

乡村土地利用结构效率时空特征及影响因素

杨奎¹, 张宇¹, 赵小凤², 文琦³, 钟太洋^{1*}

(1. 南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210023; 2. 河海大学公共管理学院, 南京 211100;
3. 宁夏大学资源环境学院, 银川 750021)

摘要:探讨乡村土地利用结构效率地区差异对于引导乡村土地高效利用具有重要的现实意义, 同时在乡村振兴战略背景下, 科学合理评估乡村土地时空配置情况, 可以为实现乡村可持续发展提供国土资源保障。论文以2009—2016年中国大陆31个省市为研究对象, 采用Super-SBM模型和地理探测器对乡村土地利用结构效率时空分异与影响因素进行分析。结果表明: ① 2009—2016年中国乡村土地利用结构效率整体处于中等水平, 且呈现逐年上升态势; ② 全国乡村土地利用投入产出效率的空间差异显著, 中国乡村土地利用投入产出效率表现为东高西低、北高南低的分布态势; ③ 各因素对中国乡村土地利用结构效率的影响力存在时间上的波动性和空间上的异质性, 乡村条件的影响力显著高于城乡关系作用; ④ 中国乡村土地利用过程中各类型用地均表现为投入冗余, 各地区之间可节约用地比例差异明显, 需要依据地区发展实际情况进行结构优化。

关键词: 乡村; 土地利用结构; 时空特征; 影响因素; 中国

土地利用结构是区域内各类型用地的数量结构和空间布局及其相互影响、相互作用关系(鲁春阳等, 2010; 王群等, 2015)。不同类型的土地利用结构显示出不同的区域景观格局(Fan et al, 2019), 并对土地经济产出效益、社会效益及生态效益产生不同影响。随着中国城镇化进程的不断深入, 区域土地利用数量结构和空间布局发生了较大变化, 对土地利用结构研究有助于理解中国城镇化过程的土地要素变化, 并致力于土地利用格局优化。

数量结构和空间布局是土地利用结构研究的2项核心内容, 其中, 数量结构指一定区域内各类型用地面积占区域土地总面积的比重, 空间布局即各地类在空间上的落地(王群等, 2015)。学界围绕上述2项内容开展了诸多研究, 取得了较为丰硕的成果。在土地利用数量结构的研究方面, 应用了百分比排序、吉布斯-马丁(Gibbs-Martin)多样化指数和集中化指数及威弗·托马斯组合系数法(张超等, 1983; 封志明等, 2003; 陈其春等, 2009)等方法进行

定量表达和分析; 在土地利用空间布局方面, 综合运用区位熵、空间洛伦兹曲线和基尼系数基本原理对各类型用地的离散程度进行描述(陈军伟等, 2006), 并运用信息熵的方法反映土地利用系统的有序程度(谭永忠等, 2003)。除此之外, 在研究尺度上, 已有文献从县域、市域、省域等对土地利用结构问题进行了多尺度的探讨(谭永忠, 2004; 陈红蕾等, 2014; 李娜等, 2018; 徐杰等, 2019)。在研究目的上, 早期学者多关注经济目标和社会目标下的土地利用结构优化, 随着党的十八大报告提出“大力推进生态文明建设”, 学界关于土地利用结构的研究呈现出一定的转向特征, 以生态安全(严超等, 2017)、水资源约束(雷鸣等, 2017)、碳排放(李小康等, 2018)、退耕还林(草)(田晓宇等, 2018)和生态绿当量(徐杰等, 2019)等生态目标下的土地利用结构优化逐渐成为重点研究对象。已有文献从理论层面与实践层面对土地利用结构这一科学问题进行了深入剖析, 大大推进了土地利用结构的研究进

收稿日期: 2019-04-29; 修订日期: 2019-09-01。

基金项目: 国家自然科学基金项目(41771189); 中国国土勘测规划院招标项目(2018049-6)。[Foundation: National Natural Science Foundation of China, No. 41771189; Project from China Land Surveying and Planning Institute, No. 2018049-6.]

第一作者简介: 杨奎(1994—), 男, 河南信阳人, 硕士生, 研究方向为土地利用与城乡规划。E-mail: muyi_kui@qq.com

*通信作者简介: 钟太洋(1976—), 男, 江西于都人, 副教授, 博士, 研究方向为土地资源管理。E-mail: taiyangzhong@163.com

引用格式: 杨奎, 张宇, 赵小凤, 等. 2019. 乡村土地利用结构效率时空特征及影响因素[J]. 地理科学进展, 38(9): 1393-1402. [Yang K, Zhang Y, Zhao X F, et al. 2019. Temporal and spatial characteristics and influencing factors of structural efficiency of rural land use. Progress in Geography, 38(9): 1393-1402.] DOI: 10.18306/dlkxjz.2019.09.012

程,但对于经济、社会、生态等多目标协同下的土地利用结构优化研究相对欠缺,且从研究尺度看,缺乏对全国层面的探索。

城镇化作为人类改造地表形态最为剧烈的过程之一,深刻地改变着区域土地利用结构,当前学界对于城镇化地区的探讨相对丰富(郑新奇等, 2004; 吴得文等, 2011),而对于为城市建设提供重要用地来源之一的乡村土地研究有待进一步完善。基于此,本文聚焦于研究乡村的土地利用结构和利用效率,构建经济、社会、生态3个方面的指标体系,运用Super-SBM模型和地理探测器对全国31个省市(不包括港澳台地区)的乡村土地利用结构效率时空分异与影响因素进行探讨。

1 研究方法数据来源

1.1 土地利用结构效率指标体系的构建

乡村土地利用结构效率评估是通过对比不同用地类型结构配置产出效度来评价用地结构的优化程度,指标体系需要综合“投入-产出”2个方面构建。投入指标的选取为乡村的各种用地类型,考虑到指标选取的科学性和合理性,研究综合2017年国土资源部组织修订的国家标准《土地利用现状分类》(GB/T 21010—2017)中的土地利用12个一级类与73个二级类和《中华人民共和国土地管理法》的3大地类分类标准,选取涵盖乡村各类活动且与乡村联系密切的农用地和村庄用地共计8类用地作为投入指标。对于乡村土地利用的产出指标则需要综合考虑乡村发展的经济、社会和生态多方效益以及乡村土地利用过程中的非期望产出(李娜等, 2018; 杨奎等, 2018),已有研究对于经济效益产出多选择地区生产总值,但目前没有乡村GDP统计指标,而单纯使用第一产业增加值则会严重遗漏乡村非农产业用地的经济效益。为此,本文采用郑鑫(2014)的研究思路,以第三产业劳动生产率估测乡村非农产业劳动生产率,运用“生产法”[乡村GDP=第一产业增加值+(乡村从业人数-第一产业从业人数)×(第三产业增加值/第三产业从业人数)]估算乡村GDP,作为乡村土地利用经济效益产出指标;社会效益主要表现为土地利用使得区域生产、生活等非自然条件的改善,粮食产量一方面可以代表乡村土地利用生产能力的改善提升,另一方面在粮食安全问题的背景下,确保谷物基本自给、口粮绝对

安全,也是乡村土地利用结构优化的重要任务,因此选择粮食产量作为社会效益量化指标;乡村土地利用的生态效益主要用于约束乡村土地利用过程中重经济效益、轻生态保护的可持续发展,土地利用的低碳转型作为绿色发展理念的重要议题,乡村不同用地类型碳排放量存在差异,耕地和村庄等生产和生活空间作为碳源会产生环境负担和外部性损失,对极端天气灾害和全球变暖有直接作用,而林地和草地等生态空间作为碳汇则有助于缓解生产和生活碳排放造成的不良影响,实现乡村“生态宜居”的战略目标,因此选取乡村土地利用碳排放总量作为生态效益非期望产出评估土地利用结构优化程度。具体指标如表1所示。

1.2 数据包络分析(Super-SBM模型)

数据包络分析(Data Envelopment Analysis, DEA)是Charnes等(1978)基于“相对效率”概念提出的评价同类决策单元多指标投入和产出效益的线性规划模型,被称为“Charnes-Cooper-Rhodes(CCR)”模型。之后该模型修正为规模收益可变的“Banker-Charnes-Cooper(BCC)”模型(Banker et al, 1984)。两者测度同质单元的效率是基于径向和角度层面,当出现非零松弛时测算结果会偏大,而且也难以科学处理非期望产出问题。而Tone(2001)基于非径向和非角度提出了Slack Based Measure(SBM)模型,从

表1 乡村土地利用结构效率评价指标体系
Tab.1 The index system of rural land use structure efficiency evaluation

目标层	因素层	控制层	指标层
投入 指标	土地	耕地	耕地(万hm ²)
		园地	园地(万hm ²)
		林地	林地(万hm ²)
		草地	天然牧草地(万hm ²)
			沼泽草地(万hm ²)
			人工牧草地(万hm ²)
		交通运输用地	农村道路(万hm ²)
		水域及水利设施用地	水库水面(万hm ²)
			坑塘水面(万hm ²)
			沟渠(万hm ²)
产出 指标	经济效益 社会效益 生态效益	城镇村及工矿用地	村庄(万hm ²)
		其他土地	设施农用地(万hm ²)
			田坎(万hm ²)
		期望产出	乡村GDP(亿元)
		期望产出	粮食产量(万t)
		非期望产出	碳排放总量(万t)

投入和产出2个角度对无效率状况进行测度,能够有效处理投入要素的“拥挤”或“松弛”现象,已被广泛运用于土地利用等方面的研究(张苗等, 2016; 胡碧霞等, 2018),但SBM模型计算所得最高的效率值为1,当出现多个效率为1的省市时,便无法进一步确定哪个省市效率更高,Super-SBM模型则可以通过超过1的效率计算解决该问题。计算公式为(Tone, 2002):

$$\begin{aligned} \min \rho = & \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^n (\bar{x}/x_{i0})}{\frac{1}{r_1+r_2} \left(\sum_{s=1}^{r_1} \bar{y}^d / y_{s0}^d + \sum_{q=1}^{r_2} \bar{y}^u / y_{q0}^u \right)} \\ \text{s.t. } & \bar{x} \geq \sum_{j=1, \neq 0}^n x_{ij} \lambda_j; \quad \bar{y}^d \leq \sum_{j=1, \neq 0}^n y_{sj}^d \lambda_j; \\ & \bar{y}^d \geq \sum_{j=1, \neq 0}^n y_{qj}^d \lambda_j; \quad \bar{x} \geq x_0; \quad \bar{y}^d \leq y_0^d; \quad \bar{y}^u \geq y_0^u; \\ & \lambda_j \geq 0, i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n, j \neq 0; \\ & s=1, 2, \dots, r_1; q=1, 2, \dots, r_2 \end{aligned} \quad (1)$$

式中: ρ 为土地利用结构效率值, n 为省市数量,评价指标由投入(m)和产出(期望产出 r_1 和非期望产出 r_2)构成; x, y^d, y^u 分别为投入矩阵、期望产出矩阵和非期望产出矩阵中的元素;向量 $\bar{x}, \bar{y}^d, \bar{y}^u$ 分别为投入松弛量、期望产出松弛量和非期望产出松弛量; λ 是权重向量。

1.3 地理探测器

地理探测器是由Wang等(2010)开发的、用于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,相比于常规空间分析,该方法可以探测定性和定量2类数据,而且没有线性假设,物理含义明确,对于变量的空间关联和异质性探测作用显著(王劲峰等, 2017),现已被广泛拓展至区域经济(程哲等, 2018)、人口流动(王国霞等, 2019)、城镇化(刘彦随等, 2012)和土地利用(李涛等, 2016)等多个领域。本文采用地理探测器对乡村土地利用结构效率分布格局的影响因子进行分析,公式如下:

$$P_{D,U} = 1 - \frac{1}{n\sigma^2} \sum_{i=1}^k n_i \sigma_i^2 \quad (2)$$

式中: $P_{D,U}$ 是影响因素 D 对乡村土地利用结构效率 U 的影响程度; n 为研究单元数量; σ^2 为整个区域乡村土地利用结构效率的离散方差; n_i, σ_i^2 为次级区域 i 的样本量和方差; k 为次级区域的数量。 $\sigma^2 \neq 0$,则模型成立。 $P_{D,U}$ 取值区间为 $[0, 1]$, $P_{D,U}$ 越大,说明影响因子对土地利用结构效率的影响程度越强。

1.4 数据来源

土地利用数据来源于自然资源部土地调查成果共享应用服务平台,共享数据范围为2009—2016年,考虑到数据资料获取的科学性和连续性,研究期确定为2009—2016年;社会经济数据主要来源于国家统计局和各省2010—2017年统计年鉴;各种用地类型碳排放系数参考相关学者的研究(石洪昕等, 2010; 卢娜, 2011; 张润森等, 2012; 孙赫等, 2015),并结合研究区域实际特点来确定:耕地碳排放系数 $0.422 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 、园地碳排放系数 $-0.730 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 、林地碳排放系数 $-0.613 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 、草地碳排放系数 $-0.021 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 、交通运输用地碳排放系数 $47.810 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 、水域及水利设施用地碳排放系数 $-0.252 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 、城镇村及工矿用地碳排放系数 $33.640 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 、其他土地碳排放系数 $0.030 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。

2 结果分析

2.1 中国乡村土地利用结构效率测定及时间变化

以中国大陆31个省市为研究对象,运用MyDEA1.0.5中Super-SBM模型进行计算,得到2009—2016年各省市的土地利用结构效率,并采用通常的东、中、西、东北的区域划分,对不同区域土地利用结构效率均值进行对比分析(图1)。图1显示,各年份平均土地利用结构效率基本上处在0.65以上的水平,说明整体上中国乡村土地利用结构效率处于中等水平,意味着中国乡村土地利用的两型发展存在一定的资源节约和生态保护空间;2009—2016年间,中国乡村土地利用结构效率呈现出稳中有升的走势,21世纪以来,中央一号文件连续多年聚焦乡村,关注“三农”问题,政府对乡村可持续发展能力的重视使得乡村土地利用结构不断优化。通过对比东、中、西、东北4个区域的土地利用结构效率,发现中国乡村土地利用结构效率排名整体表现为东北>东部>中部>西部,部分年份(2009、2010和2016年)西部地区效率高于中部地区。具体来看,东北地区乡村土地利用结构效率始终处于较高水平,2013年以前一直处于DEA有效,后期表现出微弱的下降趋势;东、中、西3个区域乡村土地利用结构效率均表现出上升趋势,西部地区土地利用技术水平发展缓慢,土地利用方式相对较粗放,2009—2015年效率提升相对缓慢,2016年有加速提

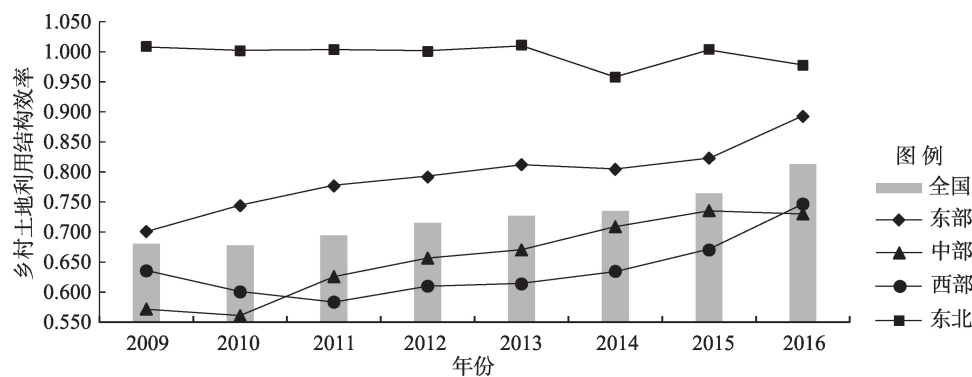


图1 2009—2016年全国各地区乡村土地利用结构效率平均水平
Fig.1 Average level of rural land use structure efficiency in 2009–2016

升趋势;中部地区乡村土地利用结构效率在2015年以前发展相对较快,2016年发展速度趋于平缓;东部地区乡村土地利用结构效率在2015年以前增速相对缓慢,到2016年土地利用技术水平进步明显,说明其对乡村发展重视程度提升,有意协调土地利用、农业生产和生态保护的关系,土地利用结构效率提升加快。

2.2 中国乡村土地利用结构效率的空间格局

从历年全国平均水平看,全国层面乡村土地利用结构效率呈现稳步上升态势,从2009年的0.680上升至2016年的0.813,多数省市的土地利用结构效率时间演变态势与全国总体态势相似。本文将乡村土地利用结构效率从低到高分5类:低水平(< 0.250)、中低水平(0.250~0.500)、中等水平(0.500~0.750)、中高水平(0.750~1.000)和高水平(≥ 1.000)

(表2),2009—2016年全国乡村土地利用投入产出效率的空间分布呈现明显的北高南低、东高西低的发展态势。

2009年全国共有14个省份达到土地利用结构效率有效(高水平),分别为吉林、黑龙江、上海、辽宁、贵州、江苏、新疆、山西、山东、重庆、河南、甘肃、天津和西藏,空间分布相对均衡;中高水平省份有北京和河北2个;内蒙古、陕西和江西乡村土地利用结构效率处于中等水平;中低水平省份分别为浙江、广东、福建、四川、湖南、安徽和宁夏;低水平有5个,分别为青海、云南、广西、海南和湖北。

2013年土地利用结构效率DEA有效省份(高水平)仍旧保持14个,但空间分布表现出明显向东北方向转移态势,陕西、河北和北京效率上升为高水平;中高水平省份增加至4个,分别为甘肃、内蒙古、

表2 2009—2016年中国乡村土地利用结构效率
Tab.2 Rural land use structure efficiency of China in 2009–2016

效率	2009年	2013年	2016年
低水平	湖北(0.143)、广西(0.214)、海南(0.147)、云南(0.218)、青海(0.189)	海南(0.219)	海南(0.247)、新疆(0.201)
中低水平	浙江(0.471)、安徽(0.319)、福建(0.372)、湖南(0.355)、广东(0.401)、四川(0.356)、宁夏(0.261)	安徽(0.432)、福建(0.453)、湖北(0.284)、湖南(0.412)、广西(0.316)、贵州(0.389)、云南(0.389)、青海(0.256)、宁夏(0.285)、新疆(0.317)	湖北(0.371)、湖南(0.442)、广西(0.341)、云南(0.425)、宁夏(0.320)
中等水平	内蒙古(0.710)、江西(0.613)、陕西(0.673)	广东(0.574)、四川(0.502)	安徽(0.545)、福建(0.500)、四川(0.603)
中高水平	北京(0.825)、河北(0.787)	内蒙古(0.973)、浙江(0.873)、江西(0.893)、甘肃(0.972)	辽宁(0.924)
高水平	天津(1.000)、山西(1.001)、辽宁(1.004)、吉林(1.012)、黑龙江(1.011)、上海(1.006)、江苏(1.001)、山东(1.000)、河南(1.000)、重庆(1.000)、贵州(1.002)、西藏(1.000)、甘肃(1.000)、新疆(1.001)	北京(1.000)、天津(1.003)、河北(1.000)、山西(1.000)、辽宁(1.018)、吉林(1.013)、黑龙江(1.003)、上海(1.000)、江苏(1.000)、山东(1.000)、河南(1.000)、重庆(1.000)、西藏(1.000)、陕西(1.001)	北京(1.070)、天津(1.010)、河北(1.006)、山西(1.006)、内蒙古(1.004)、吉林(1.008)、黑龙江(1.001)、上海(1.024)、江苏(1.040)、浙江(1.021)、江西(1.000)、山东(1.004)、河南(1.017)、广东(1.002)、重庆(1.028)、贵州(1.004)、西藏(1.030)、陕西(1.001)、甘肃(1.000)、青海(1.002)

江西和浙江,其中仅甘肃省效率水平在下降;广东和四川2省乡村土地利用结构效率处于中等水平,均呈现上升趋势;有10个省份乡村土地利用结构效率处于中低水平,其中福建、安徽、湖南、云南、广西、宁夏、湖北和青海效率呈上升态势,新疆和贵州效率在下降;低水平省市数量减少至海南1个。

2016年DEA有效的省份数量新增了7个,分别为西部地区的青海、甘肃、内蒙古和贵州,以及东南沿海地区的浙江、江西和广东;辽宁省效率呈下降态势,由高水平转变为中高水平;安徽和福建2省乡村土地利用结构效率提升至中等水平;湖南、云南、湖北、广西和宁夏5省份效率均有提升,但仍处于中低水平;低水平省份增加为新疆和海南2个。

整体来看,2009—2016年中国乡村土地利用结构效率时空变动明显。效率最高的省市由2009年的吉林、黑龙江和上海,转变为2013年的辽宁、吉林和天津,2016年转变为北京、江苏和西藏;效率最低的省份由2009年和2013年的湖北、海南和青海,转变为2016年的新疆、海南和宁夏。2009—2013年乡村土地利用结构效率提升最高的省份为浙江和陕西,下降最严重的为贵州和新疆;2013—2016年乡村土地利用结构效率提升最高的省份为青海和贵州,下降最严重的为辽宁和新疆。2009—2016年乡村土地利用结构效率提升最高的省份为青海,下降最严重的为新疆。

2.3 中国乡村土地利用结构效率的影响因素

已有对乡村发展和土地利用研究指出,乡村人口和经济发展以及产业结构转型会引起土地利用的功能转变(刘樱等, 2018; 朱琳等, 2019),而乡村人口的就业模式对农民收入的影响也会使得乡村地域模式发生重构(方方, 2019),同时城乡融合也与乡村土地利用转型联系密切(刘彦随, 2018; 张英男

等, 2019),因此乡村土地利用结构效率会受到多种因素影响。结合现有研究和省级层面指标的适用性,研究从区域经济发展(GDP)、产业结构(第一产业比重和第一产业从业人数)、乡村条件(乡村人口数和恩格尔系数)和城乡关系(城镇化率和城乡人均收入比)4个方面建立指标探测乡村土地利用结构效率空间分异的影响因素。运用SPSS 软件对各探测因素进行K-均值聚类,并通过公式(2),分别计算各因素对乡村土地利用结构效率空间分异的决定力 $P_{D,U}$ 值(表3)。

2009 年对乡村土地利用结构效率最具影响的因素为乡村人口,影响力为0.2610,表明乡村人口规模对于乡村土地利用结构具有重要影响,原因在于乡村人口规模一方面决定乡村居住、交通和生产等农用地和非农用地的需求,另一方面在于人口是乡村发展的主体,是实现乡村振兴的动力之源,在一定程度上反映了乡村本身发展活力和潜力;第一产业从业人数对土地利用结构的影响力为0.2409,说明劳动力资源对于乡村产业发展和用地模式存在较强的支撑作用,乡村新型产业的发展还有赖于从业人员特别是高素质从业者的推动。恩格尔系数对土地利用结构的影响力为0.2091,说明乡村居民自身的经济水平提升会对乡村土地利用结构优化产生较强作用。第一产业比重(0.1855)、城镇化率(0.1705)的影响力均超过0.15,表明产业结构和城镇化发展对乡村土地利用结构产生重要影响。主要表现在城镇化的发展在一定程度上挤占了乡村发展空间,乡村土地和劳动力等资源的大量流失导致了传统农业效益低下、非农产业薄弱、产业发展滞后以及耕地撂荒、宅基地空废闲置、土地资源利用效率低下等问题(叶强等, 2017);产业结构的影响在于乡村传统产业本身效益较低,乡村发展更加倾

表3 乡村土地利用结构效率影响要素地理探测结果

Tab.3 Geographical detection results of factors affecting rural land use structure efficiency

探测因子	影响因素	2009年		2016年	
		$P_{D,U}$	排名	$P_{D,U}$	排名
X_1	GDP	0.0992	6	0.2217	4
X_2	第一产业比重	0.1855	4	0.2902	1
X_3	乡村人口数	0.2610	1	0.2327	2
X_4	第一产业从业人数	0.2409	2	0.1974	6
X_5	恩格尔系数	0.2091	3	0.2230	3
X_6	城镇化率	0.1705	5	0.1988	5
X_7	城乡人均收入比	0.0993	7	0.1680	7

向于发展效益更高的非农产业,导致乡村农用地流失严重;GDP(0.0992)和城乡人均收入比(0.0993)对乡村土地利用结构效率的影响力最低,说明该时期区域整体的经济发展重心多集中于城镇地区,城乡差异相对较高,城乡统筹发展未能对乡村土地利用产生有效影响。

2016年各因素的影响力排名由大到小依次为第一产业比重(0.2902)、乡村人口数(0.2327)、恩格尔系数(0.2230)、GDP(0.2217)、城镇化率(0.1988)、第一产业从业人数(0.1974)和城乡人均收入比(0.1680)。具体来看,第一产业比重对土地利用结构效率的影响力较2009年显著提升,即产业结构调整对于乡村用地结构影响在不断提升;乡村人口数排名较2009年未发生明显变化,即乡村人口仍旧是乡村土地利用结构的重要影响因素,但其影响力呈现明显的下降趋势,同时第一产业从业人数的排名和影响力均发生下降,说明人口和劳动力规模对于乡村土地利用方式的需求导向和要素支撑作用开始减弱,原因在于一方面乡村产业的发展开始由传统粗放型向集约高效型转变,更加注重人才和资本等高素质要素,另一方面由于城镇化过程导致乡村人口逐渐表现为老少等非主要劳动力组成,对土地利用结构影响能力减弱;恩格尔系数和GDP影响力均有提升,两者分别表征的是乡村居民生活水平和区域经济发展水平,分别体现乡村发展状况和区域整体发展状况,二者的作用在于低水平的待建设或发展中乡村的区域可能追逐经济目标而破坏农用地或生态用地结构以发展建设用地,高水平的建设中或发达乡村的区域可能更注重可持续发展目标而优化乡村土地利用结构,相较而言,乡村本身的发展状况对乡村土地利用结构的作用程度更强;城镇化率和城乡人均收入比对乡村土地利用结构效率影响力虽有提升,但排名未发生变动,城乡协调发展有待进一步加强。

2.4 中国乡村土地利用结构优化分析

Super-SBM模型在评价地区乡村土地利用结构效率时会对未实现DEA有效的地区给出投入产出改进优化参考,在此基础上对各区域投入产出进行科学合理的优化有利于实现土地利用结构最优。投入冗余指在保持产出不变的条件下该地区投入可以减少的数量,产出优化指在保持投入不变条件下地区产出可以提升的数量(游和远, 2014)。结合表4给出的投入产出数量,对中国2016年乡村土地利用结构进行优化分析。

整体来看,中国乡村土地利用过程中各类型用地均表现出明显的投入冗余情况,即在保证当前产出效益的同时可以节省大量的乡村用地。从投入角度看,耕地冗余率为7.89%,耕地资源是“谷物基本自给、口粮绝对安全”的重要保障,但目前耕地的过度利用造成了严重的生态环境污染问题,同时追求数量的“占补平衡”忽略了耕地产能(漆信贤等, 2018),因此在耕地的利用过程中需要进行科学合理的轮作休耕,通过用地养地结合,实现耕地利用的可持续发展;园地、林地和草地冗余程度均处于较高水平,三者在农业生产和土地利用碳减排方面均具有积极作用,该部分冗余用地可以用于生态环境保护的缓冲区域和土地利用的储备用地;村庄和道路用地冗余率相对较小,主要用于乡村居民居住、交通和生活等服务,目前乡村人口受城镇化发展作用不断外流(从2009年的68350万人下降到2016年的58193万人),但村庄面积(从2009年1847.27万hm²上升到2016年1920.06万hm²)和乡村道路(从2009年511.88万hm²上升到2016年513.85万hm²)仍旧不断上升,因此有必要对乡村该类增量土地进行管控,并对存量土地进行结构优化;水域及水利设施用地主要用于农业生产的排水、灌溉等服务,需要与生产用地在空间和数量上配套安置,避免土地资源利用的浪费;其他土地主

表4 乡村土地利用结构优化
Tab.4 Optimization of rural land use structure (%)

地区	投入(冗余)								产出(优化)		
	耕地	园地	林地	草地	村庄	道路	水域	其他	乡村GDP	粮食产量	碳排放
全国	7.89	46.45	38.57	38.46	4.51	8.82	23.00	38.06	11.00	3.07	1.52
东部	3.78	39.53	46.15	16.46	1.60	4.28	12.31	17.29	-2.78	1.18	1.90
中部	11.52	50.77	67.89	31.71	4.30	6.68	44.97	33.92	30.01	0	2.68
西部	11.66	55.42	37.32	38.75	9.49	16.85	18.83	45.21	30.67	9.18	0.45
东北	0.93	6.76	1.78	0.03	-0.06	0.66	-0.06	1.66	5.16	1.69	0.09

要包括设施农用地和田坎两类用地,冗余情况较为严重,其中设施农用地主要指辅助农用生产的生产设施用地、附属设施用地和配套设施用地(国土资源部, 2014),因而该类用地与耕地联系相对密切,据测算,2009—2016年全国耕地面积下降了46.34万 hm^2 ,而设施农用地面积增长了29.92万 hm^2 ,两者的用地比率从2009年的0.50%上升到2016年的0.71%,而且设施农用地本身涉及相关问题较多,有待深入管理和优化调整,对于田坎用地调整,田坎归并作为土地整治工程的重点措施,可以进一步深化。从产出角度看,2016年乡村GDP和粮食产量分别可优化增长11.00%和3.07%,但土地利用碳排放量会随之增长1.52%。

分地区来看,各地区土地利用投入和产出优化比例不同,与各地区乡村及地区整体发展水平联系密切。从投入角度看,耕地、园地、草地、村庄面积、乡村道路和其他用地冗余率均表现为西部>中部>东部>东北地区,林地冗余率表现为中部>东部>西部>东北地区,水域冗余率表现为中部>西部>东部>东北地区。从产出角度看,乡村GDP可优化产出率表现为西部>中部>东北>东部地区;粮食产量可优化产出率表现西部>东北>东部>中部地区;土地利用碳排放量产出冗余率表现为中部和东部地区最高,西部和东北地区冗余率较低。整体来看,中部和西部地区乡村整体可节省用地比例较高,应该作为未来乡村土地利用结构优化的重点区域;东部地区土地资源相对紧缺,资源利用效率高,在乡村土地利用结构效率调整的过程中可能会影响经济效益产出;东北地区乡村土地利用整体优化比例较小,但表现出村庄不足问题,原因可能在于东北地区的农村社区人口密度较低,小规模分散居住于多处,在进行乡村基础设施建设时需要足够的数量,但对于设施的规模控制难度相对较大,造成乡村用地需求量较大,因此引导乡村居民适度集中居住,降低村庄建设用地的需求量是乡村用地管理的重要举措。

3 结论与讨论

本文基于中国大陆31个省市乡村土地利用及社会经济数据,构建Super-SBM模型对2009—2016年全国各地区乡村土地利用结构效率进行评价分析,并结合地理探测器分析了乡村土地利用结构效

率的时空差异和影响因素,得出如下结论:

(1) 2009—2016年中国乡村土地利用结构效率整体处于中等水平,并且呈现逐年上升趋势。空间分布差异显著,表现为东北地区乡村土地利用结构效率最高,东部地区次之,中部和西部地区排名靠后。各省份效率值呈现东高西低、北高南低的空间分布态势,时空变动明显。

(2) 2009—2016年各因素对中国乡村土地利用结构效率的影响力发生明显变化且存在空间异质性。乡村条件(乡村人口数和恩格尔系数)对乡村土地利用结构效率的影响力始终较强;城乡关系(城镇化率和城乡收入比)的影响力相对较弱;区域经济和产业结构(GDP和第一产业比重)对乡村土地利用结构效率影响力显著提升。

(3) 中国乡村土地利用过程中各类型用地均表现出明显的投入冗余情况,在保障产出效益的同时可节省大量乡村用地。各地区之间不同土地利用投入冗余差异明显,东部地区土地资源紧缺,有待加强园地和林地等生态空间调整;中部和西部地区发展相对滞后,乡村用地整体可优化比例较高,需要整体考虑各类用地结构优化;东北地区则需要注重村庄用地的集约高效利用。

对乡村土地利用结构的探讨可以为国土空间规划过程中的乡村土地利用布局提供理论依据,也有助于乡村振兴背景下村级规划的编制。本文从省级层面对乡村土地利用结构效率进行探讨所得结论相对宏观,而且受数据限制,指标体系构建有待进一步完善,还有待从市县等更微观的层面进行更为深入的研究,以便得出更为适宜小尺度乡村规划参考的有益结论。

参考文献(References)

- 陈红蕾, 彭开丽, 黄珂. 2014. 武汉城市圈土地利用结构与社会经济结构相关性及其区域差异性研究 [J]. 中国土地科学, 28(11): 66-73. [Chen H L, Peng K L, Huang K. 2014. Correlation and regional differences of land use structure and socio-economic structure in Wuhan Metropolitan Area. China Land Science, 28(11): 66-73.]
- 陈伟军, 孔祥斌, 张凤荣, 等. 2006. 基于空间洛伦茨曲线的北京山区土地利用结构变化 [J]. 中国农业大学学报, (4): 71-74. [Chen J W, Kong X B, Zhang F R, et al. 2006. Changes of land use structure in Beijing mountain area based on spatial Lorenze curves. Journal of China Agricultural University, (4): 71-74.]

- 陈其春, 吕成文, 李壁成, 等. 2009. 县级尺度土地利用结构特征定量分析 [J]. 农业工程学报, 25(1): 223-231. [Chen Q C, Lv C W, Li B C, et al. 2009. Quantitative analysis of land use structure characteristics at county scale. Transactions of the CSAE, 25(1): 223-231.]
- 程哲, 韦小泉, 林静, 等. 2018. 1984—2013 年中国 PPP 发展的时空格局与影响因素 [J]. 经济地理, 38(1): 20-27. [Cheng Z, Wei X Q, Lin J, et al. 2018. Spatio-temporal pattern and impact factors of PPP in China during 1984-2013. Economic Geography, 38(1): 20-27.]
- 方方, 何仁伟, 李立娜. 2019. 京津冀地区乡村振兴地域模式研究: 基于乡村非农就业与农民增收的空间效应 [J]. 地理研究, 38(3): 699-712. [Fang F, He R W, Li L N. 2019. Research of the regional mode of rural revitalization in Beijing-Tianjin-Hebei Region: Based on the spatial effect between rural off-farm employment and farmers' income growth. Geographical Research, 38(3): 699-712.]
- 封志明, 杨艳昭, 宋玉, 等. 2003. 中国县域土地利用结构类型研究 [J]. 自然资源学报, 18(5): 552-561, 645. [Feng Z M, Yang Y Z, Song Y, et al. 2003. Study on the land use structure of Chinese counties. Journal of Natural Resources, 18(5): 552-561, 645.]
- 国土资源部. 2014. 《关于进一步支持设施农业健康发展的通知》(国土资发〔2014〕127 号) [EB/OL]. 2014-10-17 [2019-09-01]. http://www.mnr.gov.cn/dt/zb/2018/ssnyyd/beijingziliao/201410/t20141017_2183946.html. [Ministry of Land and Resources. 2014. Notice on further supporting the healthy development of facility agriculture. 2014-10-17 [2019-09-01]. http://www.mnr.gov.cn/dt/zb/2018/ssnyyd/beijingziliao/201410/t20141017_2183946.html.]
- 胡碧霞, 李菁, 匡兵. 2018. 绿色发展理念下城市土地利用效率差异的演进特征及影响因素 [J]. 经济地理, 38(12): 183-189. [Hu B X, Li J, Kuang B. 2018. Evolution characteristics and influencing factors of urban land use efficiency difference under the concept of green development. Economic Geography, 38(12): 183-189.]
- 雷鸣, 孔祥斌. 2017. 水资源约束下的黄淮海平原区土地利用结构优化 [J]. 中国农业资源与区划, 38(6): 27-37. [Lei M, Kong X B. 2017. Optimization of land use structure in Huang-Huai-Hai Plain under water resources constraint. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 38(6): 27-37.]
- 李娜, 谢德体, 王三. 2018. 重庆市土地利用结构效率的空间差异与影响因素探析 [J]. 土壤, 50(4): 803-811. [Li N, Xie D T, Wang S. 2018. Spatial difference of land use structure efficiency and influential factors in Chongqing. Soils, 50(4): 803-811.]
- 李涛, 廖和平, 褚远恒, 等. 2016. 重庆市农地非农化空间非均衡及形成机理 [J]. 自然资源学报, 31(11): 1844-1857. [Li T, Liao H P, Chu Y H, et al. 2016. Spatial disequilibrium and its formation mechanism of farmland conversion in Chongqing. Journal of Natural Resources, 31(11): 1844-1857.]
- 李小康, 王晓鸣, 华虹. 2018. 土地利用结构变化对碳排放的影响关系及机理研究 [J]. 生态经济, 34(1): 14-19. [Li X K, Wang X M, Hua H. 2018. Research on influences of land use structure change on carbon emissions. Ecological Economy, 34(1): 14-19.]
- 刘彦随. 2018. 中国新时代城乡融合与乡村振兴 [J]. 地理学报, 73(4): 637-650. [Liu Y S. 2018. Research on the urban-rural integration and rural revitalization in the new era in China. Acta Geographica Sinica, 73(4): 637-650.]
- 刘彦随, 杨忍. 2012. 中国县城城镇化的空间特征与形成机理 [J]. 地理学报, 67(8): 1011-1020. [Liu Y S, Yang R. 2012. The Spatial characteristics and formation mechanism of the county urbanization in China. Acta Geographica Sinica, 67(8): 1011-1020.]
- 刘樱, 周春山, 黄婉玲, 等. 2018. 大都市区农村土地非农化空间特征及机理: 以广州市为例 [J]. 地理科学进展, 37(8): 1119-1130. [Liu Y, Zhou C S, Huang W L, et al. 2018. Spatial features and forming mechanism of rural land non-agricultural degree in metropolitan areas: A case study of Guangzhou City. Progress in Geography, 37(8): 1119-1130.]
- 卢娜. 2011. 土地利用变化碳排放效应研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2011. [Lu N. 2011. The research on carbon emission effects of land use change. Nanjing, China: Nanjing Agricultural University.]
- 鲁春阳, 杨庆媛, 靳东晓, 等. 2010. 中国城市土地利用结构研究进展及展望 [J]. 地理科学进展, 29(7): 861-868. [Lu C Y, Yang Q Y, Jin D X, et al. 2010. Research progress and prospects of the researches on urban land use structure in China. Progress in Geography, 29(7): 861-868.]
- 漆信贤, 张志宏, 黄贤金. 2018. 面向新时代的耕地保护矛盾与创新应对 [J]. 中国土地科学, 32(8): 9-15. [Qi X X, Zhang Z H, Huang X J. 2018. The contradiction of cultivated land protection in the new era and its innovative countermeasures. China Land Science, 32(8): 9-15.]
- 石洪听, 穆兴民, 张应龙, 等. 2010. 四川省广元市不同土地利用类型的碳排放效应研究 [J]. 水土保持通报, 32(3): 101-106. [Shi H X, Mu X M, Zhang Y L, et al. 2010. Effects of different land use patterns on carbon emission in Guangyuan City of Sichuan Province. Bulletin of Soil and Water Conservation, 32(3): 101-106.]
- 孙赫, 梁红梅, 常学礼, 等. 2015. 中国土地利用碳排放及其空间关联 [J]. 经济地理, 35(3): 154-162. [Sun H, Liang H M, Chang X L, et al. 2015. Land use patterns on carbon

- emission and spatial association in China. *Economic Geography*, 35(3): 154-162.]
- 谭永忠, 吴次芳. 2003. 区域土地利用结构的信息熵分异规律研究 [J]. *自然资源学报*, 18(1): 112-117. [Tan Y Z, Wu C F. 2003. The laws of the information entropy values of land use composition. *Journal of Natural Resources*, 18(1): 112-117.]
- 谭永忠. 2004. 县级尺度土地利用变化驱动机制及空间格局变化模拟研究 [D]. 杭州: 浙江大学. [Tan Y Z. 2004. Driving mechanism of land use change and simulation of spatial pattern change on county scale. Hangzhou, China: Zhejiang University.]
- 田晓宇, 徐霞, 江红蕾, 等. 2018. 退耕还林(草)政策下土地利用结构优化研究: 以内蒙古太仆寺旗为例 [J]. *中国人口·资源与环境*, 28(S2): 25-30. [Tian X Y, Xu X, Jiang H L, et al. 2018. Optimization of land use structure under grain for green project: A case study in Taibus Banner in Inner Mongolia. *China Population, Resources and Environment*, 28(S2): 25-30.]
- 王国霞, 李曼. 2019. 省际人口迁移与制造业转移空间交互响应研究 [J]. *地理科学*, 39(2): 183-194. [Wang G X, Li M. 2019. The spatial interaction between inter-provincial migration and manufacturing industry transfer. *Scientia Geographica Sinica*, 39(2): 183-194.]
- 王劲峰, 徐成东. 2017. 地理探测器: 原理与展望 [J]. *地理学报*, 72(1): 116-134. [Wang J F, Xu C D. Geodetector: Principle and prospective. *Acta Geographica Sinica*, 72(1): 116-134.]
- 王群, 王万茂. 2015. 中国大陆地区土地利用结构研究进展 [J]. *中国土地科学*, 29(8): 10-15. [Wang Q, Wang W M. 2015. Research progress of land use structure in mainland China. *China Land Science*, 29(8): 10-15.]
- 吴得文, 毛汉英, 张小雷, 等. 2011. 中国城市土地利用效率评价 [J]. *地理学报*, 66(8): 1111-1121. [Wu D W, Mao H Y, Zhang X L, et al. 2011. Assessment of urban land use efficiency in China. *Acta Geographica Sinica*, 66(8): 1111-1121.]
- 徐杰, 龚萍, 金良. 2019. 基于生态绿当量的呼和浩特市土地利用结构优化评价与分析 [J]. *生态经济*, 35(1): 196-201. [Xu J, Gong P, Jin L. 2019. Optimization evaluation and analysis on land use structure city based on ecological green equivalent in Hohhot. *Ecological Economy*, 35(1): 196-201.]
- 严超, 张安明, 石仁蓉, 等. 2017. 基于土地生态安全的黔江区土地利用结构优化 [J]. *水土保持研究*, 24(3): 270-276. [Yan C, Zhang A M, Shi R R, et al. 2017. Land utilization structure optimization in Qujiang District based on land ecological security. *Research of Soil and Water Conservation*, 24(3): 270-276.]
- 杨奎, 文琦, 钟太洋. 2018. 长江经济带城市土地利用效率评价 [J]. *资源科学*, 40(10): 2048-2059. [Yang K, Wen Q, Zhong T Y. 2018. Assessment of urban land use efficiency in the Yangtze River Economic Belt. *Resources Science*, 40(10): 2048-2059.]
- 叶强, 钟炽兴. 2017 乡建, 我们准备好了吗: 乡村建设系统理论框架研究 [J]. *地理研究*, 36(10): 1843-1858. [Ye Q, Zhong C X. 2017. Have we been ready for rural construction: Research on the theoretical framework of rural construction system. *Geographical Research*, 36(10): 1843-1858.]
- 游和远, 吴次芳. 2014. 农地集约利用的碳排放效率分析与低碳优化 [J]. *农业工程学报*, 30(2): 224-234. [You H Y, Wu C F. 2014. Analysis of carbon emission efficiency and optimization of low carbon for agricultural land intensive use. *Transactions of the CSAE*, 30(2): 224-234.]
- 张超, 张长平, 杨伟民, 编译. 1983. 计量地理学导论 [M]. 北京: 高等教育出版社. [Zhang C, Zhang C P, Yang W M. 1983. Introduction to quantitative geography. Beijing, China: Higher Education Press.]
- 张苗, 甘臣林, 陈银蓉. 2016. 基于SBM模型的土地集约利用碳排放效率分析与低碳优化 [J]. *中国土地科学*, 30(3): 37-45. [Zhang M, Gan C L, Chen Y R. 2016. Carbon emission efficiency analysis and low carbon optimization for urban land intensive use based on SBM model. *China Land Science*, 30(3): 37-45.]
- 张润森, 濮励杰, 文继群, 等. 2012. 建设用地扩张与碳排放效应的库兹涅茨曲线假说及验证 [J]. *自然资源学报*, 27(5): 723-733. [Zhang R S, Pu L J, Wen J Q, et al. 2012. Hypothesis and validation on the Kuznets Curve of construction land expansion and carbon emission effect. *Journal of Natural Resources*, 27(5): 723-733.]
- 张英男, 龙花楼, 马历, 等. 2019. 城乡关系研究进展及其对乡村振兴的启示 [J]. *地理研究*, 38(3): 578-594. [Zhang Y N, Long H L, Ma L, et al. 2019. Research progress of urban-rural relations and its implications for rural revitalization. *Geographical Research*, 38(3): 578-594.]
- 郑新奇, 王筱明. 2004. 城镇土地利用结构效率的数据包络分析 [J]. *中国土地科学*, (2): 34-39. [Zheng X Q, Wang X M. 2004. DEA analysis for the efficiency of land use structure in cities and towns. *China Land Science*, (2): 34-39.]
- 郑鑫. 2014. 城镇化对中国经济增长的贡献及其实现途径 [J]. *中国农村经济*, (6): 4-15. [Zheng X. 2014. Contribution and realization way of urbanization to China's economic growth. *Chinese rural economy*, (6): 4-15.]
- 朱琳, 黎磊, 刘素, 等. 2019. 大城市郊区村域土地利用功能演变及其对乡村振兴的启示: 以成都市江家堰村为例

- [J]. 地理研究, 38(3): 535-549. [Zhu L, Li L, Lu S, et al. 2019. The evolution of village land-use function in the metropolitan suburbs and its inspiration to rural revitalization: A case study of Jiangjiayan Village in Chengdu City. *Geographical Research*, 38(3): 535-549.]
- Banker R D, Charnes A, Cooper W W. 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis [J]. *Management Science*, 30(8): 1078-1092.
- Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units [J]. *European Journal of Operational Research*, 2(6): 429-444.
- Fan C, Johnston M, Darling L, et al. 2019. Land use and socio-economic determinants of urban forest structure and diversity [J]. *Landscape and Urban Planning*, 181: 10-21.
- Tone K. 2001. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis [J]. *European Journal of Operational Research*, 130(3): 498-509.
- Tone K. 2002. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis [J]. *European Journal of Operational Research*, 143(1): 32-41.
- Wang J F, Li X H, Christakos G, et al. 2010. Geographical detectors-based health risk assessment and its application in the neural tube defects study of the Heshun Region, China [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 24(1): 107-127.

Temporal and spatial characteristics and influencing factors of structural efficiency of rural land use

YANG Kui¹, ZHANG Yu¹, ZHAO Xiaofeng², WEN Qi³, ZHONG Taiyang^{1*}

(1. School of Geography and Ocean Science, Nanjing University, Nanjing 210023, China;

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

3. School of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: It is of great practical significance to explore the regional differences in the structure efficiency of rural land use to guide the efficient use of rural land. At the same time, under the background of the strategy of rural revitalization, scientific and rational evaluation of the spatial and temporal allocation of rural land can provide land resources guarantee for the sustainable development of rural areas. Taking 31 provinces and cities in the mainland of China as the research object from 2009 to 2016, the spatial and temporal differentiation and influencing factors of rural land use structure efficiency were discussed by using Super-SBM model and geographical detector. The results show that: 1) The overall efficiency of China's rural land use structure in 2009–2016 was in the middle level and showed an upward trend year by year. 2) There was a significant spatial difference in the efficiency of input and output of rural land use in China. The input and output efficiency of rural land use in China showed a distribution pattern of high to low from the east to west, and the efficiency in the north area is higher than that in south area. 3) The influence of various factors on the structural efficiency of rural land use in China has temporal volatility and spatial heterogeneity. The influence of rural conditions was significantly higher than that of urban-rural relationship. And the impacts of regional economy and industrial structure on the structural efficiency of rural land use have been significantly improved. 4) In the process of rural land use in China, all types of land use are shown as input redundancy, and the proportion of economically available land among regions is obviously different, the eastern area needs to adjust ecological space such as garden land and forest land, the middle and western regions need to consider the whole land use structure optimization, while northeast area needs to focus on the intensive and efficient use of village land.

Keywords: rural area; land use structure; temporal and spatial characteristics; influencing factors; China