

# 河南省土地资源承载力时空演变分析与预测

全江涛, 杨永芳, 周嘉昕

(河南大学 环境与规划学院, 河南 开封 475004)

**摘 要:**为了探究土地资源的合理人口承载力,依据 2000—2016 年河南省相关数据,运用粮食生产波动指数模型、土地资源承载指数模型、土地资源限制度模型和灰色预测模型 GM(1,1),借助 ArcGIS 软件对河南省总体和分地市土地资源承载力进行动态分析,并对河南省分地市 2017—2026 年土地资源承载力进行了预测。结果表明:(1) 2000—2016 年,河南省总体土地资源承载指数呈现下降趋势,土地资源承载力由平衡有余转变至富裕级别。(2) 2000—2016 年河南省分地市中,人口超载类型区集中在豫西山区(三门峡、洛阳和平顶山)以及经济相对发达的郑州和济源;17 年间,土地资源承载指数均呈现出“西高东低”的特征;2016 年与 2000 年相比,河南省各地市中土地资源限制度较低的地市数和人口数均减少明显,不受土地资源限制的地市数量增多,其中省会郑州的土地资源限制度由轻度转向中度,呈现恶化趋势,需单独关注。(3) 2017—2026 年河南省除郑州和三门峡人口超载外,其余地市的土地资源承载力均呈现逐年上升的趋势,粮食盈余类型区的地市数量稳定,且盈余级别不断优化,表明区域土地资源承载力将会逐步增强,在未来仍满足经济发展需要和具备向省内外人口超载区域大量输出粮食的条件和基础。

**关键词:**土地资源承载力;土地资源限制度;时空演变;灰色预测模型;河南省

中图分类号:F301

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2020)02-0315-08

## Analysis and Prediction of Spatial and Temporal Evolution of Land Resource Carrying Capacity in Henan Province

QUAN Jiangtao, YANG Yongfang, ZHOU Jiaxin

(College of Environment and Planning, Henan University, Kaifeng, Henan 475004, China)

**Abstract:** In order to explore the reasonable population carrying capacity of land resources, based on the statistical data of Henan Province from 2000 to 2016, we used the grain production fluctuation index model, the land resource bearing index model, the land resource restriction model and the gray prediction model GM (1,1) to analyze the overall situation of Henan Province under the support of ArcGIS software. The dynamic analysis of the land resource carrying capacity of each city was carried out, and the land resource carrying capacity and population of the cities of Henan Province in the period 2017—2026 were predicted. The results show that: (1) from 2000 to 2016, the overall land resource carrying index of Henan Province presented the downward trend, and the land resource carrying capacity changed from balanced to rich levels; (2) in the cities of Henan Province from 2000 to 2016, the population overloaded areas concentrated in the mountainous areas of western Henan (Sanmenxia, Luoyang and Pingdingshan) and relatively developed Zhengzhou and Jiyuan; during the 17 years, the land resource carrying index showed ‘high west and low east’ pattern; in 2016, the number of cities and populations with lower land resource restrictions in various cities and counties in Henan Province decreased significantly, and the number of cities without restrictions on land resources increased, including the land resources of the provincial capital Zhengzhou, and the limit is shifted from mild to moderate, showing a deteriorating trend compared with those in 2000; (3) in the period 2017—2026, except for the population overload of Zhengzhou and Sanmenxia, the land resource carrying capacity of other cities show the increasing trend year by year,

收稿日期:2019-05-08

修回日期:2019-05-21

资助项目:国家自然科学基金(41771565);河南省政府决策研究招标项目(2017B189)

第一作者:全江涛(1994—),男,河南南阳人,硕士研究生,研究方向为土地资源开发与利用。E-mail:jtquan@126.com

通信作者:杨永芳(1964—),女,河南南阳人,教授,主要从事土地利用与乡村发展研究。E-mail:yyfnp@henu.edu.cn

and the number of cities in the grain surplus type area will be stable; the level is continuously optimized, indicating that the regional land carrying capacity is gradually increasing.

**Keywords:** land resource carrying capacity; land resource limitation; spatial and temporal evolution; grey prediction model; Henan Province

土地资源是人类赖以生存和发展的重要物质基础<sup>[1]</sup>,在经济社会发展中的地位不言而喻。但是随着我国城市化和工业化进程的快速推进,人地矛盾日益深化,有限且便于利用的后备土地资源持续减少,我国又是世界上人口最多且土地资源相对稀缺的国家,在这一背景下,研究不同时空条件下土地资源的供养能力和区域土地承载能力,是节约高效、可持续利用土地的基础,也是解决耕地保护和粮食安全等问题的关键所在,同样也是国家实现可持续发展的必然选择<sup>[2]</sup>。

土地资源承载力是指在一定的经济、技术和社会发展水平下,一个国家或地区利用自身土地资源所能持续供养的人口数量<sup>[3]</sup>。20 世纪 40 年代,美国学者 William Vogot 最早提出土地承载力的概念,即土地向人类提供饮食、衣物和住所的能力取决于土地的生产潜力<sup>[4]</sup>。80 年代英国学者马尔科姆提出了承载力估算的综合资源计量模型 ECCO (Enhancement of Carrying Capacity Options)<sup>[5]</sup>,它可以有效模拟人口变化与承载力之间的适时变化。1995 年,美国学者 Joel E. Cohen 出版《地球能养活多少人》一书对地球人口承载力做了全面系统的总结<sup>[6]</sup>,并发现不同学者的观点和结论存在极大差异,有学者认为现有人口数已经超过地球正常承载数量,也有学者认为随着科技和社会因素的持续促进作用,地球能够承载的人口极限值会不断提升。随后对土地承载力的研究更关注环境和可持续发展等领域。国内初期对于土地资源承载力的研究多是基于人一粮一地之间的关系<sup>[7]</sup>,主要是探讨区域耕地所能供养的最大人口数量。伴随经济社会的快速发展对土地需求的日益增多与土地自身所固有的面积有限、位置固定、质量差异等基本特性之间的矛盾日益凸显,后续对土地资源的研究中面临了诸如土地资源所能支撑的最大社会经济发展规模、土地开发程度与利用效益的协调性等新问题,众多学者意识到对土地资源其他功能研究的重要性,对于土地资源承载力的研究也逐渐从之前的单一侧重点转向多要素、多维度的统筹综合研究,研究方法也日趋多元,其中多数是通过建立土地资源承载力评价指标体系定量分析区域土地承载力大小<sup>[8]</sup>、开展国土开发强度与资源环境承载力耦合协调度分析<sup>[9]</sup>、运用系统动力学方法模型和检验与仿真技术开展局部土地承载力评价<sup>[10]</sup>、依据基于区内生物资源消费情况运用生态足迹法测算土地承载力大小<sup>[11]</sup>、采用

地理探测器区分在不同情境下的区域土地承载力水平<sup>[12]</sup>,还有运用空间回归分析法<sup>[13]</sup>来研究区域土地承载力并在此基础上对土地资源利用潜力进行预测<sup>[14]</sup>等;研究尺度方面,省域<sup>[15-16]</sup>、市域<sup>[8,12]</sup>、县域<sup>[2]</sup>等多个不同层面均有涵盖。纵观现有研究发现,目前对我国粮食主产区运用土地资源承载指数和土地资源限制度模型相结合来测算区域土地资源承载力的实证研究还相对较少且不够深入,本文将采用此法,以河南省为例展开研究。

地处中原地区、誉有“中原粮仓”的河南省,有限的土地资源不仅是本区域“四化”水平提升的基础,也是“中原经济区”和“中原城市群”优化升级的根本,对其开展土地资源承载力研究,不仅能够促进中原地域乡村振兴,助力精准脱贫扶贫,还有助于厘清区域粮食需求与盈余现状,其土地资源承载力的强弱直接关系到区域社会经济的健康发展,也关系到国家层面上的粮食安全。本文以河南省为研究区对辖区内土地资源承载力现状和土地资源限制度进行定量分析,并对后续年份的区域土地资源承载力水平进行预测,以为河南省可持续发展提供决策支持,同时也为相同资源条件地区提供参考。

## 1 研究区概况

河南省(31°23'—36°22' N, 110°21'—116°39' E)地处我国地势二、三阶梯交界和南北分区过渡地带,全省地形多样,地势西高东低,北部为太行山区,西部为伏牛山区,南部为桐柏山和大别山,中东部为黄淮海平原,西南部为南阳盆地。平原盆地、山地丘陵分别占总面积的 55.7%, 44.3%, 全省土地总面积  $1.67 \times 10^7 \text{ hm}^2$ , 其中耕地面积  $8.112\ 27 \times 10^6 \text{ hm}^2$  (2017 年), 占土地总面积的 48.58%, 区域属于我国粮食主产区。2017 年, 全省辖 17 个地级市和 1 个省直管县级市, 区域 GDP 为 44 552.83 亿元, 三次产业结构比为 9.3 : 47.4 : 43.3, 总人口 10 853 万人, 其中城镇人口为 5 444 万人, 城镇化率为 50.16%。

## 2 数据来源与研究方法

本文所需数据来源于《河南省统计年鉴》(2000—2017 年), 所用数据均是通过各项指标原始数据统计或者进一步计算得出。

2.1 粮食生产波动指数

从时间趋势看,因为粮食生产会遭受诸如作物播种面积、人类活动、自然和气候等方面一系列不确定性因素扰动,进而导致不同年份粮食产量产生差异。本文通过运用波动指数来表达年际粮食产量变化实际值与趋势值之间的变化程度<sup>[15]</sup>。公式如下:

$$GYFI_i = (Y_i - Y'_i) / Y'_i \tag{1}$$

式中:GYFI<sub>i</sub>为第*i*年区域粮食产量的波动指数;Y<sub>i</sub>为第*i*年粮食实际产量;Y'<sub>i</sub>为趋势粮食产量,即在正常情况下第*i*年的理论粮食产量。

2.2 土地资源承载力(LCC)模型

土地资源承载力通常用于反映地区人口和粮食之间的关系,即在一定粮食消费水平下,区域生产的粮食所能供养的人口数来衡量<sup>[16]</sup>,公式如下:

$$LCC = G / G_{pc} \tag{2}$$

式中:LCC表示土地资源承载力(人);G表示地区粮食总产量(kg);G<sub>pc</sub>表示人均粮食消费水平(kg/人)。根据联合国粮农组织(FAO)公布的人均营养热值标

准,结合中国的国情,国内诸多专家计算得出了中国人均年粮食消费 400 kg 即可达到营养安全要求<sup>[15]</sup>,本文同样采用此数值作为营养安全参考标准。

2.3 土地资源承载指数(LCCI)模型

为了进一步揭示区域现实人口数与土地资源承载力之间的关系,文章引入 LCCI 模型<sup>[15]</sup>,据此测算土地资源承载指数(LCCI)及相关指数,计算公式如下:

$$LCCI = P_a / LCC \tag{3}$$

$$R_p = (P_a - LCC) / LCC \times 100\% = (LCC - 1) \times 100\% \tag{4}$$

$$R_g = (LCC - P_a) / LCC \times 100\% = (1 - LCC) \times 100\% \tag{5}$$

式中:LCCI为土地资源承载指数;LCC为土地资源承载力(人);P<sub>a</sub>为现实人口数(人);R<sub>p</sub>为人口超载率;R<sub>g</sub>为粮食盈余率。根据区域 LCCI 值的不同可将各区域的土地承载力划分为粮食盈余地区、人粮平衡地区和人口超载地区,具体划分标准<sup>[17]</sup>见表 1。

表 1 基于 LCCI 的土地资源承载力分级评价标准

土地资源承载力		指数		人均粮食 /
类型	级别	LCCI	R <sub>g</sub> 、R <sub>p</sub>	kg
粮食盈余	富富有余	LCCI≤0.5	R <sub>g</sub> ≥50%	≥800
	富裕	0.5<LCCI≤0.75	25%≤R <sub>g</sub> <50%	533~800
	盈余	0.75<LCCI≤0.875	12.5%≤R <sub>g</sub> <25%	457~533
人粮平衡	平衡有余	0.875<LCCI≤1	0≤R <sub>g</sub> <12.5%	400~457
	临界超载	1<LCCI≤1.125	0<R <sub>p</sub> ≤12.5%	356~400
	超载	1.125<LCCI≤1.25	12.5%<R <sub>p</sub> ≤25%	320~356
人口超载	过载	1.25<LCCI≤1.5	25%<R <sub>p</sub> ≤50%	267~320
	严重超载	LCCI≥1.5	R <sub>p</sub> >50%	<267

2.4 土地资源限制度模型

土地资源限制度是指土地资源对人口集聚、数量及分布规律的规制,可以从土地资源角度明晰地区人口分布特征。基于市级层面,将土地资源限制度模型应用于土地资源承载指数(LCCI)模型,对河南省分地市人口分布的土地资源限制性进行分析,进而从土地资源角度明晰河南省人口分布状况。

$$PLI = P_{rl} / P_a \times 100 \tag{6}$$

式中:PLI为分地市土地资源限制度;P<sub>rl</sub>为分地市土地资源超载人口数;P<sub>a</sub>为分地市现实人口数;PLI取值范围为 0~100(结合现有对中国全域不同尺度的研究<sup>[18]</sup>和中国实情得知目前国内并无区域超载人口数大于现实人口数的特例),值越大,表明该地市人口分布的土地资源限制性越强。

2.5 灰色预测模型

灰色预测模型 GM(1,1)是依据灰色关联分析,

分析相关因素对系统的影响程度,然后依据数据树检验处理结果,建立 GM(1,1)模型,并对此进行求解。本文依据河南省各地市 2000—2016 年的土地资源承载指数(LCCI),借助灰色预测模型 GM(1,1)分别对河南省分地市 2017—2026 年土地资源承载指数(LCCI)进行预测。

为了确保 GM(1,1)模型预测结果的精度,需对模型进行精度验证,在本文中采取后验差检验。均方差比值 C 和小误差概率 p 的计算公式如下<sup>[19]</sup>:

$$C = \frac{S_2}{S_1}, p = p(|\varepsilon(k) - \bar{\varepsilon}| < 0.6745S_1) \tag{7}$$

式中:C为模型预测值与实际值之间的离散程度,值越小越好,其中 S<sub>1</sub>,S<sub>2</sub>分别为原始数据的标准差、预测数据的标准差;p为小误差概率,取值范围为 0~1,值越大越好。

本文通过借助南航灰色系统研究所(<http://igss.>



nuaa.edu.cn/)开发的灰色建模软件(GSTA 7.0),在通过精度验证的前提下求取 2017—2026 年河南省各地市土地资源承载指数(LCCD)结果。

表 2 精度检验等级

精度等级	相对误差( $\alpha$ )	关联度( $\epsilon_0$ )	均方差比值( $C_0$ )	小误差概率( $P_0$ )
1	0.01	0.90	0.35	0.95
2	0.05	0.80	0.50	0.80
3	0.10	0.70	0.65	0.70
4	0.20	0.60	0.80	0.60

3 结果与分析

3.1 2000—2016 年河南省粮食生产变化特征与态势分析

通过对河南省 2000—2016 年的粮食产量数据进行计算,得出粮食产量趋势线拟合方程  $Y_i' = 163.68x + 3844$ 。由图 1 可得,2000—2016 年河南省粮食产量波动指数相对较小,基本维持在  $-0.12 \sim 0.07$ ,除 2003 年外其余年份粮食产量波动指数均为正向,原因是 2003 年河南省遭受大面积持续性的洪涝灾害扰动,致使秋季种植业受损,作物播种面积和粮食产量较相邻年份相比大幅度降低,其余年份全省的粮食产量整体上呈现波动增长趋势,在 2015 年河南省粮食产量达到研究时段内的峰值,为  $6.435\ 63 \times 10^7\ \text{t}$ 。

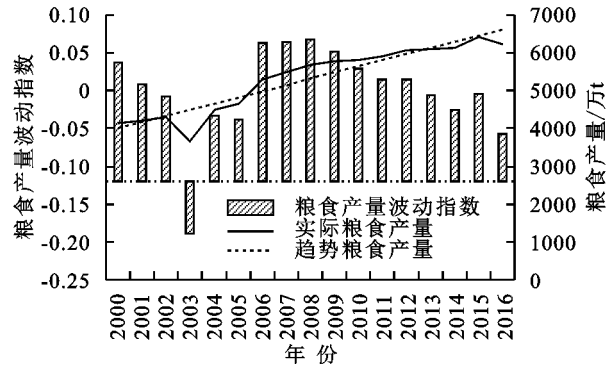


图 1 2000—2016 年河南省粮食产量波动变化状况

3.2 2000—2016 年河南省土地资源承载力状况变化特征与趋势分析

由图 2 可以看出,2000—2016 年河南省土地资源承载指数总体上处于下降状态,表明区域土地资源人口承载量呈现逐年增加趋势,除 2003 年土地资源承载指数为 1.01,处于临界超载级别外,其余年份土地资源承载力类型随时间推移由人粮平衡转变为粮食盈余类型区,级别上也随之由平衡有余转变为盈余再到富裕。河南省现实人口数则呈现出平缓上升的趋势,依据 2016 年统计数值计算出的土地承载力所能容纳的人口数尚有 5 531.42 万人的额外空间,意味着按照现行人均年粮食 400 kg 的

消费水平,河南省还能满足除本省外 5 531.42 万人口的粮食消费需求,但是河南省作为粮食生产核心区,自身人口数量在 2010 年度已超过 1 亿,土地资源承载力级别虽然呈现上升趋势,随着中原经济区、中原城市群的深入发展,人一粮一地三者之间的矛盾不可避免会进一步激化。因此,深入了解全省土地资源承载情况,对河南省分市的分析也必不可少,以便于明晰市级层面的土地资源承载状况。

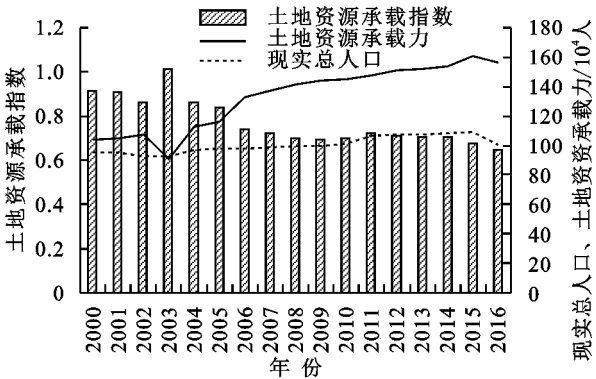


图 2 2000—2016 年河南省土地资源承载力状况

3.3 基于人粮关系的河南省各地市土地资源承载力状况空间分布与动态变化

通过公式(2),(3)计算河南省各地市土地资源承载指数,并选取河南省 18 地市 2000 年、2005 年、2010 年、2016 年 4 个年份土地资源承载指数(LCCD)数据,借助 ArcGIS 软件对这 4 个年份河南省分地市的土地资源承载指数(LCCD)进行可视化处理,并对其时空演变状况进行分析,结果如图 3 所示。

结合图 3 进一步分析河南省各地市土地资源承载力空间分布和动态变化原因可知,2000 年,分地市中土地资源承载力 3 种类型区均有分布,其中郑州、洛阳、三门峡和平顶山这 4 个地市属于不同级别的人口超载类型区,土地资源承载指数分别为 1.57,1.25,1.54,1.37,这些地区人口超载的原因也不尽相同。郑州作为河南省的省会,本年度城市化率已达到 35%,随着建成区面积的逐年扩大,优质耕地持续被占用,耕地面积总量和人均量均随之减少,市场导向型的农业发展模式也会反向调整农业种植结构以至降低粮食作物的种植比重,加之快速工业化和城市化进程中创造的众多就业机会,吸引以省内为主的外来务工人口到此就业和定居,这就使得人口超载率逐年上升。洛阳、三门峡和平顶山同属豫西山区,山地丘陵面积均超过区域总面积的 80%,由于地形地势原因,辖区内耕地面积总量少且坡耕地比重较大、质量差,农业生产发展条件受到极大的限制,其中平顶山又属煤炭资源型城市,持续的煤炭资源开采致使局部地区产生众多的矿山塌陷区,进而破坏地表耕地和植

被进一步减少耕地面积,这就使得区域人口超载程度加剧。南阳、济源、开封、漯河、安阳、驻马店属于人粮平衡类型区,其中南阳、济源属于临界超载级别,驻马店、漯河、安阳、开封属于平衡有余级别,表明土地承载力的增强对区域人口增长带来的压力得到不同程度的抵消;余下的 8 个地市则属于粮食盈余类型区,

其中周口、商丘、信阳、焦作属于盈余级别,许昌、濮阳、新乡、鹤壁土地资源承载力都达到富裕级别,原因在于这些地市多位于黄淮海平原区,耕作条件良好,农田水利基础设施相对完善,灌区的农田有效灌溉面积均超过 80%,上述因素都使得区域粮食产量得以提升、产量较高且增产潜力大。

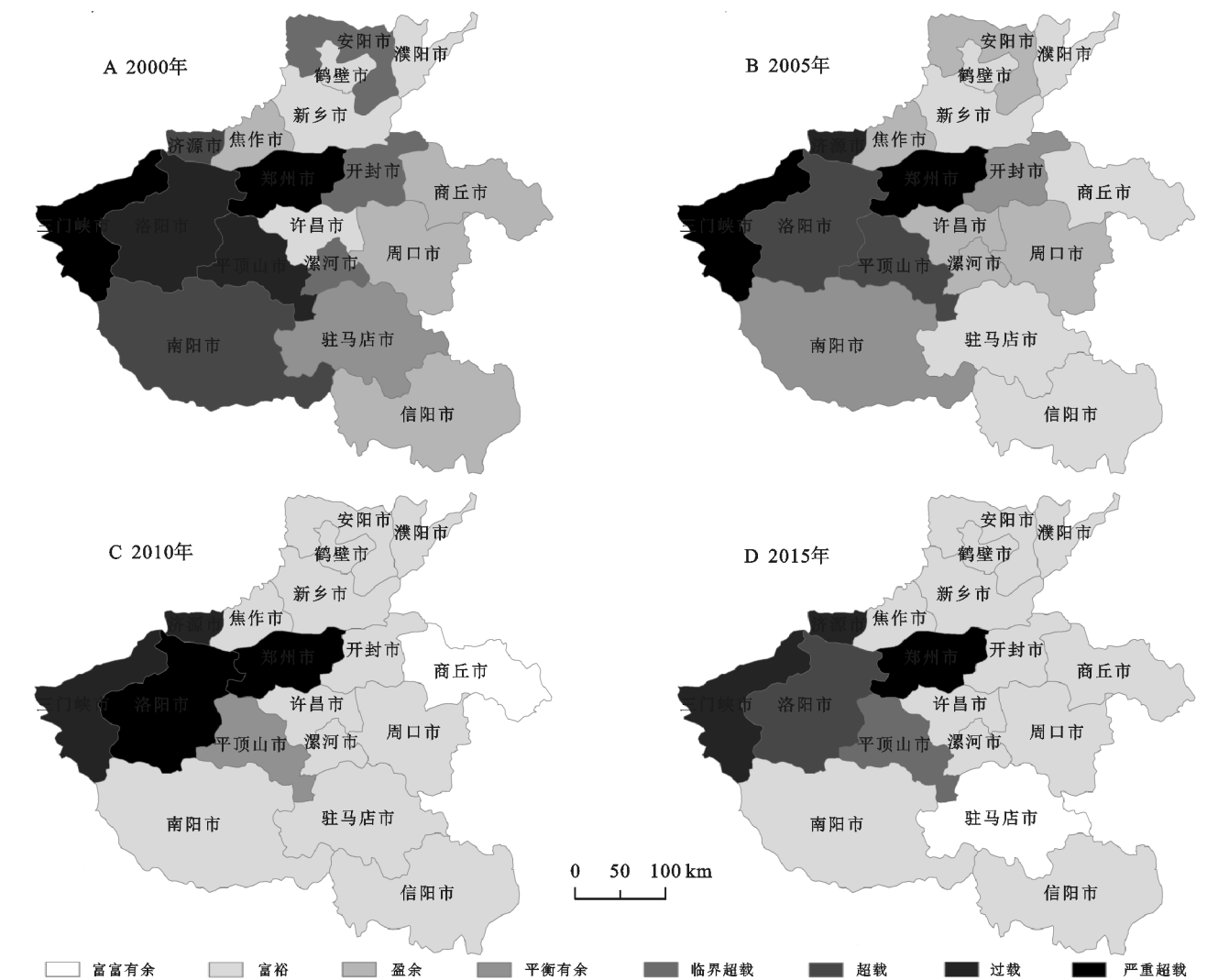


图 3 2000—2016 年河南省各地市土地资源承载力空间格局

2005 年,全省土地资源承载力状况中属于人口超载类型区的地市与 2000 年相比,除原先的 4 个地市外又增加了一个济源,济源由临界超载转变为严重超载,土地资源承载指数由 2000 年的 1.07 增至 2005 年的 1.46,原因在于济源属于工业型城市,工业化和城镇化进程中有限耕地资源逐步被压缩,且区域水土协调度较差,粮食增产缓慢,这也与当地政府和农民为了追求经济效益,人为调整农业种植结构,粮食作物的播种比重由 2000 年的 81.62% 降至 2005 年的 69.99%,致使济源的土地资源承载力由 2000 年的临界超载级别转变为 2005 年的严重超载级别。人粮平衡类型区只剩下开封和南阳两市,原因在于开封通过

对黄河沿岸的盐碱和沙化土地进行修复,改造中低产田使得耕地生产力得以提升;南阳虽然也属豫西山区且人口早已超过 1 000 万,但是有适宜耕作的南阳盆地,且通过土地整治,坡改梯田和移土培肥等多项措施,耕地面积得到增加,耕地生产力得以提升,上述两市均是通过增强土地资源承载力得以抵消区域人口增长带来的压力。漯河、安阳和驻马店 3 市土地承载力得以提升,由人粮平衡类型区转变为粮食盈余类型区,粮食盈余类型区地市由 8 个增至 11 个。

2010 年,人口超载类型区包括郑州、洛阳、三门峡和济源。之前属于人口超载类型区的平顶山转变为人粮平衡类型区中的平衡有余级别,通过查阅统计

年鉴并计算得出在 2006—2010 年,平顶山、郑州、洛阳、三门峡和济源这 5 个地市的年均粮食增长速率分别为 5.79%,1.77%,2.36%,4.20%,3.40%,可以看出,虽然这 5 个地市粮食产量都处于增长状态,但是在同一时段内平顶山的粮食增产速度超过其余 4 市的粮食增产速度,这就使得之前均处于严重超载行列的平顶山转变成为人粮平衡类型区。粮食盈余类型区地市增至 13 个。

2016 年,人口超载类型区依旧包括郑州、洛阳、三门峡和济源 4 市。2012 年,国务院正式批复中原经济区,郑州、洛阳、三门峡、平顶山和济源均作为中原经济区的核心区域和优先发展极,各自基于自然和经济层面的区域人粮紧张关系在相当长一段时间内无法扭转。平顶山目前虽属人粮平衡类型区,但已从平衡有余级别转变为临界超载级别,表明如若不采取有效措施区域将会再次转变成为人口超载类型区。粮食盈余类型区地市也依旧为剩余的 13 个地市。总

的来看,17 a 间,河南省土地资源承载指数均在空间上呈现出“西高东低”的特征,即土地资源承载力呈现“东高西低”的格局。

### 3.4 基于人口分布的河南省各地市土地资源限制度分析

由表 3 和数据计算得出,2000 年、2016 年河南省分地市分别有 12,13 个地市不受土地资源限制,2000 年、2016 年处于低等级(0—40)土地资源限制度的地市分别有 6 个(郑州、洛阳、三门峡、平顶山、济源、南阳)和 4 个(三门峡、洛阳、济源、平顶山)。分地市的土地资源限制度整体处于较低水平,表明区域人口分布受土地资源的限制较小;2016 年与 2000 年相比,土地资源限制度较低的地市数和人口数均减少明显,唯有作为省会的郑州由于人口密度大,经济较发达,土地资源限制度呈现出恶化趋势,由 20—40 转变为 40—60 等级。此评价结果与基于人粮关系的土地承载力评价结果的分地市现状近似一致。

表 3 2000 年、2016 年河南省分地市土地资源限制度评价

土地资源限制度	2000 年					2016 年				
	土地		人口		地市	土地		人口		地市
	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	数量/万人	比例/%		面积/km <sup>2</sup>	比例/%	数量/万人	比例/%	
0	97455	58.44	6431	67.78	12	123845	74.26	7549.03	74.97	13
0—20	43494	26.08	1737	18.31	3	23082	13.84	1252	12.43	2
20—40	25824	15.49	1320	13.91	3	12390	7.43	300	2.98	2
40—60	0	0	0	0	0	7446	4.47	972.40	9.65	1
60—80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80—100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### 3.5 河南省土地资源承载指数(LCCI)预测与分析

本文运用灰色建模软件(GSTA 7.0),对河南省各地市 2017—2026 年土地资源承载指数(LCCI)进行预测,由于预测具有不确定性,因此需要对预测结果进行精度验证。根据检验结果并对照精度检验等级参照表(表 2),在土地资源承载指数(LCCI)预测精度等级达到 1 级水平的前提下求取预测结果(表 4)。

由表 4 可知,2017—2026 年河南省各地市土地资源承载力变化相对较小,变化结果具有一定的延续性。对全省而言,在这一时段土地资源承载指数呈现逐年下降趋势,河南省的土地资源承载指数由预测期初的 0.74 降至研究期末的 0.51,虽同属于粮食盈余类型区的富裕级别,但是富裕程度得以优化,表明粮食生产还有极大的潜力,国家粮食战略工程河南核心区建设的实施成效较为显著。这里选取 2021 年、2026 年两个年份的土地承载指数进行对比,参照土地承载指数分级评价标准(表 1),2021 年河南省属于人口超载类型区的地市包括郑州、三门峡和济源;人粮平衡类型区的地市有平顶山和洛阳,剩余 13 个地

市属于粮食盈余类型区。2026 年,河南省人口超载类型区的地市仅剩郑州和三门峡,原先属于此类型的济源,与平顶山和洛阳同归于人粮平衡类型区,粮食盈余类型区土地承载力级别优化,属于粮食盈余类型区的 13 地市中富富有余级别的地市由 2021 年的 5 个增至 7 个,具体情况见表 5。

由此可见,土地资源承载指数高值区在预测时段内依然位于目前所属的豫西山区和经济相对发达的 5 个地市,在现行条件下,从人粮角度分析土地资源承载力状况,土地资源承载力强弱与耕地资源的分布呈现出显著的相关性。区域自然源禀赋和经济因素对当地土地资源承载力影响极大,其中三门峡、洛阳、平顶山均属于前者,这些地市位于豫西山区,自然资源禀赋因素对其影响不言而喻;郑州和济源属于后者,经济相对发达,2016 年底,两市的城市化率已分别达到 71%,59%,其中郑州市的建设用地面积已达到区域总面积的 1/5,建设用地的面积比重将会继续上升,进而增加区域耕地压力,进一步降低土地资源承载力。

表 4 河南省各地市 2017—2026 年土地资源承载指数预测结果

行政区域	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年	2025 年	2026 年	平均相对误差/%
全省	0.74	0.71	0.68	0.66	0.63	0.60	0.58	0.56	0.53	0.51	2.72
郑州	2.28	2.34	2.39	2.45	2.51	2.57	2.63	2.70	2.76	2.83	2.60
开封	0.69	0.67	0.66	0.65	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57
洛阳	1.12	1.11	1.10	1.09	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03	1.01	0.33
平顶山	1.03	1.02	1.01	1.00	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.16
安阳	0.57	0.55	0.54	0.52	0.51	0.49	0.48	0.46	0.45	0.44	0.47
鹤壁	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.45	0.44	0.43	0.42	0.92
新乡	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.56
焦作	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58	0.57	0.72
濮阳	0.56	0.55	0.54	0.54	0.53	0.52	0.51	0.51	0.50	0.49	0.50
许昌	0.66	0.65	0.64	0.64	0.63	0.63	0.62	0.62	0.61	0.61	0.34
漯河	0.60	0.59	0.58	0.57	0.57	0.56	0.55	0.54	0.54	0.53	0.46
三门峡	1.35	1.34	1.32	1.31	1.29	1.28	1.26	1.25	1.24	1.23	0.35
南阳	0.69	0.67	0.66	0.65	0.63	0.62	0.61	0.59	0.58	0.57	0.72
商丘	0.49	0.48	0.47	0.46	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.39	1.27
信阳	0.56	0.55	0.55	0.54	0.53	0.53	0.52	0.52	0.51	0.51	1.18
周口	0.52	0.51	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44	0.42	0.41	1.47
驻马店	0.46	0.45	0.44	0.44	0.43	0.42	0.41	0.40	0.40	0.39	1.50
济源	1.19	1.17	1.16	1.14	1.13	1.12	1.10	1.09	1.07	1.06	0.89

表 5 2021 年、2026 年河南省各地市土地资源承载力分区

土地资源承载力		行政区域	
类型	级别	2021 年	2026 年
粮食盈余	富富有余	周口、驻马店、商丘、鹤壁、新乡	周口、驻马店、商丘、鹤壁、新乡、安阳、濮阳
	富裕	开封、焦作、许昌、漯河、安阳、濮阳、南阳、信阳	开封、焦作、许昌、漯河、南阳、信阳
	盈余		
人粮平衡	平衡有余	平顶山	平顶山
	临界超载	洛阳	洛阳、济源
	超载	济源	三门峡
人口超载	过载	三门峡	
	严重超载	郑州	郑州

4 讨论与结论

4.1 讨论

(1) 本文只是以市域为研究单元展开研究,得到的结果可能会存在不足。微观尺度上的分析便于细化更小单元的土地资源承载力,更有利于精准揭示区域人粮之间的关系,在数据可获取情况下,后续研究将以县域为研究尺度,并通过构建综合评价指标体系,来探讨研究区域的土地资源承载力时空分异和演化特征。

(2) 由于不同时期人们的饮食结构和消费水平不尽相同,本文并未考虑时段差异对人均粮食需求量进行分段界定,以便能够更准确地衡量人们的消费需求。此外,粮食产量受到自然和气候因素的扰动较大且考虑到粮食增产的极限问题,这里只是依据河南省整体土地资源承载力水平逐年提升,粮食盈余类型区的地市个数和人口数量远超人口超载类型区的地市

个数和人口数量,并未对河南省各地市未来 10 a 粮食产量进行预测,以便能够明确得出河南省未来粮食产量除满足自身需求外可以对外输出的数量或养育的人口数,这些都是下一步工作研究的重点。

4.2 结论

(1) 2000—2016 年河南省土地资源承载指数呈现逐步下降趋势,土地资源承载力由平衡有余上升至富裕级别,表明区域总体土地资源仍有较大的开发潜力。

(2) 2000—2016 年,河南省分地市中人口超载类型区集中在坡耕地比重较大、质量差,农业生产发展条件受到限制的豫西山区(三门峡、洛阳和平顶山)和经济相对发达、人口增长较快的郑州和济源;17 a 间,土地资源承载指数在空间上均呈现出“西高东低”的特征;2016 年与 2000 年相比,河南省分地市中土地资源限制度较低的地市数和人口数均减少明显,不受土地资源限制的地市数量增多,省会郑州的土地资源限制度



由轻度转向中度,呈现恶化趋势,需单独关注。

(3) 2017—2026 年河南省除郑州和三门峡人口超载外,其余地市的土地资源承载力均呈现逐年上升的趋势,粮食盈余类型区的地市数量稳定,且盈余级别不断优化,表明区域土地承载力逐步增强,在未来相当长一段时间内仍满足经济发展需要和具备向省内外人口超载区域大量输出粮食的条件和基础。

#### 参考文献:

- [1] 王大本,刘兵.京津冀区域土地资源承载力评价研究[J].经济与管理,2019,33(2):9-14.
- [2] 卢青,胡守庚,叶菁,等.县域资源环境承载力评价研究:以湖北省团风县为例[J].中国农业资源与区划,2019,40(1):103-109.
- [3] 韩燕.承载力理论文献述评[J].经济研究导刊,2013(32):12-13.
- [4] 赵伟,卢锐,姜长军.基于 AHP 模型的淮河流域五省区土地资源承载力分析[J].湖北民族学院学报:自然科学版,2018,36(4):468-474.
- [5] Sleeser M. Enhancement of Carrying Capacity Options [M].London: The Resource Use Institute,1990.
- [6] Cheng K, Fu Q, Cui S, et al. Evaluation of the land carrying capacity of major grain-producing areas and the identification of risk factors[J]. Natural Hazards, 2016, 86(1):1-18.
- [7] 封志明,杨艳昭,张晶.中国基于人粮关系的土地资源承载力研究:从分县到全国[J].自然资源学报,2008,23(5):865-875.
- [8] 董思,任志远,魏倩倩.生态脆弱区土地综合承载力时空差异分析:以榆林市为例[J].水土保持研究,2017,24(6):286-291,299.
- [9] 卫思夷,居祥,荀文会.区域国土开发强度与资源环境承载力时空耦合关系研究:以沈阳经济区为例[J].中国土地科学,2018,32(7):58-65.
- [10] 祝秀芝,李宪文,贾克敬,等.上海市土地综合承载力的系统动力学研究[J].中国土地科学,2014,28(2):90-96.
- [11] 吕添贵,吴次芳,李洪义,等.基于生态足迹的水资源承载力评价研究:以喀斯特地区为例[J].中国国土资源经济,2017,30(5):42-47.
- [12] 杨瑾,左坤,崔斌,等.西安市土地资源承载力时空变化研究[J].西北师范大学学报:自然科学版,2019,55(1):121-128.
- [13] 孙钰,李新刚.基于空间回归分析的城市土地综合承载力研究:以环渤海地区城市群为例[J].地域研究与开发,2013,32(5):128-132,137.
- [14] 祝秀芝.土地综合承载力评价及预测研究[D].山东泰安:山东农业大学,2013.
- [15] 朱小娟,刘普幸,赵敏丽,等.甘肃省土地资源承载力格局的时空演变分析[J].土壤,2013,45(2):1346-1354.
- [16] 魏媛,吴长勇,曾昉,等.喀斯贫困山区土地资源承载力动态分析与预测[J].水土保持研究,2016,23(6):322-326.
- [17] 施开放,刁承泰.重庆市粮食生产发展特征及土地资源承载力空间格局研究[J].水土保持研究,2012,19(4):168-171.
- [18] 封志明,杨艳昭,游珍.中国人口分布的土地资源限制性和限制制度研究[J].地理研究,2014,33(8):1395-1405.
- [19] 刘思峰.灰色系统理论及其应用[M].北京:科学出版社,2010.
- [20] 84(1):66-83.
- [21] 韩文艳,陈兴鹏,张子龙,等.中国地级及以上城市水资源利用效率的时空格局分析[J].水土保持研究,2018,25(2):354-360.
- [22] 魏权龄.数据包络分析[J].科学通报,2000,45(17):1793-1808.
- [23] 孙威,董冠鹏.基于 DEA 模型的中国资源型城市效率及其变化[J].地理研究,2010,29(12):2155-2165.
- [24] Färe R, Grosskopf S, Lindgren B, et al. Productivity changes in Swedish pharmacies 1980—1989: A Non-Parametric Malmquist Approach[J]. Journal of Productivity Analysis, 1992,3:85-101.
- [25] Färe R, Grosskopf S, Norris M. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries[J]. American Economic Review, 1994, 84(1):66-83.
- [26] 郭腾云,徐勇,王志强.基于 DEA 的中国特大城市资源效率及其变化[J].地理学报,2009,64(4):408-416.
- [27] 潘竟虎,尹君.中国地级及以上城市发展效率差异的 DEA-ESDA 测度[J].经济地理,2012,32(12):53-60.
- [28] 吴育华,杨顺元,孙旭.中日城市供水系统静态效率的对比研究[J].西安电子科技大学学报:社会科学版,2008(2):85-88.
- [29] Joel B, Lin C, Brian D, et al. The relative economic efficiency of urban water utilities in regional New South Wales and Victoria[J]. Resource and Energy Economics, 2010,32(3):443-455.
- [30] Mukul K, Amit V. Efficiency evaluation of urban water supply services in an Indian state[J]. Water Policy, 2013,15:134-152.

(上接第 314 页)