

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: 黄河流域城镇土地经济密度多尺度空间格局及影响因素分析
作者: 梁流涛, 杨泞溪, 区志源, 王森, 史茵茵, 陈笑, 孙珣璠
收稿日期: 2021-01-26
网络首发日期: 2021-09-03
引用格式: 梁流涛, 杨泞溪, 区志源, 王森, 史茵茵, 陈笑, 孙珣璠. 黄河流域城镇土地经济密度多尺度空间格局及影响因素分析[J/OL]. 地理科学.
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/22.1124.p.20210901.1406.004.html>



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。

黄河流域城镇土地经济密度多尺度 空间格局及影响因素分析

梁流涛^{1,2}, 杨泞溪², 区志源², 王森², 史茵茵², 陈笑², 孙珣璠²

(1. 河南大学黄河中下游数字地理技术教育部重点实验室, 河南 开封 475004;

2. 河南大学地理与环境学院, 河南 开封 475004)

摘要: 基于 2018 年多时空高分辨率全球城市边界解译数据, 从省域、市级和县区级 3 个尺度测算黄河流域城镇土地经济密度, 并综合应用泰尔指数、空间自相关分析、**地理探测器探等方法探讨其空间格局及影响因素**。研究结果显示: ① 黄河流域城镇土地经济密度总体不高, 在县区尺度上 68.3% 的县区土地经济密度低于平均水平, 空间分布总体上呈东高西低的态势, 高土地经济密度的县区主要集中在以郑州为中心的中原城市群和山东沿海地区; 在市级尺度上, 57.5% 的城市土地经济密度低于平均值, 空间分布上集中在中下游地区, 空间分布不均衡, 以河南省最为显著。② 黄河流域城镇土地经济密度在地市尺度和县区尺度都表现为显著的空间正相关, 其中高值集聚区(HH)集中在中原城市群和山东半岛城市群, 低值集聚区(LL)集中在山、陕、甘等西部地区, 低值异质区镶嵌分布在中原城市群和山东半岛城市群周围。不同尺度上的空间集聚区的空间分布范围也表现一定的差异, 在县区尺度表现出了局部性和分散性特征。③ 人均 GDP、人口规模、地方财政科技教育投入、二三产业劳动力密度、区位质量指数等对黄河流域城镇土地经济密度影响较大。同时在黄河流域上游、中游和下游地区表现一定的差异性, 总体来说, 资本投入强度、人均 GDP 和区位质量指数对于上游、中游和下游的城镇土地经济密度都有较高的解释能力。

关键词: 土地经济密度; 生态约束; 多尺度; 黄河流域

中图分类号: F129.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2021)X-1336-09

土地经济密度是在生态约束下土地利用系统与经济社会系统两大子系统相互影响和综合作用的结果^[1], 能够在一定程度上反映土地利用效益和土地集约利用水平。随着中国城镇化和工业化进程的不断加快, 农地过度非农化和城镇土地利用效率低下并存的问题日益严重^[2,3]。在这样的背景下, 探讨城镇土地经济密度的时空特征具有重要的理论和现实意义, 为城镇土地利用效率和区域经济社会整体实力的提升路径的选择提供技术支撑。国内学者围绕城镇土地经济密度展开了广泛研究, 主要是对省域^[4,5]、城市群区域^[6,7]、县区^[8]、国

家层面^[9,10]、地市^[11]、产业集聚区^[12] 的土地经济密度进行测度, 综合应用核密度函数、GIS 空间分析、ESDA 模型、EKC 等方法分析土地经济密度时空特征及其演变规律^[13], 并探寻土地经济密度的影响因素和驱动力^[14]。可见, 国内学者对城镇土地经济密度的研究内容较为丰富, 但也存在明显的缺陷: 一是, 当前的研究侧重于从单一尺度(比如县市、地市和省域)对城镇土地经济密度进行分析, 从单一尺度进行分析往往会掩盖和忽略一些重要信息, 比如在大尺度层面的分析可能无法兼顾空间格局的零散和局部特征, 在小尺度层面的分析

收稿日期: 2021-01-26; **修订日期:** 2021-06-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(41771565)、河南省高校科技创新人才(人文社科类)支持计划(2019-cx-014)。[Foundation: National Natural Science Foundation of China (41771565), Support Plan for Scientific and Technological Innovation Talents (Humanities and Social Sciences) in Colleges and Universities of Henan Province (2019-cx-014).]

作者简介: 梁流涛(1981-), 男, 河南杞县人, 博士, 副教授, 主要从事资源环境与城乡发展研究。E-mail: liliang@henu.edu.cn

通讯作者: 杨泞溪。E-mail: yang20000601@126.com

网络出版时间: **网络出版地址:**

无法兼顾空间格局的整体特征;同时从单一尺度进行分析也无法满足不同层次的差异性政策制定的需求。因此,亟待强化从多尺度对土地经济密度的空间格局进行综合分析的研究。二是,在研究对象方面缺少对大尺度流域的土地经济密度的相关研究。以大尺度流域为研究单元探讨城镇土地经济密度时空格局能够为发挥带状区域的整体作用以及流域内部协调发展提供理论依据和技术支撑。

黄河横跨东西九省(区),在经济发展和进步中发挥着重要作用。为了实现黄河的长治久安,国家提出了黄河流域生态保护与高质量发展的重大战略,这为黄河流域有效治理与高质量发展提供了战略机遇。但必须看到,实现这一国家战略也面临着巨大的挑战,目前黄河流域各地粗放式大开发和大规划现象较为普遍,这加剧了城镇土地粗放利用和低效利用,如何在生态约束下合理利用有限的土地资源成为实现黄河流域国家的关键。而城镇土地经济密度是反映土地合理利用和效益的重要指标。因此,选择黄河流域为研究对象,从省域、地市级、县区级 3 个尺度分析黄河流域城镇土地经济密度空间格局,并探讨影响因素。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 土地经济密度

城镇土地经济密度用单位建设用地面积上的二、三产业增加值来衡量,计算公式为:

$$P = G/L \quad (1)$$

式中, P 表示城镇土地经济密度; L 表示建设用地面积,本文用城镇边界内部不透水面面积来代替; G 表示第二、三产业增加值。

1.1.2 泰尔指数

泰尔指数是衡量地理要素的空间差异状况的指标,其值越大意味着区域间的差异性越大。本文采用泰尔指数对黄河流域城镇土地经济密度的空间差异性进行分析。通过泰尔指数一阶嵌套分解计算公式可以将黄河流域城镇土地经济密度总体差异分解为省际差异和省内的差异。另外,还可以对泰尔指数进行二阶嵌套分解,则可以将黄河流域整体的区域差异分解为市内差异、市间差异和省间差异。具体计算过程参见文献[15]。

1.1.3 空间自相关分析

采用空间自相关分析方法衡量黄河流域城镇土地经济密度的空间分布是否具有集聚性^[16]。该方法包含全局空间自相关与局部空间自相关 2 个方面:全局 Moran's I 指数和局部 Moran's I 指数,具体计算过程参见文献[17]。

1.1.4 地理探测器

地理探测器主要用于地理现象影响因素的分析^[18],其核心是如果某个自变量 X 对因变量 Y 存在影响,能够用 q 值解释其影响程度,其计算公式为:

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

式中, $h=1, \dots, L$ 为因变量 Y 或自变量 X 的分层; N_h 和 N 分别为层 h 和全区的单元数; σ_h^2 和 σ^2 分别是层 h 和全区的 Y 值的方差。 SSW 和 SST 分别为层内方差之和和全区总方差。 q 的取值范围在 0 与 1 之间,其值越大,说明自变量 X 对因变量 Y 的解释能力越强。

1.2 数据来源

黄河流域生态保护与高质量发展国家战略包含的范围还不够明确,当前的文献大多将黄河流域经的 9 省(区)作为黄河流域国家战略的范围。但考虑到四川已经纳入到长江经济带国家战略,内蒙古东部地区已经纳入到东北振兴国家战略。为了避免交叉重复,本文将研究范围设定为黄河流域除四川省外的 8 个省(区)(其中内蒙古不包含蒙东地区)。由于少数地级市和县区的数据缺失,本文共包括 80 个地级市和 654 个县区。

计算所需数据的包括 2 个层面:一是社会经济数据。主要来源于《中国城市统计年鉴》(2019)^[19]和各省(区)、地市、县区的统计年鉴、经济社会发展统计公报;二是建设用地面积数据。2020 年清华大学研究团队发布了基于全球高分辨率(30 m)人造不透水面制图产品(Global Artificial Impervious Area-GAIA)提取的多时相全球城市边界(Global Urban Boundary-GUB)数据集^[20]。利用该成果的数据来表征城镇建设用地面积具有较高的可信度,且能够满足多尺度城镇土地经济密度计算的需求。

2 结果分析

2.1 土地经济密度总体特征

按照公式(1)分别从省域、地市级、县区级 3 个尺度计算黄河流域城镇土地经济密度,并分别汇总计算出 3 个尺度的平均值。

在省级尺度,2018 年黄河流域省均城镇土地经济密度为 5.00 875 亿元/ km^2 。其中,有 3 个省(区)的土地经济密度高于平均值,其建设用地面积所占的比例为 50.16%,但二、三产业增加值所占比例高达 71.02%;与之相反,其余 5 个省(区)的城镇土地经济密度低于平均值,建设用地面积占比为 49.84%,二三产增加值的比例仅为 28.97%。

在地市城市层面,2018 年黄河流域市均城镇土地经济密度为 7.18 亿元/ km^2 。其中,有 34 个市的土地经济密度高于平均值,其建设用地面积占比为 53.41%,二、三产业增加值占比为 66.03%;与之相反,其余 46 个城市的土地经济密度低于平均值,建设用地面积比例占比为 46.59%,二三产业增加值占 33.97%。

在县区尺度,2018 年黄河流域县均城镇土地经济密度平均为 5.01 亿元/ km^2 。其中,有 207 个县(区)的城镇土地经济密度高于平均值,其建设用地面积仅占 19.19%,但二、三产业增加值所占比例高达 40.32%;其余 447 个县区的土地经济密度低于平均值,建设用地面积高达 80.81%,二、三产增加值的比例为 59.68%。

综合以上分析,黄河流域城镇土地经济密度在县区尺度、地市城市尺度和省级尺度都表现为低于平均值的地区数量较多,黄河流域城镇土地经济密度整体具有较大的提升空间。

2.2 空间分异特征

2.2.1 省际与省内差异

通过汇总的方式计算出 2018 年黄河流域 8 个省(区)土地经济密度平均值,将各个省(区)的城市土地经济密度划分为 3 个等级:① 高密度省(区)(6~9 亿元/ km^2):河南、内蒙古、山东;② 中等密度省(区)(3~6 亿元/ km^2):甘肃、青海、陕西、山西;③ 低密度省(区)(0~3 亿元/ km^2):宁夏。由此可见,黄河流域各省(区)城镇土地经济密度存在着较大的差异,下游省(区)为高密度区域,而中上游大部分省(区)集中在中等密度等级,可能与生态环境的脆弱性和区位交通的通达性有关。

利用各个省(区)的泰尔指数揭示省内城镇土地经济密度差异。2018 年各省(区)的土地经济密度的内部差异较大,利用自然断点法将之分为 3 个等级:① 省(区)内差异大的省(区)(泰尔指数大于 1.5):山西、河南和甘肃;② 省(区)内差异中等的省(区)(泰尔指数处在 1.0~1.5 之间):山东、宁夏和青海;③ 省内差异小的省(区)(处在 0.4~1.0):陕西和内蒙古。

2.2.2 市内与市际差异分析

2018 年黄河流域 80 个地级城市的土地经济密度,将各个地市的城市土地经济密度划分 4 个级别(图 1):① 高密度城市(15.60~58.67 亿元/ km^2):共 10 个城市,占总城市的比例为 12.50%,主要集中在河南中部、山东及山西东部;② 较高密度城市(4.09~15.60 亿元/ km^2):共 26 个城市,占比 32.50%,主要集中在山东、河南及西部省会城市;③ 较低密度城市(1.02~4.09 亿元/ km^2):共 26 个城市,占比 32.50%,集中在河南南部、陕西西部、宁夏和内蒙等地;④ 低密度城市(0.19~1.02 亿元/ km^2):共 18 个城市,占比 22.50%,主要集中在黄河上游的省(区)。由此可见,黄河流域城镇土地经济密度存在着较大的差异,土地经济密度较高的城市主要是省会城市及其他经济发展水平较高的地市,但并没有“龙头”城市,带动和辐射作用不明显;土地经济密度较低的城市主要分布在黄河上游区域。

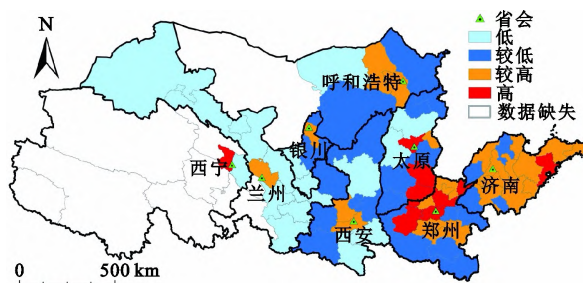


图 1 2018 年黄河流域 80 个地级城市土地经济密空间分布

Fig.1 Spatial distribution of land economic density of 80 prefecture level cities in the Yellow River Basin in 2018

从泰尔指数大小来看,2018 年黄河流域 80 个地市土地经济密度的内部差异较大,利用自然断点法将之分为 5 个等级:① 差异大的地市(泰尔

指数大于 1.103): 共 4 个, 占地市总数的 5.00%, 其中济南市和青岛市的泰尔指数最大。② 差异较大的地市(泰尔指数处在 0.621~1.103 之间): 共 10 个, 占地市总数的 12.50%。③ 差异中等水平的地市(泰尔指数处在 0.401~0.621 之间): 共 16 个, 占地市总数的 20.00%。④ 差异较小的地市(处于 0.208~0.401 之间): 共 22 个, 占地市总数的 27.50%。⑤ 差异小的地市(处在 0.208 以下): 共 28 个城市, 占地市总数的 35.00%。从空间分布来看, 黄河流域土地经济密度市内差异较大的地市分布较为分散, 在山东沿海、陕西、山西等地均有分布, 这些地市大多经济发展水平相对较高, 但各个地市内部的发展并不均衡, 并没有很好的带动市内建成区以外的区域共同发展。差异较小的地市大多集中在河南中南部, 比如山东中部, 以及甘肃、宁夏、内蒙古的部分地区, 且大多地市的经济发展水平相对较低, 是一种低水平的均衡。

另外, 将不同层次的城镇土地经济密度的差异程度与经济发展水平对比, 发现二者呈现一定的对应关系, 经济发展水平相对较高的地区, 其城镇土地经济密度的内部差异较大; 经济发展水平相对较低的地区, 其城镇土地经济密度的内部差异较小。

2.2.3 县际差异分析

2018 年黄河流域 654 个县(市)的土地经济密度(图 2), 将各个县区的城市土地经济密度划分 4 个等级: ① 高密度县区(处于 175.43~568.48 亿元/ km^2 之间): 共 18 个, 占比 2.73%, 主要是镶嵌分布在河南、山东等地。② 较高密度县区(处于 53.35~175.43 亿元/ km^2 之间): 共 131 个, 占比 19.88%, 集中在河南中北部、山东半岛地区。③ 较

低密度县区(处于 15.43~53.35 亿元/ km^2 之间): 共 265 个, 占比 40.21%, 集中在陕西南部, 山西西部、山东西部、河南西南地区和内蒙古等地。④ 低密度县区(处于 0~15.43 亿元/ km^2 之间): 共 245 个, 占比 37.18%, 主要集中在甘肃, 陕西北部、山西北部等地。综合以上分析可知, 黄河流域县区(市)城镇土地经济密度存在着较大的差异, 城镇土地经济密度较高的县区(市)主要集中在中下游地区, 同时在此区域也分布着大量的土地经济密度较低的县区; 而上游地区城镇土地经济密度整体偏低, 并很少有土地经济密度较高的县区分布。

2.3 黄河流域土地经济密度空间集聚特征

2.3.1 全局空间自相关

在县区尺度和地市层次黄河流域土地经济密度的 Moran's I 指数分别为 0.430、0.211, 且均在 1% 的显著水平下通过检验。这表明无论在县区尺度还是地市层次, 城镇土地经济密度均呈现显著的空间正相关, 也就是说存在高值城市趋于和高值城市相邻, 低值城市趋于和低值城市相邻的分布特征。在省级层次, 黄河流域城镇土地经济密度的 Moran's I 指数为 0.236, 但是没有通过 10% 的显著性检验, 表明在省级尺度下空间集聚特征不显著, 可能的解释是: 上游地区省级尺度下的城镇土地经济密度与中下游地区并没有较大的差异, 并且高值省(区)的辐射效应不明显, 不能带动周边省(区)的土地经济密度的提升, 很难形成连片的高值区域, 这致使城镇土地经济密度空间集聚特征不明显。

2.3.2 局部空间自相关

由于省级层次全局自相关不显著, 因此主要从地市层次和县区层次分析城镇土地经济密度的局部空间自相关。黄河流域城镇土地经济密度的空间集聚状态分为 4 种类型(图 3)。

1) 高值集聚区(高-高关联型)。该区域内土地经济密度的空间分异程度较小, 区域内自身与相邻地区的城镇土地经济密度都较高。在地市尺度主要分布在中原城市群的核心发展区和北部跨区域协同发展示范区。随着工业化进程的加快和中原城市群战略的深入推进, 以郑州为中心的大都市区在引领中部地区发展中的重要日益凸显, 对周边区域起到了辐射带动作用, 空间溢出效应显著, 在很大程度上促进了城镇土地经济密度的提升。在县区尺度主要分布在三大片区: 以郑州为中

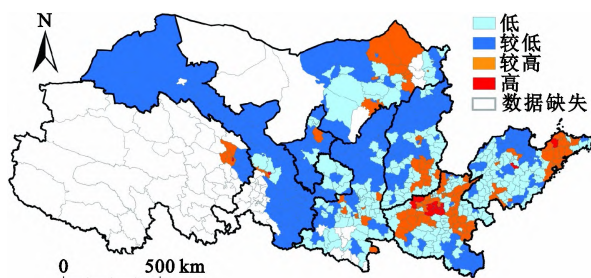


图 2 2018 年黄河流域 654 个县(市)土地经济密度空间分布

Fig.2 Spatial distribution of land economic density in 654 counties (cities) of the Yellow River Basin in 2018

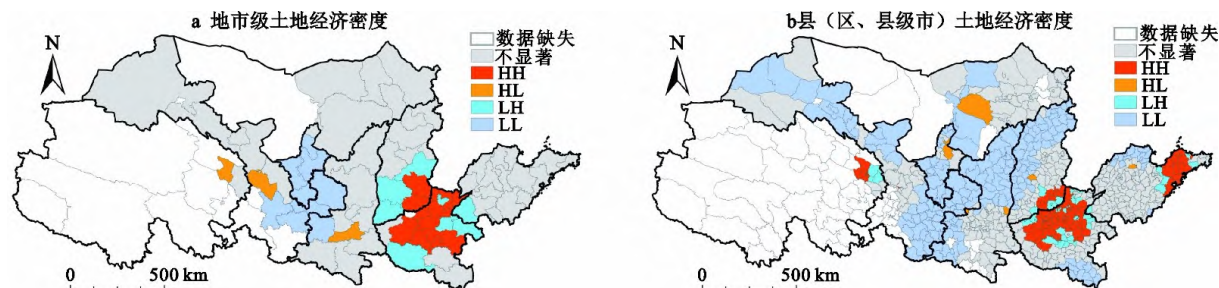


图3 2018年黄河流域地市级及县(区、县级市)土地经济密度空间集聚特征

Fig.3 Spatial distribution of land economic density in cities and counties (districts and counties) of the Yellow River Basin in 2018

心的中原城市群区域、山东省沿海地区、青海省西宁市的部分县区及其周边地区。与地市尺度相比,多出了两大片区,这说明在微观尺度表现出了局部性和分散性特征,主要原因是经济发展不均衡,泰尔指数分析结果也印证了这一点。

2)高值异质区域(高-低关联型)。该类型区域内土地经济密度的空间分异程度较大,自身的城镇土地经济密度较高而其相邻地区的城镇土地经济密度较低。在地市尺度主要分布在陕西省的西安市,甘肃省的兰州市以及青海省的西宁市,均为省会城市,相较于周围其他城市而言有更大的吸引力,无论是就业、产业发展或资本吸引力,都具有一定的优势,自身的土地经济密度较高。但受地理自然环境、客观历史、交通条件等因素的影响,这些省会城市带动和辐射作用不明显,且周边区域的自身发展条件有限,这就造成了高值异质区域的产生。在县区尺度主要分布在陕西、山西和山东,与地市尺度相比,范围也明显扩大。部分县区通过本地区特有的资源禀赋发展特色产业、特色小镇等,并经过长期的积累形成了城镇土地经济密度的高值“孤岛”。另外这种模式不具有可复制性,周边的县区无法模仿和接受辐射,这在很大程度上造成周边地区的城镇土地经济密度偏低。

3)低值异质区域(低-高相关型)。该类型区域城镇土地经济密度的空间分异程度较大,自身的城镇土地经济密度较低而相邻地区的城镇土地经济密度较高。在地市尺度主要分布在黄河流域中下游地区的晋南、豫西南、豫东以及鲁西地区,比如山西省运城市、临汾市、晋中市;河南省南阳市、鹤壁市、开封市、商丘市;山东省菏泽市。在县区尺度主要集中分布在河南中部及北部、山西南部、山东东部与青海东部。整体来说该区域处在由城

镇土地经济密度高值集聚区向低值集聚区的过渡带上。虽然这些地区分布在土地经济密度较高的城市周边,且在扩散效应的有效范围以内,但由于自身存在基础设施水平低下、发展动力不足以及周围高值地区带动能力不强等原因,使得土地经济密度处于较低水平。基于此,该类型区域未来发展方向应着重于内部协调与外部联动。

4)低值集聚区(低-低关联型)。该类型区域土地经济密度的空间分异程度较小,自身与相邻地区的城镇土地经济密度都较低。在地市尺度主要分布在黄河流域中上游的甘肃东部、宁夏回族自治区大部分地区以及陕西东南部,比如甘肃省定西地区、天水地区、平凉地区、庆阳地区;宁夏回族自治区银川市、吴忠市、中卫市、固原市;陕西省宝鸡市。在县区尺度分布较为集中,在空间上主要分布在甘肃省大部分、宁夏回族自治区、内蒙古中部、山西北部、陕西西部,还有少数分布于河南南部与山东南部。与市级局部空间自相关相比,县区级低值集聚区的范围有所扩大,但总体依旧分布于黄河流域中上游地区。这类区域整体经济发展水平较低,处于粗放发展状态,土地利用效率低下和城镇快速扩张并存的情况更加明显,造成了这些区域的土地经济密度处于低值中心。该类型区域未来应着重于通过优化城镇布局、提升土地集约利用水平等方式改变土地经济密度低水平集聚的状态。

2.4 黄河流域城镇土地经济密度影响因素分析

考虑数据的可获性以及尺度的精细程度,本文只从地市层面采用地理探测器方法分析黄河流域城镇土地经济密度的影响因素。

2.4.1 影响因素的选择

参考相关文献^[21,22],主要从经济、社会和环境

3个方面选择影响因素: ① 经济发展方法, 主要考虑资本投入强度(CII)、人均 GDP(UG)、产业结构(UIS)和经济发展效率(EDE)等指标。② 社会发展状况。区位是社会发展的基本条件, 从某种程度上来说区位决定交通便捷程度, 而交通便捷程度是一个综合性的因素, 很难用单一指标来衡量, 所以构建交通便捷程度评价的指标体系(表 1), 并通过主成分分析方法得出综合分值, 以此作为区位质量指数(LQI)。另外, 人口状况和劳动力状况是社会发展的基础, 因此用人口规模(P_{soc})、人口密度(P_{doc})、二三产业劳动力密度(LD)等指标表征。教育的投入与社会可持续发展的能力在一定程度上呈现正相关, 基于此, 用地方财政教育投入(FST)表征。③ 环境状况。对于城镇建成区而言, 绿化的缺乏和不合理布局的状况普遍存在, 故采用建成区绿化覆盖率(GR)来表征。

2.4.2 影响因素的结果分析

为了进一步探讨城镇土地经济密度影响因素的空间差异, 参考相关研究的做法^[23], 将黄河流域分为上游、中游和下游地区, 在此基础上分析城镇土地经济密度影响因素的差异。

表 2 列出了因子探测的结果, 在整个黄河流域, 2018 年各驱动因素对城镇土地经济密度的影响力由大到小分别为人均 GDP(0.409 2)、人口规

模(0.270 7)、二三产业劳动力密度(0.151 3)、资本投入强度(0.134 6)、地方财政科技教育投入(0.134 6)、区位质量指数(0.123 3)、建成区绿化覆盖率(0.089 5)、经济发展效率(0.040 5)、产业结构(0.024 6)和城市人口密度(0.013 6)。另外, 黄河流域上游、中游和下游地区城镇土地经济密度的各影响因素及其解释力有显著差异(表 2)。但整体来说, 资本投入强度、城市人均 GDP 和区位质量指数在三大流域对城镇土地经济密度都具有较高的解释能力。可能的解释是: 人均 GDP 是地区经济发展水平的重要表征指标, 能够在很大程度上反映出就业环境、投资环境和产业化水平, 直接影响到对资本的吸引力, 导致产业的发展规模和速度差异, 进而引起城镇土地经济密度的差异; 资本投入现阶段推动区域经济发展的重要动力, 同时资本投入强度是反映区域经济集聚程度的重要指标, 因此, 基于这两个层面, 资本投入强度在地区之间的差异会导致地市之间的非农产业发展水平的差异, 进而引起城镇土地经济密度的差异。区位质量指数体现的是城镇配套交通设施的完善程度, 区位的方便程度和可达性影响着产业的发展效率和竞争力, 进而导致地区的产业发展差异。

交互探测结果显示, 任意 2 种驱动因子对于黄河流域城镇土地经济密度空间分异的交互作用

表 1 区位质量指数指标体系

Table 1 Index system of location quality index

指标体系	计算公式
城市道路密度/(m^2/km^2)	市辖区人均道路面积×市辖区年末户籍人口数/建成区面积
万人拥有公共汽车数/辆	公共汽车辆数/市辖区年末户籍人口
万人拥有出租车数/辆	出租车辆数/市辖区年末户籍人口
全年公共汽(电)车客运总量/万人次	全年公共汽(电)车客运总量
公路网密度/(km/万人)	道路长度/全市年末户籍人口

表 2 地理探测器的因子探测

Table 2 Factor detection of geographical detector

驱动因子	CII	LD	UIS	P_{soc}	P_{doc}	FST	GR	UG	EDE	LQI
上游地区	0.1579	0.2084	0.1322	0.0864	0.0664	0.0459	0.0302	0.2849	0.0037	0.1472
中游地区	0.1288	0.0162	0.2525	0.0085	0.0076	0.1474	0.0947	0.1488	0.3245	0.2351
下游地区	0.2788	0.2215	0.0866	0.1924	0.0106	0.2788	0.0658	0.5103	0.0790	0.2013
黄河流域	0.1346	0.1513	0.0246	0.2707	0.0136	0.1346	0.0895	0.4092	0.0405	0.1233

注: 资本投入强度(CII)、二三产业劳动力密度(LD)、产业结构(UIS)、人口规模(P_{soc})、人口密度(P_{doc})、地方财政教育投入(FST)、绿化覆盖率(GR)、人均GDP(UG)、经济发展效率(EDE)、区位质量指数(LQI)。

都要大于一个驱动因子单独作用,在上游、中游和下游地区也有类似的结论。这个结论的政策内涵是明确的,在实践中应尽量避免单项的或孤立的政策,应综合应用多种政策工具组合。其中,人均GDP与人口密度的交互作用影响最强,与二三产业劳动力密度的交互作用影响强度次之。可能的解释是:从某种程度上来说人口聚集能够通过基础设施建设、就业供给等方式带来各种资本的聚集,当人口和资本的集聚发生在经济发展水平较高的地区能够更进一步推动经济的发展,从而大幅度提升城镇土地经济密度。同时,经济发展水平(人均GDP)的提高对二三产业就业带来正向推动作用,而二三产业劳动力密度的提高对非农产业的发展能够产生积极影响,并有利于城镇土地经济密度的提升。其他各影响因素与人均GDP发生交互作用时对土地经济密度空间分异的影响显著增强,这表明人均GDP对城镇土地经济密度的空间分异具有重要作用,与因子探测所得出的结果相同。

3 主要结论与政策启示

1)黄河流域城镇土地经济密度总体不高,提升空间较大;城镇土地经济密度与经济发展水平在省域、地市和县区3个尺度上均表现为显著的正向对应关系;城镇土地经济密度的空间差异较大,在省域、地市和县区3个尺度的总体特征是类似的,表现为“东高西低”。

2)黄河流域城镇土地经济密度在地市和县区尺度都表现为显著的空间正相关,并表现为四种集聚状态:高值集聚区(HH)主要集中分布在中原城市群和山东半岛城市群,低值集聚区(LL)主要集中在青陕甘等西部地区,低值异质(LH)区镶嵌分布在中原城市群和山东半岛城市群周围,同时不同尺度的集聚状态的空间分布略有差异。这为实行差异化的管理措施提供了理论支撑。对于高值集聚区域来说,应继续发挥产业集群、技术和人才方面的优势,不断提升硬件基础设施和制度环境软实力,以技术先进、资源利用效率高为目标,提升土地经济密度。对于高值异质区域和低值异质区域来说,最主要的是增强区域之间的集聚经济水平和联系紧密度,充分发挥出高值区域的辐射带动作用,提高低值区域接受辐射的能力。对于低值集聚区来说,应充分利用后发优势,减少对自

然资源禀赋的依赖,在国土空间规划指导思想的引领下,加快新型工业化进程,优化产业结构,积极寻求新的经济增长点,推动土地利用向高效化、合理化的方向发展,从而使地区的土地经济密度上升。

3)黄河流域城镇土地经济密度按影响因素解释能力排前五的是人均GDP、人口规模、二三产业劳动力密度、地方财政科技教育投入、资本投入强度。同时在黄河流域上游、中游和下游地区表现一定的差异性,总体来说,资本投入强度、人均GDP和区位质量指数对于上游、中游和下游的城镇土地经济密度都有较高的解释能力。应将这些方面作为未来促进城镇土地经济密度提升的着力点。在交互探测中,任意两种驱动因子的交互作用对于黄河流域城镇土地经济密度空间分异的影响都要大于一个驱动因素单独作用,因此在实践中应注意综合应用多种政策工具或者政策发力点。同时,人均GDP与各驱动因素交互作用对城镇土地经济密度空间分异的影响显著增强,其中人均GDP和人口密度交互作用影响最强,与二三产业劳动力密度交互作用影响次之。可见,人口和人力资本在提升城镇土地经济密度中的作用是非常明显的,一是应通过“软件”制度和硬件设施的促进农村人口就地非农化,并重点防止人口和人才流失;二是加强人力资本的投入,引进外部人才、培养本地人才和留住本地人才都要兼顾。

参考文献(References):

- [1] 吴一洲, 吴次芳, 罗文斌. 经济地理学视角的城市土地经济密度影响因素及其效应[J]. *中国土地科学*, 2013, 27(1): 26-33. [Wu Yizhou, Wu Cifang, Luo Wenbin. Influencing factors and effects of urban land economic density from the perspective of economic geography. *China Land Science*, 2013, 27(1): 26-33.]
- [2] 杨志荣, 吴次芳, 刘勇. 中国东、中、西部地区农地非农化进程的影响因素[J]. *经济地理*, 2008, 28(2): 286-290 + 317. [Yang Zhirong, Wu Cifang, Liu Yong. Influencing factors of farmland conversion in eastern, central and Western China. *Economic Geography*, 2008, 28(2): 286-290 + 317.]
- [3] 王良健, 李辉, 石川. 中国城市土地利用效率及其溢出效应与影响因素[J]. *地理学报*, 2015, 70(11): 1788-1799. [Wang Liangjian, Li Hui, Shi Chuan. Urban land use efficiency and its spillover effects and influencing factors in China. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(11): 1788-1799.]
- [4] 熊小菊, 廖春贵, 胡宝清. 广西土地经济密度时空变化特征分析[J]. *农村经济与科技*, 2019, 30(6): 1-2 + 208. [Xiong Xiaojie,

- Liao Chungui, Hu Baoqing. Spatial and temporal variation characteristics of land economic density in Guangxi. *Rural Economy and Science and Technology*, 2019, 30(6): 1-2 + 208.]
- [5] 王宏亮, 郝晋珉, 管青春, 等. 内蒙古自治区城镇土地经济密度的区域差异及其收敛性分析[J]. *中国农业大学学报*, 2018, 23(2): 139-146. [Wang Hongliang, Hao Jinmin, Guan Qingchun et al. Regional difference and convergence analysis of urban land economic density in Inner Mongolia Autonomous Region. *Journal of China Agricultural University*, 2018, 23(2): 139-146.]
- [6] 张吉献, 丁志伟, 张改素. 中原经济区土地经济密度的时空差异及影响因素分析[J]. *安阳师范学院学报*, 2013(2): 66-72. [Zhang Jixian, Ding Zhiwei, Zhang Gaisu. Spatiotemporal differences and influencing factors of land economic density in Central Plains Economic Zone. *Journal of Anyang Normal University*, 2013(2): 66-72.]
- [7] 贝涵璐, 吴次芳, 冯科, 等. 土地经济密度的区域差异特征及动态演变格局——基于长江三角洲地区的实证分析[J]. *自然资源学报*, 2009, 24(11): 1952-1962. [Bei Hanlu, Wu Cifang, Feng Ke et al. The characteristics of regional difference and dynamic evolution pattern of land economic density—Based on the empirical analysis of the Yangtze River Delta. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(11): 1952-1962.]
- [8] 胡涛, 张安明, 杨庆媛, 等. 重庆市城镇建设用地经济密度时空差异及影响因素分析[J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2020, 42(2): 55-65. [Hu Tao, Zhang an Ming, Yang Qingyuan et al. Spatial and temporal differences of economic density of urban construction land in Chongqing and its influencing factors. *Journal of Southwest University(Natural Science Edition)*, 2020, 42(2): 55-65.]
- [9] 周翼, 谢保鹏, 赵鸿雁, 等. 中国土地经济密度动态变化及其影响因素时空非平稳性分析[J]. *中国农业资源与区划*, 2020, 41(3): 230-242. [Zhou Yi, Xie Baopeng, Zhao Hongyan et al. Dynamic change of land economic density in China and its influencing factors: Spatiotemporal non-stationary analysis. *China Agricultural Resources and Regionalization*, 2020, 41(3): 230-242.]
- [10] 匡兵, 卢新海, 周敏. 中国城市土地经济密度的分布动态演进[J]. *中国土地科学*, 2016, 30(10): 47-54. [Kuang Bing, Lu Xinhai, Zhou Min. The dynamic evolution of the distribution of urban land economic density in China. *China Land Science*, 2016, 30(10): 47-54.]
- [11] 匡兵, 卢新海, 周敏, 等. 中国地级以上城市土地经济密度差异的时空演化分析[J]. *地理科学*, 2017, 37(12): 1850-1858. [Kuang Bing, Lu Xinhai, Zhou Min et al. Temporal and spatial evolution of land economic density difference in cities above prefecture level in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(12): 1850-1858.]
- [12] 袁晨光, 梁流涛, 唐林昊, 等. 河南省产业集聚区土地经济密度空间差异分析[J]. *地域研究与开发*, 2019, 38(5): 25-29 + 40. [Yuan Chenguang, Liang LiuTao, Tang Linhao et al. Spatial difference analysis of land economic density in industrial agglomeration areas of Henan Province. *Regional Research and Development*, 2019, 38(5): 25-29 + 40.]
- [13] 张明斗, 毕佳港. 长三角城市群城市土地经济密度的空间差异与格局演变[J]. *管理学报*, 2020, 33(4): 17-26. [Zhang Mingdou, Bi Jiagang. Spatial difference and pattern evolution of urban land economic density in Yangtze River Delta urban agglomeration. *Journal of management*, 2020, 33(4): 17-26.]
- [14] 罗文斌, 吴次芳, 冯科. 城市土地经济密度的时空差异及其影响机理——基于湖南省城市面板数据的实证分析[J]. *城市发展研究*, 2010, 17(6): 68-74. [Luo Wenbin, Wu Cifang, Feng Ke. Spatial and temporal differences of urban land economic density and its influencing mechanism—An empirical analysis based on urban panel data of Hunan Province. *Urban Development Research*, 2010, 17(6): 68-74.]
- [15] 钱静. 河南省县域经济差距的泰尔指数二阶分解[J]. *当代经济*, 2018(19): 56-57. [Qian Jing. Second order decomposition of Theil index of county economic gap in Henan Province. *Contemporary Economy*, 2018(19): 56-57.]
- [16] 吕晓, 史洋洋. 江苏省城乡建设用地经济密度的时空格局演变研究[J]. *中国土地科学*, 2018, 32(2): 27-33. [Lu Xiao, Shi Yangyang. Study on the temporal and spatial pattern evolution of economic density of urban and rural construction land in Jiangsu Province. *China Land Science*, 2018, 32(2): 27-33.]
- [17] 薛冰, 肖骁, 李京忠, 等. 基于POI大数据的城市零售业空间热点分析——以辽宁省沈阳市为例[J]. *经济地理*, 2018, 38(5): 36-43. [Xue Bing, Xiao Xiao Xiao, Li Jingzhong et al. Spatial hotspot analysis of urban retail industry based on POI big data: A case study of Shenyang City, Liaoning Province. *Economic Geography*, 2018, 38(5): 36-43.]
- [18] 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 prospect. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(1): 116-134.]
- [19] 国家统计局. 中国城市统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2019. [Bureau of Statistics of China. China urban statistical yearbook. Beijing: China Statistics Press, 2019.]
- [20] Li Xuecao, Gong Peng, Zhou Yu et al. Mapping global urban boundaries from the global artificial impervious area(GAIA) data[J]. *Environmental Research Letters*, 2020, 15: 094044.
- [21] 王小予. 江苏省县域土地经济密度时空特征及影响机理研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2020. [Wang Xiaoyu. Spatial and temporal characteristics of land economic density and its influence mechanism in Jiangsu Province. Xuzhou: China University of Mining and Technology, 2020.]
- [22] 曹飞. 中国省域城镇土地经济密度的空间面板分析[J]. *统计与决策*, 2018, 34(14): 87-91. [Cao Fei. Spatial panel analysis of urban land economic density in China. *Statistics and Decision Making*, 2018, 34(14): 87-91.]
- [23] 刘琳轲, 梁流涛, 高攀, 等. 黄河流域生态保护与高质量发展的耦合关系及交互响应[J]. *自然资源学报*, 2021, 36(1): 176-

Multi-scale Spatial Pattern of Urban Land Economic Density and Its Influencing Factors in the Yellow River Basin

Liang Liutao^{1,2}, Yang Ningxi², Ou Zhiyuan², Wang Sen², Shi Yinyin², Chen Xiao², Sun Yufan²

(1. *Key Laboratory of Digital Geography and Technology in the Middle And Lower Reaches of the Yellow River, Henan University, Kaifeng 475004, Henan, China*; 2. *College of Geography and Environmental Science, Henan University, Kaifeng 475004, Henan, China*)

Abstract: With the accelerating process of urbanization and industrialization in China, the coexistence of excessive non-agricultural farmland and low efficiency of urban land use is becoming increasingly serious. And, Chinese scholars' research on urban land economic density is relatively rich, but there are also obvious defects: first, the current research focuses on the analysis of urban land economic density from a single scale (such as counties, cities and provinces), and lacks the research on regional land economic density from a multi-scale perspective. Second, there is a lack of research on the economic density of land in large-scale watershed. So taking the Yellow River Basin as the research object, it is of great theoretical and practical significance to analyze the spatial pattern of urban land economic density in the Yellow River Basin from the provincial, municipal and county level, and to explore the influencing factors, which can provide technical support for the choice of the path to improve the urban land use efficiency and the overall strength of regional economy and society. Taking 8 provinces (Gansu, Qinghai, Shaanxi, Shanxi, Henan, Inner Mongolia, Ningxia and Shandong) in the Yellow River Basin as the research object, based on the multi-temporal and high-resolution global urban boundary interpretation data in 2018, the urban land economic density of the Yellow River Basin was calculated from the provincial, municipal and county-level scales. The spatial pattern of urban land economic density in the Yellow River Basin was discussed by using the methods of Theil index, global and local spatial autocorrelation analysis. With the help of geographical detector, the influencing factors of urban land economic density were analyzed. The analysis of urban land economic density from a single scale often conceals some important information. For example, the analysis at the large scale level may not take into account the scattered and local characteristics of the spatial pattern, and the analysis at the small scale level may not take into account the overall characteristics of the spatial pattern. This article comprehensively analyzes the spatial pattern of land economic density from multi-scale, and effectively solves this problem. The conclusion of spatial agglomeration from multi-scale perspective provides theoretical support for the implementation of differentiated management measures.

Key words: land economic density; ecological constraints; multi scale; Yellow River Basin