

基于地理探测器的土地开发度时空差异及其驱动因素

赵小凤¹, 李娅娅¹, 赵雲泰^{2*}, 田志强²

(1. 河海大学公共管理学院土地资源管理系, 江苏 南京 211100; 2. 中国土地勘测规划院, 北京 100035)

摘要: 土地开发度(LDD)是衡量区域人类活动对土地开发利用的程度。分析土地开发度的时空差异和驱动机制能更加深刻的认识人类活动与区域土地利用之间的关系,为研制区域差别化的土地管控政策提供依据。通过分析全国345个城市2009~2015年土地开发度的时空差异,并采用地理探测器探测其驱动因素及其空间差异。研究表明:(1)全国土地开发度从2009年的4.1%持续增加到2015年的4.47%,并在东、中、西3个区域上表现出显著的空间差异;(2)345个城市的土地开发度总体呈上升趋势,且呈现明显的空间差异。土地开发度高的城市主要在城市群集聚,并在长江经济带、丝绸之路经济带等区域表现较快增长。(3)全国土地开发度由投资驱动和人口驱动为主转变为产业驱动和人口驱动为主,东、中、西3个区域土地开发度的主导驱动因素有所差异。

关键词: 土地开发度; 时空差异; 地理探测器; 驱动因素

中图分类号: F301.24 文献标识码: A 文章编号: 1004-8227(2018)11-2425-09

DOI: 10.11870/cjlyzyyhj201811004

建设用地规模扩张是城市化和工业化进程中区域土地利用变化的显著特征。土地开发度(Land development degree, LDD),即区域内建设用地面积占区域土地总面积的比例,常被用来衡量区域内人类活动对土地开发利用的程度。适度的土地开发能促进土地利用效益的提高,而过度的土地开发利用会加速耕地流失、建设用地无序扩张^[1-3],不仅对粮食安全和生态环境带来威胁^[4-5],也对城市空间格局优化、城市土地利用效率提升带来挑战^[6-8]。国际上将30%作为区域土地开发度的极限^[9],如果超过这一极限,人类的生存环境将会受到影响。鉴于适度的土地开发度对社会经济发展、人居环境、生态文明建设和土地可持续利用的重要作用,国务院在《全国国土规划纲要(2016~2030年)》提出到2030年国土开发强度不超过4.62%,对涉及国土空间开发、保护等活动进行指导和管控^[10],开展国土综合整治^[11]。我国特殊的地理环境决定了绝大部分人口和适宜利用的土地资源都集中在胡焕庸线以东^[12-14],导致了土地开发度的显著空间差异。2015年10个城市的土地开发度已经突破了30%,

其中上海市的土地开发度已经超过了50%,东莞(48.81%)和深圳(48.57%)的土地开发度也逼近50%,远远高于东京(29.4%)和伦敦(23.7%)等世界发达城市的水平。因此,探讨土地开发度的空间差异及其驱动机制对于建设用地总量控制及区域差别化的管控措施具有重要意义。

现有文献主要从土地开发度的内涵、土地开发度评价、土地开发度的时空过程和驱动机制等方面进行了研究。土地开发度在不同的空间尺度上具有不同的内涵。微观层面上,土地开发度仅指某一块土地的开发强度,可用容积率衡量^[15];宏观层面上,土地开发度的内涵包括三方面的含义,一是土地开发的“广度”,用来衡量土地开发数量及变化程度;二是土地开发的“深度”,衡量土地开发的结构、功能和效益;三是土地开发的“限度”,即在各种因素的制约下建设用地开发的最大容量^[16]。土地开发度评价往往结合建设用地面积阈值^[17]和土地利用效益^[18]等方面的影响因素构建评价指标体系,衡量和评估不同地区建设用地开发的合理性。土地开发度的时空分析多从区域或省域尺度^[19]进行分析,如对长江经济

收稿日期: 2018-05-07; 修回日期: 2018-08-20

基金项目: 国家自然科学基金(41871173); 中国土地勘测规划院项目“全国土地利用规划实施监测评估体系技术方法研究”

作者简介: 赵小凤(1978~), 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事土地利用与规划研究。E-mail: zhao-xf@126.com

* 通讯作者 E-mail: Zhaoyuntai@mail.elspi.org.cn

带^[20]、上海、南京、杭州等重点城市^[21]和京津冀城市群^[22]土地开发度的研究。现有研究多认为土地开发度的驱动因素总体可分为市场驱动和政府驱动两大类,共同作用于土地开发度的变化^[23]。市场驱动对土地开发度的影响主要反映在城市化、工业化带动下的人口、二三产业、投资往城市集聚^[24-25],从而增加了对土地开发建设的需求,并且经济发展、产业结构等方面的差异使省际间土地开发度差距逐渐拉大^[26]。政府驱动则表现在因人口、产业、投资在城市的集聚,而在土地利用规划^[27-28]、城市规划^[29]以及相关政策^[30]上做出响应,如增加城市居住用地、工业用地、商业用地以及配套的基础设施用地和公共服务设施用地的供给,从而带来了城市建设用地规模的扩张。

现有文献对土地开发度的时空过程分析多基于省或区域,对全国地市级空间尺度的分析不足。此外,在分析驱动机制时没有考虑到驱动因素的空间差异。因此,本文分析全国 345 个城市 2009~2015 年土地开发度的时空过程及驱动机制的空间差异,为研制区域差别化的建设用地供应和利用政策提供参考。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

本文以全国 345 个城市(4 个直辖市、15 个副省级城市、268 个地级市和 58 个省辖县)作为基本空间分析单元,中国市域行政区划来源于国家地理信息测绘局网站。研究时段为 2009 年至 2015 年。由于研究时段内存在少量行政区划调整,为保证空间单元和数据的可比性,将其他年份的数据进行合并或分解使之与 2010 年的行政区域相一致。土地开发度为区域内建设用地面积占区域土地总面积的比例。建设用地数据来源于国土资源部发布的《全国土地利用数据》(2009~2015),具体包括城镇用地、独立工矿用地、农村居民点用地、交通用地、水利设施用地。在土地开发度的驱动力分析中涉及的社会经济数据来源于《中国城市统计年鉴》(2010~2016)。由于台湾、香港、澳门和海南省的数据缺失,因此本研究没有将这些城市或地区纳入空间分析的范畴。

1.2 研究方法

地理探测器是由王劲峰等^[31]开发的用以检验地理现象与其潜在驱动因素之间关系的空间分析

模型。其基本思想是假设研究区分为若干子区域,如果子区域的方差之和小于区域总方差,则存在空间分异性;如果两变量的空间分布趋于一致,则两者存在统计关联性。地理探测器 $P_{D,U}$ 值统计量,可用于度量变量之间的关联性程度,如度量空间分异性、探测驱动因子、分析变量之间交互关系。地理探测器分为风险探测器、因子探测器、生态探测器和交互作用探测器 4 个部分,分别用来探测变量之间可能存在的关联。借助“因子探测器”对研究区时序数据进行探测,分析 $P_{D,U}$ 值的数值变化,可以分析变量之间关联性程度的变化。与常规的空间回归分析方法相比,地理探测器的优势在于既可以探测数值型数据,也可以探测定性数据,并且具有探测两因子间的交互作用及其程度、类型的独特优势。地理探测器的 $P_{D,U}$ 值具有明确的物理含义,没有线性假设和条件限制的优势,能客观地探测出自变量解释了 $100 \times P_{D,U} \%$ 的因变量。地理探测器现在疾病地理学^[32]、土地利用变化^[33]、环境污染^[34-36]、人口^[37]、社会经济发展^[38-40]、城镇化^[41]等领域有广泛应用。本文主要借助“因子探测器”对影响土地开发度的各因子进行定量分析,得出土地开发度各驱动因素的決定力或解釋力大小。地理探测器模型如下:

$$P_{D,U} = 1 - \frac{1}{n\sigma^2 U} \sum_{i=1}^m n_{D,i} \sigma^2 U_{D,i}$$

式中: $P_{D,U}$ 为驱动因子对土地开发度的解释力或決定力, n 为整个区域的样本数; m 为次级区域的个数; 整个区域 $\sigma^2 U$ 为土地开发度变化动态度的方差; $\sigma^2 U_{D,i}$ 为次一级区域的方差,假设 $\sigma^2 U_{D,i} \neq 0$, 模型成立。 $P_{D,U}$ 的取值区间为 $[0, 1]$, $P_{D,U} = 0$ 时,表明土地开发度空间分布呈随机分布,影响因子对土地开发度没有解释力或決定力; $P_{D,U} = 1$ 时,则完全相关,影响因子完全決定土地开发度; $P_{D,U}$ 值越大,说明驱动因子对土地开发度的影响越大,解释力或決定力也越强。

1.3 变量选择

土地开发度是区域内建设用地面积占区域土地面积的比例。因此建设用地规模的变化直接影响土地开发度。建设用地规模变化是社会经济发展和区域差别化政策共同作用的结果。社会经济发展的影响主要体现在城市人口集聚、二三产业集聚对建设用地的需求^[42-43],而政策的影响尤其是土地规划政策和城市规划政策的影响也是通过

人口、产业、基础设施配套的用地配置以及投资^[44 45]对建设用地的需求来传导的。因此, 本文从人口驱动、产业驱动和投资驱动 3 个方面构建土地开发度驱动因素指标体系(表 1)。

表 1 土地开发度驱动因素探测指标

Tab. 1 Index system of land development degree driving factor

因素	指标	指标解释
人口驱动	PD 人口密度	单位面积土地上居住的人口数
	UP 城镇人口	城镇地区实际居住半年以上的常住人口
产业驱动	GDP 地区生产总值	本地区所有常住单位一定时期内生产活动的最终成果
	POV 二三产比重	第二、三产业产值占地区生产总值的比重
投资驱动	FI 固定资产投资额	指一定时期内全社会建造和购置固定资产活动的数量
	FDI 利用外资额	地区当年实际使用外资金额

2 结果分析

2.1 全国土地开发度的时空变化

全国土地开发度在 6a 间持续增加, 从 2009 年的 4.1% 增长到 2015 年的 4.47%, 逼近《全国国土规划纲要(2016—2030 年)》提出的到 2030 年不超过 4.62% 的限制(图 1)。从省域层面看, 22 个省、自治区、直辖市的土地开发度超过了各自《土地利用总体规划(2006—2020 年)》规划目标年的土地开发限度(Land Development Limit, LDL)(图 2)。其中, 山东和江苏超出土地开发限度 1% 以上。土地开发度在全国东、中、西 3 个经济区域^①上也存在显著差异。东部和中部地区的土地开发度增加较为明显。东部地区一直是我国人口集聚和经济活跃的区域, 因而土地开发度也相对较高。2009~2015 年, 东部地区的土地开发度由 8.23% 增长到 11.03%。受“中部崛起”国家战略的影响, 以及承接东部地区的产业转移, 中部地区的土地开发度也有显著增加, 由 2009 年的 8.34% 增长到 2015 年的 10.85%。而西部地区由于人口流失、自然条件和交通条件的限制, 土地开发度相对较低。但受西部大开发政策的刺激, 西部地区土地开发度也有所增加, 由 1.27% 增加到 1.87%(图 3)。

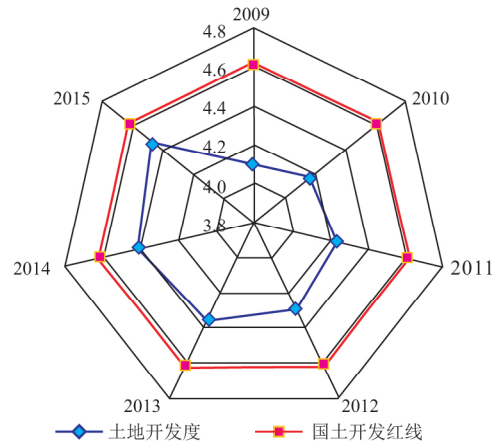


图 1 2009~2015 年全国土地开发度

Fig. 1 Land development degree in China from 2009 to 2015

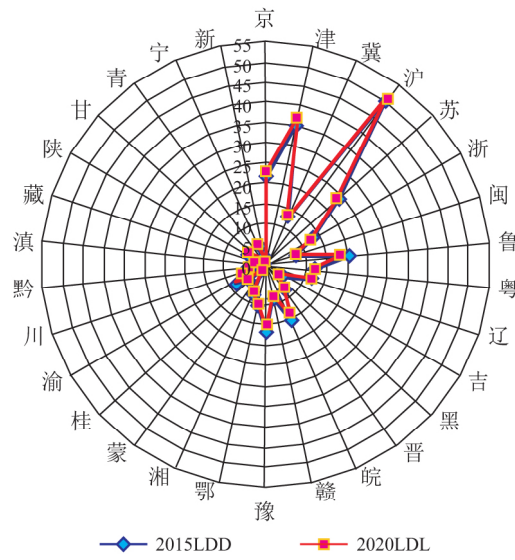


图 2 2015 年各省土地开发度和 2020 年土地开发限度

Fig. 2 Provincial land development degree in 2015 and land development limit in 2020

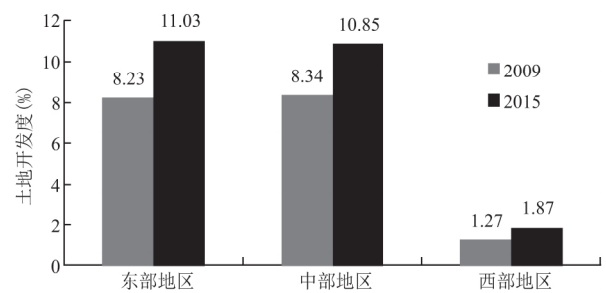


图 3 2009 和 2015 年中国区域土地开发度

Fig. 3 Regional land development degree of China in 2009 and 2015

① 东部包括北京、天津、上海、河北、辽宁、黑龙江、吉林、山东、江苏、浙江、福建、广东等 12 个省份, 中部包括湖北、湖南、江西、河南、安徽、山西等 6 个省份, 西部包括广西、陕西、内蒙古、云南、四川、重庆、贵州、青海、甘肃、宁夏、新疆、西藏等 12 个省份。

345 个城市的土地开发度总体呈上升趋势，且呈现明显的空间差异(图 4)。2009 年，土地开发度高于 30% 的城市有 8 个，分别是上海(46.58%)、深圳(44.58%)、东莞(43.76%)、中山(34.22%)、佛山(33.77%)、天津(33.47%)、厦门(32.25%)、无锡(30.02%)，土地开发度在 20%~30% 的城市有 34 个。2015 年，土地开发度高于 30% 的城市增加到 10 个，分别是上海(50.21%)、东莞(48.81%)、深圳(48.57%)、中山(38.45%)、佛山(37.62%)、天津(35.48%)、无锡(34.05%)、厦 门

(33.71%)、嘉兴(31.79%)、苏州(30.63%)，土地开发度在 20%~30% 的城市有 39 个。2009 年和 2015 年土地开发度的比较呈现两个显著特点：一是土地开发度高的城市主要在城市群集聚，如在珠三角城市群、长三角城市群、京津冀城市群、成渝城市群等城市群集聚，呈现出“以东部为中心，向西部蔓延”的提速扩张趋势^[46]；二是国家战略对土地开发度产生了显著影响。受到新型城镇化、中部崛起、一带一路等国家战略影响，城市群、长江经济带、丝绸之路经济带等区域的土地开发度增长较快。

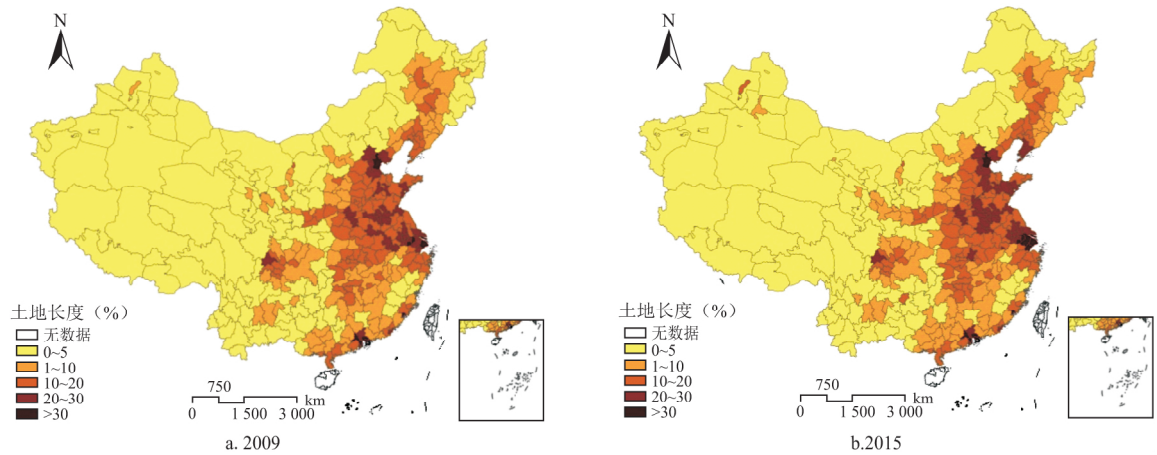


图 4 345 个城市土地开发度(2009、2015)

Fig. 4 Land development degree in 2009 and land development degree in 2015

2.2 土地开发度驱动因素探测

借助“因子探测器”分别对 345 个城市 2009 年和 2015 年的变量数据进行探测，根据 $P_{D,U}$ 值的变化(表 2)，可以分析变量之间关联性程度的变化。

表 2 2009 年和 2015 年因子探测 $P_{D,U}$ 值结果

Tab. 2 Result of driving factors $P_{D,U}$ value in 2009 and 2015

因素	驱动因子	2009 年	2015 年
人口驱动	PD	0.452 ***	0.682 ***
	UP	0.3 ***	0.307 ***
产业驱动	GDP	0.34 ***	0.35 ***
	POV	0.162 ***	0.228 ***
投资驱动	FI	0.309 ***	0.258 ***
	FDI	0.36 ***	0.35 ***

注: ***, **, * 分别表示变量在 1%、5%、10% 的水平上显著。

人口对土地开发度有显著影响。人口规模不仅直接影响着人们对居住用地、工业用地等生活和生产用地的需求，还由此衍生了相应的公共服务设施、商业用地、基础设施等配套设施用地的需求，表现在土地利用上为建设用地规模的扩

张，尤其是城市建设用地的扩张。中国城镇化不仅表现为农村人口向城市人口转移，还呈现中西部人口向东部或者城市群转移的特点^[47, 48]。因此，2015 年人口密度对土地开发度的影响(0.682)要比 2009 年(0.452)更高。但在城镇化进程中，也普遍存在着城市建设用地和农村建设用地双增加的情况，其中一个主要原因是农村人口移居城市后并没有退出农村宅基地。此外，城乡建设用地增减挂钩政策的运用也限制了土地开发度的降低。所以，城镇人口虽然增加了，土地开发度却没有降低。

产业发展对土地开发度有显著影响。从生产角度考虑，促进 GDP 持续增长需要增加工业用地的投入，工业用地对 GDP 的推动作用表现在地方政府出让工业用地后的税收收入以及工业发展的“溢出效应”对周边经济的拉动，并且工业企业向工业园区的聚集产生的集聚经济也会以产业合力的形式促进地区经济的发展。2015 年工业生产总产值占 GDP 比重达 34.3%，对经济增长的拉动增

长了2.4%。出于对经济持续发展、产业结构优化升级的需要,地方政府会不断通过招商引资,建设工业产业园,由此导致了土地开发度的持续增长^[49]。同时,二三产业的发展提供了更多的就业机会,促进了人口的集聚,从而增加居住用地、公共设施用地、商服务业用地、绿地和交通设施用地等用地需求。产业结构的优化调整也带来了城市用地结构和空间结构的变化,促使城市土地开发度的增长。

投资对土地开发度有显著影响。房地产投资、基础设施建设投资等投资项目是促使土地开发度增长的重要因素。2015年固定资产投资占GDP比重高达82%,其中房地产开发投资占固定资产投资的17%。同时,机场、高铁、公路、水利等基础设施建设也扩大了建设用地规模,此外,交通设施条件的改善进一步影响了企业和家庭对投资的区位选择,促进了基础设施沿线和周边土地开发度的增长。利用外资额也是土地开发度的重要驱动因子,一方面投资推动了各类经济开发区和高新产业园的发展,另一方面也为土地征收和土地开发利用提供了资金支持,促进了土地开发度增长。

2.3 驱动因素的空间差异

虽然人口、产业和投资在全国尺度上对土地开发度有显著影响,但这些因素在不同区域上的对土地开发度的影响可能是有差别的。因此,采用“因子探测器”对东、中、西部地区分别进行探测,得到不同影响因子在不同区域的 $P_{D,U}$ 值(表3),从而揭示人口、产业、投资对土地开发度影响的区域差异。

表3 2009年和2015年区域因子探测 $P_{D,U}$ 值结果

Tab.3 Result of regional driving factors $P_{D,U}$ value in 2009 and 2015

驱动因子	2009年			2015年		
	东部	中部	西部	东部	中部	西部
PD	0.358 ***	0.374 ***	0.571 ***	0.581 ***	0.801 ***	0.445 ***
UP	0.357 ***	0.152 ***	0.158 ***	0.343 ***	0.087 **	0.186 ***
GDP	0.393 ***	0.065 *	0.146 ***	0.385 ***	0.073 *	0.105 **
POV	0.377 ***	0.03	0.001	0.405 ***	0.041	0.032
FI	0.349 ***	0.045	0.088	0.284 ***	0.062	0.041
FDI	0.378 ***	0.033	0.063 *	0.284 ***	0.112 **	0.077 **

注: ***, **, * 分别表示变量在1%、5%、10%的水平上显著。

从东部地区来看,人口驱动对土地开发度的作用在增长,产业驱动作用变化不大,投资驱动的作用在减弱。经济发达的东部地区尤其是长三

角、珠三角等区域是劳动力的主要流向地,人口的集聚引发了对生活、教育、就业、休闲等多方面的需求,从而全面增加了对城市建设用地的需求,也同时增加了对外基础设施(如对外交通用地)的需求。因而人口驱动在东部地区对土地开发度的解释力有所增加,成为东部地区土地开发度的主要驱动因素。然而,地方政府也认识到过高的土地开发度带来的经济发展方式粗放和生态环境问题,尤其是城镇盲目扩展带来的土地闲置和低效利用。同时,在永久基本农田保护、生态环境保护、城市扩展边界等政策的强制约束下,地方政府正逐步推动供给侧结构性改革,摆脱以往低地价招商引资的发展模式,转向盘活城市存量土地,提供土地利用效率。因此,投资驱动对土地开发度的作用在减弱。

从中部地区来看,人口驱动和投资驱动对土地开发度的影响都有显著增长。人口密度对中部地区土地开发度的影响占主导,2015年人口密度对土地开发度影响的解释力比2009年增加了114%。以劳动力回流和产业转移为主要特征的“双转移”是当前中国经济进入中速增长背景下一个新的发展趋势^[50]。外出劳动力的创业回流和购房回流增加了对各类城市建设用地的需求,从而增加了区域土地开发度。此外,由于宅基地退出机制的缺失^[51,52],造成了城市建设用地增加的同时农村宅基地面积并未减少。中部崛起战略实施和承接东部地区产业转移促进了中部地区的经济发展,增强了人口回流趋势,也增加了产业投资对建设用地的需求,从而增加了土地开发度。

从西部地区来看,产业驱动的作用在减弱,投资驱动的作用在增强,而人口驱动作用发生了变化。在西部大开发和“一带一路”战略进程中,西部大开发促进西部地区经济增长的驱动力主要来自大量基础设施投资和固定资产投资,城镇化、外资、教育和科技进步等反映经济增长质量和软实力的重要因素并未得到显著改善,西部地区整体上还处于投资驱动的经济发展阶段^[53],投资驱动是西部地区土地开发度的重要驱动力。同时,西部地区劳动力净流出省份居多,使得人口密度对土地开发度的影响逐步减弱。但随着新型城镇化的推进,西部地区的就地城镇化效果较为显著,回流劳动力由于有了一定的资金积累,逐渐增加了对城镇住房的需求,因此城镇常住人口对土地开发度的影响变强。

需要注意的是,人口密度对东部和中部地区土地开发度的影响在增强,而对西部地区土地开发度的影响在减弱,可能是由于劳动力流动的区域差异导致,劳动力流动的理性选择使得当前东部地区仍然是劳动力的主要流向地;中部地区人口回流的趋势虽不及劳动力流出的总体趋势,但近年来该趋势不断增强;而西部地区经济较落后,劳动力净流出省份居多,如云南、贵州和广西等省,所以导致了人口密度对土地开发度的影响的区域差异。同时,城镇常住人口对东部和中部地区土地开发度的影响在减弱,而对西部地区土地开发度的影响在增强,可能是由于房价的区域差异导致^[54]。我国房价总体上呈现由东向西递减的趋势,长期趋势下房地产需求对不同区域房价的都存在显著的负效应^[55],而区域房价差异会导致劳动力流动,从而诱发产业转移,区域房价差异是影响东、中、西部地区产业梯度转移和产业升级的重要因素^[56]。

3 结论

本文分析了 345 个城市 2009~2015 年的土地开发度的时空变化,采用地理探测器分析了土地开发度主要驱动因素及其空间差异,得出如下结论:

(1) 全国土地开发度从 2009 年的 4.1% 持续增加到 2015 年的 4.47%。土地开发度在东、中、西三个经济区域上存在显著的空间差异。东部和中部地区的土地开发度相对较高,且增加较为明显,西部地区的土地开发度相对较低。

(2) 345 个城市的土地开发度总体呈上升趋势,且呈现明显的空间差异。土地开发度高的城市主要在城市群集聚,呈现出“以东部为中心,向西部蔓延”的趋势。受国家经济发展战略的影响,城市群、长江经济带、丝绸之路经济带等区域的土地开发度增长较快。

(3) 全国土地开发度由投资驱动和人口驱动为主转变为产业驱动和人口驱动为主。不同区域土地开发度的主导驱动因素也有所差异。人口驱动对东部地区土地开发度的作用在增长,产业驱动作用变化不大,投资驱动的作用在减弱;人口驱动和投资驱动对中部地区土地开发度的影响有显著增长;产业驱动对西部地区土地开发度的作用在减弱,投资驱动的作用在增强。

参考文献:

- [1] YU B L, SONG S, LIU H X, et al. Object-based spatial cluster analysis of urban landscape pattern using nighttime light satellite images: a case study of China[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2014(28): 2328-2355.
- [2] CHEN J L, GAO J L, XU M Y, et al. Characteristics and mechanism of construction land expansion in Nanjing metropolitan area[J]. *Geographical Research*, 2014(33): 427-438.
- [3] CHENG L, JIANG P H, CHEN W, et al. Farmland protection policies and rapid urbanization in China: a case study for Changzhou city[J]. *Land Use Policy*, 2015(48): 552-566.
- [4] YU A, WU Y Z, ZHENG B B, et al. Identifying risk factors of urban-rural conflict in urbanization: a case of China[J]. *Habitat International*, 2014(44): 177-185.
- [5] PUAY Y T, ABDUL H B. Urban ecological research in Singapore and its relevance to the advancement of urban ecology and sustainability[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2014(125): 271-289.
- [6] WU C Y, WEI Y H, HUANG X J, et al. Economic transition, spatial development and urban land use efficiency in the Yangtze River Delta, China[J]. *Habitat International*, 2017(63): 67-78.
- [7] EDDIE C M, WU H, YU Z, et al. Analysis on coupling relationship of urban scale and intensive use of land in China[J]. *Cities*, 2015(42): 63-69.
- [8] CHEN Y, CHEN Z G, XU G L, et al. Built-up land efficiency in urban China: insights from the general land use plan (2006-2020) [J]. *Habitat International*, 2016(51): 31-38.
- [9] 练维维. 土地开发强度接近国际警戒线[N]. *江南晚报*, 2011-01-13.
- LIAN W W. The intensity of land development is close to the international warning line[N]. *Jiangnan Evening*, 2011-01-13.
- [10] 陈银蓉, 甘臣林. 湖北省国土空间开发利用效率的空间分异研究[J]. *土地经济研究*, 2017(02): 67-84.
- CHEN Y R, GAN C L. Spatial differentiation of the efficiency of territory development and utilization in Hubei province[J]. *Journal of Land Economics*, 2017(02): 67-84.
- [11] 严金明, 张雨榴, 马春光. 新时期国土综合整治的内涵辨析与功能定位[J]. *土地经济研究*, 2017(01): 14-24.
- YAN J M, ZHANG Y L, MA C G. Discriminating comprehensive land consolidation in the new era[J]. *Journal of Land Economics*, 2017(01): 14-24.
- [12] 黄贤金, 金雨泽, 徐国良, 等. 胡焕庸亚线构想与长江经济带人口承载格局[J]. *长江流域资源与环境*, 2017, 26(12): 1937-1944.
- HUAGN X J, JIN Y Z, XU G L, et al. Conception of sub-line of Hu Huanyong population line and patterns of future population carrying in the Yangtze river economic belt[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2017, 26(12): 1937-1944.

- [13] 张锦宗, 梁进社, 朱瑜馨, 等. 土地资源和 GDP 对中国人口分布的影响机理分析[J]. 地理科学, 2017, 37(07): 1006-1013.
ZHANG J Z, LAING J S, ZHU Y X, et al. Land and GDP's function on population distribution in China [J]. Scientia Geographica Sinica, 2017, 37(07): 1006-1013.
- [14] 李佳洺, 陆大道, 徐成东, 等. 胡焕庸线两侧人口的空间分异性及其变化[J]. 地理学报, 2017, 72(01): 148-160.
LI J M, LU D D, XU C D, et al. Spatial heterogeneity and its changes of population on the two sides of Hu Line [J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(01): 148-160.
- [15] 张 博, 葛幼松, 顾鸣东. 城市中心区土地开发强度研究——以南京老城区为例[J]. 河北师范大学学报(自然科学版), 2010, 34(03): 359-364.
ZHANG B, GE Y S, GU M D. Exploration of land development intensity of the city center district—the old city of Nanjing as an example [J]. Journal of Hebei Normal University (Natural Science Edition), 2010, 34(03): 359-364.
- [16] 陈 逸, 黄贤金, 吴绍华. 快速城镇化背景下的土地开发度研究综述[J]. 现代城市研究, 2013, 28(07): 9-15.
CHEN Y, HUANG X J, WU S H. Review of the degree of land development against the background of rapid urbanization [J]. Modern Urban Research, 2013, 28(07): 9-15.
- [17] 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[J]. 地理科学, 2017, 37(11): 1696-1704.
YANG Q K, DUAN X J, LI P X, et al. The spatial pattern and coordination analysis between degree of land development and use benefit in Jiangsu [J]. Scientia Geographica Sinica, 2017, 37(11): 1696-1704.
- [18] 叶晓雯, 陈 逸, 张 琳, 等. 我国建设用地开发度及其合理性分析[J]. 经济地理, 2011, 31(12): 2094-2099.
YE X W, CHEN Y, ZHANG L, et al. Our country construction land development degree and rationality analysis [J]. Economic Geography, 2011, 31(12): 2094-2099.
- [19] 陈 逸, 黄贤金, 陈志刚, 等. 中国各省域建设用地开发空间均衡度评价研究[J]. 地理科学, 2012, 32(12): 1424-1429.
CHEN Y, HUANG X J, CHEN Z G, et al. The spatial balance degree evaluation of construction land in China [J]. Scientia Geographica Sinica, 2012, 32(12): 1424-1429.
- [20] 张竞珂, 陈 逸, 黄贤金. 长江经济带土地开发均衡度及限度评价研究[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(12): 1945-1953.
ZHANG J K, CEHN Y, HUANG X J. Assessment of the equilibrium degree and limitation degree of Yangtze river economic belt's land development [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2017, 26(12): 1945-1953.
- [21] 赵亚莉, 刘友兆, 龙开胜. 长三角地区城市土地开发强度特征及影响因素分析[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(12): 1480-1485.
ZHAO Y L, LIU Y Z, LONG K S. Features and influencing factors of development intensity of urban resources in the Yangtze river delta [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2012, 21(12): 1480-1485.
- [22] 王德起, 侯圣银. 基于引力模型的京津冀城市群土地利用强度研究[J]. 土地经济研究, 2016(02): 107-125.
WANG D Q, HOU S Y. Land use intensity of Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration based on the gravity model [J]. Journal of Land Economics, 2016(02): 107-125.
- [23] 吕 晓, 黄贤金. 建设用地扩张的研究进展及展望[J]. 地理与地理信息科学, 2013, 29(06): 51-58.
LV X, HUANG X J. Research progress and prospect of construction land expansion [J]. Geography and Geo-information Science, 2013, 29(06): 51-58.
- [24] 王 静. 中国建设用地与区域经济发展的空间面板计量分析[J]. 中国土地科学, 2013, 27(08): 52-58.
WANG J. Spatial-panel econometric analysis on the relationship between regional socio-economic development and construction land use in China [J]. China Land Sciences, 2013, 27(08): 52-58.
- [25] 赵 可, 张安录, 徐卫涛. 中国城市建设用地扩张驱动力的时空差异分析[J]. 资源科学, 2011, 33(05): 935-941.
ZHAO K, ZHANG A L, XU W T. Urban land expansion, economies of scale and quality of economic growth [J]. Resources Science, 2011, 33(05): 935-941.
- [26] 赵亚莉, 刘友兆. 城市土地开发强度差异及影响因素研究——基于 222 个地级及以上城市面板数据[J]. 资源科学, 2013, 35(02): 380-387.
ZHAO Y L, LIU Y Z. Diffidence and influencing factors of urban land development intensity across 222 cities in China [J]. Resources Science, 2013, 35(02): 380-387.
- [27] 田志强, 沈春竹, 卜心国. 经济发达地区土地利用总体规划实施评估研究——以江苏省无锡市为例[J]. 中国农学通报, 2015, 31(14): 274-278.
TIAN Z Q, SHEN C Z, PU X G. Evaluation on implementation of general land use planning in developed regions: a case study of Wuxi in Jiangsu Province [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2015, 31(14): 274-278.
- [28] 吕 晓, 黄贤金, 钟太洋, 等. 土地利用规划对建设用地扩张的管控效果分析——基于一致性与有效性的复合视角[J]. 自然资源学报, 2015, 30(02): 177-187.
LV X, HUANG X J, ZHONG T Y, et al. The controlling effects of land-use planning on construction land expansion based on the perspective compositing consistency and effectiveness [J]. Journal of Natural Resources, 2015, 30(02): 177-187.
- [29] 金浩然, 马萍萍, 戚 伟, 等. 城市规划和土地规划对城市建设用地扩张的影响研究[J]. 干旱区资源与环境, 2017, 31(07): 22-27.
JIN H R, MA P P, QI W, et al. Research on the influence of urban planning and land use planning policy on construction land expansion [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2017, 31(07): 22-27.
- [30] 高金龙, 陈江龙, 苏 曦. 中国城市扩张态势与驱动机理研

- 究学派综述[J]. 地理科学进展, 2013, 32(05): 743-754.
- GAO J L, CHEN J L, SU X. Urban expansion and its driving mechanism in China [J]. Progress in Geography, 2013, 32(05): 743-754.
- [31] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(01): 116-134.
- WANG J F, XU C D. Geodetector: principle and prospective [J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(01): 116-134.
- [32] XU C, LI Y, WANG J, et al. Spatial-temporal detection of risk factors for bacillary dysentery in Beijing, Tianjin and Hebei, China[J]. BMC Public Health, 2017, 17(1): 743.
- [33] 李进涛, 刘彦随, 杨园园, 等. 1985~2015 年京津冀地区城市建设用地时空演变特征及驱动因素研究[J]. 地理研究, 2018, 37(01): 37-52.
- LI J T, LIU Y S, YANG Y Y, et al. Spatial-temporal characteristics and driving factors of urban construction land in Beijing-Tianjin-Hebei region during 1985-2015 [J]. Geographical Research, 2018, 37(01): 37-52.
- [34] ANIL S, WEI L. An assessment of groundwater contamination in central valley aquifer, california using geodetector method [J]. Annals of GIS, 2017, 23(3): 149-166.
- [35] ANIL S, WEI L. Analysis of groundwater nitrate contamination in the central valley: comparison of the geodetector method, principal component analysis and geographically weighted regression [J]. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2017, 6(10): 1-25.
- [36] 周亮, 周成虎, 杨帆, 等. 2000~2011 年中国 PM_{2.5} 时空演化特征及驱动因素解析 [J]. 地理学报, 2017, 72(11): 2079-2092.
- ZHOU L, ZHOU C H, YANG F, et al. Spatio-temporal evolution and the influencing factors of PM_{2.5} in China between 2000 and 2011 [J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(11): 2079-2092.
- [37] 吕晨, 蓝修婷, 孙威. 地理探测器方法下北京市人口空间格局变化与自然因素的关系研究 [J]. 自然资源学报, 2017, 32(08): 1385-1397.
- LV C, LAN X T, SUN W. A study on the relationship between natural factors and population distribution in Beijing using geographical detector [J]. Journal of Natural Resources, 2017, 2(08): 1385-1397.
- [38] 刘彦随, 李进涛. 中国县域农村贫困化分异机制的地理探测与优化决策 [J]. 地理学报, 2017, 72(01): 161-173.
- LIU Y S, LI J T. The spatial characteristics and formation mechanism of the county urbanization in China [J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(01): 161-173.
- [39] XIA B, DONG S C, BA D X, et al. Research on the spatial differentiation and driving factors of tourism enterprises' efficiency: Chinese scenic spots, travel agencies, and hotels [J]. Sustainability, 2017, 10(04): 901.
- [40] 郭庆宾, 许决, 刘承良. 长江中游城市群资源集聚能力影响因素与形成机理 [J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(02): 151-157.
- GUO Q B, XU Y, LIU C L. Influencing factors and formation mechanism of resources aggregating ability in urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze river [J]. China Population, Resources and Environment, 2018, 28(2): 151-157.
- [41] 徐秋蓉, 郑新奇. 一种基于地理探测器的城镇扩展影响机理分析法 [J]. 测绘学报, 2015, 44(S1): 96-101.
- XU Q R, ZHENG X Q. Analysis of influencing mechanism of urban growth using geographical detector [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2015, 44(S1): 96-101.
- [42] 刘永健, 耿弘, 孙文华, 等. 城市建设用地扩张的区域差异及其驱动因素 [J]. 中国人口资源与环境, 2017, 27(08): 122-127.
- LIU Y J, GENG H, SONG W H, et al. Analysis on the regional differences and driving factors of urban construction land expansion [J]. China Population, Resources and Environment, 2017, 27(08): 122-127.
- [43] 许婧婧, 陶文星, 包广静, 等. 我国特大城市建设用地影响因素的地区差异 [J]. 经济地理, 2006(S1): 152-156.
- XU J J, TAO W X, BAO G J, et al. Research of differences between areas of influencing factors of metropolitan developed land in China [J]. Economic Geography, 2006(S1): 152-156.
- [44] 林永民, 吕萍. 城镇住宅投资对城市建设用地扩张影响的区域异质性——基于省际面板数据 [J]. 现代管理科学, 2017(01): 27-29.
- LIN Y M, LV P. The regional heterogeneity of urban residential investment in the expansion of urban construction land-based on provincial panel data [J]. Modern Management Science, 2017(01): 27-29.
- [45] 谢恒, 单海鹏. 城市市政公用设施固定资产投资影响因素及地区差异研究——基于河北省 2001~2010 年省际面板数据 [J]. 经济问题, 2013(10): 109-113.
- XIE H, SHAN H P. Study on influence factors and regional disparities of fixed assets investment of public municipal facilities-based on panel data Hebei province during 2001-2010 [J]. On Economic Problems, 2013(10): 109-113.
- [46] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局 [J]. 地理学报, 2014, 69(01): 3-14.
- LIU J Y, KUANG W H, ZHANG Z X, 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 [J]. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(01): 3-14.
- [47] 杨传开, 宁越敏. 中国省际人口迁移格局演变及其对城镇化发展的影响 [J]. 地理研究, 2015, 34(08): 1492-1506.
- YANG C K, NING Y M. Evolution of spatial pattern of inter-provincial migration and its impacts on urbanization in China [J]. Geographical Research, 2015, 34(08): 1492-1506.
- [48] 王桂新, 潘泽瀚, 陆燕秋. 中国省际人口迁移区域模式变化及其影响因素——基于 2000 和 2010 年人口普查资料的分析 [J]. 中国人口科学, 2012(05): 2-13, 111.
- WANG G X, PAN Z H, LU Y Q. China's inter-provincial migration patterns and influential factors: evidence from year 2000 and 2010 [J]. Chinese Journal of Population Science,

- 2012(05): 2-13, 111.
- [49] 丁琳琳, 吴 群. 环境约束下中国工业用地投入对经济增长的影响——基于“绿色索洛模型”的分析[J]. 资源科学, 2017, 39(04): 620-628.
- Ding L L, WU Q. The impact of industrial land input on economic growth under environmental restraints in China: analysis based on the Green Solow Model [J]. Resources Science, 2017, 39(4): 620-628.
- [50] 王利伟, 冯长春, 许顺才. 传统农区外出劳动力回流意愿与规划响应——基于河南周口市问卷调查数据[J]. 地理科学进展, 2014, 33(07): 990-999.
- WANG L W, FENG C C, XU S C. Return intention of migrant workers in a traditional agricultural area and planning response: based on a questionnaire survey in Zhoukou, Henan Province [J]. Progress in Geography, 2014, 33(07): 990-999.
- [51] 舒帮荣, 朱寿红, 李永乐, 等. 发达地区农户宅基地置换意愿多水平影响因素研究——来自苏州与常州的实证[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(06): 1198-1206.
- SHU B R, ZHU S T, LI Y L, et. al. Multi-level influencing factors of farmers' willingness on rural homestead replacement in developed area: a case study from Suzhou and Changzhou [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2018, 27(06): 1198-1206.
- [52] 吕 晓, 臧 涛, 张全景. 土地政策的农户认知及其农地转出响应研究——基于山东省 287 份农户问卷调查的实证[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2017, 17(05): 100-110, 154.
- LV X, ZANG T, ZHANG Q J. Farm households' cognition of land policy and its effect on farmland transfer: based on the investigation of 287 farmer households in Shandong province [J]. Journal of Nanjing Agricultural University (Social Sciences Edition), 2017, 17(05): 100-110, 154.
- [53] 刘生龙, 王亚华, 胡鞍钢. 西部大开发成效与中国区域经济收敛[J]. 经济研究, 2009, 44(09): 94-105.
- LIU S L, WANG Y H, HU A G. The effect of western development program and regional economic convergence in China [J]. Economic research journal, 2009, 44(09): 94-105.
- [54] 王德起, 钟顺昌. 房价与城市空间扩张[J]. 土地经济研究, 2016(02): 40-55.
- WANG D Q, ZHONG S C. Housing price and urban expansion [J]. Journal of Land Economics, 2016(02): 40-55.
- [55] 梁云芳, 高铁梅. 中国房地产价格波动区域差异的实证分析[J]. 经济研究, 2007(08): 133-142.
- LIANG Y F, GAO T M. Empirical analysis on real estate price fluctuation in different provinces of China [J]. Economic Research Journal, 2007(08): 133-142.
- [56] 高 波, 陈 健, 邹琳华. 区域房价差异、劳动力流动与产业升级[J]. 经济研究, 2012, 47(01): 66-79.
- GAO B, CHEN J, ZOU L H. Housing price' regional differences, labor mobility and industrial upgrading [J]. Economic Research Journal, 2012, 47(01): 66-79.

Spatiotemporal Differences and Driving Factors of Land Development Degree in China Based on Geographical Detector

ZHAO Xiao-feng¹, LI Ya-ya¹, ZHAO Yun-tai², TIAN Zhi-qiang²

(1. School of Public Administration, Hohai University, Nanjing 211100, China;

2. Land Surveying and Planning Institute, Beijing 100029, China)

Abstract: Land development degree (LDD) has been a useful approach for measuring the extent to which human activities have influenced the land development. The analysis of spatiotemporal differences and driving factors of land development degree contribute to a deeper understanding on the relationship between human activities and regional land utilization, which provides mechanistic information for formulating different regulation policy for regional land use. The study analyzed the spatial pattern of land development in 345 cities and discovered the driving factors of LDD by using geographical detector. The results showed that China's LDD has increased from 4.1% to 4.47% between 2009 and 2015. The LDD of 345 cities have increased generally and presented significant spatiotemporal differences among the three economic regions. Cities with high LDD were concentrated mainly in megalopolis, which grew faster in Yangtze river delta and the Silk Road Economic Belt. The main driving factors for LDD have changed from investment and population to industry and population at the national scale. The influence of these factors also varies in different regions. In eastern region, population and industry have driven the LDD instead of investment and industry; population was the main driver of LDD in central region; while the investment played an increasingly important role in western region.

Key words: geographical detector; land development degree; spatiotemporal differences; driving factors