建设用地开发强度进行定量评估，运用空间自相关、空间变差函数等方法对建设用地开发强度演变格局进行系统分析，并应用OLS方法、GWR模型对建设用地开发强度格局演变因素及空间分异机制进行深入探讨，以期更清晰地揭示东北地区建设用地空间开发变化的内在机制，补充土地利用变化相关研究成果，并提供方法借鉴。

2 研究方法 with 数据

2.1 研究区域与数据来源

东北地区是中国重要的工业生产基地和粮食安全保障基地。近年来，在振兴东北老工业基地战略、哈长城市群和辽中南城市群建设等的共同推动下，东北地区经济社会发展以及城镇化建设不断推进，建设用地开发规模和程度不断提高，但也呈现出显著的区

域差异。在建设用地开发利用过程中也存在部分土地无序扩张、建设用地占用耕地较严重、建设用地开发效益不高等问题,人地关系趋于紧张。通过开展东北地区建设用地开发强度演变格局及其空间分异机制研究,对指导东北地区建设用地的合理开发利用、经济社会发展以及新型城镇化建设具有重要实践意义。

本文以东北地区(包括黑龙江省、吉林省、辽宁省)179个县域空间(县、县级市、地级及以上城市市区)为基本研究单元,将2000年、2005年、2010年、2015年各县域空间范围进行统一。文中所采用土地利用数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心^[26],是在土地利用现状遥感监测数据基础上通过矢量数据栅格化生成的栅格数据,利用ArcGIS 10.2将城镇用地、农村居民点用地和其它建设用地重分类统一合并为建设用地,再使用区域直方图工具统计东北地区各县域空间的建设用地面积。社会经济数据来源于2001-2016年的《辽宁统计年鉴》、《吉林统计年鉴》、《黑龙江统计年鉴》、《中国城市统计年鉴》等统计资料。

2.2 建设用地开发强度测度模型

建设用地开发强度是反映区域范围内建设用地利用水平和程度以及人口、社会经济承载强度的综合指标,其测度模型为^[1]:

$$EICL = \alpha CLA/TA + \beta TP/CLA + \gamma PV/CLA \quad (1)$$

式中: $EICL$ 为建设用地开发强度; CLA 为区域建设用地总面积; TA 为区域总面积; TP 为人口数量; PV 为二三产业产值; CLA/TA 代表建设用地密度; TP/CLA 代表人口承载强度; PV/CLA 代表用地产出强度; α 、 β 和 γ 分别代表 CLA/TA 、 TP/CLA 、 PV/CLA 的权重。首先对 CLA/TA 、 TP/CLA 、 PV/CLA 数值进行标准化处理,然后运用熵值法确定 α 、 β 和 γ 值,并综合计算建设用地开发强度数值($EICL$ 值)。 $EICL$ 值越大,代表区域建设用地开发强度越高,反之则越低。

2.3 基于冷热点与空间变差函数分析建设用地开发强度格局

(1) 冷热点分析。应用局域空间自相关揭示空间要素的异质性特征,采用Getis-Ord G_i^* 来识别不同空间单元的高值簇或热点区与低值簇或冷点区的空间分布,计算公式为^[27]:

$$G_i^*(d) = \sum_{j=1}^n w_{ij}(d) x_j / \sum_{j=1}^n x_j \quad (2)$$

式中: d 为距离尺度; $w_{ij}(d)$ 为空间单元 i 和 j 之间的空间权重; x_j 是 j 区域的观测值; n 为区域数量。为便于解释,对 $G_i^*(d)$ 进行标准化处理,得到 Z 得分, Z 得分高 p 值小属建设用地开发强度热点区, Z 得分低并为负数且 p 值小属建设用地开发强度冷点区。

(2) 空间变差函数。引入空间变差函数分析东北地区建设用地开发强度格局演变,计算公式为^[28-29]:

$$\gamma(h) = \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 / 2N(h) \quad (3)$$

式中: $\gamma(h)$ 为变异函数值; $Z(x_i)$ 和 $Z(x_i + h)$ 分别是 $Z(x)$ 在空间单元 x_i 和 $x_i + h$ 上的建设用地开发强度($i = 1, 2, 3, \dots, N(h)$); $N(h)$ 是分割距离 h 的样本量; C_0 为块金方差, C_0 越大,变幅越大; $C_0 + C$ 为基台值,表示变差函数变量随间距增加到一定尺度后出现的平稳值; C 为结构方差; $C_0/(C_0 + C)$ 为块金系数,其值越小表明空间相关性越强。

分维数是为了定量地描述客观事物的“非规则”程度,由 $\gamma(h)$ 和 h 来确定^[30]:

$$2\gamma(h) = h^{(4-2D)} \quad (4)$$

式中:分维数用 D 表示, D 越大,表示空间异质性更多是由空间自相关部分引起的; D 越接近2,表明空间异质性越小^[31]。

2.4 基于OLS与GWR分析空间格局影响机制

依据建设用地开发强度与社会、经济、政策、资源环境承载力等发展变化的内在相互关系，结合东北地区区域发展实际，基于主导性、基础性及可获取性等原则，本文分别选取人均GDP（ x_1 ）、二三产占比（ x_2 ）、地均固定资产投资（ x_3 ）、城镇化率（ x_4 ）、地均财政支出（ x_5 ）、城市行政等级（ x_6 ）、地形起伏度（ x_7 ）、耕地比重（ x_8 ）共8个指标作为自变量，并与因变量东北地区建设用地开发强度（ y ）进行回归分析，变量计算及其释义如表1所示。

表1 建设用地开发强度格局演变影响因素原始变量

Tab. 1 Original variables of the influencing factors of pattern evolution of construction land development intensity		
指标名称	指标计算	指标释义
人均GDP(x_1)	GDP总量/总人口	经济发展水平
二三产占比(x_2)	二、三产业产值/GDP总量	产业结构水平
地均固定资产投资(x_3)	固定资产投资总额/建设用地面积	用地投资强度
城镇化率(x_4)	非农人口数/总人口数	城镇发展水平
地均财政支出(x_5)	财政支出总额/总面积	财政投入力度
城市行政等级(x_6)	县、县级市、地级市区、副省级城市分别赋值1、2、3、4	政策支持程度
地形起伏度(x_7)	根据DEM计算坡度值	地形地貌基础
耕地比重(x_8)	耕地面积/总面积	资源承载能力

为进一步探讨影响因素的空间分异，在OLS分析基础上引入地理加权回归模型^[32-34]，利用ArcGIS 10.2软件的GWR工具对东北地区建设用地开发强度影响因素的空间分异进行分析预测，以求更具体地反映影响因素在不同空间对建设用地开发强度的影响作用大小，模型结构如下^[34]：

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^n \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i \tag{5}$$

式中： y_i 是第*i*个空间单元的建设用地开发强度； (u_i, v_i) 是第*i*个采样点坐标； $\beta_k(u_i, v_i)$ 是连续函数 $\beta_k(u, v)$ 在*i*空间单元的值； x_{ik} 为*i*单元上的第*k*个解释变量； ε_i 为随机误差。

3 东北地区建设用地开发强度的时空分异格局

3.1 建设用地开发强度的总体分异特征

从东北地区建设用地开发强度的时间变化来看，2000-2015年东北地区整体建设用地开发强度呈现增长态势，2015年建设用地开发强度为0.2601，低于全国同期整体水平（0.3398）。从建设用地开发强度空间分布来看（图2），179个县域单元间建设用地开发强度的空间分异明显，总体呈现出由北向南逐渐递增的态势，建设用地开发强度较高水平地区集中分布在东北地区两大城市群哈长城市群与辽中南城市群区域，总体分布格局与沈阳经济区、长吉图等国家战略发展区域的核心区基本吻合，其他区域建设用地开发强度总体较低。从具体空间单元来看，地级市市区建设用地开发强度水平整体高于一般县、市，且以沈阳市区、大连市区、锦州市区、吉林市区等最为显著，这与东北地区建设用地空间分布基本一致。

3.2 建设用地开发强度的空间异质性态势

根据东北地区建设用地开发强度格局变差函数拟合参数指标的变化来看（表2），

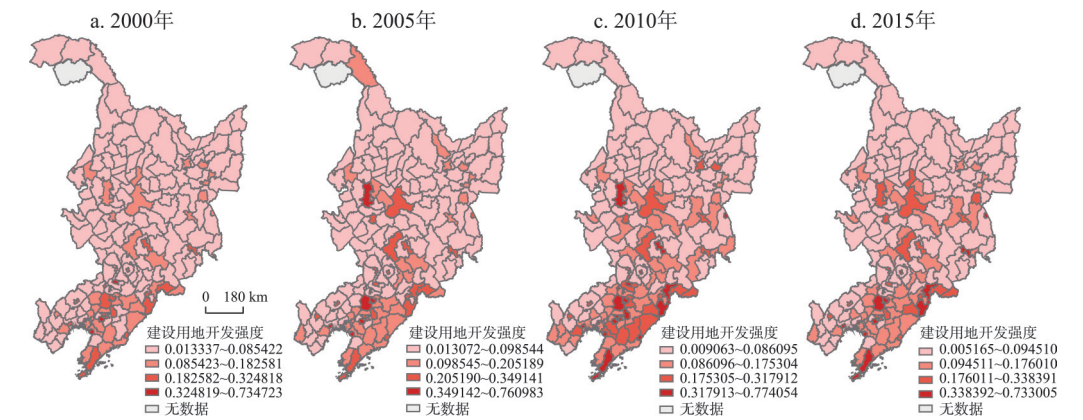


图2 2000-2015年东北地区建设用地开发强度空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of the development intensity of construction land in Northeast China from 2000 to 2015

表2 东北地区建设用地开发强度格局变差函数拟合参数

Tab. 2 Variation function fitting parameters of the development intensity of construction land in Northeast China					
指标	参数	2000年	2005年	2010年	2015年
变程	a	2110000	2110000	1647000	1634000
块金值	C_0	0.344	0.350	0.379	0.388
基台值	C_0+C	1.024	1.172	2.730	2.607
块金系数	C_0/C_0+C	0.336	0.299	0.139	0.149
拟合模型	Model	指数	指数	高斯	高斯
决定系数	R^2	0.409	0.530	0.877	0.868

2000年、2005年块金系数属于中等偏小值,2010年、2015年属于小值,决定系数也相对较大,能有力地解释东北地区建设用地开发强度2000年、2005年具有中等偏强的空间相关性,2010年、2015年具有很强的空间相关性,反映了东北地区各单元间建设用地开发强度高低的相互作用及联动效应较为明显,这与空间自相关分析中莫兰指数较高的情况基本一致。4个时期的建设用地开发强度步长不变但变程一直保持减小,说明东北地区建设用地开发强度影响范围减小。通过最小二乘法选择的空

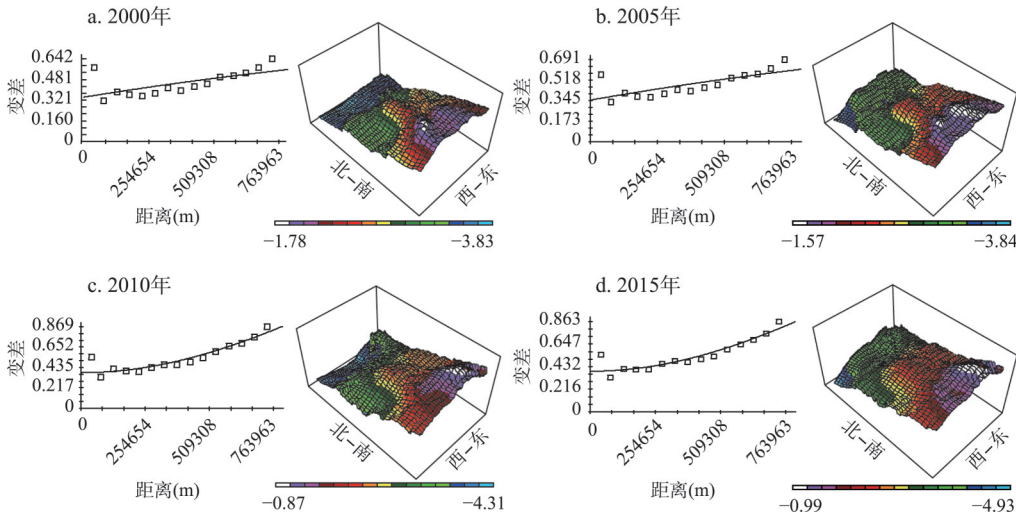
间变差拟合模型,2000年和2005年为指数模型,2010年和2015年为高斯模型,模拟程度也相对较好,表明2000年、2005年与2010年、2015年表现出不同的结构特征。

东北地区建设用地开发强度变差分维数显示(表3),在全方位上,2000-2015年分维数先持续减小后趋于稳定,且越来越远离2,表明东北地区建设用地开发强度的空间分布逐渐趋于非均衡。从各方向分维数来看,2000-2010年一直是南—北方向的维数值较

表3 东北地区建设用地开发强度格局变差分维数

Tab. 3 Variational dimension of the development intensity of construction land in Northeast China										
年份	全方位		南—北(0°)		东北—西南(45°)		东—西(90°)		东南—西北(135°)	
	D	R^2	D	R^2	D	R^2	D	R^2	D	R^2
2000年	1.948	0.175	1.907	0.226	1.945	0.397	1.942	0.376	1.993	0.003
2005年	1.937	0.261	1.899	0.332	1.950	0.449	1.957	0.148	1.931	0.219
2010年	1.895	0.433	1.844	0.507	1.929	0.551	2.000	0.000	1.863	0.441
2015年	1.896	0.449	1.868	0.416	1.929	0.595	1.996	0.002	1.833	0.504

小，且拟合程度相对较好，说明东北地区此时期在南—北方向上建设用地开发强度空间差异较大，2015年东南—西北方向的维数值最小，且拟合程度相对较好，说明此时期在东南—西北方向上建设用地开发强度空间差异较大。从Kriging插值3D拟合图（图3左为同向方差拟合图，右为Kriging3D图）可知，2000-2015年峰值的数量先增大后减小，集中分布在东南部，北部多平缓结构分布。总体上，东北地区建设用地开发强度空间异质性态势与总体分异特征基本一致。



注：左图为同向方差拟合图，右图为Kriging3D图。

图3 东北地区建设用地开发强度变差函数演化图

Fig. 3 Variogram evolution of the development intensity of construction land in Northeast China

3.3 建设用地开发强度的冷热点分布格局

计算2000年、2005年、2010年与2015年东北地区建设用地开发强度的Getis-Ord G_i^* 指数，采取自然断裂点法将Getis-Ord G_i^* 统计量从高到低划分为4类，得到东北地区建设用地开发强度的冷热点分布格局（图4）。总体来看，东北地区建设用地开发强度Getis-Ord G_i^* 值呈现出由南部地区向东、北及西南方向逐渐递减的态势。2000-2015年东北地区

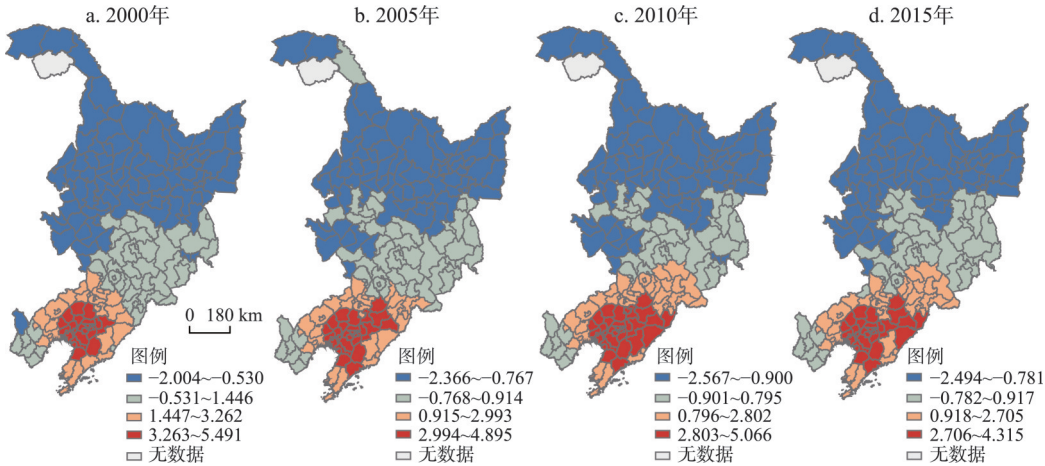


图4 2000-2015东北地区建设用地开发强度空间Getis-Ord G_i^* 分布

Fig. 4 Getis-Ord G_i^* spatial distribution of the development intensity of construction land in Northeast China from 2000 to 2015

建设用地开发强度热点区与次热点区主要集中在中南部与东南部地区，且呈现先扩大后收缩的态势。次冷点区与冷点区主要集中在东部、北部及西南部地区，且呈现先收缩后略有扩张的态势。东北地区建设用地开发强度的冷热点分布格局与全局变化及空间异质性态势基本吻合。

4 东北地区建设用地开发强度格局演变的影响因素

4.1 建设用地开发强度格局变化的影响因素

对 2000 年、2005 年、2010 年与 2015 年东北地区建设用地开发强度格局演变的影响因素进行 OLS 分析，各阶段模型均通过显著性检验。从回归结果来看（表 4），2000 年二三产占比（ x_2 ）、地均固定资产投资（ x_3 ）和地均财政支出（ x_5 ）3 个指标回归系数分别为 0.178、0.270 与 0.620，表明各地区财政投入力度是影响东北地区建设用地开发强度格局的主导因素，此外，产业结构水平与用地投资强度也对建设用地开发强度格局分异发挥了重要作用。2005-2015 年人均 GDP（ x_1 ）、二三产占比（ x_2 ）、地均固定资产投资（ x_3 ）和地均财政支出（ x_5 ）4 个指标共同影响东北地区建设用地开发强度格局，分析结果显示，3 个时期财政投入力度与用地投资强度是影响建设用地开发强度格局分异的主导因素，而经济发展水平与产业结构水平也发挥了重要的支撑作用。总体来看，东北地区建设用地开发强度格局分异的影响因素具有相对一致性。

表 4 OLS 模型参数估计及检验结果

Tab. 4 Parameter estimation and test results of the OLS model

年份	指标	回归系数	调整 R^2
2000 年	二三产占比(x_2)	0.178***	0.854
	地均固定资产投资(x_3)	0.270***	
	地均财政支出(x_5)	0.620***	
	常量	-0.006	
2005 年	人均 GDP(x_1)	0.169***	0.896
	二三产占比(x_2)	0.190***	
	地均固定资产投资(x_3)	0.447***	
	地均财政支出(x_5)	0.329***	
	常量	-0.024	
2010 年	人均 GDP(x_1)	0.195***	0.919
	二三产占比(x_2)	0.125***	
	地均固定资产投资(x_3)	0.433***	
	地均财政支出(x_5)	0.446***	
	常量	-0.036	
2015 年	人均 GDP(x_1)	0.152***	0.911
	二三产占比(x_2)	0.137***	
	地均固定资产投资(x_3)	0.432***	
	地均财政支出(x_5)	0.501***	
	常量	-0.038	

注：***： $p < 0.01$ 。

4.2 建设用地开发强度格局变化因素的作用机理

财政投入在东北地区建设用地开发强度变化中发挥着重要作用，政府投入在产业发展扶持、科技创新、社会公共服务等方面所发挥的作用影响区域开发建设，投入规模大的区域，其对人口、企业、资本等要素的吸引和集聚能力也越强，从而影响人口增长以及经济发展规模，并对建设用地开发产生影响，进而导致建设用地开发强度的空间差异（图 5）。例如 2015 年盘锦市区、沈阳市区地均财政支出高达 5999.328 万元/km²、2051.990 万元/km²，相应地，建设用地开发强度达到 0.733、0.453，而地均财政支出较低的漠河县仅为 4.752 万元/km²，建设用地开发强度为 0.005。由此可见，区域财政投入力度差异与建设用地开发强度差异具有一定的同步性。

用地投资强度作为显著影响东北地区建设用地开发强度变化的因素之一，在一定程度上反映了建设用地的利用率，单位面积建设用地上更高的投入，吸引大量人口、企业

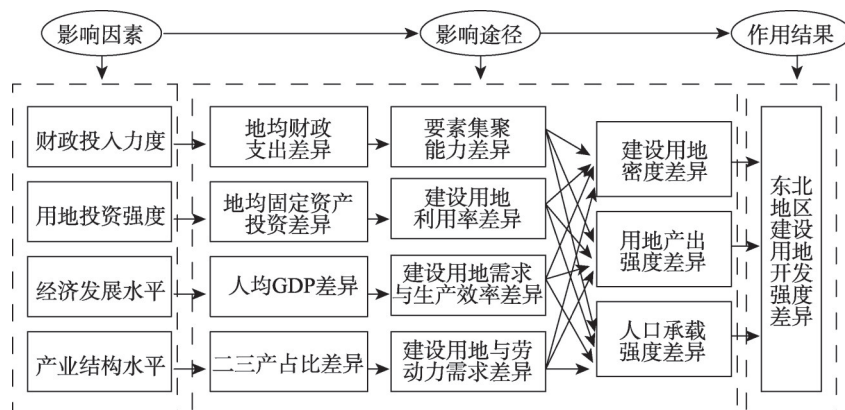


图5 东北地区建设用地开发强度格局分异机理

Fig. 5 Differentiation mechanism of the development intensity of construction land in Northeast China

等要素的空间集聚,使得建设用地得到充分开发,为产业、经济的发展提供了良好的载体,在一定程度上提高了建设用地的产出强度(图5)。2015年大连市区、绥芬河市地均固定资产投资额达到54549.063万元/km²、90004.500万元/km²,而甘南县的地均固定资产投资只有842.685万元/km²。与之相对应的建设用地开发强度也表现出一致性,大连市区、绥芬河市的建设用地开发强度达到了0.432、0.506,而甘南县只有0.033。由此说明,用地投资强度差异使得各区域间的用地产出强度、人口承载强度、建设用地密度表现出显著差异,并最终导致东北地区建设用地开发强度的空间差异。

经济发展水平是东北地区建设用地开发的重要推动因素,特别是工业生产、服务业发展以及各类开发区建设需要大量用地支撑,经济发展水平高的区域,大量土地实现了向建设用地的转换,建设用地密度得到进一步提高,而经济发展带来的技术进步、产业结构升级使得生产效率得到较大提升,从而使得用地产出强度得到提升,人口承载强度随之升高,并最终引致东北地区建设用地开发强度的空间差异(图5)。例如2015年长春市区、调兵山市与呼玛县的建设用地开发强度分别为0.266、0.257、0.089,三者表现出显著的差异性,通过对比可以发现,长春市区、调兵山市人均GDP达到9.892万元、4.040万元,而呼玛县的人均GDP只有0.490万元,两者之间存在同样的差异性,这在一定程度上可以对东北地区建设用地开发强度的空间差异给出解释。

产业结构水平的差异对东北地区建设用地开发强度的差异具有显著作用,工业、服务业的发展需要大量建设用地作为支撑,二、三产业规模及占比较大的区域,建设用地需求相对更大,促使区域建设用地密度提高,也进一步引致用地产出强度的差异(图5)。同时,随着二、三产业发展,劳动力需求也随之增强,进一步推动人口集聚规模提升。总体来看,东北地区建设用地开发强度差异是这些因素共同作用的结果,从具体城市对比可以在一定程度上印证这一结论,2015年沈阳市区、延吉市二三产占比分别为98.449、98.209,同时其建设用地开发强度分别达到了0.453、0.399,而二三产占比较低的塔河县,只有39.597,其建设用地开发强度仅为0.011,表现出较低的水平。

5 东北地区建设用地开发强度格局变化的空间分异机制

为了进一步探究东北地区建设用地开发强度格局演变影响因素在空间上的差异特征及其分异机制,应用GWR模型对2000年、2005年、2010年和2015年东北地区179个县

级单元建设用地开发强度格局演变因素的空间分异参数进行估计,并通过自然断裂法对结果进行可视化表达。计算结果显示,4个时期的模型拟合优度分别达到0.911、0.932、0.939和0.943,拟合程度非常理想,说明模型能够有力地解释东北地区建设用地开发强度格局演变因素在空间上的分异特征。

5.1 财政投入力度影响作用的空间分异

从地均财政支出回归系数在空间上的分布来看(图6),2000-2015年回归系数在空间上的差异较小,但也呈现出从南部到北部逐渐递增的态势,这与2000-2015年东北地区整体建设用地开发强度空间格局分布趋势基本相反,并且地均财政支出回归系数高值区、低值区分别与建设用地开发强度的冷点区、热点区基本对应,表明从全局来看政府财政投入力度对建设用地开发强度高水平地区的低敏感性和低水平地区的高敏感性,在局部建设用地开发强度高值区域其影响力相对较弱而低值区域其影响力相对较强。

5.2 用地投资强度影响作用的空间分异

从地均固定资产投资回归系数的空间分布来看(图7),2000年回归系数呈现出从东北部和西南部向中东部递增的趋势,并在中东部形成正高值集聚区;2005年回归系数趋势较为复杂,西北部独自形成一个局部正高值区域,但整体上仍然呈现出从东北部和西

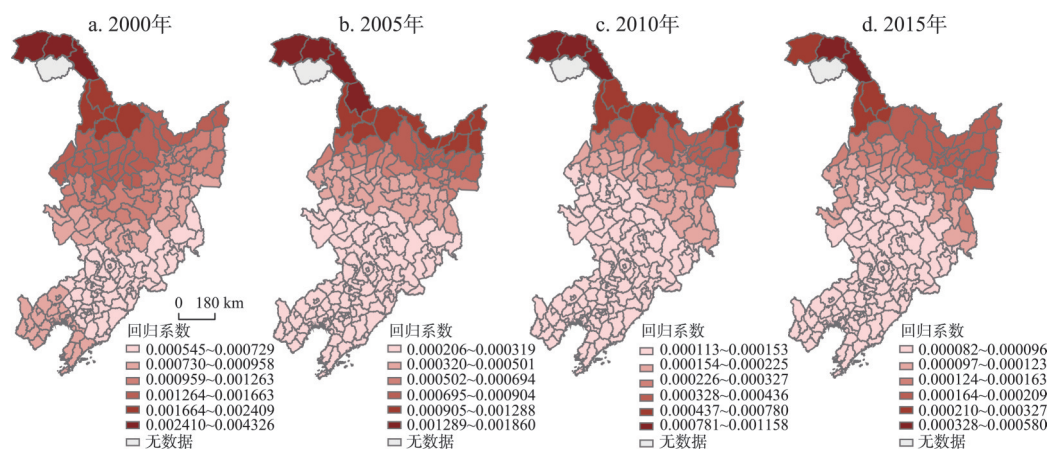


图6 东北地区地均财政支出回归系数空间分布

Fig. 6 Spatial distribution of regression coefficient of per area fiscal expenditure in Northeast China

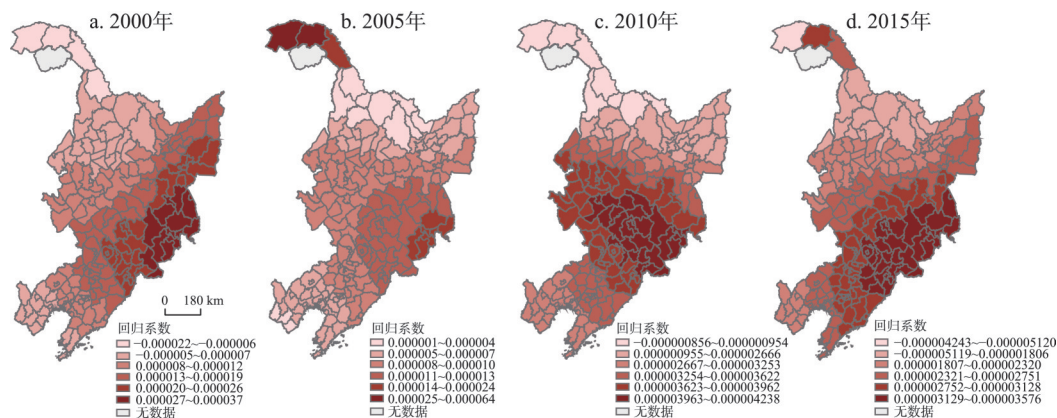


图7 东北地区地均固定资产投资回归系数空间分布

Fig. 7 Spatial distribution of regression coefficient of per area fixed-asset investment in Northeast China

南部向中东部递增趋势; 相比于2000年和2005年, 2010年地均固定资产投资回归系数正高值集聚区向中部扩张, 2015年回归系数正高值集聚区是向东北和西南方向扩张。同时发现4个时期地均固定资产投资回归系数的低值区分别与建设用地开发强度的冷点区均有一定的重合区域, 这体现了建设用地开发强度低水平地区对用地投资强度的低敏感性, 在局部建设用地开发强度低值区域其影响力相对较弱。但2000年、2010年与2015年出现局部负低值集聚区, 表明这3个时期用地投资强度对建设用地开发强度空间上的影响波动较大, 总体呈现出的不稳定性。

5.3 经济发展水平影响作用的时空分异

从人均GDP回归系数的空间分布来看(图8), 2005年回归系数总体呈现出从东部、南部及西北部向中西部递增的趋势, 并在中西部形成正高值集聚区, 但西北部和东南部分别形成局部负低值集聚区和正高值集聚区, 表明此时期经济发展水平对建设用地开发强度空间上的影响总体呈现出波动性; 2010年回归系数总体呈现出从由东北部向西部和西南部向北部同时递增的趋势, 并在中西部形成正高值集聚区, 但中西部正高值集聚区中部开始收缩并向北部扩张, 且西北部局部负低值集聚区消失, 东南部局部正高值集聚区依然存在, 总体影响趋于稳定; 2015年回归系数呈现出与2005年基本一致的趋势, 依然在中西部形成正高值集聚区, 但东南部局部正高值集聚区消失, 西北部存在负低值集聚区, 表明此时期经济发展水平对建设用地开发强度空间上的影响总体呈现出波动性。同时发现3个时期人均GDP回归系数正高值区与建设用地开发强度冷点区都有一定的重合区域, 说明在局部建设用地开发水平较低地区经济发展水平对其影响较为明显。

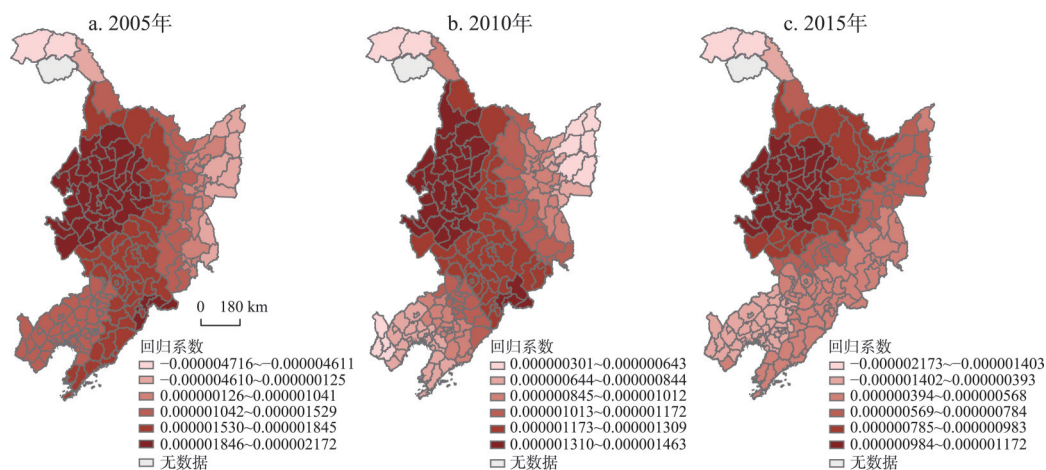


图8 东北地区人均GDP回归系数空间分布

Fig. 8 Spatial distribution of regression coefficients of per capita GDP in Northeast China

5.4 产业结构水平影响作用的时空分异

从二三产占比回归系数在空间上的分布来看(图9), 2000年回归系数总体呈现出从西北部向东南部递增的趋势, 这与2000年东北地区建设用地开发强度空间格局分布趋势具有一定相似性, 表明这一时期从全局来看产业结构水平对建设用地开发强度具有较高的影响, 并在东南部形成正高值集聚区; 2005年回归系数总体呈现出从西北部向东南方向递增最后向西南部继续递增的趋势, 并在西南部形成正高值集聚区; 2010年回归系数总体呈现出从中西部分别向东北部和西南部递增的趋势, 并在南部形成正高值集聚区; 2015年回归系数总体呈现出与2005年基本一致的趋势, 并在西南部形成正高值集聚区。

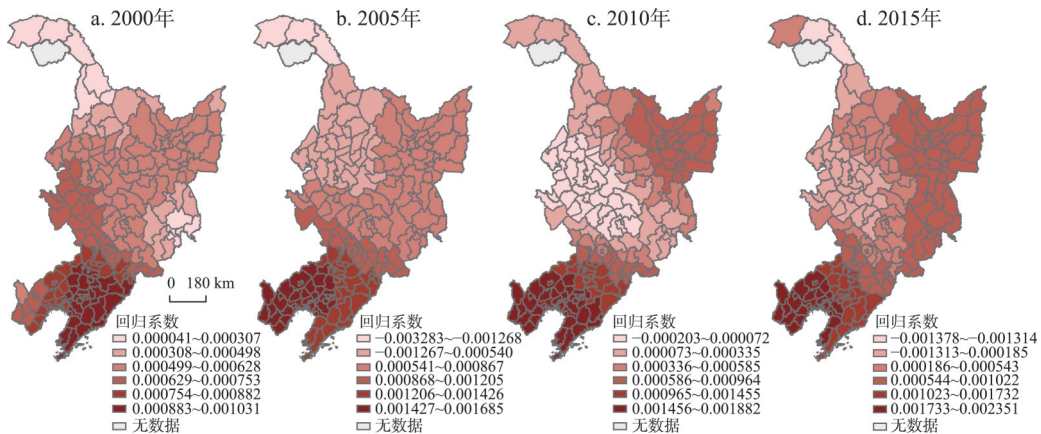


图9 东北地区二三产占比回归系数空间分布

Fig. 9 Spatial distribution of regression coefficient of the proportion of the secondary and tertiary industries in Northeast China

同时发现4个时期二三产业占比回归系数的高值区、低值区分别与建设用地开发强度的热点区、冷点区都有一定的重合区域,这体现了建设用地开发强度大小对产业结构水平的高敏感性。但2005-2015年出现局部低值集聚区,表明此阶段产业结构水平对建设用地开发强度空间上的影响波动较大。

6 结论与讨论

6.1 结论

(1) 2000-2015年东北地区建设用地开发强度总体呈现出增长态势,但空间分异显著,总体分布格局与东北地区两大城市群哈长城市群与辽中南城市群分布基本吻合,但建设用地开发强度的空间分布逐渐趋于非均衡,其空间异质性态势与建设用地开发强度总体分异特征、冷热点分布格局基本一致。

(2) 东北地区建设用地开发强度空间分异由2000年政府财政投入主导、产业结构水平和用地投资强度共同影响,逐步发展演化为2005-2015年政府财政投入力度与用地投资强度共同主导,经济发展水平与产业结构水平也发挥重要作用。各因素综合作用影响建设用地密度、用地产出强度以及人口承载强度的空间分异,进而导致东北地区建设用地开发强度的空间差异。

(3) 2000-2015年政府财政投入力度、用地投资强度、经济发展水平和产业结构水平与东北地区建设用地开发强度格局分布态势具有一定的关联性,但在不同区域呈现出影响程度和作用敏感性的显著差异,且部分因素在个别时期表现出一定的不稳定性。

6.2 讨论

当前,东北地区建设用地开发强度的水平和质量总体不高,并且存在显著的空间分异。伴随着新一轮东北振兴战略的实施以及新型城镇化建设,建设用地占用耕地规模较大、土地粗放化利用等问题将进一步凸显,对资源环境承载能力造成的压力也将进一步加大,这在今后一段时期内仍将对东北地区建设用地可持续开发利用产生重要约束作用。在分权化、市场化大背景下,“土地财政”仍然是东北地区各地方政府重要财政收入来源和城市发展建设动力,伴随着耕地保护等政策的进一步落实,迫切需要各级政府在合理控制建设用地规模的条件下,探索建设用地开发优化调控的新路径,进一步强化建

设用地的集约化利用, 通过提高土地利用效率实现建设用地开发强度水平和质量的提升, 支撑东北地区经济社会与城镇化建设持续健康发展。

建设用地开发强度变化是非常复杂的系统问题, 本文在构建建设用地开发强度及其作用因素理论模式框架基础上, 从宏观尺度上对东北地区建设用地开发强度的时空格局演变及其影响因素的空间分异机制进行了分析, 但建设用地开发强度空间分异是多尺度、多种因素共同作用的结果, 并且各区域发展具有显著差异, 因此还需要从县域单元自身发展、不同单元相互作用等视角对建设用地开发强度变化及空间分异的影响机制进行进一步探讨。

参考文献(References)

- [1] Yang Qingke, Duan Xuejun, Li Pingxing, et al. The spatial pattern and coordination analysis between degree of land development and use benefit in Jiangsu. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, (11): 1696-1704. [杨清可, 段学军, 李平星, 等. 江苏省土地开发度与利用效益的空间特征及协调分析. *地理科学*, 2017, 37(11): 1696-1704.]
- [2] Long Hualou. Land use transition and land management. *Geographical research*, 2015, 34(9): 1607-1618. [龙花楼. 论土地利用转型与土地资源管理. *地理研究*, 2015, 34(9): 1607-1618.]
- [3] Sun A, Chen T, Niu R, et al. Land use/cover change and the urbanization process in the Wuhan area from 1991 to 2013 based on MESMA. *Environmental Earth Sciences*, 2016, 75(17): 1214.
- [4] Wang Zongming, Zhang Bai, Zhang Shuqing. Analysis on land use change and its driving forces in Jilin province in recent 20 years. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2004(6): 61-65. [王宗明, 张柏, 张树清. 吉林省近20年土地利用变化及驱动力分析. *干旱区资源与环境*, 2004(6): 61-65.]
- [5] Huang Baorong, Zhang Huizhi, Song Dunjiang, et al. Driving forces of built-up land expansion in China from 2000 to 2010. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(12): 4149-4158. [黄宝荣, 张慧智, 宋敦江, 等. 2000-2010年中国大陆地区建设用地扩张的驱动力分析. *生态学报*, 2017, 37(12): 4149-4158.]
- [6] Li F, Zhang S W, Bu K, et al. The relationships between land use change and demographic dynamics in western Jilin province. *Journal of Geographical Sciences*, 2015, 25(05): 617-636.
- [7] Liu Jiyuan, Liu Wenchao, Kuang Wenhui, et al. Remote sensing-based analysis of the spatiotemporal characteristics of built-up area across China based on the plan for major function-oriented zones. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(3): 355-369. [刘纪远, 刘文超, 匡文慧, 等. 基于主体功能区规划的中国城乡建设用地扩张时空特征遥感分析. *地理学报*, 2016, 71(3): 355-369.]
- [8] Qu Shijin, Hu Shougeng, Tong Luyi, et al. Spatiotemporal patterns of urban land use transition in the middle Yangtze River Economic Belt. *Resources Science*, 2017, 39(2): 240-251. [瞿诗进, 胡守庚, 童陆亿, 等. 长江中游经济带城镇建设用地转型的时空特征. *资源科学*, 2017, 39(2): 240-251.]
- [9] Wang Xuewei, Wang Shijun, Song Yang, et al. Space recognition and influence mechanism of urban construction land evolution of Changchun city. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, 35(7): 873-881. [王雪微, 王士君, 宋颀, 等. 长春市城市建设用地演进的空间识别及影响机制研究. *地理科学*, 2015, 35(7): 873-881.]
- [10] Debbage N, Bereitschaft B, Shepherd J M. Quantifying the spatiotemporal trends of urban sprawl among large US metropolitan areas via spatial metrics. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 2016: 1-29.
- [11] Liu Yaolin, Li Jiwei, Hou Heping, et al. Study on urbanization rate of urban-rural construction land and its influencing factors: A case study of Hubei province. *Geographical Research*, 2014, 33(1): 132-142. [刘耀林, 李纪伟, 侯贺平, 等. 湖北省城乡建设用地城镇化率及其影响因素. *地理研究*, 2014, 33(1): 132-142.]
- [12] Ferdous N, Bhat C R. A spatial panel ordered-response model with application to the analysis of urban land-use development intensity patterns. *Journal of Geographical Systems*, 2013, 15(1): 1-29.
- [13] Di X, Hou X, Wang Y, et al. Spatial-temporal characteristics of land use intensity of coastal zone in China during 2000-2010. *Chinese Geographical Science*, 2015, 25(1): 51-61.
- [14] Zhou Bingzhong, Bao Haosheng, Peng Buzhuo. Evaluation on exploitative intensity of land resources in the Yangtze River Delta Region. *Scientia Geographica Sinica*, 2000, 20(3): 218-223. [周炳中, 包浩生, 彭补拙. 长江三角洲地区土地资源开发强度评价研究. *地理科学*, 2000, 20(3): 218-223.]
- [15] Zhang Miao, Gan Chenlin, Chen Yinrong, et al. Carbon emission efficiency and optimization of low carbon for

- construction land development intensity in China according to provincial panel data. *Resources Science*, 2016, 38(2): 265-275. [张苗, 甘臣林, 陈银蓉, 等. 中国城市建设用地开发强度的碳排放效率分析与低碳优化. *资源科学*, 2016, 38(2): 265-275.]
- [16] Erb K H, Fetzel T, Haberl H, et al. Beyond inputs and outputs: Opening the black-box of land-use intensity//*Social Ecology*. Springer International Publishing, 2016, 5: 93-124.
- [17] Yan H, Liu F, Liu J, et al. Status of land use intensity in China and its impacts on land carrying capacity. *Journal of Geographical Sciences*, 2017, 27(4): 387-402.
- [18] Van Meerbeek K, Helsen K, Hermy M. Impact of land-use intensity on the conservation of functional and phylogenetic diversity in temperate semi-natural plant communities. *Biodiversity & Conservation*, 2014, 23(9): 2259-2272.
- [19] Xu Y, Tang H, Wang B, et al. Effects of land-use intensity on ecosystem services and human well-being: A case study in Huailai County, China. *Environmental Earth Sciences*, 2016, 75(5): 416.
- [20] Gu Yizhen, Zheng Siqi. The impacts of rail transit on property values and land development intensity: The case of No. 13 Line in Beijing. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(2): 213-223. [谷一桢, 郑思齐. 轨道交通对住宅价格和土地开发强度的影响: 以北京市13号线为例. *地理学报*, 2010, 65(2): 213-223.]
- [21] Zhang Z X, Wen Q K, Liu F, et al. Urban expansion in China and its effect on cultivated land before and after initiating "Reform and Open Policy". *Science China Earth Sciences*, 2016, 59(10): 1930-1945.
- [22] Liu M, Wang Y, Dai Z, et al. GIS-Based urban land development intensity impact factors analysis. *Artificial Intelligence and Computational Intelligence*, 2012, 7530: 341-348.
- [23] Yang D, Li T, Hou Z. Study on the difference of urban land expansion intensity and its influencing factors: Taking Shaanxi province as an example//*Proceedings of the 20th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate*. Singapore: Springer, 2017: 251-263.
- [24] Lu Rucheng, Huang Xianjin, Li Heng. The evolution of construction land and analysis of human driving force based on information entropy: A case study of Heilongjiang province. *Economic Geography*, 2009, 29(5): 827-831. [陆汝成, 黄贤金, 李衡. 基于信息熵的建设用地演化和人文驱动分析: 以黑龙江省为例. *经济地理*, 2009, 29(5): 827-831.]
- [25] Liang Chen, Wang Nuo. Driving factor analysis of construction land changes in coastal economic zone based on logistic regression: A case study of Dalian New Urban. *Scientia Geographica Sinica*, 2014, 34(5): 556-562. [梁辰, 王诺. 基于 Logistic 回归的沿海经济区建设用地演变驱动因素研究: 以大连市新市区为例. *地理科学*, 2014, 34(5): 556-562.]
- [26] Data Center for Resources and Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences (RESDC). <http://www.resdc.cn>. [中国科学院资源环境科学数据中心. <http://www.resdc.cn>.]
- [27] Rossi R E, Mulla D J, Journel A G, et al. Geo statistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecological Monographs*, 1992, 62(2): 277-314.
- [28] Cliff A D, Ord J K. *Spatial Processes, Models and Applications*. London: Pion, 1981.
- [29] Getis A, Ord J K. The analysis of spatial association by the use of distance statistics. *Geographical Analysis*, 1992, 24 (3): 189-206.
- [30] Cambardella C A, Moorman T B, Novak J M, et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, 1994, 58(5): 1501-1511.
- [31] Zhou Yang, Li Ning, Wu Wenxiang, et al. Evolution of spatial-temporal pattern of county economic development in China during 1982-2010. *Progress in Geography*, 2014, 33(1): 102-113. [周扬, 李宁, 吴文祥, 等. 1982-2010年中国县域经济发展时空格局演变. *地理科学进展*, 2014, 33(1): 102-113.]
- [32] Wei Y D, Danlin Y U, Chen X. Scale, agglomeration, and regional inequality in provincial China. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 2011, 102(4): 406-425.
- [33] Su S, Lei C, Li A, et al. Coverage inequality and quality of volunteered geographic features in Chinese cities: Analyzing the associated local characteristics using geographically weighted regression. *Applied Geography*, 2017, 78: 78-93.
- [34] Pang Ruiqiu, Teng Fei, Wei Ye. A GWR-Based study on dynamic mechanism of population urbanization in Jilin province. *Scientia Geographica Sinica*, 2014, 34(10): 1210-1217. [庞瑞秋, 腾飞, 魏冶. 基于地理加权回归的吉林省人口城镇化动力机制分析. *地理科学*, 2014, 34(10): 1210-1217.]

Spatial differentiation mechanisms of the pattern evolution of construction land development intensity in Northeast China

LIU Yanjun, YU Huisheng, LIU Degang, ZHU Liyuan

(School of Geographical Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

Abstract: The development intensity of construction land is a comprehensive reflection of the regional construction land development degree and its carrying capacity of regional population, economy and society. We construct a theoretical framework and measurement model for the development intensity of construction land. Taking 179 counties in Northeast China as the research object, we use the spatial autocorrelation and spatial variogram to explore the evolution of spatial-temporal differentiation of the development intensity of construction land. We also use the ordinary least square (OLS) model and the geographically weighted regression (GWR) model to analyze the influencing factors and the spatial differentiation mechanisms of the construction land development intensity. The research reveals the following points: (1) The development intensity of construction land shows an increasing tendency from 2000 to 2015 and its spatial variance is significant. The interactions and linkage effects of the development intensity of construction land among different counties are obvious, but the spatial distribution of the development intensity of construction land tends to be unbalanced, and the distribution pattern of the cold-hot spots is basically consistent with the global variation and spatial heterogeneity. (2) The spatial variance of the development intensity of construction land is mainly influenced by the intensity of government financial investment, the investment intensity of land use and the structure of industry development in 2000, while the level of economic development has become a new factor during 2005-2015. (3) There is a correlation between the four influencing factors and the spatial pattern of the development intensity of construction land, but the influence of the four influencing factors in different counties varies greatly.

Keywords: development intensity of construction land; evolution pattern; influencing factors; spatial differentiation mechanism; Northeast China