

河南省城市韧性与土地利用效率的耦合协调性

白帅, 吴金华, 王祯

(长安大学 土地工程学院, 陕西 西安 710054)

摘要: [目的] 分析河南省城市韧性与土地利用效率的耦合协调关系, 为提高区域安全系数, 实现可持续发展提供科学支撑。[方法] 分别构建城市韧性与土地利用效率两系统的综合评价指标体系, 采用熵值法、自然断裂点法、数据包络分析(CCR, BCC、超效率 DEA 模型)及耦合协调度模型测度河南省 2019 年城市韧性、土地利用效率及两者的耦合协调度, 并进行空间类型划分。[结果] ①2019 年河南省 18 座城市的综合韧性在数值和空间分布上均存在明显差异, 且经济韧性与生态韧性成负相关关系; ②河南省城市土地利用水平整体呈良好状态, 但城市间差距较大; ③河南省城市韧性与城市土地利用效率整体上耦合度较高, 耦合协调度低于耦合度。其中 17 座城市处于城市韧性与城市土地利用效率高水平耦合阶段, 仅 1 座城市为低水平耦合。在空间上, 协调城市成“t”型分布; ④依据耦合协调度和相对发展度, 可将河南省 18 座城市划分为 7 种类型, 即高级协调、基本失调、基本协调—城市韧性滞后、基本失调—土地利用效率滞后、基本失调—土地利用效率滞后、基本失调—城市韧性滞后、严重失调—土地利用效率滞后。[结论] 城市韧性系统与土地系统密切相关。未来应将城市韧性建设与提升土地利用效率作为两个抓手, 因地制宜地采取措施促进二者协调发展, 以实现城市安全、可持续发展目标。

关键词: 城市韧性; 土地利用效率; 耦合协调度; 可持续发展; 河南省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2022)01-0308-09

中图分类号: F291.1

文献参数: 白帅, 吴金华, 王祯. 河南省城市韧性与土地利用效率的耦合协调性[J]. 水土保持通报, 2022, 42(1): 308-316. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2022.01.041; Bai Shuai, Wu Jinhua, Wang Zhen. Coupling relationship between urban resilience and land use efficiency in He'nan Province [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(1): 308-316.

Coupling Relationship Between Urban Resilience and Land Use Efficiency in He'nan Province

Bai Shuai, Wu Jinhua, Wang Zhen

(School of Land Engineering, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

Abstract: [Objective] The coupling and coordination relationship between urban resilience and land use efficiency in He'nan Province was studied to provide scientific support for increasing the regional security coefficient and realizing sustainable development. [Methods] A comprehensive evaluation index system based on urban resilience and land use efficiency was established, using the entropy method, the natural fracture point method, data envelopment analysis (CCR, BCC, super efficiency DEA model), and the coupling coordination degree model to measure urban resilience, land use efficiency, and the coupling coordination degree of these two quantities in 2019 in He'nan Province. The division of spatial types was also determined. [Results] ① The comprehensive resilience of 18 cities in Hen'an Province showed significant differences in both absolute values and spatial distribution. There was a negative correlation between economic resilience and ecological resilience; ② The overall level of urban land use in He'nan Province was at a good level, but there was a big gap between cities; ③ The coupling degree between urban resilience and urban land use efficiency in He'nan Province was relatively high on the whole, but the coupling coordination degree was lower than the coupling degree. Among them, 17 cities were in the stage of high-level coupling between

收稿日期: 2021-07-19

修回日期: 2021-08-20

资助项目: 国家自然科学基金项目“秦岭森林景观与生态系统服务时空演变研究”(31170664)

第一作者: 白帅(1997—), 女(汉族), 河南省郑州市人, 硕士研究生, 研究方向为土地利用规划与区域可持续发展。Email: 1025328256@qq.com。

通信作者: 吴金华(1965—), 女(汉族), 陕西省西安市人, 博士, 教授, 主要从事土地信息系统与国土空间规划方面的研究。Email: jinghuaw@chd.edu.cn。

urban resilience and urban land use efficiency, and only one city was in the low level coupling stage. Spatially, the coordinated cities were distributed in a “t” shape; ④ According to the coupling coordination degree and relative development degree, the 18 cities in He’nan Province could be divided into seven types: high coordination, basic imbalance, basic coordination—urban resilience lag, basic imbalance—land use efficiency lag, basic coordination—land use efficiency lag, basic imbalance—urban resilience lag, serious imbalance—land use efficiency lag. [Conclusion] The urban resilience system is closely related to the land system. In the future, the construction of urban resilience and the improvement of land use efficiency should be taken as two starting points. Measures should be taken according to local conditions to promote the coordinated development of these two systems so as to achieve the goal of safe and sustainable urban development.

Keywords: urban resilience; land use efficiency; coupling coordination degree; sustainable development; He’nan Province

城市土地是城市进行经济和社会各项活动的空间载体^[1],土地利用的方式、结构、效率等在一定程度上体现着城市发展阶段的特征与诉求。中国目前正处于经济发展转型阶段,城市愈发注重集约高效,土地利用效率因此得到了显著提升。早期低效的土地利用方式决定城市发展很大程度上依赖规模扩张,城市周边大量的生态用地、农业用地不断被侵占,生态环境做出了巨大的牺牲,随之而来的是气候变化、生态恶化、生物多样性减少等问题日趋严峻,对城市的安全、可持续发展造成了巨大的威胁,城市韧性作为城市遭受扰动后的“恢复”与“学习”能力,为解决这一问题提供了新的思路。

城市韧性指城市遭受外部扰动后保持或恢复城市各系统正常运行的能力^[2],主要涵盖了城市设施、生态、社会、经济 4 大方面,韧性联盟^[3]最早提出的设施环境、代谢流、管治网络、社会层面 4 个优先领域的研究侧重为梳理城市韧性内涵提供了理论支撑。近年来,城市韧性与其他系统的关系研究成为城市韧性研究领域的热点问题,并取得一定的研究成果。如张明斗等^[4]、马德彬等^[5]、周倩等^[6]均从城市群的角度出发分别研究了城市韧性与经济系统、城镇化之间的关系。以往研究从评价指标^[7-9]、研究方法^[10]及建设实践等^[11-12]方面间接体现了城市韧性与城市土地利用效率之间的关系,鲜有文章对两者关系进行直接研究。而城市土地利用效率作为城市土地利用投入和产出的相对量表^[13],直接影响着城市发展水平和潜力的挖掘提升^[14],是实现高质量发展过程中不可避免的话题,对韧性城市建设产生深远影响。一方面,土地利用效率高直接影

响韧性城市建设进程。城市土地利用效率高证明当前城市经济结构、生态平衡、基础设施建设达到了较理想的状态,城市系统应对风险的调适能力较优越;土地利用效率低则表示持续追加土地要素投入是城市发展的关键手段,建设用

地无序过度扩张及耕地、生态用地快速减少^[15],城市周边自然生态系统严重失衡,大大加剧了城市脆弱性。另一方面,城市韧性水平高低也会对土地利用产生正负两方面影响。高韧性度城市即使在面临冲击时,各系统依旧能通过调整、恢复以保障城市的正常运转,有利于维持土地高效利用;低韧性度城市在自然和社会冲击面前表现的难以适从,甚至可能出现“瘫痪”,包括土地资源利用在内的整个城市运行状况将受到严重影响。基于此,本文测度了 2019 年河南省城市土地利用效率与城市韧性,引入耦合协调度模型对两者的耦合协调关系进行分析,并提出具有针对性的发展建议,以期减轻城市脆弱性,增强城市适应性、韧性,实现高质量可持续发展提供理论支撑。

1 研究区域与方法

1.1 研究区概况

河南省地处中国中部,界于北纬 31°23′—36°22′,东经 110°21′—116°39′之间,包含 17 个地级市,1 个省直辖县级市。地势整体呈西高东低,中、东部有大面积集中连片的冲积平原,气候属大陆性季风气候,雨热同期,全年无霜期较短,优越的自然条件使得进行农业生产的限制因素较小,是中国重要的农业大省,众多国家级公路、铁路交汇于此,是中国重要的交通枢纽。近年来,河南省发展速度较快,处于工业化、城镇化快速发展阶段。2019 年,河南省城镇化率达 53.21%,GDP 总量为 5.43×10^{12} 元,稳居全国第五,第一、二、三产业之比为 8.5 : 43.5 : 48,经济结构趋于合理。

1.2 数据来源

研究数据主要包括河南省行政边界矢量数据及社会经济数据。行政边界矢量数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心,社会经济数据来源于 2020 年《中国城市统计年鉴》及《河南省统计年鉴》,并利用 min—max 法进行无量纲化处理。

1.3 评价指标体系构建

(1) 城市韧性评价指标体系。从城市韧性的内涵出发,借鉴张明斗等^[4]、程皓等^[16]、周利敏^[17]的相关研究,在遵循科学性、资料可获取性、可量化性及立足实际的原则下,构建包含经济、社会、生态、设施 4 个维度,“目标层—准则层—指标层”3 个层级共 16 个指标的城市韧性评价体系,利用熵值法确定各项指标权重,结果见表 1。

表 1 河南省城市韧性评价指标体系

目标层	准则层	指标层	权重
经济韧性		人均 GDP(元/人)	0.09
		财政收入/ 10^8 元	0.13
		实际使用外资金额/ 10^8 元	0.06
		第三产业所占比例/%	0.03
社会韧性		医疗卫生机构床位数/张	0.12
		在校大学生人数/ 10^4 人	0.19
		城镇失业率/%	0.04
		城镇基本医疗保险参保人数/ 10^4 人	0.04
生态韧性		人均园林绿地面积/ m^2	0.05
		建成区绿化覆盖率/%	0.02
		工业固体废弃物综合利用率/%	0.02
		工业废水排放量/ 10^4 t	0.02
设施韧性		人均道路面积/ m^2	0.04
		建成区排水管道密度/ $(km \cdot km^{-2})$	0.03
		全社会用电量/ 10^8 kWh	0.07
		公路货运量/ 10^4 t	0.06

(2) 土地利用效率评价指标体系。由于城市韧性只是对城市地区韧性值进行测度,因此,土地利用效率测度范围也只是城市地区。土地利用效率指标体系从投入、产出两个角度切入,综合考量河南省实际情况及其他学者研究成果^[18-19]进行构建。投入角度主要包含资金、土地、劳动力 3 个要素,分别采用建成区面积、固定资产投资总额、从业人员数量进行刻画,产出指标分别采用地区生产总值、社会消费品零售总额、园林绿地面积来体现土地利用带来的经济、社会、生态效益。

1.4 研究方法

1.4.1 数据包络分析 数据包络分析(data envelopment analysis, 简称 DEA)是一种评价决策单元(DMU)多要素投入与产出相对效率的分析方法,其优点在于无须考虑原始指标数据量纲,无须计算指标权重及建立具体的函数关系。传统的 DEA 模型主要包括 CCR, BCC 两种模型,CCR 模型假设规模报酬不变,所得结果为决策单元的综合技术效率,当结果等于 1 时,表示决策单元的土地利用效率较高,当结果小于 1 时,表示土地利用效率较低。在加入约束

条件 $\sum \lambda_k = 1 (k = 1, \dots, n)$ 后,变为 BCC 模型^[18]。BCC 模型假设规模报酬可变,测度的结果为纯技术效率。综合技术效率可分解为纯技术效率和规模效率,综合技术效率反映决策单元在既定投入水平下的产出能力,纯技术效率反映土地利用过程中科学技术的使用水平,规模效率则反映在一定投入水平条件下,决策单元的生产规模接近最优生产规模的程度^[20],三者的关系可表示为综合技术效率=纯技术效率 \times 规模效率。但 CCR, BCC 模型也具有限制性,当存在多个结果=1 的决策单元时,无法对其做进一步的比较。为了弥补这一缺陷,Andersen 等^[21]提出了超效率 DEA 模型,其表达式为:

$$s.t. = \begin{cases} \min \theta \\ \sum_{i=1, j \neq 1}^n X_j \lambda_j + S^- = \theta X_0 \\ \sum Y_j \lambda_j - S^+ = Y_0 \end{cases} \quad (1)$$

$$(\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, k, \dots, n; S^- \geq 0, S^+ \geq 0)$$

式中:每一个决策单元代表一座城市; θ 表示决策单元的效率值; X_j 和 Y_j 分别表示决策单元 j 的投入与产出; λ_j 为决策单元 j 的权重; S^- 和 S^+ 均为松弛变量, θ 值越大,效率就越高。

1.4.2 耦合协调度 耦合是指两个或两个以上体系或系统受自身和外界的各种相互作用而彼此影响的现象^[22],揭示两者关系的密切程度。两体系或系统之间的相互影响有良性与非良性之分,良性的相互影响表现为两者的相互促进、共同发展,非良性的相互影响则表现为两者的相互制约。其表达式为:

$$C = 2 \sqrt{\frac{(U_1 \times U_2)}{(U_1 + U_2)^2}} \quad (2)$$

式中: C 为两者的耦合度; U_1 为城市土地利用效率值; U_2 为城市韧性值。参考尹鹏等^[23]的研究成果,根据耦合度值可划分为 4 个阶段,当 C 属于 $(0, 0.3]$ 为低水平耦合阶段, $(0.3, 0.5]$ 为拮抗阶段, $(0.5, 0.8]$ 为磨合阶段, $(0.8, 1]$ 为高水平耦合阶段。

耦合协调度反映的是两者相互作用中良性耦合程度的大小,说明两者发展进程是否一致,发展水平是否相匹配。协调度是在耦合度计算结果基础之上进行的,具体公式如下:

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

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 \quad (4)$$

$$\alpha + \beta = 1 \quad (5)$$

式中: D 为两者的耦合协调度,本文认为城市土地利用效率与城市韧性同等重要,故 α 和 β 取值均为 0.5。综合考虑廖崇斌^[24]所界定的协调等级划分标准与本文的研究目的,将协调度划分为 4 个一级类,10 个二

级类(见表 2)。

1.4.3 相对发展度 选取相对发展度模型用以分析城市土地利用效率与城市韧性发展水平的相对滞后程度。具体公式如下:

$$E=U_1/U_2 \quad (6)$$

式中: E 为城市土地利用效率与城市韧性的相对发展度; U_1 为城市土地利用效率值; U_2 为城市韧性值。在协调度一级类划分结果的基础上考虑相对发展度所求结果,对空间类型做进一步细分,结果见表 2。

表 2 河南省城市韧性与土地利用效率的耦合协调等级划分标准及空间类型划分

协调度(D)	二级类	一级类	空间类型	相对发展度(E)
$0 \leq D < 0.1$	极度失调	严重失调	严重失调—土地利用效率滞后	$0 \leq E < 0.8$
$0.1 \leq D < 0.2$	重度失调		严重失调	$0.8 \leq E < 1.2$
$0.2 \leq D < 0.3$	中度失调		严重失调—城市韧性滞后	$E \geq 1.2$
$0.3 \leq D < 0.4$	轻度失调	基本失调	基本失调—土地利用效率滞后	$0 \leq E < 0.8$
$0.4 \leq D < 0.5$	濒临失调		基本失调	$0.8 \leq E < 1.2$
			基本失调—城市韧性滞后	$E \geq 1.2$
$0.5 \leq D < 0.6$	勉强协调	基本协调	基本协调—土地利用效率滞后	$0 \leq E < 0.8$
$0.6 \leq D < 0.7$	初级协调		基本协调	$0.8 \leq E < 1.2$
$0.7 \leq D < 0.8$	中级协调		基本协调—城市韧性滞后	$E \geq 1.2$
$0.8 \leq D < 0.9$	良好协调	高级协调	高级协调—土地利用效率滞后	$0 \leq E < 0.8$
$0.9 \leq D < 1.0$	优质协调		高级协调	$0.8 \leq E < 1.2$
			高级协调—城市韧性滞后	$E \geq 1.2$

2 结果与分析

2.1 城市韧性分析

利用多指标综合加权法测度 2019 年河南省 18 座城市的城市韧性,根据计算所得的城市韧性综合得分及各子系统韧性分值,借助 ArcGIS 10.2,利用自然断裂点法,将其按分值大小划分为 5 个等级,1 级至 5 级韧性分值逐渐增大,韧性水平逐渐升高,结果见表 3 和图 1。

表 3 2019 年河南省城市韧性测度

城市	综合韧性	经济韧性	社会韧性	生态韧性	设施韧性
郑州	0.872 0	0.300 9	0.367 0	0.058 2	0.146 0
开封	0.214 8	0.067 3	0.060 5	0.050 9	0.036 1
洛阳	0.343 9	0.129 6	0.080 4	0.034 9	0.098 9
平顶山	0.238 6	0.062 0	0.063 6	0.057 5	0.055 4
安阳	0.262 7	0.064 9	0.059 2	0.039 2	0.099 4
鹤壁	0.190 0	0.035 1	0.038 3	0.084 3	0.032 2
新乡	0.235 7	0.071 9	0.064 1	0.020 0	0.079 7
焦作	0.312 8	0.091 7	0.055 5	0.071 5	0.094 2
濮阳	0.194 5	0.035 5	0.033 8	0.078 8	0.046 4
许昌	0.296 4	0.084 9	0.043 6	0.093 0	0.074 9
漯河	0.253 5	0.045 1	0.060 5	0.099 2	0.048 8
三门峡	0.146 6	0.059 2	0.030 8	0.037 2	0.019 5
南阳	0.316 1	0.061 2	0.094 7	0.077 0	0.083 2
商丘	0.295 0	0.060 6	0.081 8	0.086 2	0.066 4
信阳	0.210 6	0.031 2	0.071 3	0.077 4	0.030 6
周口	0.257 5	0.041 2	0.056 9	0.069 2	0.090 2
驻马店	0.276 8	0.030 0	0.068 1	0.093 5	0.085 2
济源	0.169 5	0.065 2	0.013 2	0.056 2	0.034 9
均值	0.282 6	0.074 3	0.074 6	0.065 8	0.067 9

2019 年河南省城市韧性整体水平偏低,综合韧性算术平均值仅为 0.282 6,区域间综合韧性及各子系统韧性水平差异显著,且空间分布极不均衡。具体而言,综合韧性在空间上呈现出“中西部最优,东部次之,边缘最弱”的分布特征,其中最高的为郑州市(0.872 0),最低的为三门峡市(0.146 6)。将经济韧性与生态韧性结合起来可以发现,两系统韧性在空间上呈现出相反的分布特征。经济韧性呈现出以“商丘—许昌—平顶山—南阳”为界线的西北高,东南低的空间特征,而生态韧性则呈现出以“商丘—许昌—平顶山—南阳”为界线的西北低,东南高的空间特征,北部地区存在少量生态韧性较好而经济韧性较差的城市,如鹤壁市、濮阳市。可以判定,经济韧性与生态韧性基本成负相关关系,经济发展在一定程度上会对城市生态造成不利影响。从社会韧性来看,3 级中等水平城市占比最大,中部地区除个别城市出现极值外(郑州市为 0.367 0,济源市为 0.013 2),形成了中等社会韧性城市的集中连片。

在研究区范围内,各等级设施韧性城市交错分布,未呈现出明显的集聚特征,其中郑州市设施韧性分值最高,三门峡市设施韧性分值最低,其值分别为 0.146 0,0.034 9。造成上述差异的主要原因在于城市的自然禀赋及所处发展阶段不同。郑州市作为省会城市,经济、政策、社会保障及基础设施等各方面优势突出,其综合韧性水平遥遥领先,韧性发展过程中产生的溢出效应对周围区域韧性建设的推进产生了深远影响,边缘区域由于所受良性辐射有限,韧性水

平提升严重受阻。除此之外,城市所处阶段也成为制约其韧性提升的又一关键因素。如三门峡市有色金属主导产业因受资源日益紧缺的桎梏,城市转型却依旧处于探索过渡阶段,转型效果还不十分明显,极大地制约了城市韧性建设。城市安全是建设发展的根

本保障^[25],安全的实现有赖于各系统、各区域的协同发展。在未来,更应注重各系统、全区域的统筹兼顾,把握各城市差异化的韧性特征,以“一城一策”的发展战略促进城市风险应对能力的提升,以期实现河南省城市韧性的整体优化。

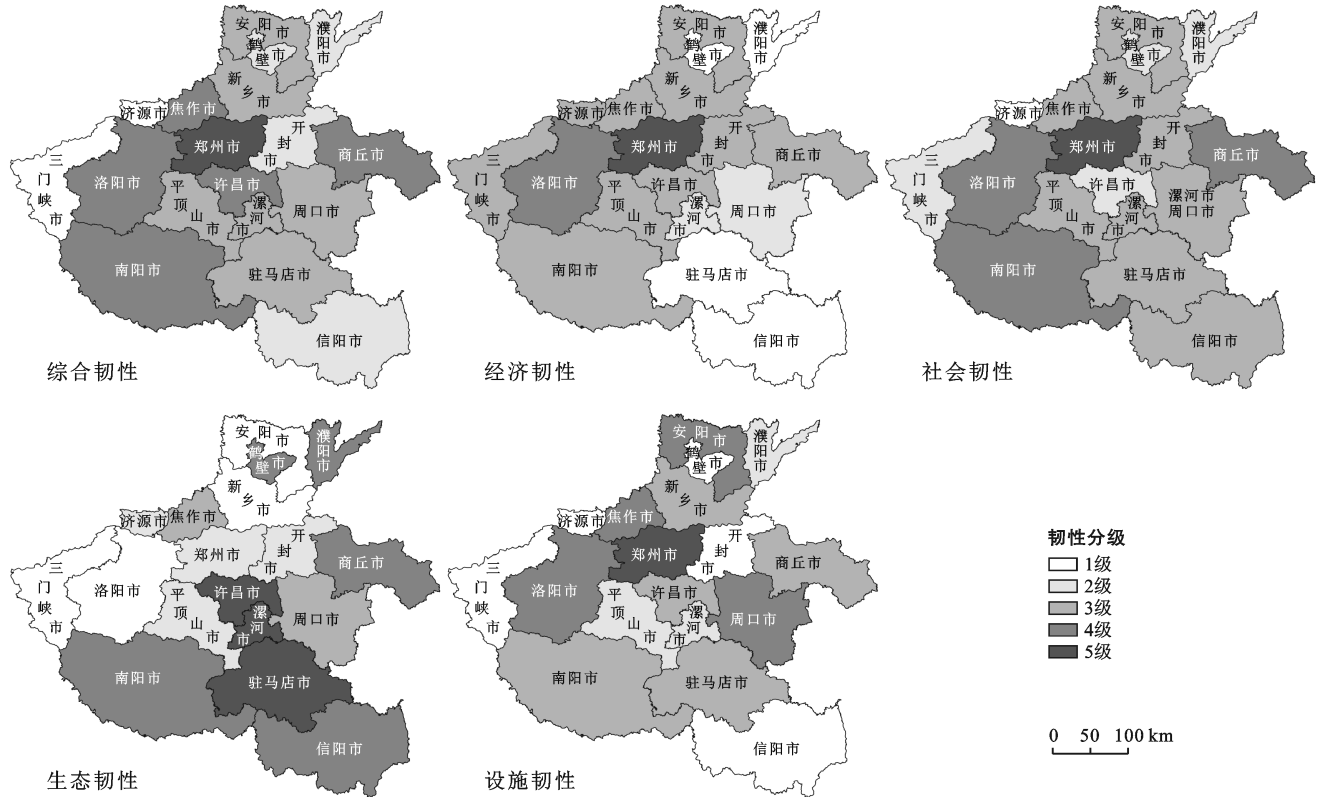


图 1 2019 年河南省城市韧性等级分布

2.2 城市土地利用效率分析

利用 DEA Solver Pro5.0 中的 CCR, BCC 模型计算 2019 年河南省各市城市土地的综合技术效率、纯技术效率、规模效率。依据公式(1)测算土地利用超效率值,对 DEA 有效的决策单元做进一步的比较分析,结果见表 4 和图 2。

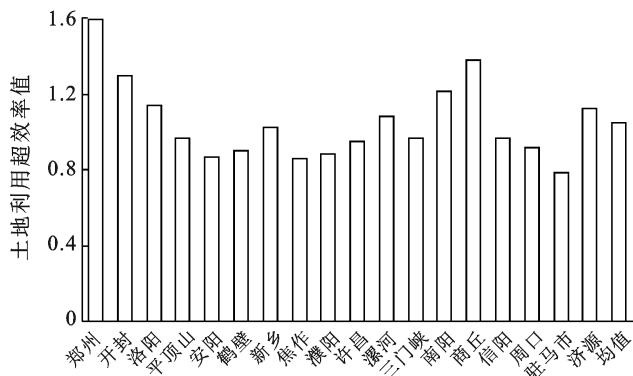


图 2 2019 年河南省各市土地利用超效率

(1) 基于 CCR, BCC 模型的综合技术效率、纯技术效率及规模效率分析。2019 年河南省 8 个决策单

元的综合技术效率值等于 1,表明这些区域的土地利用效率为 DEA 有效,城市土地利用效率达到了较高水平。以上 8 个决策单元同时达到了“技术有效”和“规模有效”,说明相较于其他城市,这些区域能够充分利用现有的技术条件,合理控制技术要素投入冗余,且在目前的投入产出水平下,生产规模达到最佳状态。剩余的其他城市为非 DEA 有效,其中驻马店市综合技术效率最低,为 0.780 8。主要原因在于驻马店市以发展农业、化工业等高投入、低效益的产业为主,经济效益的有限性以及发展过程中带来的不可逆的负外部效益极大地制约着驻马店市土地的高效利用。从纯技术效率与规模效率来看,纯技术效率 DEA 有效的城市有 13 座,纯技术效率非 DEA 有效的城市有 5 座,规模效率 DEA 有效的城市有 8 座,剩余 10 座城市为规模效率非 DEA 有效。其中平顶山、安阳、焦作、濮阳、驻马店 5 座城市为纯技术效率与规模效率“双无效”,说明上述 5 座城市在土地利用过程中科学技术的运用及投入规模对于实现综合技术效率 DEA 有效未产生促进作用。

(2) 基于超效率 DEA 模型的土地利用效率分析。由图 2 可知,8 座综合技术效率 DEA 有效的城市的超效率值由大到小排序为:郑州>商丘>开封>南阳>洛阳>济源>漯河>新乡。通过计算可得,河南省超效率的算术平均值=1.050 3>1,达到了 DEA 有效,说明河南省整体土地利用投入产出水平好,土地得到了较充分的利用,但仅有 7 座城市超效率值大于均值,仍有 11 座城市超效率值低于平均水平,说明城市间土地利用水平的差异较为显著,低效利用土地的情况还有待进一步改善。

2.3 城市韧性与城市土地利用效率耦合协调度分析

对超效率 DEA 模型计算所得的城市土地利用效率值进行标准化处理后,利用耦合协调度模型〔公式(2)~(5)〕,计算河南省城市韧性与城市土地利用效率的耦合度与耦合协调度,并根据耦合协调度类型划分结果,利用 ArcGIS 10.2 进行可视化,结果见表 5 及图 3。

(1) 耦合度。如表 5 所示,2019 年河南省整体的城市韧性与城市土地利用效率的耦合度均值为 0.91,属于高水平耦合阶段,表明河南省城市韧性与城市土地利用效率整体耦合状况良好,两者存在显著的强关联作用。利用 SPSS 25 对城市韧性与城市土地利用效率的相关性作进一步验证,所得两者的相关性系数为 0.627,且 $p < 0.01$,说明两者间存在显著的正相关

关系,与所得高水平耦合的结果一致。具体来看,17 座城市实现了高水平耦合,仅驻马店 1 座城市还处于低水平耦合阶段,说明 17 座城市城市韧性与城市土地利用效率之间的关联度较强,而驻马店市城市韧性与城市土地利用效率因受各系统内部因素影响更为显著,两系统之间还未体现较强的联动作用。

表 4 2019 年河南省城市土地利用效率

城市名	综合技术效率	纯技术效率	规模效率
郑州	1	1	1
开封	1	1	1
洛阳	1	1	1
平顶山	0.964 0	0.998 2	0.965 8
安阳	0.868 3	0.936 9	0.926 7
鹤壁	0.898 0	1	0.898 0
新乡	1	1	1
焦作	0.860 5	0.893 8	0.962 7
濮阳	0.885 4	0.979 5	0.903 9
许昌	0.946 1	1	0.946 1
漯河	1	1	1
三门峡	0.968 8	1	0.968 8
南阳	1	1	1
商丘	1	1	1
信阳	0.968 5	1	0.968 5
周口	0.916 5	1	0.916 5
驻马店	0.780 8	0.864 5	0.903 2
济源	1	1	1

表 5 2019 年河南省城市韧性与城市土地利用效率耦合协调度

城市名	耦合度	耦合阶段	协调度	一级类	二级类	相对发展度
郑州	1.00	高水平耦合	0.97	高级协调	优质协调	1.15
开封	0.87	高水平耦合	0.61	基本协调	初级协调	2.96
洛阳	0.99	高水平耦合	0.62	基本协调	初级协调	1.29
平顶山	1.00	高水平耦合	0.48	基本失调	濒临失调	0.95
安阳	0.91	高水平耦合	0.41	基本失调	濒临失调	0.41
鹤壁	0.99	高水平耦合	0.41	基本失调	濒临失调	0.76
新乡	0.99	高水平耦合	0.51	基本协调	勉强协调	1.26
焦作	0.85	高水平耦合	0.42	基本失调	濒临失调	0.32
濮阳	0.98	高水平耦合	0.40	基本失调	濒临失调	0.67
许昌	0.98	高水平耦合	0.50	基本协调	勉强协调	0.69
漯河	0.98	高水平耦合	0.56	基本协调	勉强协调	1.48
三门峡	0.97	高水平耦合	0.43	基本失调	濒临失调	1.59
南阳	0.97	高水平耦合	0.64	基本协调	初级协调	1.69
商丘	0.90	高水平耦合	0.68	基本协调	初级协调	2.52
信阳	1.00	高水平耦合	0.47	基本失调	濒临失调	1.10
周口	0.98	高水平耦合	0.46	基本失调	濒临失调	0.65
驻马店	0.04	低水平耦合	0.07	严重失调	极度失调	0.00
济源	0.90	高水平耦合	0.52	基本协调	勉强协调	2.51
均值	0.91	高水平耦合	0.51	基本协调	勉强协调	

(2) 耦合协调度。2019 年河南省整体的城市韧性与城市土地利用效率的耦合协调度均值为 0.51,说明研究期内河南省城市韧性与城市土地利用效率的整体耦合协调水平不高,属于勉强协调,两者强耦合

关系中的良性部分还未得以充分显现,存在极大的可塑性;耦合协调度取值范围为[0.07,0.97],跨度较大,显现出 18 座城市的城市韧性与城市土地利用效率两者耦合协调度差距明显的现实特征,其中最高的是郑

州市,最低的是驻马店市。郑州市不仅注重城市土地的高效利用,同时也注重城市应对风险能力的培养与提升。一方面通过革新国有建设用地出让政策,践行“标准地”出让制度,“坚持亩产论英雄”,不断提升土地利用效率;另一方面持续优化城市功能布局,加快产业结构升级、基础设施建设、信息网络完善,增强城市韧性,使二者发展步调达到优质协调。驻马店市因受自然条件和经济结构影响,土地利用效率为18座城市中最低,而城镇化进程的持续推进为城市韧性的提升奠定了软硬件基础,两者综合水平差距增大,呈现严重失调状态。具体来看,18座城市可归为4个一级类,5个二级类,其中郑州市为高级协调—优质协调,开封、洛阳、南阳、商丘为基本协调—初级协调,新乡、许昌、漯河、济源为基本协调—勉强协调,平顶山、安阳、鹤壁、焦作、濮阳、三门峡、信阳、周口市为基本失调—濒临失调,驻马店市为严重失调—极度失调,协调状态与失调状态的城市数量均为9座,各占城市总量的50%。由此可见,实现各城市城市韧性与城市土地利用效率良性协调发展任重道远。在未来发展规划中必须注重城市韧性与城市土地利用效率协同联动增长,在国土空间规划中落实韧性思维,通过编制落实各层级规划构建韧性优良的国土空间格局,全面统筹人与自然、发展与安全的空间关系,为应对冲击挑战提供新的思路,为提高城市土地利用效率提供新的可能。

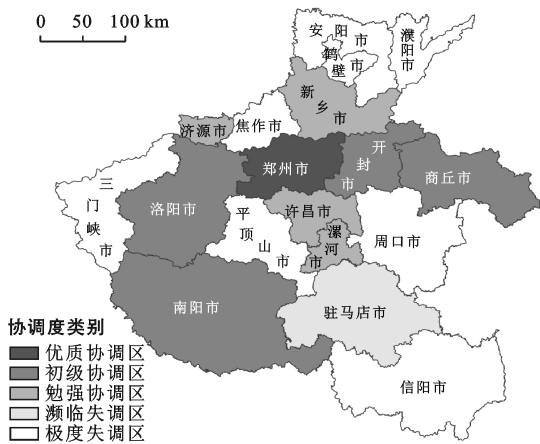


图3 2019年河南省耦合协调度空间分布特征

(3) 耦合协调度空间特征。由图3可以看出,河南省城市韧性与城市土地利用效率的耦合协调度存在明显的空间分异特征,协调状态城市呈“t”型布局,失调状态城市随之镶嵌分布。协调城市以郑州为中心,东西方向的初级协调城市、南北方向的勉强协调城市基本成对称分布,而失调城市以“t”型区域为轴带,在其四周环绕分布,且在边缘地区分布居多。郑州市作为国家级中心城市,是中国中部崛起的重要战

略高地,在区域内部发挥着不可替代的辐射作用^[19],与其距离越近,所受辐射影响就越强,韧性思维、节约高效发展理念对于城市的建设与发展指导作用就越强,而边缘地区所受辐射相对较弱,城市韧性建设、土地利用集约化发展进程相对缓慢,耦合协调水平随之受到严重制约。

2.4 空间类型划分

依据城市韧性与城市土地利用效率相对发展度所得结果(表5),并结合耦合协调度所划分的一级类,将18座城市细分为7大类型。

(1) 高级协调地区。该类型地区仅包括郑州市。郑州市城市韧性与城市土地利用效率水平达到了高度和谐阶段,且两者发展水平较为接近。在建设国家级中心城市的过程中,韧性建设及土地集约利用理念均得到了重视,有限的城市空间要求土地利用效率不断提升以期实现高质量发展,同时也为韧性水平的提升奠定基础。

(2) 基本失调地区。该类型地区主要包括平顶山、信阳市。两座城市的城市韧性与城市土地利用效率之间的良性关联还不十分显著,且两者发展水平较为接近。主要受平顶山、信阳市主导产业影响,平顶山市以能源化工、装备制造为主导产业,信阳则以农业、轻工业为主导产业,均具有科技贡献度低、单位产值能耗高、污染大的特征,土地利用及城市韧性的提升严重受阻。

(3) 基本协调—城市韧性滞后地区。该类型地区主要包括开封、洛阳、新乡、漯河、南阳、商丘、济源7座城市。以上7座城市城市韧性与城市土地利用效率之间良性联动作用较强,但城市韧性发展滞后。上述城市多发展重工业及资源密集型产业,此类型产业易对生态韧性造成显著胁迫,如三门峡市多发展铝业、有色金属等产业,矿山开挖导致地表植被破坏,生态系统承载力日益降低。除此之外,产业结构单一,第三产业对其经济总量贡献不足,经济系统承担风险的能力较弱,加之社会各系统建设还有待完善,城市综合韧性水平较为落后。在未来,应进一步强化韧性城市的战略地位,深入研究城市内各系统的交互机理,综合考虑发展目标及速度差异的基础上强化韧性管控,提升兼顾性^[26]。

(4) 基本协调—土地利用效率滞后地区。该类型地区仅包括许昌一座城市。许昌市基本实现了城市韧性与土地利用效率的协调发展,但城市土地利用水平相对较低。导致其城市土地利用效率较低的主要原因在于发展规模还不尽合理,土地利用过程中科学技术得到了充分应用,纯技术效率值为1,而规模

效率还未达到 DEA 有效,现有生产规模与最优生产规模间尚存在较大差距,成为其提升土地利用效率的制约因素。

(5) 基本失调—城市韧性滞后地区。该类型地区仅包括三门峡一座城市。三门峡市还未能建立起城市韧性与城市土地利用效率相互促进的良性循环,并且两者中城市韧性发展进程相对缓慢。三门峡的主导产业—铝业、有色金属等重工业的发展有赖于各种矿石资源的开采,大肆开挖矿山导致地表植被破坏,生态系统承载能力日益降低。同时,还可能引发局部地区的气候发生变化,自然灾害频发,城市脆弱性大大降低。

(6) 基本失调—土地利用效率滞后地区。该类型主要包括安阳、鹤壁、焦作、濮阳、周口 5 座城市。以上 5 座城市城市韧性与城市土地利用效率之间良性联动作用还有待强化,且土地利用水平落后于韧性水平。导致此现象的原因有两方面,一是该区域技术条件落后限制了土地利用效率的提升,二是投入产出比不尽合理,规模效应未得到充分发挥。在未来,该地区应充分发挥市场的主导作用,合理配置各类生产要素,同时,政府应积极引导,在综合考虑城市承载力的前提下,科学的扩张或适当控制城市规模。

(7) 严重失调—土地利用效率滞后地区。该类型仅包括驻马店市。驻马店市城市韧性与城市土地利用效率严重分离,土地利用水平极度滞后。驻马店市的综合技术效率、纯技术效率、规模效率均为非 DEA 有效,且综合技术效率为 18 座城市中最低,城市土地利用过于粗放,与城市节约集约的发展理念极不相符,与持续强化的城市韧性发展极不协调。在未来,应着重建立城市韧性与土地利用效率良性转化的纽带,以社会资源的合理配置带动城市韧性的系统建设^[4]。

3 结论与建议

3.1 结论

对 2019 年河南省城市韧性与城市土地利用效率进行测度,引入耦合协调度模型,分析两者的协调关系,结合两者相对发展度,实现对河南省空间类型的划分。

(1) 2019 年河南省城市综合韧性整体水平偏低,且空间分布不均匀,呈现出“中西部最优、东部次之、边缘最弱”的空间特征。

(2) 不同子系统韧性对于城市韧性的影响程度不同,空间分布特征也不尽相同。其中,生态韧性与经济韧性呈现明显的负相关关系。

(3) 河南省 18 座城市土地利用的综合技术效

率、纯技术效率、规模效率均存在明显差异,有 5 座城市存在纯技术效率与规模效率“双无效”。

(4) 河南省城市韧性与城市土地利用效率的总体耦合度较高,大部分城市处于高水平耦合阶段,但总体协调度较低。协调城市在空间上呈“t”型分布,失调城市伴随其镶嵌分布。

(5) 将耦合协调度等级与相对发展度结合起来,可将河南省城市划分为 7 种类型,分别是高级协调地区、基本失调地区、基本协调—城市韧性滞后地区、基本失调—土地利用效率滞后地区、基本失调—城市韧性滞后地区、基本失调—土地利用效率滞后、严重失调—土地利用效率滞后地区。

3.2 建议

(1) 立足城市方方面面,强化韧性思维渗透。发挥韧性在城市各系统发展过程中的指引作用,通过优化要素配置、搭建流通网络,加强韧性城市基础机能建设;预留弹性空间、丰富空间功能,实现对急性冲击所造成危害的有效分散。对于三门峡等韧性较低的地区,可在吸取国内外韧性城市建设经验的基础上,结合自身特征,分区县开展韧性城市试点工作,并形成一般经验,在全区域加以推广。

(2) 技术与规模并重,提高土地利用效率。把握中原城市群一体化发展的重大机遇,积极承担起东部地区产业转移的责任,引导省内各城市产业进行技术革新,刺激城市发展的内生动能,逐步实现由“要素、投资驱动”向“创新、财富驱动”^[27]的过渡与转变,实现土地利用技术效率的稳步提升。进一步规范土地管理的相关政策,新增产业应在考虑其负外部效益的前提下合理布局,优先考虑使用存量建设用地,合理控制城市用地规模。

(3) 协调两者发展步调,构建纵横互通格局。土地是城市存在与发展的载体,城市是土地利用成果的具象体现,两系统休戚相关。城市韧性提升的关键在于通过要素在结构及空间上的优化实现对风险的预判及规避,以土地资源作为中间介质,在不断提高土地利用效率的基础上引导其他附着于土地上的生产要素合理配置,实现两者同步发展。打破城市内及城市间的壁垒,积极培养次级核心城市,构建“核心—一般城市”的韧性辐射层级体系,促进区域可持续发展一体化。

[参 考 文 献]

- [1] Krekel C, Kolbe J, Wüstemann H. The greener, the happier? The effect of urban land use on residential well-being [J]. *Ecological Economics*, 2016,121:117-127.
- [2] 邵亦文,徐江.城市韧性:基于国际文献综述的概念解析

- [J].国际城市规划,2015,30(2):48-54.
- [3] Resilience Alliance. Urban Resilience Research Prospectus [M]. Canberra, Australia: CSIRO, 2007.
- [4] 张明斗,冯晓青.长三角城市群内各城市的城市韧性与经济发展水平的协调性对比研究[J].城市发展研究,2019,26(1):82-91.
- [5] 马德彬,沈正平.城市韧性与经济发展水平耦合协调研究:以京津冀城市群为例[J].资源开发与市场,2021,37(7):820-827.
- [6] 周倩,刘德林.长三角城市群城市韧性与城镇化水平耦合协调发展研究[J].水土保持研究,2020,27(4):286-292.
- [7] 张明斗,冯晓青.中国城市韧性度综合评价[J].城市问题,2018(10):27-36.
- [8] 刘玲,赵松岭,杨欣玥,等.京津冀城市韧性时空分异格局及影响因素研究[J].石家庄学院学报,2020,22(6):53-60.
- [9] 张鹏,于伟,张延伟.山东省城市韧性的时空分异及其影响因素[J].城市问题,2018(9):27-34.
- [10] 修春亮,魏冶,王琦.基于“规模—密度—形态”的大连市城市韧性评估[J].地理学报,2018,73(12):2315-2328.
- [11] 盖伦·纽曼,黎东莹,朱芮,等.城市再造与韧性提升:以绿色基础设施为导向的闲置土地再利用的经济绩效评估[J].景观设计学,2018,6(6):10-23.
- [12] 王峤,臧鑫宇.韧性理念下的山地城市公共空间生态设计策略[J].风景园林,2017(4):50-56.
- [13] 张荣天,焦华富.长江经济带城市土地利用效率格局演变及驱动机制研究[J].长江流域资源与环境,2015,24(3):387-394.
- [14] 赵丹丹,胡业翠.城市土地利用效率与城市化耦合协调性研究:以我国 285 个地级及以上城市为例[J].水土保持研究,2017,24(1):291-304.
- [15] Ma Li, Long Hualou, Tu Shuangshuang, et al. Farmland transition in China and its policy implications [J]. Land Use Policy, 2020,92:104470.
- [16] 程皓,阳国亮,纪晓君.中国十大城市群城市韧性与环境压力脱钩关系研究[J].统计与决策,2019,35(7):79-83.
- [17] 周利敏.韧性城市:风险治理及指标建构:兼论国际案例[J].北京行政学院学报,2016(2):13-20.
- [18] 唐辉,陈松林.安徽省城市紧凑度与土地利用效率耦合分析[J].亚热带资源与环境学报,2019,14(4):71-80.
- [19] 韩磊,何佟佟,杨勇.城市群高质量发展与土地利用效率耦合协调度评价[J].河南师范大学学报,2021,48(1):95-101.
- [20] 邱莹莹,孙峻,周戎星,等.基于 DEA 模型的城市土地利用效率空间差异分析[J].武汉理工大学学报(信息与管理工程版),2017,39(5):593-597.
- [21] Andersen P, Petersen N C. A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis [J]. Management Science, 1993(10):1261-1264.
- [22] Li Yangfan, Li Yi, Zhou Yan, et al. Investigation of a coupling model of coordination between urbanization and the environment [J]. Journal of Environmental Management, 2012,98:127-133.
- [23] 尹鹏,刘继生,陈才.东北振兴以来吉林省四化发展的协调性研究[J].地理科学,2015,35(9):1101-1108.
- [24] 廖重斌.环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系:以珠江三角洲城市群为例[J].热带地理,1999,19(2):171-177.
- [25] 唐皇凤,王锐.韧性城市建设:我国城市公共安全治理现代化的优选之路[J].内蒙古社会科学(汉文版),2019,40(1):46-54.
- [26] 陈利,朱喜钢,孙洁.韧性城市的基本理念、作用机制及规划愿景[J].现代城市研究,2017,32(9):18-24.
- [27] 杨俊,黄贤金,王占岐,等.新时代中国城市土地集约利用若干问题的再认识[J].中国土地科学,2020,34(11):31-37.

(上接第 307 页)

- [29] 刘晓东,张敏锋,惠晓英.青藏高原当代气候变化特征及其对温室效应的响应[J].地理科学,1998,18(2):113-121.
- [30] 杜军,马玉才.青藏高原降水变化趋势的气候分析[J].地理学报,2004,59(3):375-382.
- [31] 尚华明,洪建昌,张瑞波,等.树轮记录的西藏东北部过去 552 a 上年 10 月至当年 5 月降水量变化[J].山地学报,2018,36(6):821-832.
- [32] 张岩,张建军,张艳得,等.三江源区径流长期变化趋势对降水响应的空间差异[J].环境科学研究,2017,30(1):40-50.
- [33] 强安丰,魏加华,解宏伟.青海三江源地区气温与降水变化趋势分析[J].水电能源科学,2018,36(2):10-14.
- [34] 程根伟.贡嘎山极高山区的降水分布特征探讨[J].山地研究,1996(3):177-182.
- [35] 甄英,何静.近 60 年岷江流域气温变化趋势与突变性分析[J].安徽农业科学,2018,46(4):151-155.
- [36] 柳锦宝.基于改进线性双源遥感蒸散模型的四川省干旱监测研究[D].四川 成都:成都理工大学,2018.
- [37] 张文广,胡远满,张晶,等.岷江上游地区近 30 年森林生态系统水源涵养量与价值变化[J].生态学杂志,2007,26(7):1063-1067.
- [38] 吴丹,邵全琴,刘纪远,等.三江源地区林草生态系统水源涵养服务评估[J].水土保持通报,2016,36(3):206-210.
- [39] 曹明,李俊生,王伟,等.基于 InVEST 与倾向评分匹配模型评估秦岭国家级自然保护区水源涵养服务保护成效[J].生物多样性,2021,29(5):617-628.
- [40] 刘铁冬.杂谷脑河流域近 30 年景观格局时空演变研究[J].水土保持研究,2014,21(3):98-102,108.
- [41] 陈财,杨斌,李丹,等.岷江上游流域植被覆盖度时空变化分析[J].西南科技大学学报,2019,34(1):13-19.
- [42] 祝聪,彭文甫,张丽芳,等.2006—2016 年岷江上游植被覆盖度时空变化及驱动力[J].生态学报,2019,39(5):1583-1594.