

DOI:10.13870/j.cnki.stbxb.2024.01.006

张超正, 杨钢桥, 孙小宇, 等. 长江中游地区土地利用变化阶段划分和特征测度[J]. 水土保持学报, 2024, 38(1): 231-241.

ZHANG Chaozheng, YANG Gangqiao, SUN Xiaoyu, et al. Stages division and characteristics measurement of land use change in the middle reaches of the Yangtze River[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2024, 38(1): 231-241.

长江中游地区土地利用变化阶段划分和特征测度

张超正¹, 杨钢桥², 孙小宇², 靳亚亚¹, 陈丹玲², 罗万云³

(1. 西北农林科技大学经济管理学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 华中农业大学公共管理学院, 武汉 430070;

3. 新疆大学经济与管理学院, 乌鲁木齐 830046)

摘要: [目的] 基于经济社会发展转型视角, 探究长江中游地区土地利用变化的总体特征、过程特征和轨迹特征。[方法] 通过分析变化幅度、变化速度和地学信息图谱等特征。[结果] (1) 2000—2018年, 长江中游地区经济社会发展可划分为“由初级产品生产阶段 II 期向工业化中期转型, 城镇化缓慢发展与人口严重外流期”和“由工业化中期向工业化后期转型, 城镇化稳步发展与人口持续回流期”2 大阶段。(2) 就变化总体特征而言, 以耕地面积持续减少, 水域和建设用地面积持续增加, 林地、草地、湿地面积明显减少, 未利用地面积保持相对稳定为主。(3) 就变化过程特征而言, 2000—2010 年以耕地和林地相互转化, 耕地向建设用地和水域转化, 以及水域向湿地转化为主; 2010—2018 年以耕地和建设用地相互转化, 林地向建设用地和耕地转化, 以及湿地向水域转化为主。(4) 就变化轨迹特征而言, 以前期变化型为主, 后期变化型和反复变化型次之, 持续变化型所占比例较小。[结论] 长江中游地区土地利用变化阶段性特征明显, 主要表现为不同经济社会转型过程中由区域内不同土地利用类型转化规模与方向所导致的土地利用数量与空间结构变化。

关键词: 土地利用变化; 总体特征; 过程特征; 轨迹特征; 长江中游地区

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242-(2024)01-0231-11

Stages Division and Characteristics Measurement of Land Use Change in the Middle Reaches of the Yangtze River

ZHANG Chaozheng¹, YANG Gangqiao², SUN Xiaoyu², JIN Yaya¹, CHEN Danling², LUO Wanyun³

(1. College of Economics and Management, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. College of Public Administration, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

3. College of Economics and Management, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

Abstract: [Objective] From the perspective of socioeconomic development transition, this study aims to explore the spatiotemporal characteristics of land use change in the middle reaches of the Yangtze River (MRYR). [Methods] The method of change range and change speed of land use change, as well as geographical information map were employed. [Results] (1) The socioeconomic development stage of the MRYR have undergone two transition processes during 2000—2018. The first is from the primary production stage II to the middle industrialization stage, with slow growth of urbanization and serious outflow of population. The second is from the middle industrialization stage to the late industrialization stage, with steady growth of urbanization and continuous return of population. (2) In terms of overall characteristics, the cultivated land area continues to decrease, the water area and construction land area continue to increase, the woodland, grassland and wetland area obviously decrease, and the unused land area remains relatively stable. (3) In terms of process characteristics, in 2000—2010, cultivated land and forest land were transformed into each other, cultivated land into construction land and water area, and water area into wetland were the main

收稿日期: 2023-04-26

修回日期: 2023-05-30

录用日期: 2023-06-08

网络首发日期 (www.cnki.net): 2023-09-15

资助项目: 国家自然科学基金项目 (42101307, 42101263); 教育部人文社会科学基金项目 (21YJC790006, 21YJC630174); 陕西省社会科学基金项目 (2021R023); 西北农林科技大学博士科研启动基金项目 (2452023038)

第一作者: 张超正 (1993—), 男, 博士, 讲师, 主要从事土地利用变化研究。E-mail: weirdozcz@163.com

通信作者: 陈丹玲 (1993—), 女, 博士, 讲师, 主要从事城乡土地利用研究。E-mail: hustcdl@163.com

change types. In 2010—2018, cultivated land and construction land were transformed into each other, forest land into construction land and cultivated land, and wetland into water area were the main change types. (4) In terms of trajectory characteristics, the early change type is the main type, followed by the late change type and repeated change type, and the proportion of continuous change type is small. [Conclusion] The stage characteristics of land use change in the MRYR are obvious, which is manifested in the change of land use quantitative and spatial structure caused by the scale and direction of transformation between different land use types in different transition periods of socioeconomic development.

Keywords: land use change; overall characteristics; process characteristics; trajectory characteristics; the middle reaches of the Yangtze River

Received: 2023-04-26

Revised: 2023-05-30

Accepted: 2023-06-08

Online(www.cnki.net): 2023-09-15

土地利用变化涉及全球气候变化和人类可持续发展,因而土地利用变化研究一直备受关注。1995 年和 2005 年先后启动“土地利用/覆盖变化科学研究计划”和“全球土地计划”,并将土地利用变化的过程刻画、趋势模拟、动力分析及效应评价作为核心内容^[1-2]。2014 年、2016 年和 2019 年连续召开 3 届全球土地变化计划开放科学大会,进一步推动了土地利用变化面向经济社会可持续性的研究进程^[3]。研究土地利用变化的时空特征是探索土地利用变化过程及成因的有效方式,是揭示土地利用对人类活动响应程度的重要途径。当前土地利用变化特征的研究内容主要聚焦于 3 个方面:一是分析不同空间尺度土地利用数量及空间格局变化的时空特征。空间尺度可分为全球、区域和局地 3 大类,区域尺度的研究类型和数量远远多于全球尺度和局地尺度,但 3 类尺度的研究区域类型多样且具体研究所选择的幅度和粒度不尽相同^[1-2,4-8]。二是揭示区域单一土地利用类型数量及空间格局变化的时空特征。耕地和建设用地作为经济社会发展的重要物质载体和土地利用类型的重要组成部分,对耕地和建设用地变化特征的刻画能较好地反映经济社会发展过程中的土地利用问题,因而耕地和建设用地变化特征的研究类型和数量明显多于其他土地利用类型^[9-14]。三是预测区域未来土地利用数量及空间格局。通过设置未来气候变化和经济发展的不同情景,采用 CLUE、FLUS、Landscape、Markov-CA 等模型预测未来土地利用的数量及空间格局,并进一步评估与权衡其带来的生态环境效应^[15-17]。土地利用变化随着区域经济社会发展阶段的转型而演变^[18-19],但现有绝大多数研究忽视对区域经济社会发展阶段的综合评估,未能建立区域土地利用变化和经济社会发展阶段演变的关联,对推动区域土地资源优化配置和助推区域经济社会可持续发展的作用较为有限。因此,应从区域经济社会发展阶段识别及其转型过程划分

入手,强化对区域土地利用变化时空特征的研究。

作为中部崛起战略和长江经济带战略统筹推进、叠加发力的重点区域,长江中游地区在全国经济社会发展、粮食安全保障、农业农村发展及生态环境建设方面承担重要职能,具有重要的战略地位和突出的带动作用^[20-21]。2000 年以来,长江中游地区 GDP 增速呈“稳定提升—波动增长—骤然下滑—逐步回升”的演变过程,区域经济社会发展阶段也随之相应地发生多次转型,同时长江中游地区城镇密集、人口众多,且正处于城镇化、工业化高速发展阶段,国土空间开发失衡失序、生态环境保护压力加大等突出矛盾凸显,已严重制约长江中游地区经济社会可持续发展^[7,18,22]。此外,长江中游地区经济社会发展水平、国土空间开发强度等方面存在显著的地域分异,发展不平衡、不协调、不充分问题仍然突出^[23-24]。这些使得长江中游地区成为研究我国区域城镇化、工业化诱导土地利用变化“过程—驱动—效应—调控”较为理想的区域之一。因此,本研究在区域经济社会发展阶段识别及其转型过程划分的基础上,从总体特征、过程特征和轨迹特征 3 个方面,解析长江中游地区土地利用变化特征,以期认识区域经济社会转型过程中存在的主要土地利用问题及产生原因,并进一步指导土地利用合理、有序及健康变化提供参考。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区域

基于行政一体化的视角,长江中游地区地跨湖北、湖南和江西 3 省全域 325 个县(市)区(图 1)。进入 21 世纪以来,中部崛起战略和长江经济带战略的相继实施、叠加发力,推动长江中游地区城镇化和工业化进程加速,经济、资源和环境之间交互耦合,城乡经济社会形态、地域空间格局迅速重构,城乡要素双向流动势能加速顺势诱发土地利用非农化、非粮化、粗放化及边际化等问题,尤其是建设用地大规模扩张

和耕地、生态用地大面积缩减导致区域生态系统服务可承载性与可持续性下降^[15-18]。长江中游地区正面临着加快城镇化、工业化进程和保障粮食、生态安全的多重压力。

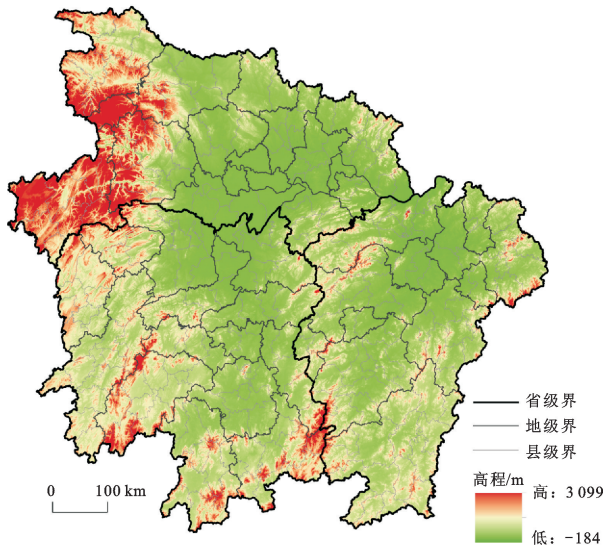


图 1 长江中游地区地理区位

Fig. 1 Geographical location of the middle reaches of the Yangtze River (MRYP)

1.2 数据来源

考虑到 2000 年以前的经济社会数据难以获取,加之 2020 年以来新冠疫情又对中国乃至世界经济发展带来极大冲击,本研究仅选择 2000—2018 年作为研究时段,涉及相应时段土地利用数据、行政区划数据和经济社会数据。土地利用数据包括 2000 年、2010 年和 2018 年 3 期土地利用数据,来源于中国科学院资源环境科学与数据中心(<http://www.resdc.cn/>),空间分辨率为 30 m。长江中游地区 3 期土地利用数据包括 6 个一级类型和 19 个二级类型,根据研究需要和参照已有研究^[20],将一级类型重分类为 7 个。考虑到河渠、湖泊、裸土地、裸岩石砾地难以发生变化,而滩地、沼泽地容易被耕地和建设用地占用,因而将原水域下的滩地和原未利用地下的沼泽地调整为现湿地下的二级类型,最终将研究区土地利用类型重划为耕地、林地、水域、湿地、建设用地及未利用地 7 个一级类型。行政区划数据来源于国家基础地理信息中心(<http://ngcc.sbsm.gov.cn/>),为便于开展研究,对各市市辖区及难以获取完整数据资料的县域单元进行合并,最后共得到 261 个县域单元。经济社会数据来源于中国统计年鉴^[25]和 3 省统计年鉴^[26-28],所有产值类数据均以 2000 年为基期进行平减处理。

1.3 研究方法

1.3.1 土地利用变化幅度和速度

本研究采用土地利用变化幅度和速度来揭示土

地利用变化总体特征。其中,单一土地利用变化幅度被定义为某区域一段时间内某一土地利用类型面积的绝对变化;单一土地利用动态度则被定义为某区域一段时间内某一土地利用类型面积的变化速率^[23,29]。具体表达式为:

$$LUTR_i = X_{ib} - X_{ia} \quad (1)$$

$$LUTS_i = \frac{(X_{ib} - X_{ia})}{X_{ia}} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $LUTR_i$ 和 $LUTS_i$ 分别为第 i 种土地利用类型的变化幅度和变化速度,其数值的正负符号可表示土地利用变化方向; a 为研究基期; b 为研究末期。

1.3.2 地学信息图谱

地学信息图谱是一种时空复合分析的方法,它能够将“表现空间单元特征的图”和“表示事件发展之起点和过程的谱”结合起来,弥补了基于非空间属性数据库的数据挖掘方法在形象思维和空间位置方面的不足,因而在土地利用变化领域得到广泛应用^[30-31]。本研究通过构建土地利用变化图谱,以数字化图形抽象概括出土地利用变化的最小图谱单元,将土地利用变化过程谱系化、动态化,进一步深化土地利用变化内在规律的挖掘与多维表达^[30]。对前后 2 期的土地利用数据进行地图代数叠加运算实现图谱代码的空间信息融合,即可得到土地利用变化图谱。具体合成操作为:

$$C = 10 \times A + B \quad (3)$$

式中: C 为研究阶段内土地利用变化特征的图谱单元编码值; A 和 B 分别为研究初期和末期土地利用图谱单元代码,耕地、林地、草地、水域、湿地、建设用地、未利用地分别编码为 1,2,3,4,5,6,7。为更加清楚地表达土地利用变化图谱特征,引入土地利用变化的变化比率和空间分离度作为量化方式进一步体现。变化比率反映某一土地利用变化类型图谱单元面积占有土地利用变化类型图谱单元总面积的比率;分离度反映某一土地利用变化类型图谱单元在区域空间分布上的离散程度,且分离度值越大则表明该土地利用变化类型在时间上越不活跃和在空间上越为分散^[31]。具体计算公式为:

$$A_{ij} = \left(N_{ij} / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n N_{ij} \right) \times 100 \quad (i \neq j) \quad (4)$$

$$V_{ij} = \frac{1}{2} \times \frac{\sqrt{P_{ij} / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n N_{ij}}}{N_{ij} / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n N_{ij}} \quad (5)$$

式中: A_{ij} 和 V_{ij} 分别为变化比率和空间分离度; N_{ij} 和 P_{ij} 分别为初期的第 i 种土地利用类型转变为末期第 j 种土地利用类型的面积和图谱单元数量; n 为土地

利用类型数量。

为进一步研究土地利用变化的时空演变规律特征,通过建立土地利用变化轨迹模型加以描述。土地利用变化轨迹模型可描述为土地利用类型变化在时间尺度上的表现,2 期的土地利用变化图谱尽管也可以视为土地利用变化轨迹,但多期的土地利用变化轨迹在最大程度上保障了动态变化过程的完整性,而非通过割裂动态变化过程来获取信息规律。具体合成操作为:

$$D = 100 \times E + 10 \times F + G \quad (6)$$

式中: D 为研究阶段内土地利用变化轨迹的图谱单元代码值; E 、 F 和 G 分别为研究初期、中期和末期土地利用图谱单元代码。

2 区域经济社会发展阶段转型过程识别

本研究以工业化阶段理论和城镇化阶段理论为基础,综合分析区域经济增长、产业产值与就业结构演变

变、人口增速变化、城镇化进程等方面(图 2),形成区域经济社会发展阶段识别方法。需要说明的是,当人均 GDP 分别为 650~910, 910~1 810, 1 810~3 630, 630~7 250, 7 250~13 600, 13 600~21 760, 21 760~32 640 美元时,经济社会发展阶段分别对应于初级生产阶段 I 期、初级生产阶段 II 期、工业化初期、工业化中期、工业化后期、后工业化社会和现代社会。

通过对以上方面的综合分析,发现长江中游地区 2000—2018 年经济社会发展阶段存在 2 次显著的转型过程(表 1): 初级产品生产阶段 II 期向工业化中期转型,城镇化缓慢发展与人口严重外流期(2000—2010 年);工业化中期向工业化后期转型,城镇化稳步发展与人口持续回流期(2010—2018 年)。由于长江中游地区经济社会发展阶段存在转型过程,由此必定带来不同的土地利用变化阶段和特定的土地利用变化特征。

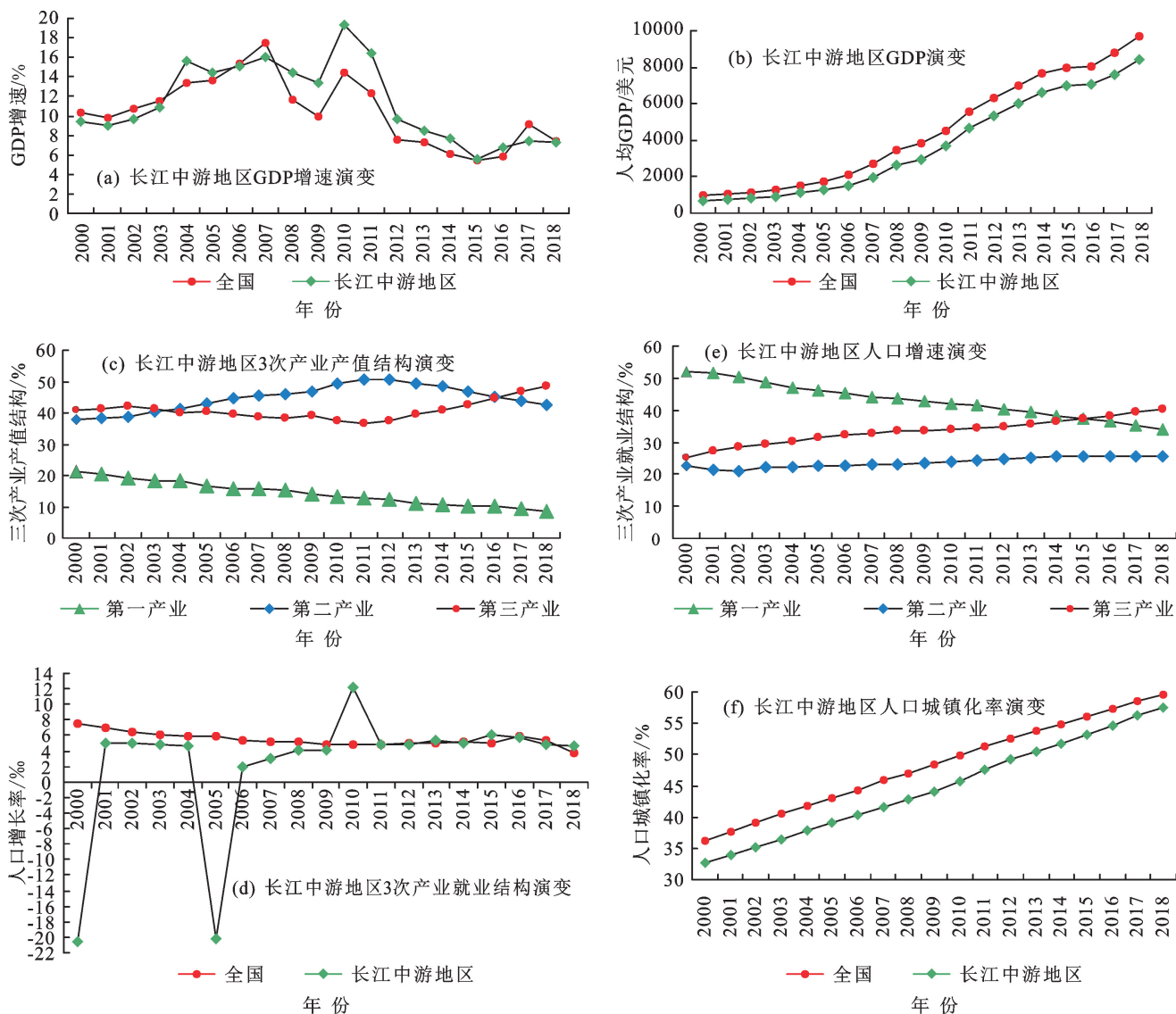


图 2 长江中游地区 2000—2018 年经济社会发展阶段转型识别

Fig. 2 Identification of the transition processes of socioeconomic development stages in the MRYR during 2000—2018

表 1 长江中游地区 2000—2018 年不同经济社会发展转型过程特征对比

Table 1 Characteristics of different socioeconomic development transition processes in the MRYSR during 2000—2018

比较指标	2000—2010 年	2010—2018 年
经济社会发展转型	由初级产品生产阶段 II 期向工业化中期演变	由工业化中期向工业化后期演变
GDP 增速	波动增长,但低于全国平均水平	骤然下滑,但高于全国平均水平
产值结构	由“三二一”向“二一三”转变	由“二一三”向“三二一”转变
就业结构	以农业为主	以非农为主
人口变化	波动增长,人口严重外流	缓慢增长,人口持续回流
城镇化进程	缓慢发展,与全国平均水平保持一定差距	稳步提升,与全国平均水平相对差距有所缩小

3 区域土地利用变化特征测度

3.1 土地利用变化的总体特征

长江中游地区研究期间耕地面积持续减少,水域和建设用地面积持续增加,林地、草地、湿地面积明显减少,未利用地面积保持相对稳定(图 3)。2000—2018 年建设用地和水域总体分别增加 7 849.86, 1 531.81 km²,耕地、林地、草地和湿地总体分别减少 6 691.69,1 429.91,830.16,428.78 km²,未利用地仅增加 0.83 km²。总体来看,建设用地增长最为显著,但呈减速扩张趋势,变化速度亦由 3.84%下降至

3.05%;水域面积不断增加,变化速度由 0.46%下降为 0.34%;耕地面积缩减最为明显,但呈减速缩减态势,变化速度亦由 -0.30%下降为 -0.10%;林地面积先增加后缩减,变化速度亦由 0.02%转变为 -0.08%,林地变化速度在 2 个阶段并不明显的原因在于林地是长江中游地区最主要的土地利用类型;湿地面积先增加后缩减,变化速度亦由 1.22%转变为 -2.15%;草地面积先缩减后增加,变化速度由 -0.54%转变为 0.22%;未利用地面积先增加后缩减,其变化速度由 0.46%转变为 -0.45%。

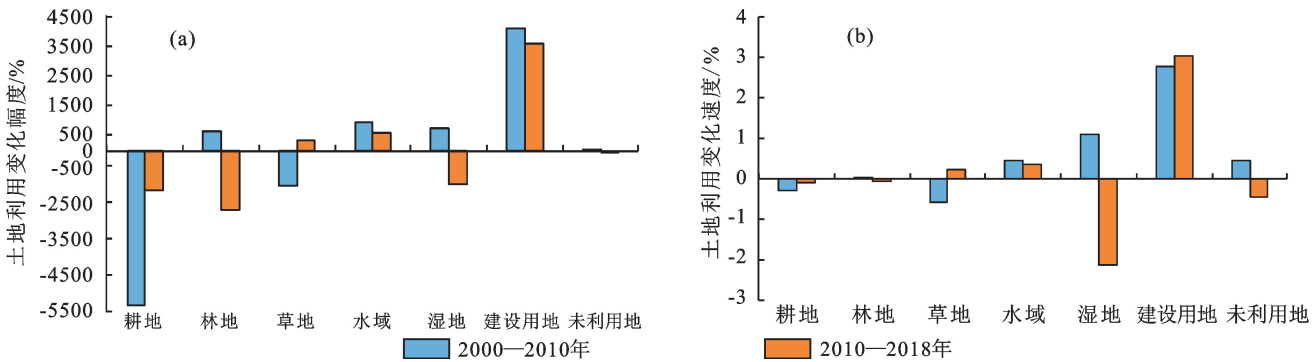


图 3 长江中游地区 2000—2018 年土地利用变化幅度和速度

Fig. 3 The range and speed of land use change in the MRYSR during 2000—2018

3.2 土地利用变化的过程特征

3.2.1 2000—2010 年土地利用变化的过程特征

(1)图谱空间格局特征。长江中游地区 2000—2010 年共有 42 种具有时间异质性的土地利用变化图谱单元(图 4)。图谱单元变化以耕地和林地互换最为明显,表现为“耕地→林地(编码 12)”和“林地→耕地(编码 21)”。“耕地→林地”主要分布在大别山区、秦巴山区、武陵山区、雪峰山区和罗霄山区。究其原因,第 1 是 1998 年长江发生特大洪水后,国家开始实施大规模退耕还林(草)工程,且退耕还林(草)工程优先选择山区地带;第 2 是“林地→耕地”和“耕地→林地”在空间分布上具有高度的一致性,这在一定程度上表明退耕还林政策的可持续性并不强;第 3 是“耕地→建设用地(编码 16)”,主要分布在武汉城市

群、长株潭城市群和环鄱阳湖城市群,这是因为地势平坦和用地充裕而有利于经济建设、城镇发展和人口集聚,致使大量耕地转变为建设用地;第 4 是“耕地→水域(编码 14)”,主要分布在江汉平原、洞庭湖平原、汉江中游平原和鄱阳湖平原,究其根源,同样是 1998 年长江发生特大洪水后,国家开始实施大规模退田还湖工程,使得江汉平原、洞庭湖平原、汉江中游平原和鄱阳湖平原大面积耕地向水域转变;第 5 是“水域→湿地(编码 45)”,主要分布在武汉市、洞庭湖平原和鄱阳湖平原。这一问题的存在,具有表层和深层 2 方面的原因,即泥沙淤积导致河床抬高、河道变窄及湖底抬高、湖面萎缩,而其根源又是长江中上游地区居民不合理的土地利用和开发活动造成的,如毁林毁草、乱采滥挖、陡坡耕作和开荒扩种等。

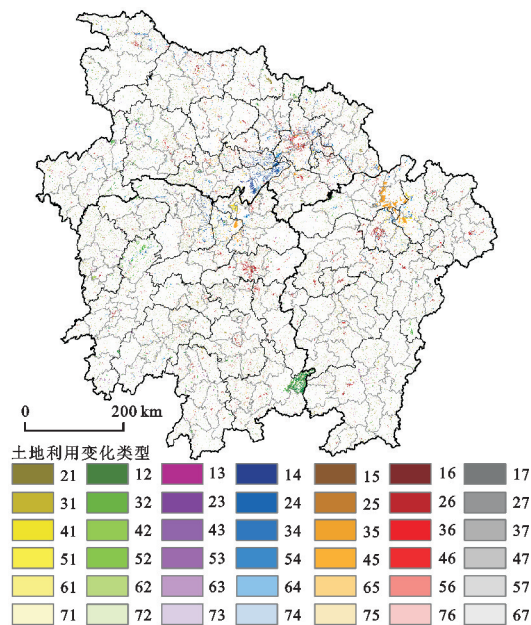


图 4 长江中游地区 2000—2010 年土地利用变化过程图谱

Fig. 4 Geoaltas of land use change processes in the MRYS during 2000—2010

(2) 图谱数量变化特征。将长江中游地区 2000—2010 年土地利用变化图谱单元按面积大小进行排序,并计算其变化比率(表 2)。长江中游地区 2000—2010 年土地利用变化图谱单元总面积为 29 337.67 km²,且前 14 类图谱单元占图谱单元总面积的 92.86%。耕地与林地的相互转化(编码 12 和

21)占土地利用变化总面积的 38.12%,是本阶段长江中游地区最主要的土地利用变化类型,且“耕地→林地”的面积大于“林地→耕地”的面积,即耕地被占用的面积大于来自林地补充的面积;其次,耕地转为建设用地(编码 16)和水域(编码 14)的面积也十分明显,累计变化比率达到 20.22%;再次,水域转为湿地(编码 45)的面积占土地利用变化总面积的 6.46%,也是本阶段长江中游地区主要的土地利用变化类型。

3.2.2 2010—2018 年土地利用变化的过程特征

(1) 图谱空间格局特征长江中游地区 2010—2018 年同样共有 42 种具有时空异质性的土地利用变化图谱单元(图 5)。图谱单元变化以“耕地→建设用地(编码 16)”最为明显,主要分布在武汉市、襄阳市、宜昌市、荆门市、鄂州市、长沙市、株洲市、湘潭市、南昌市、九江市、抚州市等城市辖区,空间上形成北部局部集群格局。第 2 是“林地→建设用地(编码 26)”,主要分布在十堰市、宜昌市、咸安市、长沙市、株洲市、湘潭市、南昌市、九江市、上饶市、抚州市、赣州市等城市辖区。第 3 是“湿地→水域(编码 54)”,主要分布在武汉市、洞庭湖区和鄱阳湖区。第 4 是“建设用地→耕地(编码 61)”,主要分布在湖北省的江汉平原、鄂东沿江平原和汉江中游平原。第 5 是“林地→耕地(编码 21)”,主要分布在大别山区、武陵山区,以及武陵山区向江汉平原的过渡地带。

表 2 长江中游地区 2000—2010 年土地利用变化过程图谱单元排序

Table 2 Ranking of geoaltas unit of land use change processes in the MRYS during 2000—2010

排序编号	图谱变换类型(编码)	图谱单元数	图谱面积/km ²	变化比率/%	空间分离度
1	12	6 882 967	6 194.67	21.12	0.16
2	21	5 540 809	4 986.73	17.00	0.18
3	16	3 859 533	3 473.58	11.84	0.21
4	14	2 731 204	2 458.08	8.38	0.25
5	45	2 105 540	1 894.99	6.46	0.29
6	32	1 901 620	1 711.46	5.83	0.30
7	26	1 543 578	1 389.22	4.74	0.34
8	54	1 252 502	1 127.25	3.84	0.37
9	41	1 100 863	990.78	3.38	0.40
10	23	858 878	772.99	2.63	0.45
11	61	798 551	718.70	2.45	0.47
12	24	651 190	586.07	2.00	0.52
13	51	548 445	493.60	1.68	0.56
14	15	493 127	443.81	1.51	0.59
总计		30 268 807	27 241.93	92.86	5.09

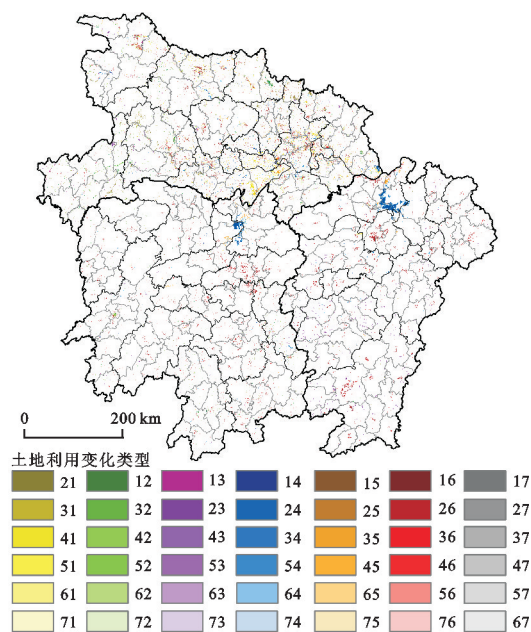


图 5 长江中游地区 2010—2018 年土地利用变化过程图谱

Fig. 5 Geoaltas of land use change processes in the MRYSR during 2010—2018

(2) 图谱数量变化特征。将长江中游地区 2010—2018 年土地利用变化图谱单元按面积大小进行排序,并计算其变化比率(表 3)。

长江中游地区 2010—2018 年土地利用变化图谱单元总面积为13 576.12 km²,且前 14 类图谱单元占

图谱单元总面积的 92.36%。首先,耕地和建设用地的相互转化(编码 16 和 61)是土地利用变化总面积的 29.03%,但耕地被占用的面积远大于来自建设用地补充的面积。“耕地→建设用地”的排序由上阶段的第 3 位上升至本阶段的第 1 位,这是因为相比于上一阶段,长江中游地区工业化和城镇化进程加快,同时人口持续回流也引发建设用地需求激增,致使建设用地侵占耕地的过程加快。“建设用地→耕地(编码 61)”的排序由上阶段的第 11 位上升至本阶段的第 4 位,这与城乡建设用地增减挂钩政策密切相关,且补充耕地的建设用地基本上均为农村居民点用地。其次,林地转为建设用地(编码 26)的面积占土地利用变化总面积的 12.73%,其排序由上阶段的第 7 位上升至本阶段的第 2 位。再次,湿地转为水域(编码 54)的面积占土地利用变化总面积的 12.64%,其排序由上阶段的第 8 位上升至本阶段的第 3 位。一方面,三峡大坝的修建使得大部分泥沙被拦截,以及上游水土保持工程致使长江武汉段和洞庭湖、鄱阳湖泥沙淤积速度放缓;另一方面,河道清淤、采沙扩湖也使得河流、湖泊面积显著增加。最后,林地转为耕地(编码 21)的面积占土地利用变化总面积的 6.86%,其排序由上阶段的第 2 位下降至本阶段的第 5 位,说明林地垦殖活动一直在进行,但逐渐得到了遏制。

表 3 长江中游地区 2010—2018 年土地利用变化过程图谱单元排序

Table 3 Ranking of geoaltas unit of land use change processes in the MRYSR during 2010—2018

排序编号	图谱变换类型(编码)	图谱单元数	图谱面积/km ²	变化比率/%	空间分离度
1	16	3 280 193	2 952.17	21.75	0.23
2	26	1 919 646	1 727.68	12.73	0.30
3	54	1 907 303	1 716.57	12.64	0.30
4	61	1 099 594	989.64	7.29	0.40
5	21	1 034 273	930.85	6.86	0.41
6	41	946 537	851.88	6.27	0.43
7	12	808 053	727.25	5.36	0.46
8	23	736 533	662.88	4.88	0.49
9	45	695 401	625.86	4.61	0.50
10	14	562 684	506.42	3.73	0.56
11	62	305 375	274.84	2.02	0.76
12	32	213 679	192.31	1.42	0.90
13	51	212 072	190.86	1.41	0.91
14	42	209 121	188.21	1.39	0.91
总计		13 930 464	12 537.42	92.36	7.56

3.3 土地利用变化的轨迹特征

本研究通过对长江中游地区 2000—2010 年和 2010—2018 年 2 个时段的土地利用变化过程进行分析,发现土地利用变化存在明显的时序特征。

为进一步研究长江中游地区近 18 年来土地利用变化特征,本研究对长江中游地区 2000 年、2010 年

和 2018 年 3 期土地利用数据进行时空耦合,并构建土地利用变化轨迹模型和土地利用变化轨迹图谱来加以探究(图 6)。

结果表明,长江中游地区土地利用变化轨迹以前期变化型为主,后期变化型和反复变化型次之,持续变化型所占比例较小(表 4)。

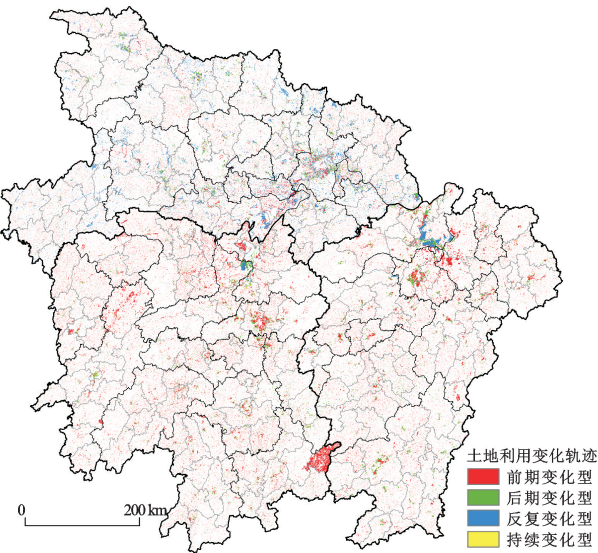


图 6 长江中游地区 2000—2018 年土地利用变化轨迹图谱
Fig. 6 Geoaltas of land use change trajectories in the MRYSR during 2000—2018

(1)前期变化型图谱特征。前期变化型是指土地利用变化过程中只发生在前面的 2000—2010 年阶段,在后来的 2010—2018 年阶段保持土地利用类型不变的图谱变化模式,其面积分布较广,在 3 省均有分布,且在湖南省和江西省更为明显。最大图谱单元为“耕地→林地→林地(编码 122)”,图谱面积为 2 952.17 km²,且对前期变化型贡献率为 23.57%,该

类型正是呼应了 1998 年长江流域特大洪水后,党中央、国务院将实施大规模退耕还林作为灾后重建的主要措施。其次为“林地→耕地→耕地(编码 211)”,图谱面积为 4 386.09 km²,对前期变化型贡献率为 19.41%,这在一定程度上表明退耕还林规模的不合理性。

(2)后期变化型图谱特征。后期变化型是指土地利用变化过程只发生在后来的 2010—2018 年阶段,在前面的 2000—2010 年阶段保持土地利用类型不变的图谱变化模式,主要分布在武汉城市群、长株潭城市群和环鄱阳湖城市群。最大图谱单元为“耕地→耕地→建设用地(编码 116)”,其次为“林地→林地→建设用地(编码 226)”,累计面积为 4 339.44 km²,累计贡献率占到后期变化型的 63.53%。

此外,“耕地→耕地→建设用地(编码 116)”比“耕地→建设用地→建设用地(编码 166)”净面积多 226.26 km²,净贡献率多 16.18%,说明建设用地占用耕地在 2010—2018 年进一步加重。与 2000—2010 年阶段相比,长江中游地区 2010—2018 年阶段人口急剧增长和经济加速发展,导致建设用地过度扩张占用大量耕地和林地,对粮食安全和生态环境造成严重的负面影响。

表 4 长江中游地区 2000—2018 年土地利用变化轨迹图谱单元排序

Table 4 Ranking of geoaltas unit of land use change trajectories in the MRYSR during 2000—2018

变化轨迹	图谱单元数/个	面积/km ²	最主要土地利用变化图谱			
			图谱变换类型(编码)	图谱单元数/个	面积/km ²	贡献率/%
前期变化	25 102 908	22 592.62	122	5 916 764	5 325.09	23.57
			211	4 873 437	4 386.09	19.41
			166	2 765 279	2 488.75	11.02
			144	1 757 202	1 581.48	7.00
			116	3 016 675	2 715.01	39.75
后期变化	7 589 706	6 830.74	226	1 804 919	1 624.43	23.78
			554	675 704	608.13	8.90
			223	563 996	507.60	7.43
			454	1 147 478	1 032.73	16.65
			161	1 059 220	953.30	15.37
反复变化	6 892 266	6203.04	141	907 612	816.85	13.17
			121	871 419	784.28	12.64
			216	73 846	66.46	12.26
			126	72 702	65.43	12.07
			354	42 096	37.89	6.99
持续变化	602 221	542.00	154	35 863	32.28	5.96

(3)反复变化型图谱特征。反复变化型是指土地利用类型只发生在 2010 年,2000 年和 2018 年土地利用类型不变的图谱变化模式,主要分布在湖北省和江西省鄱阳湖区。最大图谱表现为“水域→湿地→水

域(编码 454)”,即湿地由水域转入又转出为水域,图谱单元面积为 1 032.73 km²。其次为“耕地→建设用地→耕地(编码 161)”“耕地→水域→耕地(编码 121)”和“耕地→林地→耕地(编码 121)”,即建设用

地、水域和林地由耕地转入又转出为耕地,累计面积达到 2 554.43 km²,累计贡献率占反复变化型的 41.18%,这表明长江中游地区耕地占补均不合理。耕地的反复变化一方面是响应保证 18 亿亩耕地红线和粮食底线的号召;另一方面则体现没有科学可持续地利用土地,且耕地的转入、转出将导致耕地种植条件破坏或质量等级下降。

(4)持续变化型图谱特征。持续变化型是指在 2000 年、2010 年和 2018 年土地利用类型不断发生变化的图谱变化模式,其空间分布在空间上并不明显。最大图谱表现为“林地→耕地→建设用地(编码 216)”,即由林地开垦为耕地后被建设用地占用,图谱面积为 66.46 km²,可见建设用地占用的一部分耕地是由林地转换过来的;其次为“耕地→林地→建设用地(编码 216)”,即由耕地转变为林地后被建设用地占用,图谱面积为 65.43 km²,这一类型降低了退耕还林工程绩效,出现这种现象的原因或许是在“耕地占补平衡”的压力下,地方政府迫不得已采取其他方式占用耕地。

4 讨论

(1)随着长江中游地区经济社会发展阶段的转型,流入建设用地的土地利用类型趋于多样,且有部分建设用地通过土地整治等方式转为耕地、林地及其他地类;同时,大量耕地变更为林地和水域,说明退耕还林、退耕还湖等生态政策得到有效落实。区域土地利用变化的实质是随着区域经济社会发展阶段的转型,区域内代表不同部门和群体利益的土地利用类型在空间上发生冲突,并在时间上通过土地利用类型的转化缓解这些冲突的过程,即土地利用类型之间发生“冲突—协调—再冲突—再协调”的“渐近上升式”演进过程。土地利用冲突源于不同土地利用类型供给与需求之间的矛盾,这一矛盾随着区域经济社会发展阶段的演变而变化。因此,应尊重土地利用变化特征的经济社会发展规律,引导土地利用变化与区域经济社会发展阶段转型过程相适应并使其发生在自然地理环境适宜的区域。

(2)本研究成果得出的特征与规律还需进一步通过横向比较与纵向比较加以检验。其一,加强与珠三角地区、京津冀地区、大东北地区、黄河中游、长江上游等同一尺度或级别地区土地利用变化特征研究的横向比较分析,从而实现更具普适性和一般性的理论归纳;其二,加强长江中游地区内部如粮食主产区、生态环境脆弱区、矿产资源开发区、集中连片特困区等典型区域土地利用变化特征研究。在此基础上,形成具有地域针对性的政策优化路径,这对促进典型区域国

土空间有序开发和经济社会持续发展具有重要意义。

(3)土地利用转型由于具有将社会和环境双重变化的时间尺度与历史背景有序整合,兼顾全面深入土地利用外部性数量、空间格局等属性变化(显性转型)和内部性质量、产权、固有投入、产出能力等属性变化(隐性转型)的特点,成为土地利用变化综合研究的有效途径和新兴方向^[6,18-19,23]。本研究着重分析土地利用显性转型特征,未涉及土地利用隐性转型特征,且受篇幅与数据限制,未能进一步借助更多的定量深入探究土地利用变化的多重驱动因子及其协同作用,进一步探究土地利用综合转型的时空特征、驱动机制与环境—经济—社会效应是作者今后研究的重点。

5 结论

(1)2000—2018 年,长江中游地区经济社会发展阶段发生 2 次显著的转型过程,由初级产品生产阶段 II 期向工业化中期转型,城镇化缓慢发展与人口严重外流期(2000—2010 年);由工业化中期向工业化后期转型,城镇化稳步发展与人口持续回流期(2010—2018 年)。

(2)2000—2018 年,长江中游地区土地变化特征明显,主要表现为各经济社会发展阶段由区域内不同土地利用类型间转化与转化方向变化所导致的区域土地利用数量与空间结构变化。就总体特征而言,以耕地面积持续缩减,水域和建设用地面积持续增加,林地、草地、湿地面积明显减少,未利用地面积保持相对稳定为主。过程特征而言,2000—2010 年以耕地和林地相互转化,耕地向建设用地和水域转化,以及水域向湿地转化为主;2010—2018 年以耕地和建设用地相互转化,林地向建设用地和耕地转化,以及湿地向水域转化为主。就轨迹特征而言,以前期变化型为主,后期变化型和反复变化型次之,持续变化型所占比例较小。其中,前期变化型以“耕地→林地→林地”为主,后期变化型以“耕地→耕地→建设用地”为主,反复变化型以“水域→湿地→水域”为主,持续变化型以“林地→耕地→建设用地”为主。

参考文献:

- [1] 刘纪远,宁佳,匡文慧,等.2010—2015 年中国土地利用变化的时空格局与新特征[J].地理学报,2018,73(5): 789-802.
- LIU J Y, NING J, KUANG W H, et al. Spatio-temporal patterns and characteristics of land-use change in China during 2010—2015[J]. Acta Geographica Sinica, 2018,73(5):789-802.
- [2] 匡文慧,张树文,杜国明,等.2015—2020 年中国土地利用变化遥感制图及时空特征分析[J].地理学报,2022,77

- (5):1056-1071.
- KUANG W H, ZHANG S W, DU G M, et al. Remotely sensed mapping and analysis of spatio-temporal patterns of land use change across China in 2015—2020[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(5):1056-1071.
- [3] 何春阳, 张金茜, 刘志锋, 等. 1990—2018 年土地利用/覆盖变化研究的特征和进展[J]. *地理学报*, 2021, 76(11): 2730-2748.
- HE C Y, ZHANG J X, LIU Z F, et al. Characteristics and progress of land use/cover change research during 1990—2018[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(11): 2730-2748.
- [4] Estoque R C, Johnson B A, Dasgupta R, et al. Rethinking forest monitoring for more meaningful global forest landscape change assessments[J]. *Science of the Total Environment*, 2022, 317: e115478.
- [5] 乔治, 蒋玉颖, 贺瞳, 等. 土地利用变化模拟研究进展[J]. *生态学报*, 2022, 42(13): 5165-5176.
- QIAO Z, JIANG Y Y, HE T, et al. Land use change simulation: Progress, challenges, and prospects[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2022, 42(13): 5165-5176.
- [6] 付慧, 刘艳军, 孙宏日, 等. 京津冀地区耕地利用转型时空分异及驱动机制[J]. *地理科学进展*, 2020, 39(12): 1985-1998.
- FU H, LIU Y J, SUN H R, et al. Spatiotemporal characteristics and dynamic mechanism of cultivated land use transition in the Beijing—Tianjin—Hebei region[J]. *Progress in Geography*, 2020, 39(12): 1985-1998.
- [7] 胡昕利, 易扬, 康宏樟, 等. 近 25 年长江中游地区土地利用时空变化格局与驱动因素[J]. *生态学报*, 2019, 39(6): 1877-1886.
- HU X L, YI Y, KANG H Z, et al. Temporal and spatial variations of land use and the driving factors in the middle reaches of the Yangtze River in the past 25 years[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(6): 1877-1886.
- [8] 张宇硕, 吴殿廷, 吕晓. 土地利用/覆盖变化对生态系统服务的影响: 空间尺度视角的研究综述[J]. *自然资源学报*, 2020, 35(5): 1172-1189.
- ZHANG Y S, WU D T, LÜ X. A review on the impact of land use/land cover change on ecosystem services from a spatial scale perspective[J]. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(5): 1172-1189.
- [9] LI J, JIANG Z, MIAO H, et al. Identification of cultivated land change trajectory and analysis of its process characteristics using time-series Landsat images: A study in the overlapping areas of crop and mineral production in Yanzhou City, China[J]. *Science of the Total Environment*, 2022, 806: e150318.
- [10] CHEN L, ZHAO H, SONG G, et al. Optimization of cultivated land pattern for achieving cultivated land system security: A case study in Heilongjiang Province, China[J]. *Land Use Policy*, 2021, 108: e105589.
- [11] ZHOU Y, ZHONG Z, CHENG G. Cultivated land loss and construction land expansion in China: Evidence from national land surveys in 1996, 2009 and 2019[J]. *Land Use Policy*, 2023, 125: e106496.
- [12] 程维明, 高晓雨, 马廷, 等. 基于地貌分区的 1990—2015 年中国耕地时空特征变化分析[J]. *地理学报*, 2018, 73(9): 1613-1629.
- CHENG W M, GAO X Y, MA T, et al. Spatial-temporal distribution of cropland in China based on geomorphologic regionalization during 1990—2015 [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(9): 1613-1629.
- [13] 刘纪远, 刘文超, 匡文慧, 等. 基于主体功能区规划的中国城乡建设用地扩张时空特征遥感分析[J]. *地理学报*, 2016, 71(3): 355-369.
- LIU J Y, LIU W C, KUANG W H, et al. Remote sensing-based analysis of the spatiotemporal characteristics of built-up area across China based on the plan for major function-oriented zones[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(3): 355-369.
- [14] OMID G, LOTFI A, MORADI H, et al. Area-based scenario development in land-use change modeling: A system dynamics-assisted approach for mixed agricultural-residential landscapes[J]. *Ecological Informatics*, 2023, 76: e102129.
- [15] XU Q L, ZHU A X, LIU J. Land-use change modeling with cellular automata using land natural evolution unit [J]. *Catena*, 2023, 224: e106998.
- [16] CHASIS S, OLANG L O, SITOKI L. Modelling of land-use/cover change trajectories in a transboundary catchment of the Sio-Malaba-Malakisi Region in East Africa using the CLUE-s model[J]. *Ecological Modelling*, 2023, 476: e110256.
- [17] TARIQ A, YAN J, MUMTAZ F. Land change modeler and CA-Markov chain analysis for land use land cover change using satellite data of Peshawar, Pakistan[J]. *Physics and Chemistry of the Earth*, 2022, 128: e103286.
- [18] 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 H L. Explanation of land use transitions[J]. *China Land Science*, 2022, 36(4): 1-7.
- [19] 田俊峰, 王彬燕, 王士君. 东北地区土地利用转型特征测度与机制探索[J]. *经济地理*, 2020, 40(9): 184-195.
- TIAN J F, WANG B Y, WANG S J. Land use transition in Northeast China: Features measurement and mechanism exploration[J]. *Economic Geography*, 2020, 40(9): 184-195.

- [20] 刘永强,龙花楼,李加林.长江中游经济带土地利用转型及其生态服务功能交叉敏感性研究[J].地理研究,2018,37(5):1009-1022.
- LIU Y Q, LONG H L, LI J L. Study on the land use transition and its cross-sensitivity of ecological service function in the Middle of Yangtze River Economic Belt [J]. Geographical Research, 2018, 37(5): 1009-1022.
- [21] 陈万旭,李江凤,朱丽君.长江中游地区生态系统服务价值空间分异及敏感性分析[J].自然资源学报,2019,34(2):325-337.
- CHEN W X, LI J F, ZHU L J. Spatial heterogeneity and sensitivity analysis of ecosystem services value in the middle Yangtze River region[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(2): 325-337.
- [22] CHEN W X, ZHAO H B, LI J F, et al. Land use transitions and the associated impacts on ecosystem services in the Middle Reaches of the Yangtze River Economic Belt in China based on the geo-informatic Tupu method[J]. Science of the Total Environment, 2020, 701: e134690.
- [23] 李全峰,胡守庚,瞿诗进.1990—2015年长江中游地区耕地利用转型时空特征[J].地理研究,2017,36(8):1489-1502.
- LI Q F, HU S G, QU S J. Spatiotemporal characteristics of cultivated land use transition in the Middle Yangtze River from 1990 to 2015 [J]. Geographical Research, 2017, 36(8): 1489-1502.
- [24] 陈立恒,龚健,王雄,等.长江中游地区生态系统服务平衡与城镇化的空间关系[J].生态学报,2021,41(14):5546-5556.
- CHEN L H, GONG J, WANG X, et al. Spatial relationship between ecosystem services balance and urbanization in the middle reaches of the Yangtze River [J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(14): 5546-5556.
- [25] 国家统计局.中国统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2001—2019.
- National Bureau of Statistics of China. China statistical yearbook [M]. Beijing: China Statistics Publishing House, 2001—2019.
- [26] 湖北统计局.湖北统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2001—2019.
- Statistics Bureau of Hubei Province. Hubei statistical yearbook [M]. Beijing: China Statistics Publishing House, 2001—2019.
- [27] 湖南统计局.湖南统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2001—2019.
- Statistics Bureau of Hunan Province. Hunan statistical yearbook [M]. Beijing: China Statistics Publishing House, 2001—2019.
- [28] 江西统计局.湖南统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2001—2019.
- Statistics Bureau of Jiangxi Province. Jianxi statistical yearbook [M]. Beijing: China Statistics Publishing House, 2001—2019.
- [29] 唐常春,李亚平.多中心城市群土地利用/覆被变化地学信息图谱研究:以长株潭城市群为例[J].地理研究,2020,39(11):2626-2641.
- TANG C C, LI Y P. Geo-information Tupu process of land use/cover change in polycentric urban agglomeration: A case study of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration[J]. Geographical Research, 2020, 39(11): 2626-2641.
- [30] 路昌,周浩,张凤,等.基于地学信息图谱的山东省国土空间转型分析[J].农业机械学报,2021,52(7):222-230.
- LU C, ZHOU H, ZHANG F, et al. Land spatial transformation analysis in Shandong Province based on Geo Information Map[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2021, 52(7): 222-230.
- [31] 史洋洋,吕晓,黄贤金,等.江苏沿海地区耕地利用转型及其生态系统服务价值变化响应[J].自然资源学报,2017,32(6):961-976.
- SHI Y Y, LYU X, HUANG X J, et al. Arable land use transitions and its response of ecosystem services value change in Jiangsu coastal areas [J]. Journal of Natural Resources, 2017, 32(6): 961-976.