

基于“三生”空间的湖南省土地利用格局及多功能演变

雷文韬^{1,2,3}, 古杰¹, 谢宏坤^{1,2}

(1. 湖南城市学院建筑与城市规划学院, 益阳 413000; 2. 西安建筑科技大学建筑学院, 西安 710055;
3. 数字化城乡空间规划关键技术湖南省重点实验室, 益阳 413000)

摘要: 为了增强土地的多功能性, 缓解土地资源紧张和功能性较弱等问题。该研究基于“三生”空间视角, 通过“要素-结构-空间-功能”的土地利用多功能机制, 构建多功能评价指标体系, 采用熵值法和 TOPSIS 法对其土地利用多功能水平进行评价。同时借助 ArcGIS 软件, 采用土地利用空间转移模型、土地利用动态度等空间分析方法对该区域 2000—2020 年土地利用格局演变特征进行分析。最后基于“空间+功能”的双视角探析土地利用空间格局演变与功能转变之间的动态关系。结果表明: 1) 2000—2020 年湖南省土地利用“三生”空间格局演变波动较大, 生产空间与生态空间收缩, 生活空间扩张; 其中又以生活空间扩张显著, 生产空间与生态空间之间转换较为频繁为最主要特点, 是造成湖南省土地利用“三生”空间波动重组的主要因素。2) 区域分布格局, 生产空间主要分布于省北部的常德、益阳、岳阳以及中部衡阳、娄底、邵阳、永州 4 市交界的中心区域; 生活空间主要分布于以长株潭城市群为中心的核心分布区以及各市城市中心区域; 生态空间分布面积最广, 主要分布于省西部及西南部丘陵山地区域, 以及位于省北部的洞庭湖水域区等; 区域变化以环长株潭区域土地利用格局演变更剧烈, 其次是东、西、南三面山地区域; 动态度结果显示全省土地利用总体动态变化率有提升态势。3) 2000—2020 年土地利用“三生”功能水平呈现逐年递增趋势, 生态功能评分最高, 变化最明显, 生产功能次之, 波动中水平趋于稳定, 生活功能最低, 呈逐年提升趋势; 区域间水平差异由低水平高差距向高水平的相对均衡转变。4) 土地利用空间格局变化与功能转变之间具有较大的关联性, 尤其在时序变化上呈现一定的变化规律, 最后基于“空间+功能”的土地利用多功能机制, 对两者关系进行了一次有益尝试。在“一对多”机制关系研究中, 未来需要结合土地多功能测度方法更加准确识别“三生”空间和功能之间的相互关系。

关键词: 土地利用; “三生”空间; 格局演变; 土地利用多功能; 湖南省

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.202405213

中图分类号: F301.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2024)-17-0283-11

雷文韬, 古杰, 谢宏坤. 基于“三生”空间的湖南省土地利用格局及多功能演变[J]. 农业工程学报, 2024, 40(17): 283-293. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.202405213 <http://www.tcsae.org>

LEI Wentao, GU Jie, XIE Hongkun. Land use pattern and multifunctional evolution in Hunan Province using "production-living-ecosystem" space[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2024, 40(17): 283-293. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.202405213 <http://www.tcsae.org>

0 引言

土地是人类活动的空间载体, 也是经济社会发展的基本生产要素。改革开放以来, 快速城镇化和工业化使中国的土地利用在空间格局和功能上发生了重大改变。中国城镇化率由 1978 年的 17.9% 提升为 2023 年的 66.16%。农业和生态用地被城市建设用地挤占, 带来土地结构失衡、环境污染严重、资源承载力下降、生态系统退化等一系列社会经济发展问题^[1-3]。党的十八大首次战略性提出了“生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”的“三生”空间建设目标。2019 年党中央颁布《关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》划定了“三生”空间的总要求。如何统筹优化土地利用“三生”空间, 实现国土空间协调发展是中

国推进生态文明建设和落实可持续发展道路的必然选择。基于“三生”空间的土地利用格局及其多功能演变研究能够有效将土地利用空间变化与区域社会经济发展相衔接, 越来越成为土地利用研究领域的新热点和新视角^[4-7]。

三生空间格局与土地利用功能之间存在着密切的逻辑关系, 体现在空间格局的演化直接影响土地利用功能的配置和优化; 而三生空间的格局和功能配置, 又反过来影响着土地利用的方式和效率。土地利用变化的本质就是与经济社会发展相适应的土地利用格局在空间上的结构和功能的演变过程, 表现为土地利用类型及其发挥的“三生”功能之间相互转移及格局演化^[8-9]。土地组成结构空间, 空间通过结构发挥功能作用^[10-13]。功能是人类开发土地的最终目的, 土地的结构形成生产、生活、生态空间, 为功能发挥提供了空间保障。其中, 生产空间是能够提供工、农、服 3 类产品为主导的功能区; 生活空间为提供社会保障、居住、休闲等为主导的功能区域; 生态空间是以提供生态产品和服务为主导的功能区域。三生空间的格局演变与土地利用功能优化是一个相互作用、互相影响的过程。通过科学方法可以更好地分

收稿日期: 2024-05-08 修订日期: 2024-07-24

基金项目: 湖南省自然科学基金项目 (2018JJ3020); 湖南省社会科学成果评审委员会课题 (XSP21YBC461)

作者简介: 雷文韬, 博士研究生, 讲师。研究方向为城乡规划理论与方法。

Email: 21019827@hncu.edu.cn

析和预测三生空间的动态变化,从而指导土地利用功能的合理规划和优化。截止目前,关于三生空间的用地分类体系、三生空间格局等研究相对较充分,亟需深入开展三生空间类型、格局与演化过程的综合研究。

中国学者在土地利用及其多功能演变方面展开了广泛研究^[14-15]。随着研究的深入,学者们将土地利用与国土空间开发相结合不断完善土地利用功能性研究,并基于人地关系协调理论,提出了土地利用的“三生”空间发展理念。通过基于“三生”空间的土地利用功能识别能够更深入地揭示土地利用演化特征,进而在此基础上进一步探讨土地利用变化与区域社会经济发展的关系。目前,基于“三生”空间的土地利用研究主要包括“三生”空间概念和内涵^[16-17]、空间分类体系^[18-19]、空间协调发展与优化^[20-23]、空间格局演变及其影响因素分析^[24-26]、“三生”空间生态效益研究^[27-29]等。其中土地多功能评价方面,相关研究多遵循土地投产比的原则构建指标体系,采用综合指数法、灰色关联法、TOPSIS 模型等对其空间格局和多功能演变进行分析^[30-32],研究尺度包括全国、省域、流域、城市群等,并且以东部平原地区研究较多。已有研究对于开展土地利用多功能研究提供了有益借鉴,但是大部分研究多侧重于空间演变和功能评价,尤其侧重于土地利用的功能变化及其对生态环境、气候变化、生物多样性等的影响分析^[12-13]。近年来,随着“三生”空间国土格局和土地利用多功能研究的不断深入,部分学者开始从“三生”空间与土地多功能演变相结合的角度关注土地利用空间格局和功能演变^[8, 33-35],而且,在土地利用空间格局类型和功能分类方面,往往忽略了空间功能的内在联系性,空间与功能之间存在较多的“一对多”机制,例如耕地既具有生产功能同时还具有生态功能。此外,土地利用格局及其多功能在时间序列上的动态变化的时空分异特征分析还不多见。鉴于此,文章基于以往研究成果,将土地类型“一对多”功能机制引入,同时结合“格局+功能”系统,尝试分析对应空间类型的土地功能变化规律,对于区域土地利用格局优化和协调发展具有一定的理论和现实指导意义。

湖南省山地面积大,耕地面积少,人均耕地面积只有全国平均水平的 61%。随着近年来城镇化的加快,农业和生态空间不断被挤占,可开发的土地空间被压缩,土地的农业生产保障功能和生态功能亟待提升。湖南省土地利用问题是中国土地利用和国土空间保护开发面临的共性问题,增强土地的多功能性是目前解决中国土地资源紧张和功能性较弱的关键环节。综上,文章选择湖南省为研究对象,深入分析该省土地利用“三生”空间演变特征及其多功能发展水平,为促进该省土地利用多功能协调发展提供参考。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

湖南地处中国中部、长江中游,东经 108°47'~

114°15'、北纬 24°38'~30°08',东西直线距离最宽 667 km,南北直线距离最长 774 km,总面积 21.18 万 km²,占全国国土面积的 2.2%,居全国各省区市第 10 位、中部第 1 位。省东、南、西三面环山,形成从东南西三面向东北倾斜开口的不对称马蹄状,最高海拔 2 115.3 m,最低势海拔 24 m。域内地形地貌以山地、丘陵为主,山地面积较大,占全省面积的 51.20%,丘陵及岗地占 29.3%,平原占 13.1%,水面占 6.4%,适宜规模开发的土地空间较少。2020 年末,全省耕地 362.11 万 hm²,占比 17.09%;种植园用地 89.51 万 hm²,占比 4.23%;林地 1 269.60 万 hm²,占比 59.93%;草地 14.03 万 hm²,占比 0.66%;城镇村及工矿及交通运输用地 201.23 万 hm²,占比 9.50%;水域及水利设施用地 149.54 万 hm²,占比 6.70%;其他土地 32.34 万 hm²,占比 1.53%。2020 年湖南省土地利用类型图见图 1,域内以林地为主,其次是耕地。湖南省分别与江西、广西、广东、重庆、贵州、湖北 6 省毗邻,处于东部沿海地区和中西部地区的过渡带、长江开放经济带和沿海开放经济带的结合部,具有承东启西、连南接北的枢纽地位。湖南属亚热带季风湿润气候,是全国重要的粮食生产基地,自古就有“鱼米之乡”和“湖广熟、天下足”之说。主要农副产品产量如粮食、棉花、油料、苎麻、烤烟以及猪肉等均位居全国前列。2023 年,实现地区生产总值 50 012.9 亿元、同比增长 4.6%。其中,第一产业增加值 4 621.3 亿元,第二产业增加值 18 822.8 亿元,第三产业增加值 26 568.8 亿元。年末全省常住人口 6 568 万人。其中,城镇人口 4 017 万人,城镇化率 61.16%。全年全省居民人均可支配收入 35 895 元,城镇居民人均可支配收入 49 243 元,农村居民人均可支配收入 20 921 元。

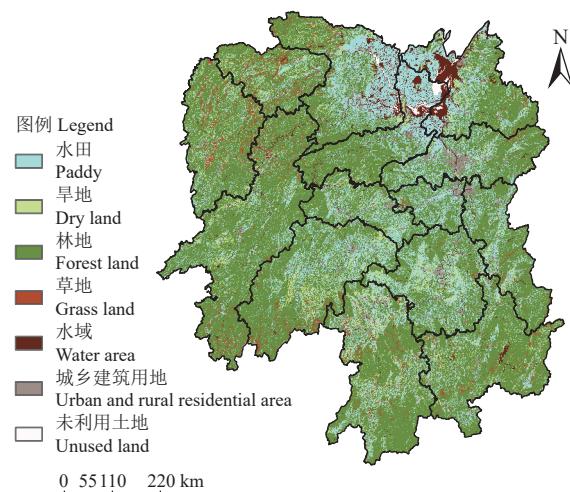


图 1 2020 年湖南省土地利用类型
Fig.1 Land-use type in Hunan province in 2020

1.2 数据来源

本文湖南省 2000—2020 年的多时期土地利用遥感监测数据集 (CNLUCC) 数据均来源于中国科学院资源环境科学数据平台网站 (<https://www.resdc.cn/>)。该数据空间分辨率为 30 m,是中国科学院在国家资源环境数据库基础上,以 Landsat 遥感影像数据为主信息源,经过

人工目视解译构建, 并利用最大似然法对假彩色影像进行监督分类后得到, 最后通过一系列修正验证, 总精度均大于 92%, 能够为文章数据提供支撑。土地利用类型包括耕地、林地、草地、水域、居民地和未利用土地 6 个一级类型以及 25 个二级类型。依据以上分类, 结合研究区实际, 借用 ArcGIS10.5 软件对其进行空间类型划分。社会经济数据和自然环境数据主要来源于 2001—2021 年《湖南省统计年鉴》以及各地级市《统计年鉴》和国民经济社会发展统计公报。其中, GDP、第一、二、三产业增加值、年末人口、户籍人口、城镇化率、粮食产量、畜禽产量、农作物播种面积、水资源量、固定资产投资、财政支出、居民可支配收入、旅游收入、农村医疗保险人数、社会消费品零售额等数据来源于 2001—2021 年《湖南省统计年鉴》; 森林覆盖率数据来源于各地级市《统计年鉴》; 污水排放量来源于湖南省自然资源厅发布的《湖南省生态环境统计公报》; 单位面积生态系统服务价值数据通过中国生态系统服务价值当量表进行测算得到^[36]。

2 研究方法

2.1 土地利用多功能指标体系构建

参考前人研究成果^[31-32, 37], 基于“三生”空间结构和土地多功能交互机制, 同时结合湖南省区域特点构建土地利用多功能指标评价体系, 结果见表 1。

表 1 湖南省土地利用多功能评价指标体系

Table 1 Multifunctional evaluation index system for land use in Hunan Province

目标层 Target layers	维度 Dimension	指标层 Index layers	指标计算和解释 Index calculation and interpretation
生产功能	农业生产功能	地均粮食生产能力	粮食总产量/粮食作物播种面积
		人均禽畜产值	禽畜总产值/总人口
		人均粮食占有量	粮食总产量/总人口
	经济发展功能	二三产业占比	二三产业总产值/地区总产值
		人均 GDP	地区总产值/总人口
	空间承载功能	地均固定资产投资额	区域固定资产投入/居民点用地面积
		居民人均可支配收入	反映居民平均收入水平
生活功能	社会稳定功能	人口密度	总人口/区域总面积
		居民人均住房面积	(城镇用地+居民点用地)/总人口
		城乡居民可支配收入比值	城市居民可支配收入/农村居民可支配收入
	社会消费功能	人均社会消费品零售额	社会消费品零售总额/总人口
		农村居民人均消费水平	农村居民人均消费支出
		缴纳医疗保险人数占比	缴纳医疗保险人员数/总人数
生态功能	旅游教育功能	地均旅游收入	全年旅游收入/区域总面积
		每万人拥有中小学教师数量	中小数教师人员数/总人口
	生态涵养功能	森林覆盖率	反映生态保育能力
		单位面积生态系统服务价值	参照文献制定的价值当量表测算 ^[36]
	生态承载功能	每万人生活垃圾转运站数量	生活垃圾转运站数量/区域总人口
		污水处理率	污水处理总量/污水排放总量
		人均水资源量	区域水资源总量/区域总人口
		地均污水排放量	全年污水排放总量/区域总面积

该体系共包括生产空间、生活空间、生态空间 3 个子系统, 7 个维度和 21 个具体指标。生产空间是指能够为人类提供物质产品和服务为主导的功能区域。本文生产空间子系统包含了农业生产功能和经济发展功能 2 个维度, 其中农业生产功能主要通过农业产出指标来表征; 经济发展功能通过产值和产业占比等指标来表征。生活空间指能够为人类提供社会保障、教育休闲等为主导的功能区域。具体到土地利用类型中, 城镇用地和农村居民点用地为人类生活提供了空间承载功能, 交通和风景用地等为人类提供了休闲文教功能。生活空间子系统包含空间承载功能、社会保障功能、教育休闲功能 3 个维度。生态空间指能够维持人类生存和可持续发展的自然条件功能区域。具体到土地利用类型, 例如林地、草地、湖泊河流等呈现较强的生态效应, 满足生物资源供给和生态系统承载功能。生态空间子系统包含生态涵养功能、生态承载功能 2 个维度。

2.2 评价方法

2.2.1 空间转移矩阵

空间转移矩阵是土地利用研究中最常用的方法, 用来分析不同土地类型之间相互转换、转移的方向和数量, 能够最直观地揭示土地利用类型在空间上的演化过程和趋势。数学表达形式为式 (1)。

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{n1} & S_{2n} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中 S_{ij} 为基期 i 类土地类型至末期转变为 j 类土地类型的土地面积 (km^2), S_{nn} 表示该土地类型的面积 (km^2), n 为土地类型总数。

2.2.2 土地利用动态度

土地利用动态度模型可定量反映区域内土地利用数量的变化速度, 预测土地利用变化趋势。土地利用动态度可分为土地利用单一动态度 (K) 模型和综合土地利用动态度 (L_c)。其中, K 反映的是一定时间范围内, 研究区某种土地利用类型面积变化的速率, 侧重于分析各土地利用类型的变化情况, 其计算方法见式 (2)。 L_c 描述的是整个区域土地利用变化的总体速度, 用来揭示土地利用动态变化的区域差异, 其计算式为式 (3)。

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

$$L_c = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta S_{i-j}}{2 \sum_{i=1}^n S_i} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (3)$$

式中 U_a 、 U_b 分别为研究基期和末期某种土地类型的面积 (hm^2); S_i 、 ΔS_{i-j} 分别为第 i 类土地类型基期面积和其转化面积的绝对值 (hm^2); T 为研究时段。当 T 设定为年时, L_c 的值就是该研究区土地利用年变化率。

2.2.3 土地利用变化和变化比率

借助 ArcGIS 软件将某一时间段内的基期和末期土地

利用数据进行叠加, 其中初期土地利用编码用十位数, 末期土地利用编码用个位数, 最终生成 3 期 (2000—2010、2010—2020、2000—2020) 土地利用变化图。为了更准确揭示湖南省土地利用空间变化特征, 由以上单一的图作为基本单元, 通过计算式 (4) 测算变化比率对其进行进一步的量化分析。

$$V_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{ij}} \times 100\% (i \neq j) \quad (4)$$

式中 V_{ij} 为土地利用变化比率, 表示已转变的单一土地利用变化图单元占所有已转变图的比率; i 、 j 为基期、末期土地类型; P_{ij} 为第 i 种类型转变为 j 种类型的图单元数或面积。

2.2.4 土地利用多功能评价方法

为了更准确地评估土地利用多功能水平, 本文采用了熵权法和 TOPSIS 法相结合的方法分别对指标体系 3 个子系统进行综合评价。首先用熵权法确定各指标权重 [20, 38]。熵权法是通过对原始数据进行标准化处理, 并通过数据自身的变异特征来确定指标权重, 客观性较好, 但是缺点是只能在样本中确定最优值和最劣值。TOPSIS 方法可以弥补这一缺陷, 通过比较评价对象与理想点的相对距离对其进行量化排序, 能够更精确地评价湖南省土地利用多功能发展水平。TOPSIS 模型与熵权法相结合的具体步骤如下:

①数据标准化处理, 可以直接利用熵权法中确定的标准化值, 构建标准化矩阵 \mathbf{y} 见式 (5)。式中, \mathbf{y} 为矩阵变量, m 为指标数, n 为土地类型。

$$\mathbf{y} = (y_{ij})_{m \times n} \quad (5)$$

②确定指标权重, 建立加权决策矩阵。将矩阵每一行与熵权法确定的权重向量相乘, 得到加权后规范化决策矩阵见式 (6)。式中, \mathbf{Y} 为加权矩阵变量。

$$\mathbf{Y} = (\mathbf{Y}_{ij})_{m \times n} \quad (6)$$

③令 \mathbf{Y}^+ 表示最优方案, \mathbf{Y}^- 表示最劣方案, 则有:

$$\begin{aligned} \mathbf{Y}^+ &= \{\max y_{ij} | i = 1, 2, \dots, m\} = \{y_1^+, y_2^+, \dots, y_m^+\} \\ \mathbf{Y}^- &= \{\min y_{ij} | i = 1, 2, \dots, m\} = \{y_1^-, y_2^-, \dots, y_m^-\} \end{aligned} \quad (7)$$

④距离测算见式 (8)。式中, D^+ 为不同样本区域评价向量到最优值的距离, D^- 为不同样本区域评价向量到最劣值的距离。

$$\begin{aligned} D_j^+ &= \sqrt{\sum_{i=1}^m (y_{ij} - y_i^+)^2} (i = 1, 2, \dots, m) \\ D_j^- &= \sqrt{\sum_{i=1}^m (y_{ij} - y_i^-)^2} (i = 1, 2, \dots, m) \end{aligned} \quad (8)$$

⑤计算评价对象与最优方案的贴进度 C_j , 该评价指数值范围介于 0~1 之间, 值越大说明水平越高。式中 D 为距离值, C_j 为贴近度。

$$C_j = \frac{D^-}{D^+ + D^-} (1 \leq j \leq n) \quad (9)$$

2.2.5 三生空间地类统计方法

本文充分考虑土地利用多功能机制, 依据三生空间土地利用功能分类体系参考《土地利用现状分类标准 GB/T21010—2007》《城市用地分类与规划建设用地标准 GB50137—2011》和《第二次全国土地调查技术规程 TD/T1014—2007》等标准。结合现有的研究成果, 即一级类目包括生产空间、生活空间和生态空间, 不增加中间类型, 同时将中国现行的土地利用/覆盖变化分类体系 LUCC 整合并重分类, 分类情况见表 2。分别对各二级分类的生产、生活和生态空间进行功能赋值, 包括 0、1、3、5 四个数值等级, 并将此赋值计入土地利用空间数据统计中, 空间布局以该区域的主导功能为主要功能。

表 2 湖南省土地利用三生空间分类体系

Table 2 Land use classification system of production-living-ecological space in Hunan Province

一级分类 Primary classification		二级分类 Secondary classification		生产空间 Production space	生活空间 Living space	生态空间 Ecological space
编码 Code	名称 Name	编码 Code	名称 Name			
1	耕地	11	水田	3	0	3
		12	旱地	3	0	3
	林地	21	有林地	0	0	5
		22	灌木林	0	0	5
		23	疏林地	0	0	5
		24	其他林地	3	0	3
3	草地	31	高覆盖度草地	1	0	5
		32	中覆盖度草地	1	0	1
		33	低覆盖度草地	0	0	5
	水域	41	河渠	0	0	5
		42	湖泊	0	0	5
		43	水库坑塘	1	0	1
		46	滩地	0	0	5
5	城乡、工矿、居民用地	51	城镇用地	3	5	0
		52	农民居民点	3	5	0
		53	其他建筑用地	5	1	0
	未利用土地	61	沙地	0	0	5
		63	盐碱地	0	0	5
		64	沼泽地	0	0	5
		65	裸土地	0	0	5
6	未利用土地	66	裸岩石质地	0	0	5
		67	其他未利用土地	0	0	5

3 结果与分析

3.1 土地利用格局时空变化分析

3.1.1 三生空间时空变化

由 2000、2010、2020 年 3 期遥感数据分析可知 (表 3), 湖南省土地利用格局以生态空间为主, 约占全省土地空间面积的 69.50%, 其次是生产空间, 约占 28.00%, 生活空间最小。从变化趋势来看, 2000—2020 年湖南省“三生”空间变化存在较大的差异性。其中生活空间增加了 34.81 万 hm^2 , 单一动态度值为 6.229; 生态空间增加了 2.12 万 hm^2 , 单一动态度值为 0.01; 生产空间减少了 36.9 万 hm^2 , 单一动态度为 -0.30。从不同

阶段的单一动态度来看, 生活空间扩张和生产空间的缩减均呈现稳定的逐年递增和递减趋势, 两者 2000—2010 年和 2010—2020 年的单一动态度分别为 2.64 和 2.35 以及-0.17 和-0.13, 扩张和缩减趋势持续稳定。生态空间

变化在波动中整体略有提升。由“三生”空间综合动态度测算结果可知, 2000 年综合动态度 L_C 值为 0.06, 至 2020 年增加至 0.18, 说明全省土地利用总体动态变化率有所提升。

表 3 湖南省土地利用“三生”空间分布及动态度测算

Table 3 Spatial structure and dynamics of “production-living-ecology” space in Hunan Province

项目 Item	生产空间 Production space			生活空间 Living space			生态空间 Ecological space		
	面积 Area/ 10^4 hm 2	比例 Proportion/%	面积 Area/ 10^4 hm 2	比例 Proportion/%	面积 Area/ 10^4 hm 2	比例 Proportion/%	面积 Area/ 10^4 hm 2	比例 Proportion/%	面积 Area/ 10^4 hm 2
2000	621.88	29.36	27.94	1.32	1 468.64	69.33			
2010	600.77	28.36	42.67	2.01	1 475.02	69.63			
2020	584.95	27.61	62.75	2.96	1 470.76	69.43			
$K(2000-2010)$	-0.17		2.64		0.02				
$K(2010-2020)$	-0.13		2.35		-0.01				
$K(2000-2020)$	-0.30		6.23		0.01				

为了进一步分析湖南省土地利用“三生”空间内部转换情况, 通过 ArcGIS 软件对不同时期的数据做空间转移矩阵结果见表 4。2000—2020 年共有 135.32 万 hm 2 的土地进行了相互转化, 生产空间转出 61.65 万 hm 2 , 其中转为生态空间所占比例最高, 占比 74.01%, 面积为 44.81 万 hm 2 , 转为生活空间占比为 25.99%, 面积为 15.74 万 hm 2 。生态空间转出面积为 69.90 万 hm 2 , 其中转为生产空间占比为 71.38%, 面积为 49.89 万 hm 2 , 转为生活空间占比为 28.62%, 面积为 20.01 万 hm 2 。生活空间转出面积较少, 为 4.17 万 hm 2 , 其中转入生产空间占比为 55.16%, 面积为 2.30 万 hm 2 , 转入生态空间占比为 44.84%, 面积为 1.87 万 hm 2 。

表 4 湖南省土地利用“三生”空间转移矩阵

Table 4 Spatial transfer matrix of “production-living-ecology” space in Hunan Province

2020 年		
生产空间 Production space	生活空间 Living space	生态空间 Ecological space
生产空间	557.03	15.74
2000 年	2.30	44.81
生活空间	28.00	1.87
生态空间	20.01	1 422.27

3.1.2 三生空间格局变化

由 2000—2020 年土地利用类型空间分布情况可知(图 2), 生产空间主要分布于省北部的常德、益阳和岳阳, 以及中部衡阳、娄底、邵阳、永州 4 市交界中心区域; 生活空间主要分布于以长株潭城市群为中心的核心分布区以及各市城市中心区域; 生态空间分布面积最广, 主要分布于省西部及西南部丘陵山地区域, 以及位于省北部的洞庭湖水域区等。从演变趋势来看, 生活空间呈明显的扩张趋势, 郴州生产空间减小明显。

结合图 3 和表 5 可知, 2000—2020 年湖南省土地利用“三生”空间生成 6 类变化图单元。

2000—2010 年, 以生产空间→生态空间(变化率为 40.65%)变化最显著, 主要集中于郴州的桂东县、怀化的会同县、以及常德和岳阳 2 市。其次是生态空间→生产空间(变化率为 23.68%), 主要集中于洞庭湖水域, 其他区域分布相对分散。生产空间→生活空间(变化率为 15.13%)主要集中于长沙市中心区域以及怀化的鹤城

区。生活空间→生态空间(变化率为 2.11%)分布相对较少, 主要集中于湘西的吉首市。此外, 其他转变类型分布相对分散。2010—2020 年, 除了生产空间→生活空间(变化率为 12.52%)具有一定的集中分布特点, 主要集中于长株潭城市中心, 其他转变图类型均呈现分散地均匀分布态势。其中以生产空间→生态空间(变化率为 36.71%)、生态空间→生产空间(变化率为 35.03%)的转变最为显著, 该 2 种图类型分散较均匀。2000—2020 年基本呈现以上 2 个阶段的叠加, 以生产空间→生态空间(变化率为 40.65%)的转变最为明显; 其次是生态空间→生产空间(变化率为 29.59%)。

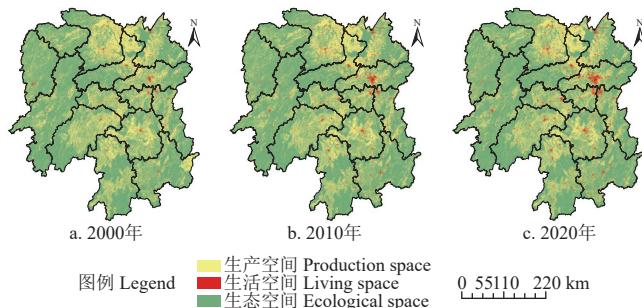
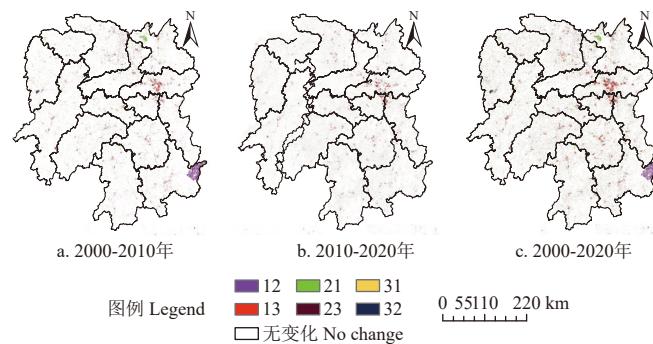


图 2 2000—2020 年湖南省“三生”空间分布
Fig.2 “Production-living-ecology” space of Hunan Provence during 2000-2020



注: 数字 1、2、3 分别表示生产空间、生态空间、生活空间; 12 表示生产空间转变为生态空间, 其余同理。
Note: Numbers 1, 2, and 3 respectively represent production space, ecological space, and living space; 12 represents the transformation of production space into ecological space. The same applies to the rest.

图 3 2000—2020 年湖南省土地利用变化
Fig.3 Land use change in Hunan Provence during 2000-2020

表 5 2000—2020 年湖南省土地利用变化图谱的变化率
Table 5 Change ratio of dominant land use change geo-spectrum in Hunan Province during 2000-2020

土地变化类型 Land change types	编码 Code	2000—2010	2010—2020	2000—2020 %
生产空间→生态空间	12	45.05	36.71	40.65
生产空间→生活空间	13	15.13	12.52	14.37
生态空间→生产空间	21	23.68	35.03	29.59
生态空间→生活空间	23	12.36	11.10	12.08
生活空间→生产空间	31	1.67	2.90	1.93
生活空间→生态空间	32	2.11	1.74	1.39

综上可知, 2000—2020 年间湖南省土地利用三生空间变化明显, 整体以生产空间减少, 生活空间增加, 生态空间增加为特点, 其中, 生产空间和生活空间面积变化幅度较大, 生态空间面积变化较小。从三生空间相互转换角度来看, 空间演变方式以生产空间与生态空间相互转换为主, 其次是生态空间与生活空间的转换。其中, 生产空间为转出类型, 生态空间和生活空间为转入类型。生产空间与生态空间之间的相互转换是湖南省土地利用变化重组的重要体现; 生活空间虽然整体面积较小, 但是研究期间的变化幅度最明显, 是近 20 年来城市面积不断扩张的结果。三生空间格局变化导致湖南省土地利用功能发生了相应的演变模式, 一方面, 城镇化的快速发展导致作为基础产业承载的生产空间加速减少, 生产功能也相应下降, 但是另一方面, 为了保障经济发展需求, 生活空间和生产空间需要不断地交融布局, 生产功能和生活功能最终均呈现增长趋势, 而且生产功能变化波动性较大。同时, 生态空间成为地方经济发展和人口增长的间接缓冲腹地, 是其空间范围略有提升的主要因素, 生态功能整体呈现先降低后升高的变化趋势。

3.2 土地利用空间格局与多功能演变分析

3.2.1 土地利用空间格局与多功能水平评价

由图 4 可知, 2000—2020 年, 湖南省土地利用生态功能>生产功能>生活功能。究其原因是其空间结构形成和布局的综合结果: 一方面湖南省作为山地多耕地少的典型山地省份, 一定程度上限制了农业生产功能和社会经济发展, 这也是研究期间湖南省土地利用生态功能水平整体较高, 而生产功能和生活功能偏低的重要原因。另一方面湖南省经济发展水平相对落后, 生产空间和生活空间发展滞后, 也是其生产、生活功能普遍较低的原因。可见, 三生空间格局变化直接影响着土地利用功能配置和优化水平。

从变化趋势和增长幅度来看, 土地利用多功能水平提升缓慢, 2000 年全省土地利用多功能水平为 0.250, 至 2020 年增加至 0.297, 20 年增长了 0.046, 年均增长率仅为 0.85%。说明湖南省土地利用多功能评价值整体呈现上升趋势, 但是增长速率缓慢。其中, 生活功能水平值增长最快, 由 2000 年的 0.134 增加至 2020 年的 0.238, 增长了 0.103, 年均增长率为 2.89%, 生活功能呈现稳定的逐年递增趋势。其次是生产功能, 2000 年得分为 0.208, 至 2020 年增加至 0.255, 增长了 0.047, 年均增长率为 1.03%。生产功能先升高后降低, 整体略

有提升, 增长缓慢。生态功能水平由 2000 年的 0.409 下降为 2020 年的 0.397, 下降了 0.012。

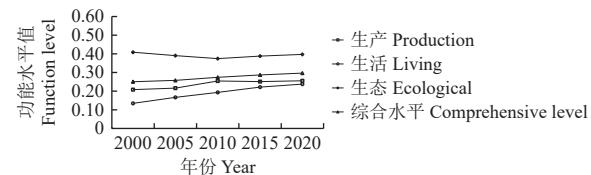


图 4 湖南省土地利用多功能水平评价结果
Fig.4 Comprehensive evaluation results of land multi-functions in Hunan Province

研究期间三生功能水平差异有缩小态势, 以 2010 年为临界点, 2000 年湖南省三生功能表现为生态功能远高于生产功能和生活功能, 至 2010 年三生功能水平差异明显降低, 体现在 2000—2010 年间生态功能明显下降, 生产功能和生活功能均提升。说明随着经济和城镇化迅速发展, 土地利用生产和生活功能均呈现上升趋势, 同时生态功能受到一定的影响呈明显的下降趋势。2010—2020 年, 生态功能水平开始缓慢回升, 生活功能依然呈逐年上升趋势, 但生产功能变化不明显, 三生功能水平差异变化不大。说明该时期下湖南省开始重视生态环境建设和乡村振兴战略, 生态功能相对稳定, 生活功能持续增加。

3.2.2 各地级市土地利用多功能水平评价及空间分异

借助 ArcGIS 软件, 依据三生功能评价值绘制得到 2000 年和 2020 年湖南省各地级市土地利用多功能分布图 (图 5)。由图 5 可知, 湖南省土地利用多功能值空间差异明显, 三生功能空间分布具有显著非均衡性特征。整体来看, 湖南省土地利用“三生”功能中以生活功能水平最低, 各区域发展水平评价值基本小于 0.5。其中, 相对较高水平区主要分布于长沙市, 年平均评价值为 0.387; 其次株洲市平均水平值为 0.232; 其他区域相差不明显且基本处于较低水平 (水平值<0.2)。生态功能水平最高, 各区域发展水平评价值均大于 0.3。其中, 高水平值主要分布于东、南和西部山区地带, 以常德、怀化、张家界 3 市最高 (0.6<水平值<1), 其次是长沙和湘西 (0.5<水平值<0.6), 其他区域相对偏低, 娄底和衡阳最低 (0.3<水平值<0.4)。生产功能水平的区域差异相对较大, 各区域发展水平评价值在 0.073~0.676 范围内均有, 这与该省复杂的自然环境条件和地形地势有关。其中高分值以长沙、常德 2 市最高 (水平值>0.6), 湘潭、益阳、岳阳、衡阳处于较高水平 (0.5<水平值<0.6), 株洲、邵阳、娄底、郴州, 永州处于相对中等水平 (0.3<水平值<0.5), 张家界、怀化处于较低水平 (0.2<水平值<0.3), 湘西水平最低 (水平值<0.2)。

从变化趋势来看, 各区域三生功能均有提升, 以生活功能和生态功能水平提升幅度较明显, 生态功能的区域间差异波动性较大。生产功能以衡阳、长沙、常德、湘潭、郴州提升较为明显, 较 2000 年分别提升了 16.22%、15.84%、15.73%、12.15%、10.44%, 其他区域增长相对缓慢, 湘西略有下降。各地区生活功能均有所

提升, 评分值分别由 2000 年的 0.1~0.4 提升至 2020 年的 0.2~0.5, 尤其以长沙、湘潭和株洲提升较快, 其他区域也均提升明显。生态功能区域差异变化幅度最大, 2000—2020 年间生态功能增长明显的区域包括怀化、邵阳、永州、长沙、益阳; 生态功能下降明显的区域有湘西、株洲、娄底; 变化不明显的区域包括张家界、常德、郴州、岳阳。

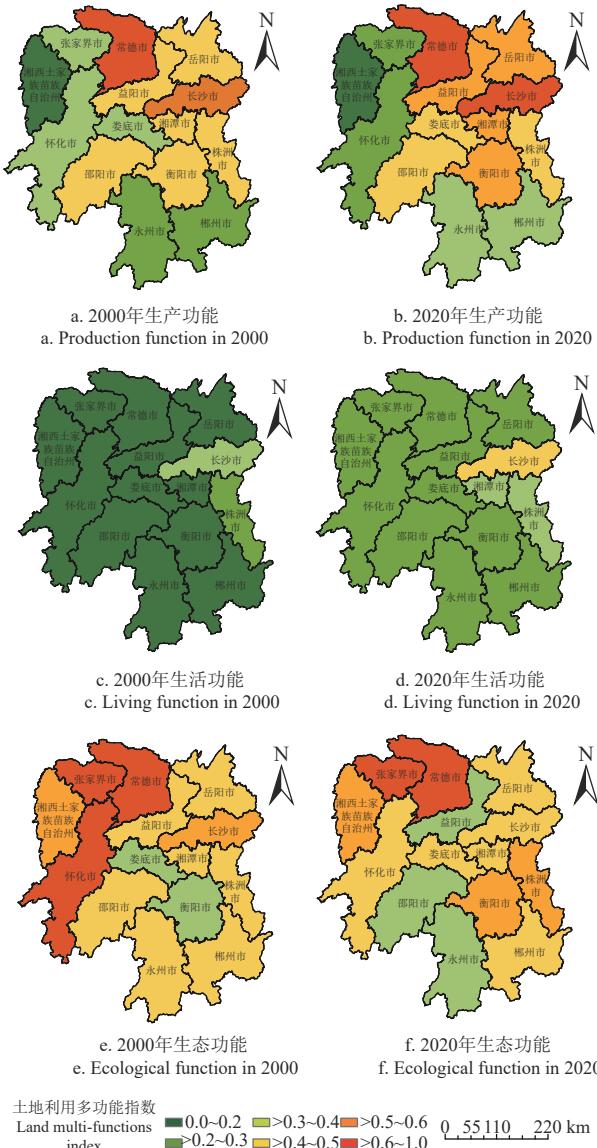


图 5 湖南省各地级市土地利用多功能水平评价结果
Fig.5 Comprehensive evaluation results of land multi-functions in regions of Hunan Province

从区域三生空间变化格局和功能演化结果来看, 湖南省各地区土地利用功能水平整体呈上升趋势, 但是各类功能的区域差异明显。湖南省土地利用生产功能整体呈现东北高西南低的分布格局, 生活功能则以长株潭为核心分布区, 其他区域相差不大, 生态功能以西部区域相对较高, 南部区域相对偏低的分布格局。这与湖南省地形地貌分布特征关系密切, 三生空间格局直接决定了土地利用功能布局。其中, 湘西的湘西自治州、怀化、张家界, 以及湘南的郴州、永州、邵阳等地, 由于山地

地貌复杂多样, 生活和生产空间受限, 经济发展缓慢, 但是生态空间分布较为广泛, 环境保护较好, 是该省重要的生态保护分布区; 而且, 研究期间该区域三生空间转换相对较少, 三生功能变化相对稳定。湘中的衡阳、娄底、长沙、湘潭地区, 由于经济发展较好, 城镇化和工业化水平高, 研究期间该区域的生态空间向生产和生活空间转换明显增加, 这也是造成其生产功能和生活功能提升, 而生态功能保持稳定或下降的原因, 三生空间变化直接影响了土地利用功能水平的发挥。湘北的常德、岳阳、益阳区域, 围绕洞庭湖分布, 地势较低且平坦, 近年来经济发展较好, 生产空间不断提升, 生活和生态功能相对稳定。结合空间、功能变化特点分析可知, 湖南省土地利用空间格局变化与功能转变之间具有较大的关联性, 尤其在时序变化上呈现一定的变化规律。如以 2010 年为临界点, 前期全省以生产空间减少, 生活空间增加为主要特点, 由于生产空间同时具有生态功能, 导致前期生态功能的下降, 而该时期生产效益的提升明显弥补了生产空间减少带来的负面效应。说明该时期内湖南省更加侧重于经济发展, 生活空间过多侵占了生产空间。后期, 生产空间继续减少, 生活空间继续增加, 生产效应带来的增益效应被生产空间减少继续抵消, 生产功能整体变化不大。同时, 虽然生产空间继续减少, 但是生态空间略有提升, 是该时段下生态功能能够保持相对稳定的重要因素, 说明该时期湖南省实施退耕还林、还湖工程效益明显。

4 结论与建议

4.1 结 论

1) 湖南省土地利用格局以生态空间为主, 约占全省土地空间面积的 69.50%, 其次是生产空间, 约占 28.00%, 生活空间最小。

2) 2000—2020 年湖南省土地利用“三生”空间格局演变波动较大, 以生产空间与生态空间收缩, 生活空间扩张为主要特点。研究期间该省共有 135.32 万 hm^2 的土地进行了相互转化, 其中, 生产空间和生态空间转换最为频繁, 生活空间面积增加幅度最大, 说明生产空间和生态空间之间的转换是影响湖南省土地利用三生空间变化和变动的主要因素, 而生活空间的增加是该省土地利用空间格局改变的主要原因和最终结果。

3) 生产空间主要分布于省北部的常德、益阳、岳阳以及中部衡阳、娄底、邵阳、永州 4 市交界的中心区域; 生活空间主要分布于以长株潭城市群为核心分布区以及各市城市中心区域; 生态空间分布面积最广, 主要分布于省西部及西南部丘陵山地区域, 以及位于省北部的洞庭湖水域区等。空间格局以环长株潭区域土地利用格局演变更剧烈, 其次是东、西、南三面山地区域; 动态度结果显示全省土地利用总体动态变化率有提升态势。

4) 2000—2020 年, 湖南省土地利用多功能评价值

整体呈现上升趋势。其中,生活功能呈现稳定的逐年递增趋势;生产功能先升高后降低,整体略有提升;生态功能先下降后升高,整体呈现下降趋势;三生功能水平差异有缩小态势,区域间水平差异由低水平高差距向高水平的相对均衡转变。

4.2 建议

针对湖南省土地利用整体生态功能水平下降、各类型功能增效缓慢等主要问题,未来需要提升政府职能,积极利用和发挥全国新一轮的国土空间规划政策,以国土空间规划和全域国土综合整治为契机,尝试规划和实践主体功能鲜明,优势互补的整体发展格局。

1) 重视生态文明建设,同时适度提升生活空间水平。由于湖南省工业起步晚、规模小,目前生活环境要素具有一定优势,但是环境保护和生态建设能力较弱,容易造成土地生态功能受到影响。而且,随着全省重视经济发展和人民生活水平提升,工业化城镇化仍在提高,未来土地利用生产和生活功能仍将呈持续上升趋势,生态功能必然受到一定程度的影响。三生空间变化趋势与区域宏观政策是分不开的,因此未来尤其需要加强重视区域生态文明建设规划。湖南省生活空间和功能亟待提升,需要适度增强区域开发强度,通过政策和金融创新引导资源要素集聚,推动区域经济社会发展。

2) 提升区域经济发展和协同发展水平。三生空间格局变化和功能演化与区域经济发展水平密不可分,湖南省土地利用三生空间和功能区域发展不平衡问题显著。尤其是湘西的湘西自治州、怀化、张家界,以及湘南的郴州、永州、邵阳等地虽然生态功能水平较高,但是经济发展缓慢,需要深入挖掘和整合地方优势资源,不断推进区域农业现代化,增强农业发展的优势潜力和对农村劳动力的吸附作用,不断提升生产空间内部自生动力。湘中的衡阳、娄底、长沙、湘潭地区经济发展较好,城镇化和工业化水平高,需要积极探索和创新生态功能纵向和横向补偿机制,开通绿色金融通道,积极吸引社会资金的支持,加强生态补偿的财政支付力度,提升区域生态保护功能,缓解因经济和城镇化发展带来的消极作用。湘北的常德、岳阳、益阳区域围绕洞庭湖分布,未来需要加强水域生态涵养功能,以绿色发展观为理念,协同经济高质量发展和生态环境保护水平。

[参考文献]

- [1] 段建南, 刘思涵, 李萍, 等. 土地功能研究进展与方向的思考[J]. 中国土地科学, 2020, 34(1): 8-16.
DUAN Jiannan, Liu Sihan, Li Ping, et al. Study on research progress and directions of land functions[J]. *China Land Science*, 2020, 34(1): 8-16. (in Chinese with English abstract)
- [2] ZHANG R Y, LI H B, YUAN Y. Analyzing space-time evolution of rural transition in a rapidly urbanizing region: A case study of Suzhou, China[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2022, 32(7): 1343-1356.
- [3] 刘超, 许月卿, 孙丕苓, 等. 土地利用多功能性研究进展

- 与展望[J]. *地理科学进展*, 2016, 35(9): 1087-1099.
LIU Chao, XU Yueqing, SUN Piling, et al. Progress and prospects of multi-functionality of land use research[J]. *Progress in Geography*, 2016, 35(9): 1087-1099. (in Chinese with English abstract)
- [4] GROOT R D. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2006, 75(3/4): 175-186.
- [5] 林树高, 陆汝成, 刘少坤, 等. 基于“三生”空间的广西边境地区土地利用格局及多功能演变[J]. *农业工程学报*, 2021, 37(5): 265-274.
LIN Shugao, LU Rucheng, LIU Shaokun, et al. Land use pattern and multifunctional evolution in the border areas in the Guangxi Zhuang Autonomous Region based on "production-living-ecosystem" space[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2021, 37 (5): 265-274 (in Chinese with English abstract)
- [6] 刘超, 张祚, 纪旭, 等. 基于土地功能强弱对比的三生空间识别与优化——以襄阳市为例[J]. *资源科学*, 2023, 45(7): 1366-1379.
LIU Chao, ZHANG Zuo, JI Xu, et al. Identification and optimization of production- living- ecological spaces based on the comparison of strengths and weaknesses of land functions: A case study of Xiangyang City[J]. *Resources Science*, 2023, 45(7): 1366-1379. (in Chinese with English abstract)
- [7] 李晶, 陈松林. 基于“三生空间”的福州市土地利用功能转型与生态环境效应研究[J]. *生态科学*, 2024, 43(1): 186-194.
LI Jing, CHEN Songlin. Land use function transformation and associated eco-environmental effect in Fuzhou city based on "production-living-ecological space"[J]. *Ecological Science*, 2024, 43(1): 186-194. (in Chinese with English abstract)
- [8] 甄霖, 曹淑艳, 魏云洁, 等. 土地空间多功能利用: 理论框架及实证研究[J]. *资源科学*, 2009, 31(4): 544-551.
ZHEN Lin, CAO Shuyan, WEI Yunjie, et al. Land use functions: Conceptual framework and application for China[J]. *Resources Science*, 2009, 31(4): 544-551. (in Chinese with English abstract)
- [9] 龙花楼. 土地利用转型的解释[J]. *中国土地科学*, 2022, 36(4): 1-7.
LONG Hualou. Explanation of land use transition[J]. *China Land Science*, 2022, 36(4): 1-7. (in Chinese with English abstract)
- [10] 朱从谋, 李武艳, 杜莹莹, 等. 浙江省耕地多功能价值时空变化与权衡-协同关系[J]. *农业工程学报*, 2020, 36(14): 263-272.
ZHU Congmou, LI Wuyan, DU Yingying, et al. Spatial-temporal change, trade-off and synergy relationships of cropland multifunctional value in Zhejiang Province, China[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2020, 36(14): 263-272.

- (in Chinese with English abstract)
- [11] 张中秋, 劳燕玲, 何彩珍, 等. 土地利用多功能机制及其耦合协调时空分异—以广西为例[J]. *农业资源与环境学报*, 2021, 38(2): 317-331.
ZHANG Zhongqiu, LAO Yanling, HE Caizhen, et al. Mechanism of land use functions and their spatio-temporal differentiation of coupling coordination degree taking Guangxi as an example[J]. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2021, 38(2): 317-331. (in Chinese with English abstract)
- [12] 朱建平, 张学茹, 黄中杰, 等. 基于三生空间生态服务供给和需求的国土空间规划效益评价研究[J]. *中国资源管理*, 2024, 16(2): 103-112.
ZHU Jianping, ZHANG Xueru, HUANG Zhongjie, et al. Research on the benefit evaluation of territorial spatial planning based on the supply and demand of ecological services in production-living ecological space[J]. *Chinese Journal of Environmental Management*, 2024, 16(2): 103-112. (in Chinese with English abstract)
- [13] SUMEYRA K U R T. Land use change along the Black Sea in Istanbul, Turkey from 1987 to 2007[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2013, 23(2): 271-279.
- [14] DINSSA E G, FMAURY A, ZENEBE A, et al. Land use/cover change in the northern of Ethiopia in the past 80 years[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2018, 28(10): 1538-1559.
- [15] YANG B, YANG J, TAN L, et al. Understanding the change of land space utilization efficiency with different functions and its coupling coordination: A case study of Urban Agglomeration in the Middle Reaches of the Yangtze River, China[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2023, 33(2): 289-310.
- [16] 孙丕苓, 许月卿, 刘庆果, 等. 环京津贫困带土地利用多功能性的县域尺度时空分异及影响因素[J]. *农业工程学报*, 2017, 33(15): 283-292.
SUN Piling, XU Yueqing, LIU Qingguo, et al. Spatiotemporal differentiation and driving factors of multi-functionality of land use in county scale in poverty belt around Beijing and Tianjin[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2017, 33(15): 283-292. (in Chinese with English abstract)
- [17] 马世发, 黄宏源, 蔡玉梅, 等. 基于三生功能优化的国土空间综合分区理论框架[J]. *中国国土资源经济*, 2014, 27(11): 31-34.
MA Shifa, HUANG Hongyuan, CAI Yumei, et al. Theoretical framework with regard to comprehensive sub-areas of China's land spaces based on the functional optimization of production, life and ecology[J]. *Natural Resource Economics of China*, 2014, 27(11): 31-34. (in Chinese with English abstract)
- [18] 金贵, 郭柏枢, 成金华, 等. 基于资源效率的国土空间布局及支撑体系框架[J]. *地理学报*, 2022, 77(3): 534-546.
JIN Gui, GUO Baishu, CHENG Jinhua, et al. Layout optimization and support system of territorial space: An analysis framework based on resource efficiency[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(3): 534-546. (in Chinese with English abstract)
- [19] 张红旗, 许尔琪, 朱会义. 中国“三生用地”分类及其空间格局[J]. *资源科学*, 2015, 37(7): 1332-1338.
ZHANG Hongqi, XU Erqi, ZHU Huiyi. An ecological-living-industrial land classification system and its spatial distribution in China[J]. *Resources Science*, 2015, 37(7): 1332-1338. (in Chinese with English abstract)
- [20] 武爱彬. 京津冀区域“三生空间”分类评价与格局演变[J]. *中国农业资源与区划*, 2019, 40(11): 237-242.
WU Aibin. Classification evaluation and pattern evolution of production-living-ecological spaces in Beijing-Tianjin-Hebei region[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2019, 40(11): 237-242. (in Chinese with English abstract)
- [21] 赵筱青, 李思楠, 谭琨, 等. 城镇-农业-生态协调的高原湖泊流域土地利用优化[J]. *农业工程学报*, 2019, 35(8): 296-307.
ZHAO Xiaoqing, LI Sinan, TAN Kun, et al. Land use optimization of plateau lake basin based on town-agriculture-ecological spatial coordination[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2019, 35(8): 296-307. (in Chinese with English abstract)
- [22] ZHANG Y N, LONG H L, TU S S, et al. Spatial identification of land use functions and their tradeoffs/synergies in China: Implications for sustainable land management[J]. *Ecological Indicators*, 2019, 107: 136-147.
- [23] 黄安, 许月卿, 卢龙辉, 等. “生产-生活-生态”空间识别与优化研究进展[J]. *地理科学进展*, 2020, 39(3): 503-518.
HUANG An, XU Yueqing, LU Longhui, et al. Progress review on identification and optimization of production-living-ecological spaces[J]. *Progress in Geography*, 2020, 39(3): 503-518. (in Chinese with English abstract)
- [24] 韩株桃, 石杰锋, 吴金华, 等. 基于 POI 数据及四叉树思想的“三生空间”识别方法[J]. *地球信息科学学报*, 2022, 24(6): 1107-1119.
HAN Zhutao, SHI Jiefeng, WU Jinhua, et al. Recognition method of “the production, living and ecological space” based on POI data and quad-tree idea[J]. *Journal of Geoinformation Science*, 2022, 24(6): 1107-1119. (in Chinese with English abstract)
- [25] 朱琳, 程久苗, 金晶, 等. “三生”用地结构的空间格局及影响因素研究——基于 284 个城市面板数据[J]. *中国农业资源与区划*, 2018, 39(8): 105-115.
ZHU Lin, CHENG Jiumiao, JIN Jing, et al. Space differentiation patterns and influencing factors of “ecological-living-industrial” land use structure[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2018, 39(8): 105-115. (in Chinese with English abstract)
- [26] 吴绮琦, 蒙吉军. 近 40 年来黑河流域三生空间格局演变及其驱动因素分析[J]. *北京大学学报 (自然科学版)*, 2023, 59(6): 970-980.

- WU Qiqi, MENG Jijun. Analysis of the evolution and driving factors of production-living ecological space pattern in the Heihe River Basin from 1980 to 2020, China[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2023, 59(6): 970-980. (in Chinese with English abstract)
- [27] 黄天能, 张云兰. 基于“三生空间”的土地利用功能演变及生态环境响应: 以桂西资源富集区为例[J]. *生态学报*, 2021, 41(1): 348-359.
- HUANG Tianneng, ZHANG Yunlan. Transformation of land use function and response of eco-environment based on “production-life-ecology space”: A case study of resource-rich area in western Guangxi[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(1): 348-359. (in Chinese with English abstract)
- [28] 董冬, 罗毅, 顾康康. “三生空间”视角下长三角城市群土地利用转型生态环境效应时空分异及驱动力[J]. *长江流域资源与环境*, 2023, 32(8): 1664-1676.
- DONG Dong, LUO Yi, GU Kangkang. Spatio-temporal differentiation and driving forces of eco-environmental effects of land use transformation in Yangtze River Delta Economic Zone: A perspective of “production-living-ecological” spaces[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2023, 32(8): 1664-1676. (in Chinese with English abstract)
- [29] 龚亚男, 韩书成, 时晓标, 等. 广东省“三生空间”用地转型的时空演变及其生态环境效应[J]. *水土保持研究*, 2020, 27(3): 203-209.
- GONG Yanan, HAN Shucheng, SHI Xiaobiao, et al. Temporal and spatial evolution and associated eco-environment effects of the land use transformation of ecological-production-living spaces in Guangdong province[J]. *Research of soil and water conservation*, 2020, 27(3): 203-209. (in Chinese with English abstract)
- [30] 秦明星, 康庆, 郭青霞, 等. 山西省土地多功能利用水平及动态变化研究——基于综合分析法[J]. *地域研究与开发*, 2023, 42(3): 142-147, 153.
- QIN Mingxing, KANG Qing, GUO Qingxia, et al. Study on level and dynamic change of multi-functional of land use in shanxi province based on comprehensive analysis[J]. *Areal Research and Development*, 2023, 42(3): 142-147, 153. (in Chinese with English abstract)
- [31] 肖丽群, 邓群钊, 林永钦, 等. 基于熵权 TOPSIS 模型的江西省土地利用多功能及其障碍因素动态分析[J]. *水土保持通报*, 2020, 40(1): 176-183.
- XIAO Liqun, DENG Qunzhao, LIN Yongqin, et al. Dynamic analysis on multifunctionality of land use and obstacle factors in Jiangxi province based on entropy weight TOPSIS model[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2020, 40(1): 176-183. (in Chinese with English abstract)
- [32] 王枫, 董玉祥. 基于灰色关联投影法的土地利用多功能动态评价及障碍因子诊断: 以广州市为例[J]. *自然资源学报*, 2015, 30(10): 1698-1713.
- WANG Feng, DONG Yuxiang. Dynamic evaluation of land use functions based on grey relation projection method and diagnosis of Its obstacle Indicators: A case study of Guangzhou city[J]. *Journal of Natural Resources*, 2015, 30(10): 1698-1713. (in Chinese with English abstract)
- [33] 夏敏, 冯新惠, 夏俊林, 等. 综合土地多功能与适应性的南京市溧水区“三生”空间划定[J]. *农业工程学报*, 2021, 37(16): 242-250.
- XIA Min, FENG Xinhui, XIA Junlin, et al. Delineation of production-living-ecological space in Lishui District of Nanjing based on land multi-functions and suitability[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2021, 37(16): 242-250. (in Chinese with English abstract)
- [34] 赵印泉, 曹红玉, 杨尽, 等. 基于“三生空间”的川西北高原土地利用格局与多功能时空演变[J]. *国土资源科技管理*, 2022, 39(4): 1-14.
- ZHAO Yinquan, CAO Hongyu, YNAG Jin, et al. Land use pattern and multifunctional spatiotemporal evolution in the Northwest Plateau of Sichuan based on “production-living-ecosystem” space[J]. *Scientific and Technological Management of Land and Resources*, 2022, 39(4): 1-14. (in Chinese with English abstract)
- [35] 林树高, 诸培新, 陆汝成, 等. 长江经济带国土空间格局与功能演变的时空特征和响应过程[J]. *农业工程学报*, 2024, 40(4): 304-316.
- LIN Shugao, ZHU Peixin, LU Rucheng, et al. Spatiotemporal characteristics and response process of the territorial space and functional evolution in the Yangtze River Economic Belt[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2024, 40(4): 304-316. (in Chinese with English abstract)
- [36] 谢高地, 张彩霞, 张昌顺, 等. 中国生态系统服务的价值[J]. *资源科学*, 2015, 37(9): 1740-1746.
- XIE Gaodi, ZHANG Caixia, ZHANG Changshun, et al. The value of ecosystem services in China[J]. *Resources Science*, 2015, 37(9): 1740-1746. (in Chinese with English abstract)
- [37] 刘愿理, 廖和平, 李涛, 等. 山区土地利用多功能时空分异特征及影响因素分析[J]. *农业工程学报*, 2019, 35(21): 271-279.
- LIU Yuanli, LIAO Heping, LI Tao, et al. Spatio-temporal diversity and influencing factors of multi-functionality of land use in mountainous regions[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2019, 35(21): 271-279. (in Chinese with English abstract)
- [38] 信桂新, 杨朝现, 杨庆媛, 等. 用熵权法和改进 TOPSIS 模型评价高标准基本农田建设后效应[J]. *农业工程学报*, 2017, 33(1): 238-249.
- XIN Guixin, YANG Chaoxian, YANG Qingyuan, et al. Post-evaluation of well-facilitated capital farmland construction based on entropy weight method and improved TOPSIS model[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2017, 33(1): 238-249. (in Chinese with English abstract)

Land use pattern and multifunctional evolution in Hunan Province using "production-living-ecosystem" space

LEI Wentao^{1,2,3}, GU Jie¹, XIE Hongkun^{1,2}

(1. College of Architecture and Urban Planning, Hunan City University, Yiyang 413000, China; 2. College of Architecture, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China; 3. Key Laboratory of Key Technologies of Digital Urban-Rural Spatial Planning of Hunan Province, Yiyang 413000, China)

Abstract: Land use in Hunan Province can share the common challenges on land space protection and development in China. The multifunctional land can be expected to solve the shortage and weak functionality of land resources. Taking Hunan Province as the research object, this article aims to construct a multifunctional evaluation index system using the land use multifunctional mechanism of "element structure space function". Land use multifunctional level was evaluated using entropy and TOPSIS, according to the spatial perspective of "Production-living-ecosystem". At the same time, spatial analysis was used to clarify the evolution characteristics of land use patterns in the region from 2000 to 2020. For example, the land use spatial transfer model and land use dynamic degree were then selected using ArcGIS software. Finally, a systematic investigation was made to explore the dynamic relationship between the evolution of land use spatial pattern and functional transformation using the dual perspective of "space+function". The results show that there were significant fluctuations in the spatial pattern of land use in Hunan Province from 2000 to 2020, where the production and ecological spaces were ever shrinking to expand the living spaces; Among them, the major characteristics were attributed to the significant expansion of living space and frequent conversion between production and ecological space. The main factors were obtained on the spatial fluctuations and reorganization of land use. 2) The regional distribution pattern and production space were distributed mainly in the central area of Changde, Yiyang, and Yueyang in the northern part of the province, as well as the border of Hengyang, Loudi, Shaoyang, and Yongzhou in the central part; The living space was distributed in the core distribution area centered around the Changsha Zhuzhou Xiangtan urban agglomeration and the central urban areas of each city; The ecological space shared the widest distribution area, particularly in the hilly and mountainous areas of the western and southwestern parts of the province, as well as in the Dongting Lake water area located in the northern part of the province; There was the more severe variation in the land use pattern evolution of the surrounding Changsha Zhuzhou Xiangtan area, followed by the mountainous areas on the east, west, and south sides; The dynamic degree results show that there was an upward trend for the overall dynamic change rate of land use. 3) The level of land use in the "Production-living-ecosystem" functions showed an increasing trend per year, with the highest ecological function score and the most significant changes, followed by the production function. Furthermore, the level of land use tended to stabilize during fluctuations. The living function was the lowest, indicating an increasing trend each year; The horizontal differences among regions were shifted from the low to high level relative equilibrium. 4) There was a significant correlation between the land use spatial pattern and functional transformation, especially in the temporal patterns. Finally, a beneficial attempt was made to explore the relationship between them using the multifunctional mechanism of "space+function" in land use; Therefore, it is necessary to further combine the land multifunctional measurement under the "one to many" mechanism, in order to more accurately identify the interrelationships among the "three living" spaces and functions.

Keywords: land use; "production-living-ecosystem" space; pattern evolution; multi functional land use; Hunan Province