

2000—2020年福建省土地利用隐性转型的影响因素

蒲佳豪^{1,2}, 陈松林^{1,2}, 杜峯屹^{1,2}

(1.福建师范大学地理科学学院, 福建福州 350117; 2.福建省亚热带资源与环境重点实验室, 福建福州 350117)

摘要: [目的] 分析福建省县域土地利用转型主导驱动力与影响因素的时空特征, 构建土地利用转型影响因素逻辑分析框架, 为福建省土地利用高质量发展提供参考。[方法] 基于2000、2010和2020年福建省土地利用数据和社会经济数据, 采用理论分析法、土地利用转移矩阵、综合指数法、地理加权回归(GWR)等方法, 构建土地利用转型影响因素逻辑分析框架, 并在此基础上对福建省土地利用转型主导驱动力、地类转移、土地利用隐性形态时空特征及影响因素进行系统分析。[结果] ①福建省各地区呈现出以发展型经济—生态安全驱动力为主要动力的发展趋势; ②2000—2020年福建省建设用地增加了2 897.45 km², 主要由耕地转换而来, 其次为林地和草地; ③福建省县域土地利用隐性形态呈现出“条带状”空间特征, 形成福州—莆田—厦门高级形态区以及福鼎—闽侯—仙游—安溪—诏安和武夷山—南平—三明—龙岩中级形态区; ④交通密度和城市化是福建省土地利用转型的主要影响因素。[结论] 福建省应该加强内陆和沿海、偏远地区和市区之间的交通建设, 实施新型城镇化战略, 同时深入推进新时代山海协作, 充分发挥福州、厦门等沿海城市的带动作用。

关键词: 土地利用转型; 隐性形态; 地理加权回归模型(GWR); 福建省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2023)06-0402-10

中图分类号: F301.24

文献参数: 蒲佳豪, 陈松林, 杜峯屹. 2000—2020年福建省土地利用隐性转型的影响因素[J]. 水土保持通报, 2023, 43(6): 402-411. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2023.06.045; Pu Jiahao, Chen Songlin, Du Fengyi. Factors influencing recessive transformation of land use in Fujian Province during 2000—2020 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2023, 43(6): 402-411.

Factors Influencing Recessive Transformation of Land Use in Fujian Province During 2000—2020

Pu Jiahao^{1,2}, Chen Songlin^{1,2}, Du Fengyi^{1,2}

(1. School of Geographical Science, Fujian Normal University, Fuzhou, Fujian 350117, China;

2. Fujian Provincial Key Laboratory of Subtropical Resources and Environment, Fuzhou, Fujian 350117, China)

Abstract: [Objective] The spatio-temporal characteristics of the dominant driving forces and influencing factors of county land use transition in Fujian Province were analyzed, and a logical analysis framework of influencing factors of land use transition was constructed, in order to provide a reference for the high-quality development of land use in Fujian Province. [Methods] Based on land use data and socio-economic data for Fujian Province in 2000, 2010, and 2020, we constructed a logical analytical framework of the factors influencing land use transformation by using a theoretical analysis method, a land use transfer matrix, a comprehensive index method, and geographically weighted regression. Based on these methods, we conducted a systematic analysis on the dominant driving force of land use transformation, the shift of land classes, the spatial and temporal characteristics of implicit land use patterns, and the influencing factors in Fujian Province. [Results] ① Regions of Fujian Province showed a development trend with economic-ecological security as the main driving force; ② The area of construction land in Fujian Province increased by 2 897.45 km² during 2000—2020, being mainly converted from arable land, followed by forest land and grassland; ③ Land use recessive morphology in Fujian Province showed a “strip-like” spatial characteristic, forming the Fuzhou—Putian—Xiamen high-level morphological zone and Fuding—Minhou—Xianyou—Anxi—Zhaoyan and Wuyi Mountain—Nanping—Sanming—Longyan middle-level morphological zone; ④ Traffic density and urbanization are the main influencing factors of land use transformation in Fujian Province. [Conclusion] Fujian Province should strengthen inland and coastal, remote areas and urban areas transportation construction, implement the new urbanization strategy, and deeply promote the new era of山海协作, fully发挥福州、厦门等沿海城市的带动作用。

收稿日期: 2023-06-01

修回日期: 2023-09-25

资助项目: 国家自然科学基金项目“多维视角下台商对大陆农业投资的技术扩散研究”(41771136); 福建省科技计划项目(2019R0124)

第一作者: 蒲佳豪(1997—), 男(汉族), 四川省遂宁市人, 硕士研究生, 研究方向为土地利用变化与区域发展。Email: pujiahao2021@163.com。

通信作者: 陈松林(1964—), 男(汉族), 福建省南安市人, 博士, 教授, 主要从事土壤与土地资源研究。Email: slchen6@163.com。

Putian-Xiamen high-level zone and the Fuding-Minhou-Xianyou-Anxi-Zhaoan and Wuyishan-Nanping-Sanming-Longyan intermediate morphology zones; ④ Traffic density and urbanization were the main factors influencing land use transformation in Fujian Province. [Conclusion] Fujian Province should strengthen transportation construction between inland and coastal areas, and between remote and urban areas. Fujian Province should also implement a new urbanization strategy, and at the same time further promote mountain-sea cooperation in the new era, and give full play to the leading role of coastal cities such as Fuzhou City and Xiamen City.

Keywords: land use transformation; recessive morphology; geographically weighted regression (GWR); Fujian Province

土地利用是指人类为获取一定的经济、环境或政治福利(利益),而对土地进行保护、改造并凭借土地的某些属性进行生产性或非生产性活动的方式、过程及结果^[1]。土地利用转型是指在经济社会变化和革新的驱动下,一段时期内与经济和社会发展阶段转型相对应的区域土地利用形态转变的过程^[2]。土地利用形态是土地利用转型的核心概念,可分为显性形态和隐性形态两种类型^[3]。随着工业化和城市化的不断发展,人们对土地的开发利用强度不断增加,加速了土地利用转型,继而导致土地开发与生态保护的矛盾不断加剧。因此,分析土地利用转型特征及影响因素,对深入理解土地利用转型机制,制定符合实际的土地利用优化配置对策具有重要意义。自龙花楼^[4]将土地利用转型的概念引入国内,已有诸多学者针对土地利用转型进行研究,主要包括转型诊断^[5]、时空特征与模式^[6-8]、驱动机制^[7,9-11]、耕地利用转型^[12]、社会—经济—生态效应^[13-15]、土地利用转型与乡村重构的关系^[16]、模拟预测以及优化调控^[17-18]、转型理论与假说等^[2,19-21]。但这些文章大多关注区域土地利用显性转型,隐性形态方面的土地利用转型研究仍旧不足。相关研究主要见于张玥等^[22]对中国土地利用隐性转型与土地利用碳排放空间关联的研究。宋佳鹏等^[23]利用耦合协调度模型和地理探测器等方法对福建省土地利用隐性形态与土地生态安全的研究。马丽君等^[11]对中国省际土地利用隐性转型影响因素的研究。在土地利用转型的驱动机制方面,主要包括 2 种分析方法:一种是基于丰富的自然、社会、经济等数据,通过分析模型,来解析土地利用转型与影响因素之间的关系;另一种是基于对土地利用转型因果关系的分析,深入理解土地利用转型内在机理。而近些年对于土地利用转型机制的研究大多采用第 1 种分析方法,对第 2 种分析方法的运用明显不足。将 2 种分析方法结合起来进行研究的更是缺乏。2 种方法结合既能够从理论层面深入挖掘土地利用转型的内在逻辑,又有定量数据支撑。因此,通过理论分析构建土地利用转型影响因素逻辑分析框架,然后在此框

架之下进行实证分析,研究结果应有更强的解释力。

2000—2020 年福建省工业化能力不断提升,城市化转型加快。同时福建省不同区域间发展差异显著,分析福建省土地利用隐性转型的影响因素有较大的参考价值。基于此,本研究以福建省为研究对象,基于 3 期土地利用数据和社会经济数据,利用理论分析法、土地利用转移矩阵、综合指数法、地理加权回归(GWR)等方法,构建土地利用转型影响因素逻辑分析框架,分析福建省县域土地利用转型主导驱动力与影响因素的时空特征,以期深入理解福建省土地利用转型机制,为福建省高质量发展提供参考。

1 土地利用转型影响因素逻辑分析框架

土地利用变化与土地利用转型都表现为人类活动所导致的土地属性的变化,二者在时间尺度、空间尺度、驱动因素、价值主体等方面具有明显差异^[21]。同时,土地利用转型是土地利用变化的表现形式之一,因此有关土地利用变化的传统研究方法无疑可用作土地利用转型的研究^[24]。人与土地是土地利用的两个核心,因此不能脱离土地利用的主体来研究土地利用转型,从这个角度来看,土地利用转型主要源于两方面原因:①社会发展不同时期,人们对土地的需求发生改变而导致的土地利用转型,可称之为主动性转型;②由于自然或人为原因导致土地使用者或管理者不得不改变土地利用方式而导致的土地利用转型,可称之为被动性转型。

1.1 驱动力与间接影响因素内涵解析

土地利用转型的影响因素可分为直接影响因素和间接影响因素。直接影响因素是指通过土地使用者或管理者的决策直接导致土地利用转型的因素,其又可分为表层影响因素和深层影响因素。其中,表层影响因素是指一定地点上的直接人类活动,包括城市扩张、基础设施建设、森林砍伐等^[21];深层影响因素是指直接驱动土地管理者或使用者做出决策的原因,可称之为驱动力,驱动力由不同区域当地社会经济等的主要矛盾决定,起主要作用的驱动力可称为主导驱

动力。间接影响因素指自然、经济、社会、文化、技术、区位等能够对驱动力产生影响的因素。

1.2 个体行为与群体行为内涵解析

如果仅将土地看作生产要素或经济资源,运用土地利用的基本竞争模型就能够解释土地利用转型的动因,其核心思想是“土地资源趋向于向那些出价最高的经营者手中转移,趋向于向那些收益最大的用途转移^[1]。”但土地是生态环境的载体,也具有公共事业性质(如农业)。因此需要从个体和群体两个层面进行综合分析。

(1) 个体行为驱动,主要有两种类型:①生存型经济驱动,主要存在于经济发展水平较低,商品经济不发达,人口自然增长和土地质量下降往往造成农业用地不断扩张的地区;②发展型经济驱动,主要存在于经济发展水平高,市场经济充分发展的地区。由于城市化速度较快,耕地被非农用地占用现象比较严重。

(2) 社会行为驱动,也主要包括两种类型:①环境安全驱动,人类的土地利用活动改变了地表覆被状况,破坏了环境而使原来的土地利用活动无法继续,这会迫使人们改变土地利用方式以保护生态。同时随着经济发展,人类越来越重视生活质量,将促使土地利用的宏观主体采取相关措施保护环境。②粮食安全驱动,政府的农业保护政策在某些区域会对土地利用转型产生重要影响。粮食是人类重要的食物,在国际形势和自然环境不断变化的背景下,保证一定的农业用地,直接关系到国家的安危(表 1)。

表 1 不同类型土地利用变化驱动力指标特征

Table 1 Characteristics of driving forces of land use change

指标	生存型 经济驱动	发展型 经济驱动	生态安 全驱动	粮食安 全驱动
人均 GDP	低	高	或高	
单位 GDP 人力投入量	高	低		
农村人口比例	高			
粮食播种面积增加比例	高	低		
城市化率		高		
建设用地面积比例	—	高	—	
农林水事务支出			高	
林地面积比例			高	
人均粮食产量	低			高

1.3 土地利用转型影响因素逻辑分析框架构建

最早由巴洛维提出应在自然条件的可能性、经济的可行性以及体制的可容性三重框架下解释人类的土地利用活动,之后 Platt 设计了一种互动关系模式

对其进一步发展,这种模式被李秀彬^[1,11]称为“土地利用—环境效应—体制响应”反馈环引入中国,并不断发展。根据已有研究,将反馈环进行改进,得到了土地利用转型影响因素逻辑分析框架(图 1)。土地利用转型间接影响因素包括经济社会、自然等要素,属于经济系统和自然系统。它们通过影响深层影响因素(管理系统)和表层影响因素使土地发生主动性或被动性转型。当转型发生时,又会反过来影响管理系统、经济社会系统和自然系统。因此土地利用转型机制就体现为直接影响因素和间接影响因素在逻辑分析框架内沿作用路径的级联驱动效应。

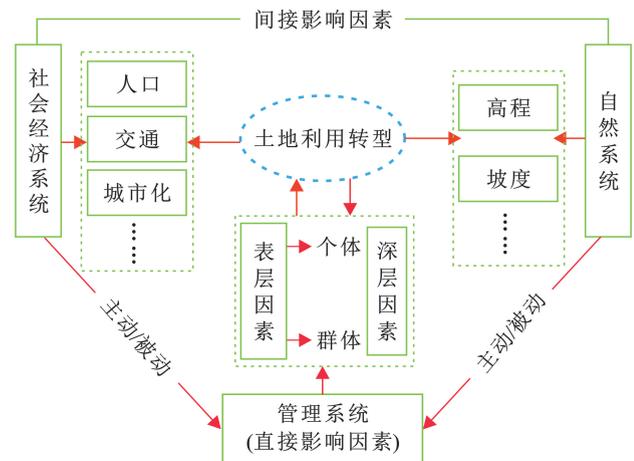


图 1 土地利用转型影响因素逻辑分析框架

Fig.1 Logical analysis framework of influencing factors of land use transformation

2 研究方法 with 数据来源

2.1 研究区概况

福建省地处中国东南沿海,省会福州市。全省辖福州、厦门、漳州、泉州、三明、莆田、南平、龙岩、宁德 9 个设区市和平潭综合实验区,下设 11 个县级市、31 个市辖区和 42 个县(含金门县)。全省陆地面积 $1.24 \times 10^5 \text{ km}^2$,海域面积 $1.36 \times 10^5 \text{ km}^2$,地势西北高,东南低,境内山地、丘陵占全省 90% 以上,境内有闽江、晋江、九龙江和汀江 4 大水系,森林覆盖率排列全国第一。

2.2 数据来源

以 10 a 为间隔,选取 2000—2020 年作为研究时段。社会经济统计数据来源于相应年份《福建统计年鉴》,高程数据来源于中国科学院资源环境科学数据中(<http://www.resdc.cn/>),土地利用数据由中国科学院资源环境科学数据中心提供的土地利用遥感监测数据计算所得,栅格大小 $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$ 。在研究期内,福建省行政区划有多次调整。2014 年建阳、永定

相继设区。2017 年长乐市划入福州市辖区,改为长乐区。基于数据连贯的要求,对上述区域按照福建省 2020 年的行政区划重新调整。同时,为了保持研究单元的整体性,将各设区市的市辖区归并处理,处理后共 64 个研究单元。

2.3 研究方法

2.3.1 驱动力指数选取与计算 计算各研究单元驱动力指数所依据的指标,是根据不同类型土地利用转型驱动力的特征选出,包括:人均 GDP、单位 GDP 人力投入量(人/亿元)、农村人口比例、粮食播种面积增加比例、城市化率、建设用地面积比例、农林水事务支出、林地面积比例、人均粮食产量等 9 项。以全省平均水平为 100 对各指标值做指数化处理,得各县级行政单位指标指数矩阵 X (表 4)。根据不同类型驱动力与各指标之间的关系(表 1),参考相关研究^[1],综合确定权重矩阵 N (表 5)。最终利用公式(1)计算出各县级行政单位驱动力指数 F 。以平均水平 100 为基准,某一研究单元的某类驱动力指数越高,表明其在该地区作用越强;反之,则弱。

$$F = XN^T \quad (1)$$

2.3.2 土地利用转移矩阵 土地利用转移矩阵可以直观地表示一段时间内土地利用的变化值和方向,揭示不同土地利用类型之间面积流动的时空演变,计算方法为:

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

式中: S_{ij} 为 i 类用地转为 j 类用地的土地面积; n 为不同土地利用类型的数量; i, j 分别为转移前后的土地利用类型。

2.3.3 土地利用隐性形态指数

(1) 指标体系。根据土地利用隐性形态的概念和已有研究^[11, 22-24],选取投入、产出与产权变化 3 类指标,构建复合指标体系(表 2),以期进一步提高指标的包容性,并规避指标的共线性。投入方面,用建设用地面积比例、人口密度和地均地方财政支出表征。投入与产出是人地系统中最基本的双向作用过程,建设用地面积比例反映了土地投入水平,人口密度和地均财政支出反映了劳动力和资本投入水平;产出方面,选用地均产值、社会消费品零售总额、第三产业比例及地均粮食产量表征。其中,地均产值直接反映了土地利用经济发展水平,社会消费品总额反映了居民生活水平,第三产业比例反映产业结构状态,地均粮食产量则间接反映粮食安全程度;产权方面,由城市化率体现。城市化率提高伴随着农村土地变更

为城市土地,从侧面表现了土地产权变化。

(2) 综合指数模型。引入并计算土地利用隐性形态指数,取值 $[0, 1]$,数值越大表示土地利用隐性形态越高级。计算公式^[25]为:

$$L = \sum_{i=1}^n x'_i \omega_i \quad (3)$$

式中: L 为土地利用隐性形态指数; x'_i 为第 i 项指标的标准化值; ω_i 为第 i 项指标的权重,通过变异系数法确定。

为消除数据量纲差异对分析结果造成的影响,在进行计算之前用极值处理法对数据进行处理,计算公式为:

$$x'_i = \frac{x_i - m_i}{M_i - m_i} \quad (\text{正向指标}) \quad (4)$$

$$x'_i = \frac{M_i - x_i}{M_i - m_i} \quad (\text{负向指标}) \quad (5)$$

式中: x'_i 为第 i 项指标的标准化值; x_i 为第 i 项指标的原始值, $M_i = \max\{x_i\}$, $m_i = \min\{x_i\}$ 。

表 2 土地利用隐性形态指标体系

Table 2 Index system for recessive land use morphology

目标层	准则层	指标层	指标属性
土地利用隐性形态	投入	建设用地面积比例/%	正向
		人口密度/(人·hm ⁻²)	正向
		地均地方财政支出/(万元·hm ⁻²)	正向
	产出	地均产值/(元·hm ⁻²)	正向
		社会消费品零售总额/万元	正向
		第三产业比例/%	正向
产权变化	城市化率/%	正向	

2.3.4 地理加权回归

(1) 模型选择。根据地理学第一定律,地理空间对象及其属性特征在空间分布上的决定性特征,随着空间距离增大,其关联作用呈衰减的规律。GWR 能够直观探测这种空间关系的非平稳特性。因此,运用 ArcGIS 10.7 软件进行土地利用转型间接影响因素研究,结果相较于传统统计方法更加准确。基础 GWR 模型表达^[26]为:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^m \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i \quad (6)$$

式中: (u_i, v_i) 为回归分析点 i 的坐标; y_i 为在位置 i 处的因变量值; x_{ik} 为位置 i 处的自变量值; $\beta_0(u_i, v_i)$ 为截距; $\beta_k(u_i, v_i)$ 为回归分析系数。GWR 的核心是权重的确定和带宽的选择,选择 Bi-square 函数作为核函数,采用最小 AIC_c 值确定最佳带宽。

(2) 模型构建。以上文土地利用隐性转型影响

因素理论分析为基础,参考相关研究^[15],并经过多重共线性检验,同时结合指标的可获得性,最终确定自然因素包括平均高程,人口因素用城市化率和人口密度表征,用 GDP 值、人均粮食产量表示经济发展,选用交通密度来表征区位因素(表 3)。各研究单元平均高程是在 ArcGIS 软件里使用 DEM 数据通过分区计算所得。经济社会数据通过 ArcGIS 软件实现定量化和空间化。

表 3 土地利用隐性转型间接影响因素
Table 3 Indirect influencing factors of recessive land use transformation

类别	影响因素	数据描述
自然环境	高程	县域平均高程
人口增长	城市化率	县域常住城市人口比例
	人口密度	县域总人口/总面积
经济发展	GDP 值	县域 GDP 总量
	人均粮食产量	县域粮食产量/人口数量
区位因素	交通密度	县域公路通车里程/总面积

3 结果与分析

3.1 土地利用转型驱动力指数时空特征

表 4—5 分别为指标指数矩阵 X 和驱动力权重矩阵 N ,表 6 为福建省部分县级行政单位驱动力指数计算结果,将数值最大的前两种驱动力作为主导驱动力,并根据主导驱动力将福建省划分为以发展型经济—生态安全驱动力为主的地区、以发展型经济—粮食安全驱动力为主的地区、以粮食安全—生态安全驱动力为主的地区、以生态安全—生存型经济驱动力为主的地区和以生存型经济驱动力为主的地区 5 类(图 2)。

表 4 福建省 2000 年各县级行政单位指标指数矩阵(X)

Table 4 Index matrix of characteristic of every county in Fujian Province in 2000

地区	人均产出指数(X_1)	单位产值人力投入指数(X_2)	贫困指数(X_3)	粮食播种面积增加指数(X_4)	城市化发展指数(X_5)	非农建设占地指数(X_6)	政府生态投资指数(X_7)	生态重要性指数(X_8)	人均余粮指数(X_9)
全省平均	100	100	100	100	100	100	100	100	100
福州市辖区	295	26	31	0	371	329	897	97	10
厦门市辖区	357	21	62	0	249	394	476	51	44
莆田市辖区	90	35	70	4 868	216	169	228	61	96
三明市辖区	184	41	32	0	368	52	135	118	37
泉州市辖区	198	37	83	0	165	335	342	61	33
漳州市辖区	174	44	64	0	239	326	305	65	14
南平市辖区	104	74	65	0	237	15	157	115	68
龙岩市辖区	163	46	73	0	204	66	238	129	74
宁德市辖区	86	89	98	0	107	29	117	101	77

注:考虑到研究样本数量较多,故只列出 2000 年 9 个市辖区指标指数矩阵。

①以发展型经济—生态安全驱动力为主的地区 2000 年有 15 个,主要分布在沿海及内陆市辖区连线地带,形成两带平行分布态势,2020 年增加到 25 个,主要分布于沿海地带,有连片发展的特征。这说明福建省的土地利用和社会发展越发受到经济发展和生态保护影响,且发展较好的地区对周围地区有“溢出效应”。②以发展型经济—粮食安全驱动为主的地区 2000 年有 4 个,主要分散分布于发展型经济—生态安全驱动为主的地区之间。2020 年该类地区全部消失,都转换为以发展型经济—生态安全驱动为主的地区。这说明经过 20 a 快速发展,这些区域的土地利用形态格局冲突得到缓解,土地利用形态格局达到新的平衡。③以粮食安全—生态安全驱动为主的地区 2000 年有 31 个,主要分布在内陆市辖区以外的地区。2020 年减少到 28 个,且分布更加集中。这类地区人均粮食产量高,林地面积比例大,且部分区域经济发展水平较高,政府重视生态建设和保护。因此代表粮食安全的耕地和代表生态安全的林地之间的冲突形成了该类区域土地利用形态的冲突格局。④以生态安全—生存型经济驱动力为主的地区 2000 年有 12 个,主要伴随沿海发达城市离散分布。此类区域分布有以下特征:靠近沿海发达地区但不直接临海,或是临海但位于边界地区。2020 年数量减少到 11 个,其分布仍满足以上特征。这说明发展较好的地区不但具有“溢出效应”,还可能与周边地区拉大差距,呈现“磁场效应”。⑤以生存型经济驱动力为主的地区 2000 年有 2 个,分别为政和县和邵武市。2020 年该类地区在福建消失,政和县和邵武市都转型为以粮食安全—生态安全驱动为主的地区。

表 5 不同类型驱动力计算权重矩阵(N)

Table 5 Coefficient matrix in computation of different type of driving forces

驱动力类型	人均 GDP	单位 GDP 人力投入量	农村人口比例	粮食播种面积增加比例	城市化率	建设用地面积比例	农林水事务支出	林地面积比例	人均粮食产量
生存型经济驱动	0	0.3	0.5	0.2	0	0	0	0	0
发展型经济驱动	0.3	0	0	0	0.4	0.3	0	0	0
生态安全驱动	0.2	0	0	0	0	0	0.2	0.6	0
粮食安全驱动	0	0	0	0	0	0	0	0	1

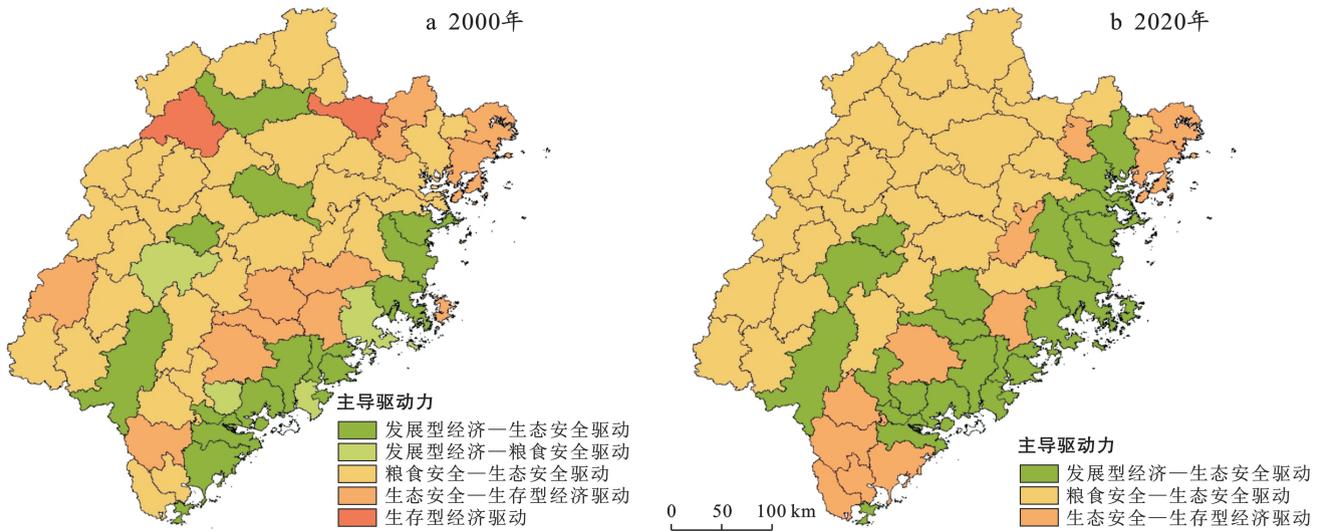


图 2 福建省 2000 年和 2020 年县域土地利用主导驱动力空间分布

Fig.2 Spatial distribution of Main driving force of land use at county level in Fujian Province in 2000 and 2020

表 6 福建省 2000 年各县级行政单位驱动力指数矩阵(F)

Table 6 Index matrix of different type of driving force in every county of Fujian Province in 2000

地区	生存型经济	发展型经济	生态安全	粮食安全
福州市辖区	23	335	242.0	10
厦门市辖区	37	324	130.0	43
莆田市辖区	52	164	89.0	96
三明市辖区	28	217	106.0	37
泉州市辖区	52	225	112.0	32
漳州市辖区	45	245	108.0	13
南平市辖区	54	130	115.0	68
龙岩市辖区	50	150	134.0	73
宁德市辖区	75	77	102.0	77

注:考虑到研究样本数量较多,故只列出 2000 年 9 个市辖区驱动力指数矩阵。

3.2 土地利用转移矩阵分析

利用 ArcGIS 10.7 软件,计算 2000—2020 年福建省土地利用转移矩阵(表 7),结果表明,从整体数量看,福建省面积最大地类为林地,其次为耕地、草地、建设用地、水域和未利用地;从数量变化角度来

看,20 a 间福建省耕地面积减少最多(1 749.6 km²),其次为林地(712.3 km²)和草地(590.51 km²),建设用地增量最大,增加了 2 897.45 km²;从地类间转移角度看,新增建设用地主要由耕地转换而来,其次是林地和草地。林地与草地之间相互转移的情况也比较明显,其他各地类间也均能发生转移。

3.3 土地利用隐性形态指数时空特征及间接影响因素

3.3.1 时空特征 根据 2000,2010 和 2020 年福建省 64 个县级行政单元土地利用隐性形态综合评价结果,采用自然断裂法,经过调整后,将土地利用隐性形态分为 5 类并绘制时空分布图(图 3)。研究表明,福建省县域土地利用隐性形态呈现出“条带状”空间特征,形成了福州—莆田—厦门高级形态区、福鼎—闽侯—仙游—安溪—诏安,以及武夷山—南平—三明—龙岩中级形态区,其他区域为低级形态区,镶嵌分布于高级和低级形态区之间。福建省沿海地区有“溢出效应”,高级与中级形态区逐渐连成一片,形成环状区域包围低级形态区,有吞掉低级形态区的趋势,这说明福建省土地利用隐性形态整体上往更高级方向发展。

表 7 福建省 2000—2020 年土地利用转移矩阵
Table 7 Transfer matrix of land use in Fujian Province from 2000 to 2020

km²

年份及土地利用类型	2020 年面积						
	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地	总计
耕地	19 660.12	639.58	177.00	153.26	1 705.77	1.02	22 336.76
林地	677.97	73 741.20	869.71	111.48	890.91	18.50	76 309.76
草地	152.24	1 136.41	17 351.21	26.99	351.61	3.41	19 021.87
水域	34.82	48.60	18.48	1 281.47	178.99	6.29	1 568.66
建设用地	61.27	25.90	12.04	133.05	2 209.27	0.07	2 441.61
未利用地	0.75	5.76	2.91	0.59	2.50	76.19	88.70
总计	20 587.16	75 597.46	18 431.36	1 706.84	5 339.06	105.49	121 767.36

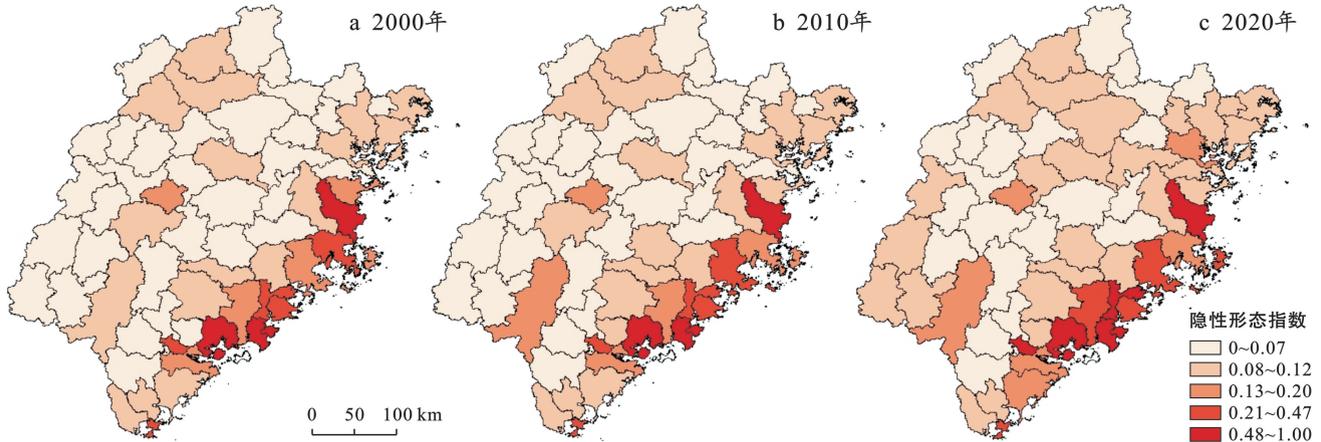


图 3 福建省 2000、2010 和 2020 年县域土地利用隐性形态指数

Fig.3 Recessive land use morphology index in Fujian Province in 2000, 2010 and 2020

3.3.2 土地利用隐性形态间接影响因素 分别构建 GWR 模型,分析 2000 年和 2020 年土地利用隐性转型和自然经济社会要素之间的关系。通过对比发现,2000 年和 2020 年 GWR 模型的残差平方和(RSS)和 AICc 值都小于全局回归模型(QLS), R^2 和调整后的 R^2 都大于 QLS,说明本研究中构建的 GWR 模型,在模型精度和模型拟合优度上都优于 QLS,且 R^2 都在 0.9 以上,模拟结果较为准确(表 8)。

表 8 QLS 与 GWR 模型精度和拟合优度

Table 8 Accuracy and fitting results of QLS and GWR model

年份	类型	残差平方和 (RSS)	R^2	调整后 R^2	AICc
2000 年	QLS	0.065	0.96	0.95	-241
	GWR	0.026	0.98	0.97	-263
2020 年	QLS	0.047	0.97	0.96	-262
	GWR	0.032	0.98	0.97	-278

注:AICc 综合反映模型结果的拟合优度和模型复杂程度。将 GWR 和 QLS 的 AICc 值进行对比,当差值大于 3 时,可认为模型结果具有显著不同。

从表 9 可以看出,2000 年城市化、交通密度为主要影响因子。2020 年交通密度、城市化仍发挥主导作用,但其作用方向与力度具有时空差异性。自然因素方面,2000 年高程对土地利用隐性转型同时存在

正向和负向作用力,平均力度为 0.000 024,作用力度由沿海向内陆逐渐减弱,作用方向由东北向西南逐渐由正转负。2020 年福建省几乎全域,高程对土地利用隐性转型起阻碍作用,平均力度为 -0.000 034(图 4a,d);人口因素方面,城市化率和人口密度始终有利于土地利用转型。城市化率平均作用力由 0.280 008 降为 0.199 289,说明其作为主要影响因素的重要性有所下降。城市化率对土地利用隐性形态的影响呈现从沿海到内陆递减的特征(图 4b,e)。人口密度也呈现出梯度分布特征,2000 年由西南到东北部递减,2020 年从东南沿海到西北逐渐递增(图 4c,f);关于经济因素,GDP 对土地利用隐性形态的影响始终为促进作用,但其平均作用力有所下降。2000 年呈现出从沿海向内陆逐渐增强态势。2020 年则呈现出从西南向东北逐渐增强的情况(图 4g,j);粮食安全方面,人均粮食产量始终对土地利用隐性形态具有推动作用。2000 年人均粮食产量对土地利用隐性形态的影响从南到北逐级递减。2020 年人均粮食产量的推动作用由沿海向内陆递减,呈现出从东北、东南、西南向西北包围态势(图 4h,k);关于交通因素,交通发展对土地利用隐性转型有重要影响。2000 年其作用力正负同时存在,平均作用力为 -0.945 130,且从沿海

到内陆有明显梯度特征。沿海大部分地区,特别是厦漳泉城市群,交通密度对其土地利用隐性转型有促进作用。2020年,随着内陆地区加速发展,交通密度对整个福建省土地利用隐性形态都有促进作用,呈现出由沿海到内陆逐渐减弱的梯度特征(图 4i, 4l)。

表 9 2000 年和 2020 年影响因子对福建省土地利用转型的作用情况

Table 9 Impact of influencing factors on land use transformation in Fujian Province in 2000 and 2020

影响因子	2000 年		2020 年	
	方向	作用力	方向	作用力
高程	正向/负向	0.000 024	负向	-0.000 034
城市化	正向	0.280 008	正向	0.199 289
人口密度	正向	0.026 039	正向	0.013 123
GDP 值	正向	0.000 611	正向	0.000 021
人均粮食产量	正向	0.099 027	正向	0.035 409
交通密度	正向/负向	-0.945 130	正向	0.844 404

4 讨论与结论

4.1 讨论

从研究结果来看,福建省各地区呈现出向以发展型经济—生态安全驱动力为主要动力的发展趋势。这主要与福建省的经济发展、自然环境和政策环境有关。研究期内,福建省经济快速发展,城市化速度快,在各用地类型能获得利益多少的比较下,耕地不断转化为非农建设用地,以满足发展需要为目的的城镇土地开发利用是土地利用转型的主导力量。同时,沿海地区经济水平较高,居民往往更加重视生活质量,从而督促政府加大环境保护力度和生态建设。经济发展、城市扩张和生态保护主导了该地区土地利用形态冲突格局。所以发展型经济—生态安全驱动为主的地区逐渐增多。间接影响因素方面,高程对福建省土地利用隐性转型作用力度和方向的变化主要是因为,2000年福建省处于城市化进程初期,城市扩张有足够的土地供给,因此高程对土地利用的阻碍作用还未完全显现,在许多地区甚至出现了促进作用,沿海地区经济较发达,土地投入力度大,土地利用隐性转型对高程较敏感。因此,高程在沿海的作用力度往往大于内陆。随着低海拔地区土地开发殆尽,土地利用主体开始对海拔较高地区进行开发,这使得土地开发难度加大。关于交通,2000年在内陆地区对转型产生阻碍作用,而在沿海地区产生促进作用,这主要是因为沿海地区在地形、区位、人口以及政策等方面有较大优势,该区域在交通建设上投入资金更多,收益更大,而内陆地区以山地、丘陵为主,交通发展缓慢,这一时期沿海城市迅速发展形成“磁吸”效应,在城际交

通改善的情况下,内陆劳动力向沿海地区转移,间接阻碍了内陆地区隐性形态的提高。

方法或模型的选择是土地利用转型和影响因素关系定量分析的关键。龙花楼等^[27]和陈龙等^[28]运用典型相关分析方法分别对长江沿线样带和江苏省土地利用转型及其影响因子进行了统计分析,定量诊断出各影响因子贡献作用大小;刘永强等^[29]利用普通最小二乘模型、空间滞后模型和空间误差模型进行回归分析,综合分析得到黄淮海平原农区土地利用转型与驱动因子之间的关系;姜楠等^[30]运用多分类 Logistic 回归模型,探讨了北京市耕地空间变化的驱动机制。但这些空间统计分析模型多从全局假设的角度出发,认为空间变量关系是固定的,不随空间位置的变化而改变。根据地理学第一定律,地理空间对象及其属性特征在空间分布上的决定性特征,随着空间距离增大,其关联作用呈衰减的规律。GWR 能够直观探测这种空间关系的非平稳特性,因此其结果相较于传统统计方法更加准确^[26]。也有学者对相同区域使用与本研究相似方法进行过分析,宋家鹏等^[23]运用综合指数法计算了福建省 2000—2015 年市域尺度土地利用隐性形态指数,发现指数总体上呈上升趋势,形态上逐渐往高级发展,沿海比内陆发展更好,其研究结果与本研究较为一致,但其未对福建省土地利用转型驱动因素进行分析。马丽君等^[11]利用 GWR 模型对中国省域尺度土地利用隐性转型影响因素进行了分析,将其研究结果关于福建省的部分与本研究对比,发现存在一定差异,原因主要有:①研究尺度不同,其是从省域尺度进行研究而本研究是县域尺度,研究尺度较大可能会使某些信息均一化而不能反映全貌;②指标选取不同,表征隐性形态指标的选取并没有标准范式,这也会导致分析结果不同。因此,进行多尺度研究,制定诊断土地利用隐性形态的标准十分重要,应成为今后研究的重点。

龙花楼^[31]从土地利用形态格局冲突视角提出区域土地利用转型理论模式,与本研究结果综合可对其进行适当拓宽:代表不同部门利益的土地利用类型在空间上发生冲突,形成驱使土地利用转型发生的驱动力,土地利用转型过程中间接影响因素作用力度不断变化,土地利用形态格局由强冲突逐步变弱,土地利用形态格局趋于平衡,当社会经济转型带来新的土地利用形态格局冲突使土地利用转型主导驱动力发生变化,新一轮区域土地利用转型过程便又开始。

4.2 结论

(1) 福建省各地区呈现出向以发展型经济—生态安全驱动力为主要动力的发展趋势。

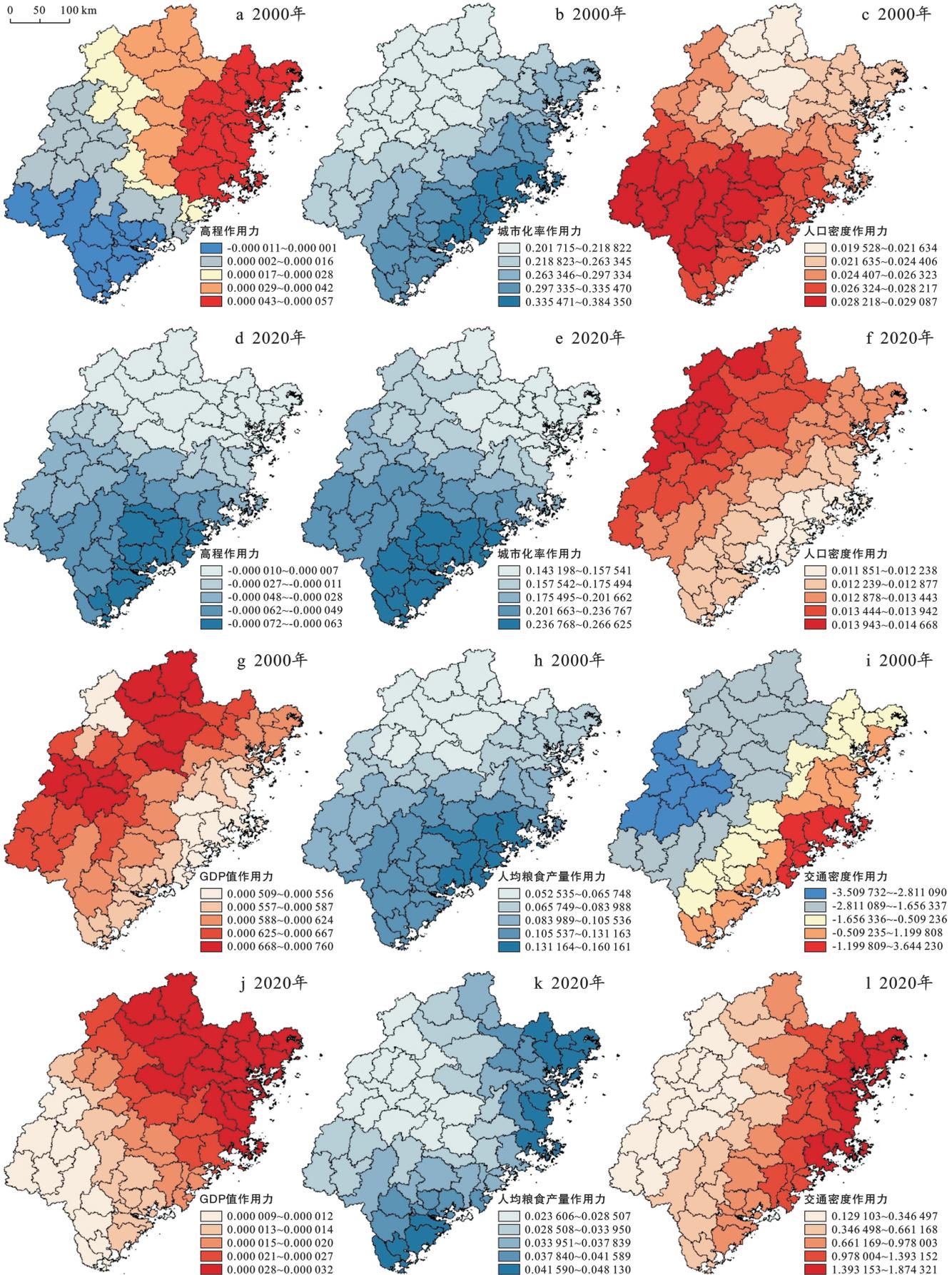


图 4 福建省 2000 年及 2020 年间接影响因素对隐性转型作用格局

Fig.4 Influences of indirect influencing factors on recessive transformation in Fujian Province in 2000 and 2020

(2) 2000—2020年,福建省耕地面积减少最多,为1 749.6 km²;建设用地增量最大,增加了2 897.45 km²;新增建设用地主要由耕地转换而来,其次是林地和草地。

(3) 福建省土地利用隐性形态处于极化状态,形成了福州—莆田—厦门高级形态区、福鼎—闽侯—仙游—安溪—诏安,及武夷山—南平—三明—龙岩中级形态区。

(4) 交通密度、城市化为福建省土地利用隐性转型的主要影响因素,其作用方向与力度具有时空差异性。

(5) 福建省应该加强内陆和沿海、偏远地区 and 市区之间的交通建设,实施新型城镇化战略及区域协调发展战略,健全区域协调发展体制机制,同时做深做实新时代山海协作,充分发挥福州、厦门等沿海城市的带动作用。

[参 考 文 献]

- [1] 李平,李秀彬,刘学军.我国现阶段土地利用变化驱动力的宏观分析[J].地理研究,2001,20(2):129-138.
- [2] 龙花楼.土地利用转型的解释[J].中国土地科学,2022,36(4):1-7.
- [3] 龙花楼.论土地利用转型与乡村转型发展[J].地理科学进展,2012,31(2):131-138.
- [4] 龙花楼,李秀彬.区域土地利用转型分析:以长江沿线样带为例[J].自然资源学报,2002,17(2):144-149.
- [5] 李灿.区域土地利用转型诊断与调控的分析路径[J].地理研究,2021,40(5):1464-1477.
- [6] 王兆林,刘福兵,杨庆媛,等.山区农村居民点时空格局演变特征及蚁群仿真优化:以重庆澄江镇为例[J].自然资源学报,2022,37(8):2065-2084.
- [7] 张文慧.黄河三角洲土地利用转型时空格局及其驱动机制研究[D].山东 曲阜:曲阜师范大学,2021.
- [8] 宋家鹏.土地利用转型背景下的生态系统服务格局与过程研究[D].福建 福州:福建师范大学,2021.
- [9] 王婷,韦仕川.2009—2018年海口市土地利用转型特征及其影响因素[J].水土保持通报,2022,42(1):344-352.
- [10] 张文斌,张志斌,董建红,等.多尺度视角下耕地利用功能转型及驱动力分析:以甘肃省为例[J].地理科学,2021,41(5):900-910.
- [11] 马丽君,程久苗,程建,等.土地利用隐性转型影响因素分析[J].中国土地科学,2019,33(7):81-90.
- [12] 黄珺嫦,华轩轲,贾梦瑶,等.2000—2020年河南省耕地利用显性转型时空特征[J].水土保持通报,2023,43(1):206-213.
- [13] Zhang Ping, Liu Lei, Yang Lianwei, et al. Exploring the response of ecosystem service value to land use changes under multiple scenarios coupling a mixed-cellular automata model and system dynamics model in Xi'an, China [J]. Ecological Indicators, 2023,147:110009.
- [14] Xiao Yu, Huang Mengdong, Xie Gaodi, et al. Evaluating the impacts of land use change on ecosystem service values under multiple scenarios in the Hunshandake region of China [J]. Science of the Total Environment, 2022,850:158067.
- [15] 邓楚雄,彭勇,李科,等.基于生产—生态—生活空间多情景模拟下的流域土地利用转型及生态环境效应[J].生态学杂志,2021,40(8):2506-2516.
- [16] 谭林,陈岚.乡村空间重构与土地利用转型耦合机制及路径分析[J].自然资源学报,2022,37(7):1829-1847.
- [17] 王昊煜,高培超,宋长青,等.基于遗传算法的土地利用优化研究进展:文献计量分析[J].生态学报,2023,43(3):1-9.
- [18] Gao Lina, Tao Fei, Liu Runrui, et al. Multi-scenario simulation and ecological risk analysis of land use based on the PLUS model: a case study of Nanjing [J]. Sustainable Cities and Society, 2022,85:104055.
- [19] Long H. Theorizing land use transitions: a human geography perspective [J]. Habitat International, 2022, 128:102669.
- [20] 刘彦随,龙花楼,李裕瑞.全球乡城关系新认知与人文地理学研究[J].地理学报,2021,76(12):2869-2884.
- [21] 宋小青.论土地利用转型的研究框架[J].地理学报,2017,72(3):471-487.
- [22] 张玥,代亚强,陈媛媛,等.土地利用隐性转型与土地利用碳排放空间关联研究[J].中国土地科学,2022,36(6):100-112.
- [23] 宋家鹏,陈松林.福建省土地利用隐性形态与土地生态安全耦合协调分析[J].水土保持研究,2020,27(4):301-307.
- [24] 龙花楼.国内土地利用转型研究的前沿探索[C]//中国自然资源学会土地资源研究专业委员会,中国地理学会农业地理与乡村发展专业委员会,中国城乡发展智库联盟,中国新时期土地资源科学与新常态创新发展战略研讨会暨中国自然资源学会土地资源研究专业委员会30周年纪念会论文集.辽宁 沈阳:东北大学出版社,2016:27-38.
- [25] 程建,程久苗.中国省际土地利用隐性形态时空格局、驱动力与转型模式[J].中国土地科学,2017,31(12):60-68,97.
- [26] 卢宾宾,葛咏,秦昆,等.地理加权回归分析技术综述[J].武汉大学学报(信息科学版),2020,45(9):1356-1366.
- [27] 龙花楼,李秀彬.长江沿线样带土地利用格局及其影响因子分析[J].地理学报,2001,56(4):417-425.
- [28] 陈龙,周生路,周兵兵,等.基于主导功能的江苏省土地利用转型特征与驱动力[J].经济地理,2015,35(2):155-162.
- [29] 刘永强,龙花楼.黄淮海平原农区土地利用转型及其动力机制[J].地理学报,2016,71(4):666-679.
- [30] 姜楠,贾宝全,宋宜昊.基于 Logistic 回归模型的北京市耕地变化驱动力分析[J].干旱区研究,2017,34(6):1402-1409.
- [31] 龙花楼.论土地利用转型与土地资源管理[J].地理研究,2015,34(9):1607-1618.