

DOI: 10.5846/stxb201810102187

张浚茂, 臧传富. 东南诸河流域 1990—2015 年土地利用时空变化特征及驱动机制. 生态学报, 2019, 39(24): 9339-9350.

Zhang J M, Zang C F. Spatial and temporal variability characteristics and driving mechanisms of land use in the Southeastern River Basin from 1990 to 2015. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(24): 9339-9350.

东南诸河流域 1990—2015 年土地利用时空变化特征及驱动机制

张浚茂, 臧传富*

华南师范大学地理科学学院, 广州 510631

摘要: 土地利用/覆被变化作为影响全球环境变化的重要因素, 是人类活动最直接的反映, 其驱动力分析能够很好地揭示人类活动对土地资源的影响机制。运用 ArcGIS 空间分析和 SPSS 主成分分析等方法, 从整个东南诸河流域片区的尺度上, 研究了包含中国台湾地区在内的 1990—2015 年间的土地利用时空变化特征, 并探究其主要驱动机制。研究结果为: (1) 全流域各土地类型面积占比为: 林地>耕地>草地>城乡建设用地>水域>未利用土地, 林地与耕地的空间分布特征均为“北聚南散, 北多南少”, 城乡建设用地集中分布在经济较为发达的台湾海峡两岸沿海地区以及流域大陆北部靠近长江三角洲的地区。(2) 全流域土地类型的面积变化量为: 城乡建设用地>耕地>草地>林地>水域>未利用土地。流域土地利用综合动态度为 0.68%, 整体用地类型转化程度先降低再增加, 并以城乡建设用地和耕地为主要变化类型。流域南部各市的土地利用变化较北部剧烈, 台湾地区主要土地利用变化类型为耕地和城乡建设用地。(3) 大陆地区城乡建设用地变化的主要驱动力为人口数量及结构、城市化和社会经济发展, 台湾地区在此基础上增加了社会工农产业结构调整因素。大陆耕地变化的主要驱动力为人口数量及结构、城市化水平和社会工农产业结构, 社会工农产业结构和农业生产水平是台湾地区耕地变化的主要驱动力。本研究为东南诸河流域土地资源规划管理提供科学依据, 为自然流域尺度的土地利用变化及其驱动机制研究提供可靠实例。

关键词: 东南诸河流域; 台湾地区; 土地利用变化特征; 主成分分析; 驱动机制

Spatial and temporal variability characteristics and driving mechanisms of land use in the Southeastern River Basin from 1990 to 2015

ZHANG Junmao, ZANG Chuanfu*

School of Geography, South China Normal University, Guangzhou 510631, China

Abstract: Land use change, an important factor affecting global environmental change, is one of the most crucial human activities. Research on land use change is critical to reveal the mechanism of impacts of human activities on land resources. In this study, we used the ArcGIS spatial analysis function and the SPSS principal components method to analyze the spatial and temporal changes of land use in the Southeastern River Basin (including Taiwan) from 1990 to 2015 and explore the possible driving mechanisms. The main results are as follows: (1) From 1990 to 2015, the proportions of different land types throughout the basin was forest land > farmland > grassland > urban and rural construction land > water area > unused land. Forest and cultivated land largely gather on the north of the basin, while they are more scattered and less in the south. Urban and rural construction land is concentrated in the coastal areas of Taiwan province, where the economy is relatively well developed, as well as in the northern basin near the Yangtze River Delta. (2) The comprehensive dynamic degree of land use in the basin is 0.68%, and the degree of conversion of overall land use type first declined and then increased from

基金项目: 国家自然科学基金地区基金项目(31660233); 国家自然科学基金项目(51711520317)

收稿日期: 2018-10-10; 网络出版日期: 2019-09-05

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chuanfuzang@163.com

1990 to 2015. Most changes occurred on urban and rural construction lands and cultivated land. Land usage change in the southern region of the basin is more intense than that in the north. The main type of land use change in Taiwan province was cultivated land and urban and rural construction land. The comparison of changes in the area of land types in the basin is: urban and rural construction land > cultivated land > grassland > forest land > water area > unused land. The most significant increases in urban and rural construction comes from cultivated land. Hence, the increases in cultivated land begins with forest land and then gradually transitions to urban and rural construction land. There is a certain degree of synergy between the intensity of urban land use and cultivated land. The latter has maintained a large degree of change and dominates the changing structure of each period. The average annual dynamics of other construction land in the past 25 years was 17.30%, showing clear growth trends. (3) The main driving forces behind urban and rural construction land usage changes in mainland China are population quantity and structure, urbanization level, and level of social and economic development. On this basis, Taiwan province has increased the social industrial and agricultural industrial structure adjustment factors. Additionally, the main driving forces behind changes in cultivated land in mainland China are population size and structure, urbanization level, and social and agricultural industrial structures. In Taiwan province, the social and agricultural industrial structures and agricultural production levels are the main forces driving changes in cultivated land. In this study, we analyzed the spatial and temporal variability and driving mechanisms of land use changes in the southeastern river basins. This study provides theoretical support for the rational planning for land resources in the region, and provides baseline data support for the comprehensive management of resources and the environment at the basin-wide scale.

Key Words: Southeastern River Basin; Taiwan region; characteristics of land use change; principal components analysis; driving mechanisms

土地是人类赖以生存和发展最基本的自然资源和物质基础^[1],而土地利用/覆被变化(land use and land cover change,简称LUCC)作为全球气候和环境变化研究关注的重要内容^[2],是人类-资源-环境耦合系统研究的理想切入点,已被证实能够直接影响降水变率及水资源利用、陆地生态系统净初级生产力、碳氮物质排放等,并危及食物安全^[3]。土地利用/覆被变化作为导致全球环境变化^[4]的两大主要因素之一,在全球可持续发展研究领域占有相当重要的地位^[5]。加强区域土地利用/覆被变化及其驱动机制的研究,可为了解该地区土地利用现状及进一步合理规划利用土地资源,实现地区生态经济系统的可持续发展提供科学依据。

前人对LUCC的研究目前主要集中在土地利用变化过程及其驱动机制^[6-11]和土地覆被变化的环境效应^[12-17]等方面。研究区尺度上,目前对土地利用变化特征方面的研究,大多集中在城市、县区等行政区域^[18-19],研究成果较为丰富,而以自然边界(地形、流域)进行土地利用变化特征分析的研究较少^[20-21]。其中,流域尺度的相关研究主要侧重于探究土地利用变化与生态环境效应之间的交互关系^[22-23],较少涉及长时间序列的土地内部结构详细转移过程和驱动机制。此外,由于一直以来社会经济发展数据均以行政单元进行汇总统计,目前的研究大多集中在基于政策和统计资料的小流域尺度上^[21,24]。由于数据收集和整理的难度和工作量较大,针对大流域片区尺度的土地利用变化驱动机制研究缺乏一定科学的定量实证成果。因此,长时间序列大流域片区的土地利用内部结构转变过程及科学定量的驱动机制研究仍需进一步加强。

东南诸河流域片区位于我国东南沿海地区(图1),地理位置优越,气候条件良好,社会经济发展较为迅速。其土地利用类型在受自然环境条件和社会经济发展共同影响的同时,也是对两者的直观反映。但目前该流域片区的研究主要集中在水资源规划管理^[25]方面,缺乏从土地利用变化角度揭示全流域人类活动影响的研究,特别是处于大流域片区内的台湾地区^[26]。综上所述,本研究将针对整个东南诸河流域片区,详细分析其1990—2015年间的土地利用时空变化特征,并探究相关驱动机制,为以自然流域边界为基础的全流域生态环境综合管理和宏观的土地资源与社会经济统筹管理提供理论依据,以促进该流域土地资源综合优化配置和社会经济可持续发展。

1 研究区与研究方法

1.1 研究区概况

东南诸河流域(116°40′—122°14′ E, 21°90′—30°42′N)位于中国水资源较为丰沛的东南沿海地区,是该地区除长江和珠江以外的中小河流总称。作为中国九大重要水资源流域片区之一,流域主要涉及福建、浙江、安徽及台湾地区 4 个行政区域,总面积达 24 万 km²。因该流域以丘陵山地为主要地形地貌,河流源短流急,以中小河流为主,且大部分自成体系,独流入海,闽江和钱塘江为区内两条最大的河流^[27]。流域地理区位情况如图 1。

研究区地属亚热带海洋季风气候,温和多雨,植被覆盖度高,因其位于长江三角和海峡西岸经济区,区域地理位置优越^[25],地区经济较为发达。特别是改革开放以来,区域社会经济快速发展,2015 年流域 GDP 已超 97561 亿元人民币(包含台湾地区),城市化率超 50%(按照城镇人口比例计算)。社会经济的高速发展以及城市化进程的不断推进,深刻改变区域土地利用的空间结构,进而对区域气候变化、生物多样性及资源环境可持续利用等环境问题产生不同程度的影响。

1.2 数据与来源

本研究涉及的主要数据有全国土地利用栅格数据、中国流域片区矢量数据及东南诸河流域自然、社会经济统计指标数据。栅格、矢量数据均来自中国科学院环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn/>),其中,栅格数据空间分辨率为 1 km。研究区包含的一级土地利用类型有耕地(水田和旱地),林地(有林地、灌木林、疏林地和其他林地),草地(高、中、低覆盖度草地),水域(河渠、湖泊、水库坑塘、滩涂和滩地),城乡、工矿、居民用地(城镇用地、农村居民点和其他建设用地)和未利用土地(裸土地和裸岩石质地)6 类。

研究区社会经济统计指标包括:反映人口变化的总人口数(万人) X_1 、人口密度(人/km²) X_2 和农业人口数(万人) X_3 ,反映城镇发展水平的城镇人口数(万人) X_4 及城市化率(%) X_5 、全社会固定资产投资总额(亿元/新台币亿元) X_6 、全社会住宅建设投资(亿元) X_7 、城镇固定资产投资(亿元) X_8 、GDP(亿元/新台币亿元) X_9 和人均 GDP(元)/人均 GNP(新台币元) X_{10} ,反映产业结构和工农水平的工业总产值(亿元/新台币亿元) X_{11} 、农业产值(亿元) X_{12} 、林业产值(亿元) X_{13} 、牧业产值(亿元) X_{14} 和粮食总产量(万吨) X_{15} ,反映居民生活水平的全社会消费用品零售总额(亿元) X_{16} 、财政收入(亿元) X_{17} 和财政支出(亿元) X_{18} ;自然统计指标包括年平均气温(°C) X_{19} 和年平均降水量(mm) X_{20} 。数据来自流域涉及到的各省市及台湾地区的统计网站、中国知网中国社会经济统计数据库的各级统计年鉴及统计公报。

1.3 时空数据叠加分析

土地利用转移矩阵能够具体反映土地利用变化的结构特征和各用地类型之间的转移方向,能直观地表征长时间序列的区域土地利用变化情况。本研究使用 ArcGIS 空间叠置分析,基于分类整理好的不同年份东南诸河流域土地利用数据,制作土地利用转移矩阵,分析流域不同时期单一土地利用类型之间的转化关系。

1.4 土地利用变化强度与动态度

土地利用变化强度指数 LTI_i 是指某一空间单元 i 内,土地利用类型 j 从 a 时期到 b 时期在单位面积上发

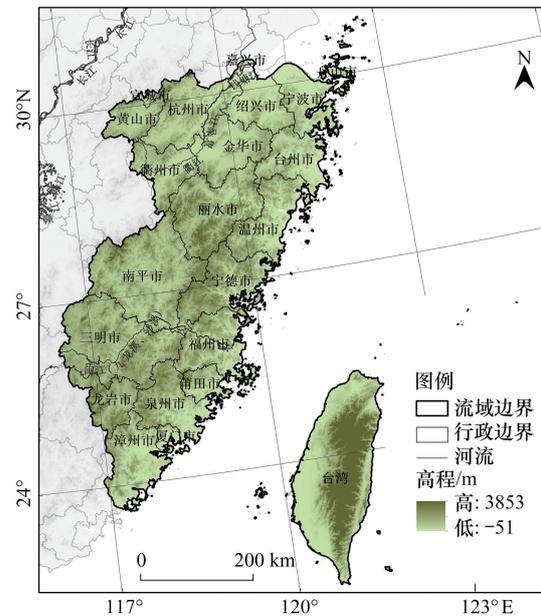


图 1 东南诸河流域区位示意

Fig.1 The location of Southeastern River Basin

生的改变^[28],是对该空间单元土地面积变化速度的标准化,计算公式如下:

$$LTI_i = \frac{K_{j,b} - K_{j,a}}{LA_i} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中, $K_{j,a}$ 、 $K_{j,b}$ 分别为研究初期 a 及研究末期 b 土地利用类型 j 在空间单元 i 内的面积; LA_i 为空间单元 i 的土地面积; T 为研究时段长。

土地利用动态是土地利用类型变化速度的直观反映,分为单一动态度 K ^[29] 和综合动态度 LC ^[30],前者用于衡量某一具体用地类型在一定时间范围内的数量变化情况,后者用于表征研究区全部用地类型的总变化速率,其计算公式分别为:

$$K = \frac{U_{bi} - U_{ai}}{U_{ai}} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中, U_{ai} 、 U_{bi} 分别是研究期初和研究期末某土地利用类型 i 的面积; T 为研究时段长。

$$LC = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta LU_{i-j}}{2 \sum_{i=1}^n LU_i} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (3)$$

式中, LU_i 为研究期初第 i 类土地利用类型的数量; ΔLU_{i-j} 为研究时段内第 i 类土地利用类型转为 j 类土地利用类型面积的绝对值; T 为研究时段长。

1.5 主成分分析

土地利用变化往往有多个不同的因变量,主成分分析法^[31]作为一种降维处理方法,可以在保留原来多变量大部分信息的前提下,把多个变量归纳为几个主要的综合指标,通过对综合指标的分析来探究其与因变量的关系。本研究在具体分析东南诸河流域土地利用变化情况的基础上,选取变化较为剧烈的典型用地类型,结合收集整理好的自然、社会经济统计指标,利用 SPSS 软件分别计算它们与统计指标之间的皮尔逊相关系数(Pearson correlation coefficient) r ,对 $|r| > 0.6$ 且符合显著性检验的因子进行主成分分析,结合土地利用变化特征,探究其驱动机制。

2 结果与分析

2.1 土地利用时空分布变化特征

2.1.1 土地利用分布及变化总体特征

东南诸河流域 1990—2015 年间每 5 年的二级土地利用时空分布总体情况如图 2。

由图 2 知,东南诸河流域最主要的土地利用类型为林地,主要分布于流域大陆部分的西北部和中部偏北地区,且流域南北的林地分布特征有明显区别。北部林地成片状集中分布,南部成点状零散分布,破碎度较大,与主要分布在南部的草地组成林草混合绿地。台湾地区的林地较集中,呈条带状贯穿岛屿南北,东部分布较多,西部以耕地居多。面积占比第二的耕地主要分布在人口较为集聚的流域大陆沿海、沿河道地区,内陆部分同样呈“北聚南散,北多南少”,以流域东北部最多。在流域北部有一条明显的耕地—城乡建设用地集中带,呈西南—东北走向,贯穿衢州市和金华市,连接流域北端耕地集中区。台湾地区的耕地主要分布在岛屿西部沿岸地区,与大陆不同,其北部的耕地相对较少。岛屿东部也有一条明显的带状耕地,且东北部有一小片三角状耕地分布。城乡建设用地主要分布在经济较为发达的台湾海峡两岸沿海地区以及流域北部偏东地区,与耕地的分布有一定的空间协同。

1990—2015 年间,流域整体的土地利用空间格局保持相对稳定,但土地利用类型发生了一定的转化。由图 3 知,研究期间,大陆地区土地利用主要在南部各市变化剧烈,北部土地利用变化较大的有宁波市、绍兴市、金华市和台州市;台湾地区土地利用发生变化的地区基本与耕地、城乡建设用地的分布区相同,可推断这两者为该地区这 25 年间最主要的变化类型。

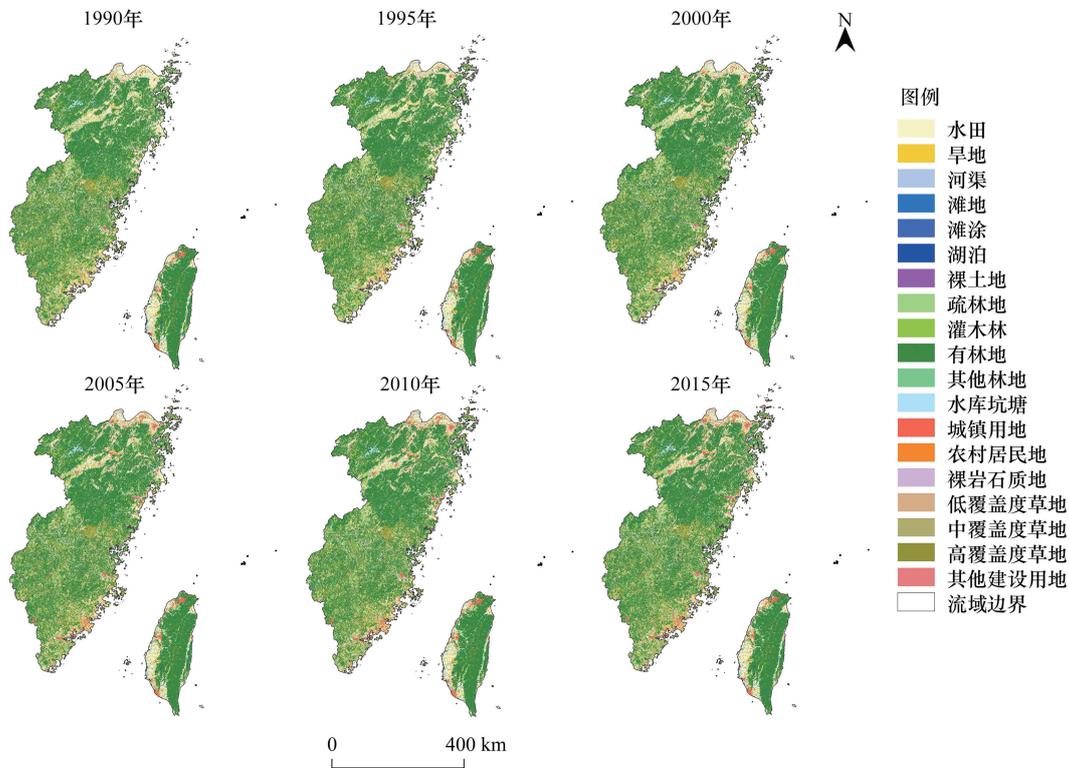


图 2 东南诸河流域 1990—2015 年土地利用情况
Fig.2 Land use of Southeastern River Basin from 1990 to 2015

据表 1,研究期内,东南诸河流域的土地面积绝对变化量为:城乡建设用地>耕地>草地>林地>水域>未利用土地。城乡建设用地逐年增加,2000—2005 年的增长率达到最高,此后也保持较高增长速度。与此相反,耕地面积逐年减少,在研究时段内共减少了 5066 km²。草地在 前 5 年快速减少,1995—2000 年略有增加,2000 年以后逐步减少,总量有所缩减。林地先增后减,近 20 年一直处于缓慢减少趋势,但总量略增了 937 km²。水域变动不大,在波动中略有增加;未利用土地变化最小,仅减少了 41 km²。

表 1 东南诸河流域土地利用变化/km²
Table 1 Land use change in Southeastern River Basin

土地利用类型 Land use type	1990 年	1995 年	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年	1990—2015 年变化量 The change in area from 1990 to 2015
耕地 Plough	50735	49834	49497	47095	46465	45669	-5066
林地 Woodland	155978	158273	157823	157458	157316	156915	937
草地 Grassland	22363	20134	20750	20264	20217	20208	-2155
水域 Water area	4383	4335	4411	4610	4603	4593	210
城乡建设用地 Construction land	5423	5852	6228	9306	10130	11364	5941
未利用土地 Unused land	178	121	125	136	135	137	-41

2.1.2 土地利用类型转移情况

为更好探究和表现流域各土地利用类型间的转化关系,将变化最明显的城乡建设用地划分为二级分类,包括城镇用地、农村居民地和其他建设用地。各个时期的土地利用转化情况如表 2—4。

结合表 2—4 知,流域整体的用地类型转化程度先降低再增加,近 5 年发生了比较强烈的互相转化。其中,城乡建设用地的最主要增加量来自耕地转入,其次为林地。城镇用地和农村居民地的减少量主要用于耕地、林地和建设用地互转。其他建设用地的转出类型多且转出量相对平均,在不同时间段有不同的主要转移

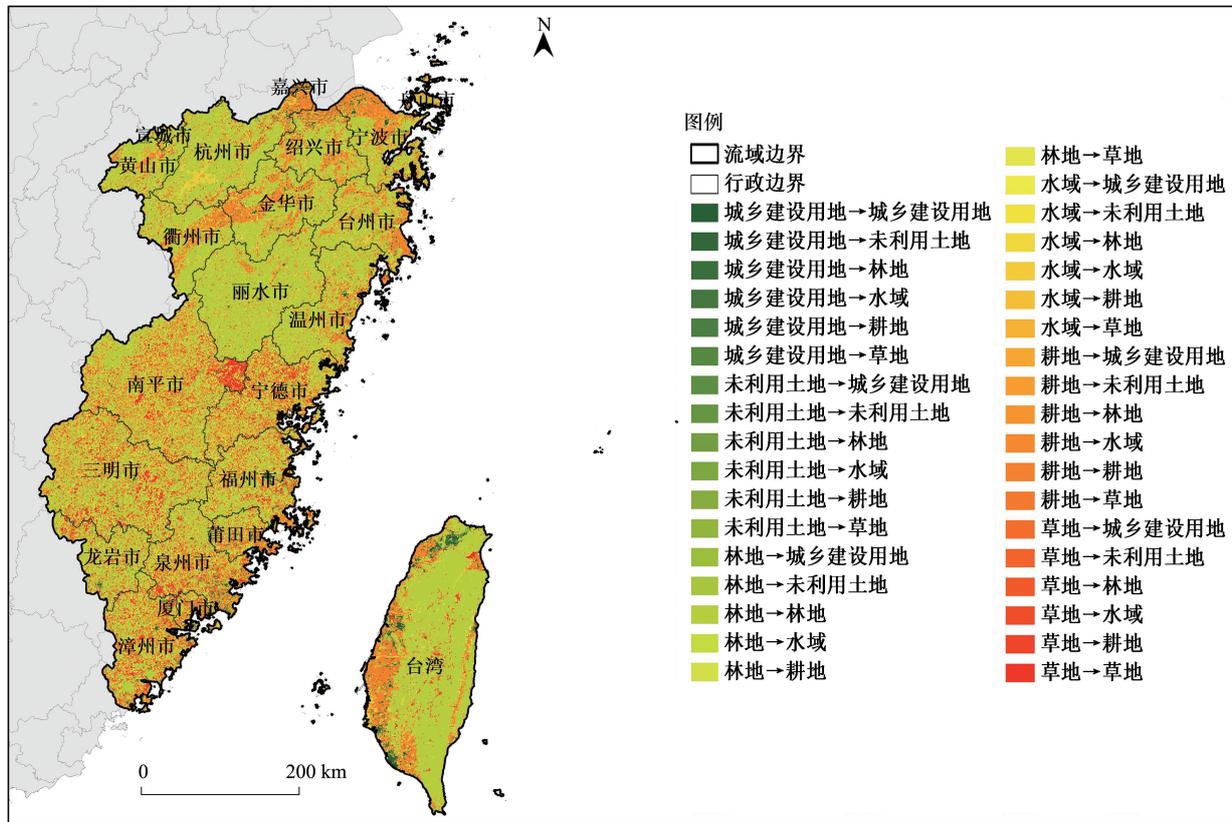


图 3 东南诸河流域 1990—2015 年土地利用变化情况

Fig.3 Land use change of Southeastern River Basin between 1990 and 2015

方向;耕地的增加量前 20 年主要来自林地,其次是草地和水域,2010 年以来主要来自城乡建设用地转入,主要减少去向在各个时期呈现出由林地到城镇用地,再到农村居民地,最后到其他建设用地的不断变化。林地的减少去向由原来的自然用地类型,如耕地和草地,转变为人为影响最大的城乡建设用地,增加量主要来源于自然用地转入。

表 2 东南诸河流域 1990—2000 年土地利用转移矩阵/hm²

Table 2 Land use transfer matrix of Southeastern River Basin between 1990 and 2000

土地利用类型 Land use type		2000 年								
		耕地 Plough	林地 Woodland	草地 Grassland	水域 Water area	城镇用地 Urban land	农村居民地 Rural area	其他建 设用地 Other construction land	未利用土地 Unused land	减少量 Decrement
1990 年	耕地	2569300	1802500	268900	119800	88700	174400	31700	1300	2487300
	林地	1690400	12512000	1127200	116300	33000	57400	16200	7100	3047600
	草地	332000	1208300	639800	18500	5200	14000	4400	1300	1583700
	水域	115200	119200	13800	161500	8400	10700	2900	200	270400
	城镇用地	56600	29800	3600	7300	115300	3200	1800	100	102400
	农村居民地	150300	58900	9200	9500	3300	26100	2300	100	233600
	其他建设用地	22100	13000	3000	2900	1800	3400	14000	0	46200
	未利用土地	2600	10100	1900	200	400	100	300	2000	15600
	增加量	2369200	3241800	1427600	274500	140800	263200	59600	10100	—

表 3 东南诸河流域 2000—2010 年土地利用转移矩阵/hm²

Table 3 Land use transfer matrix of Southeastern River Basin between 2000 and 2010

土地利用类型 Land use type		2010 年								
		耕地 Plough	林地 Woodland	草地 Grassland	水域 Water area	城镇用地 Urban land	农村居民地 Rural area	其他建设 设用地 Other construction land	未利用土地 Unused land	减少量 Decrement
2000 年	耕地	4626500	18500	2400	19500	116900	52100	113100	500	323000
	林地	15100	15650800	28200	6600	15900	7200	57400	800	131200
	草地	1500	61300	1990400	900	2900	1200	16500	300	84600
	水域	2800	400	400	430200	2200	900	3700	0	10400
	城镇用地	100	0	0	0	256100	100	700	0	900
	农村居民地	200	100	0	500	21600	265600	2900	0	25300
	其他建设 设用地	300	100	100	300	7800	100	66200	0	8700
	未利用土地	0	100	200	0	100	100	100	11900	600
	增加量	20000	80500	31300	27800	167400	61700	194400	1600	—

表 4 东南诸河流域 2010—2015 年土地利用转移矩阵/hm²

Table 4 Land use transfer matrix of Southeastern River Basin between 2010 and 2015

土地利用类型 Land use type		2015 年								
		耕地 Plough	林地 Woodland	草地 Grassland	水域 Water area	城镇 用地 Urban land	农村 居民地 Rural area	其他建 设用地 Other construction land	未利用 土地 Unused land	减少量 Decrement
2010 年	耕地	4541400	3500	500	3400	30600	31700	35400	0	105100
	林地	5000	15670000	10600	2700	3200	3800	36200	100	61600
	草地	500	7300	2007200	200	500	1100	4900	0	14500
	水域	2500	1900	400	449900	800	800	4000	0	10400
	城镇用地	6300	3200	700	500	410300	2100	600	0	13400
	农村居民地	4200	1000	100	0	2100	318800	1100	0	8500
	其他建设 设用地	7000	4600	1300	1600	3000	3900	240400	100	21500
	未利用土地	0	0	0	0	0	0	0	13500	0
	增加量	25500	21500	13600	8400	40200	43400	82200	200	—

2.2 土地利用动态变化分析

流域各土地利用类型的变化强度及单一动态度如表 5。

表 5 东南诸河流域土地利用变化指数/%

Table 5 Index of land use change in Southeastern River Basin

土地利用类型 Land use type	1990—1995		1995—2000		2000—2005		2005—2010		2010—2015	
	强度 Intensity	动态度 Dynamic index								
耕地 Plough	0.39	-0.37	0.14	-0.13	1.01	-0.97	0.26	-0.26	0.34	-0.35
林地 Woodland	0.96	0.29	0.19	-0.06	0.15	-0.05	0.06	-0.02	0.17	-0.05
草地 Grassland	0.94	-2.01	0.26	0.62	0.20	-0.47	0.02	-0.05	0.00	-0.01
水域 Water area	0.01	-0.13	0.03	0.35	0.08	0.91	0.00	-0.03	0.01	-0.05
城镇用地 Urban land	0.12	2.55	0.04	0.78	0.66	12.34	0.04	0.42	0.11	1.27
农村居民地 Rural area	0.08	1.53	0.03	0.59	0.13	2.16	0.02	0.32	0.15	2.15
其他建设 设用地 Other construction land	0.02	-1.88	0.08	6.99	0.50	31.93	0.29	7.13	0.26	4.74
未利用土地 Unused land	0.02	-6.40	0.00	0.66	0.00	1.76	0.00	-0.15	0.00	0.30

2.2.1 土地利用变化强度

从变化强度来看,20 世纪东南诸河流域土地利用变化结构的主体为林地、草地和耕地。2000 年之后,城市化进程不断加快,人地矛盾逐渐激化,林地和草地的变化强度逐渐减弱,城镇用地、农村居民地等城乡建设用地和耕地逐渐代替林地和草地,成为土地利用变化结构的主体。其中,城镇用地和耕地的变化强度均呈现波动下降趋势,两者在 2000—2005 年间都出现了各自的峰值,分别为 0.66% 和 1.01%,但耕地仍拥有较大的变化强度,在每期的变化结构中处主导地位。

2.2.2 土地利用变化动态度

东南诸河流域不同用地类型的动态度差异明显(表 5)。1990—1995 年,其他建设用地的动态度为 -1.88%,排名第六,此后一直位居第一。尽管由 2000—2005 年的 31.93% 剧烈减少到 2010—2015 年的 4.74%,但 25 年间的年平均动态度为 17.31%,呈现显著扩张趋势。城镇用地的动态度相对于其他用地类型则一直处于较高水平,年平均动态度达 4.23%,总体位居第二且呈现扩张趋势。农村居民地的年均动态度为 1.53%,整体略微扩张。据表 6,大陆和台湾地区其他建设用地的动态度均最高,但前者的城镇用地动态度更大。大陆部分动态度为负值的分别是未利用土地、耕地和草地,呈缩小趋势,而台湾地区减少的用地类型为林地、草地和耕地,未利用土地为正值且排名第二。

表 6 分区域单一土地利用动态度/%

Table 6 The single dynamic index of land use in distinct parts of Southeastern River Basin

土地利用类型 Land use type	1990—1995		1995—2000		2000—2005		2005—2010		2010—2015		1990—2015	
	大陆 Mainland	台湾 地区 Taiwan										
耕地 Plough	-0.35	-0.45	-0.15	-0.01	-1.08	-0.31	-0.29	-0.07	-0.41	-0.02	-0.44	-0.17
林地 Woodland	0.33	0.09	-0.06	-0.07	-0.04	-0.05	-0.02	-0.01	-0.06	-0.03	0.03	-0.01
草地 Grassland	-1.97	-2.72	0.53	2.29	-0.50	0.04	-0.05	-0.02	-0.01	0.04	-0.40	-0.14
水域 Water area	-0.07	-0.29	0.39	0.21	1.23	0.02	-0.09	0.14	-0.22	0.43	0.25	0.10
城镇用地 Urban land	4.17	0.82	2.03	-0.78	19.83	1.65	0.51	0.16	1.72	0.05	7.82	0.38
农村居民地 Rural area	1.85	0.17	0.84	-0.57	2.18	2.07	0.37	0.04	2.53	0.19	1.79	0.37
其他建设用地 Other construction land	-2.05	-0.91	8.22	0.24	35.30	5.88	7.38	3.09	4.95	0.47	19.92	1.91
未利用土地 Unused land	-7.87	1.43	1.54	-2.00	0.61	5.93	-0.20	0.00	0.00	1.14	-1.33	1.29

经计算,1990—2015 年间,东南诸河流域的土地利用动态度为 0.68%,大陆与台湾地区的土地利用综合动态度变化趋势相似(图 4),均呈现先急剧减少,再保持较低水平稳定变化的趋势。这表明 1990—2000 年间,流域土地利用总体上变化剧烈,各土地类型之间转化频繁且不同类型间存在较大差异,综合利用程度高,人地矛盾比较激烈。2000 年以后,动态度维持在较低水平,各用地类型转化均匀,其带来的综合影响较小,土地利用格局较为稳定。

2.3 土地利用变化驱动机制

选取变化明显的城乡建设用地(Y_1)和耕地(Y_2),探究其驱动机制。由于大陆和台湾地区可获取的统计指标不完全一致,且进行相关性分析得到的影响因子有差别,因此根据研究需求选取不同指标,得到结果如表 7、表 8。由表 7 知第一、二主成分的特征值及累计贡献率符合分析要求。

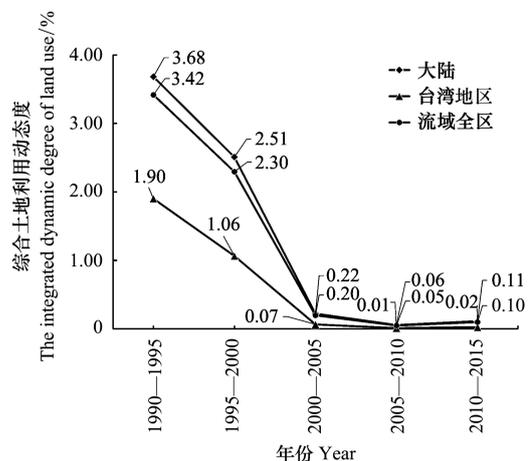


图 4 东南诸河流域 1990—2015 年综合土地利用动态度情况
Fig.4 The integrated dynamic index of land use in Southeastern River Basin from 1990 to 2015

表 7 典型用地主成分特征值及累计贡献率/%

Table 7 Eigen values and contribution rate of principal component about typical land use type

土地利用类型 Land use type	主成分 Principal component	大陆 Mainland			台湾地区 Taiwan		
		特征值	贡献率/%	累计贡献率/%	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
		Characteristic value	Contribution rate	Cumulative contribution rate	Characteristic value	Contribution rate	Cumulative contribution rate
城乡建设用地 Construction land	1	16.52	91.78	91.78	8.70	96.65	96.65
	2	1.18	6.54	98.32	0.23	2.52	99.17
耕地 Plough	1	8.18	90.87	90.87	7.35	81.68	81.68
	2	0.57	6.35	97.23	1.33	14.79	96.47

表 8 典型用地主成分载荷矩阵

Table 8 Loading matrix of principal component about typical land use type

驱动因子 Driving factor	大陆 Mainland				台湾地区 Taiwan			
	城乡建设用地 Construction land		耕地 Plough		城乡建设用地 Construction land		耕地 Plough	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Zscore(X_1)	0.96	-0.24	0.99	-0.04	0.99	0.09	0.01	0.44
Zscore(X_2)	0.96	-0.25	0.99	-0.05	0.99	0.09	0.01	0.44
Zscore(X_3)	-0.84	0.45	-0.91	0.32	-0.99	0.08	-0.03	0.14
Zscore(X_4)	0.94	-0.34	0.98	-0.16	1.00	0.04	0.01	0.26
Zscore(X_5)	0.91	-0.40	0.97	-0.23	1.00	-0.01	0.01	0.09
Zscore(X_6)	0.95	0.28	0.89	0.45	0.98	0.20	0.10	0.77
Zscore(X_7)	0.96	0.26	—	—	—	—	—	—
Zscore(X_8)	0.95	0.30	—	—	—	—	—	—
Zscore(X_9)	0.99	0.13	—	—	0.99	-0.02	—	—
Zscore(X_{10})	0.99	0.11	—	—	0.99	0.07	—	—
Zscore(X_{11})	0.99	0.08	0.96	0.26	0.91	-0.40	0.02	-1.26
Zscore(X_{12})	0.99	0.11	0.95	0.30	—	—	0.72	-0.53
Zscore(X_{13})	0.99	0.10	—	—	—	—	—	—
Zscore(X_{14})	0.99	-0.08	—	—	—	—	—	—
Zscore(X_{15})	-0.87	0.37	-0.93	0.18	—	—	0.47	0.71
Zscore(X_{16})	0.98	0.20	—	—	—	—	—	—
Zscore(X_{17})	0.98	0.19	—	—	—	—	—	—
Zscore(X_{18})	0.96	0.26	—	—	—	—	—	—

2.3.1 城乡建设用地

由表 8 知,两个地区的第一主成分均与各自的统计指标有较高的相关性,大陆的第二主成分与农业人口 X_3 有较强的相关性,台湾地区的第二主成分与工业总产值 X_{11} 有较强的相关性。因此大陆的城乡建设用地驱动力可概括为:人口数量及结构,城市化水平和社会经济发展水平三方面;台湾地区城乡建设用地的驱动力为:人口数量及结构,城市化水平,社会工农产业结构调整和社会经济发展水平四方面。

2.3.2 耕地

据表 8,大陆的第一主成分与各统计指标均有较高的相关性;台湾地区的第一主成分与农业总产值 X_{12} 有极强的正相关性,第二主成分与社会固定资产投资 X_6 、工业总产值 X_{11} 和粮食总产量 X_{15} 有较强的相关性。故大陆的耕地驱动力为:人口数量及结构,城市化水平和社会工农产业结构;台湾地区的耕地驱动力为:社会工农产业结构和农业生产水平。

3 讨论

单一/综合土地利用动态度、土地利用转移矩阵和土地利用程度变化指标,不仅能全面展现土地利用时空

变化动态过程,更是揭示土地利用变化对人类活动作用响应的科学手段^[32]。土地利用变化强度作为土地面积变化速率的标准化指数,可增强不同用地类型变化的可比性。2005 年以来,国内多位学者分别采用以上单一或多种指标,探究了渭河流域^[24]、北洛河流域^[32]、贵州克酬流域^[33]、艾比湖流域^[34]和抚仙湖流域^[35-36]等的土地利用变化特征。研究结果均表明,随着时间的推移,各流域的土地利用变化速度均有不同程度的增加,人类活动对自然环境的影响逐渐增大。上述结果与本研究相近,东南诸河流域大陆部分 1990—2015 年间的土地利用变化南北差异较大,这与流域内两个主要省份——福建省和浙江省各自的经济发展和土地资源利用状况相关。一方面,靠近台湾海峡的福建省东南沿海地区和浙江省各市,因其经济发展较为迅速,城市化进程加快,城市建设用地不断扩张,直接影响城乡建设用地和其他自然土地利用类型的转化,且导致了一定的空间差异,形成多个热点地区,如福州和厦门等地。另一方面,决策部门的相关政策和措施也对林地、耕地和沙地等变化产生重要影响,如 20 世纪九十年代末的退耕还林政策、2000 年初的集体林权制度改革和福建东南沿海地区的沙地治理措施等。台湾地区向来重视土地资源的区域规划,作为仅次于国土综合开发计划的规划,其对于土地资源的管理十分有效^[37]。自 1949 年,台湾地区先后实行了 3 次土地改革,对耕地和农业生产的成功优化,使其克服了“人多地少,后备资源不足”的劣势^[38]。在此过程中,农业生产的快速发展使得农民收益增加、居民生活质量改善和城市化进程加快,城乡建设用地等因此发生变化。到 1990 年第三次土地改革开始推进时,台湾地区的土地利用模式已有了相当的时间积累。作为城市化水平较高的后工业化社会地区,台湾地区近 10 年来的平均综合土地利用动态度为 0.015%,这说明其土地利用在多年的调整中已处于较为合理稳定的结构。

主成分分析法是目前 LUCC 驱动力分析的重要研究方法之一,在流域尺度上也有一定应用,如李石华在抚仙湖流域^[35]及李传哲在黑河干流中游地区^[39]的实证研究。前者重点探究了抚仙湖流域耕地的正负向驱动因子,后者则从自然因子和社会因子的角度出发,得出人类活动带来的社会因子驱动对区域的整体土地利用变化影响更大的结论。本研究结果表明,与人类活动密切相关的耕地与城乡建设用地,在东南诸河流域受社会因子的影响占比更大。1990 年以来,研究区城市不断发展,与之协同变化的人口数量激增带来居民地、公共设施用地等城乡建设用地的新建、扩张和改造,这与该流域城市化进程表现相符,也是其发生变化最直接主要的原因。城市化进程不断推进带来的社会经济发展和产业结构调整,也对城乡建设用地的变化产生一定的影响。对于耕地,人口的供养需要其提供粮食等农作物,而农业生产水平则在原本的耕地数量上,引入耕地利用率的概念,对耕地面积的影响不可忽视。纵观耕地的主要驱动力,与城乡建设用地的驱动有一定的对应性,耕地面积的转化去向,在城市化进程进入中后期发展阶段,已逐渐由林地等自然用地类型过渡到城乡建设用地。这表明在城市化过程中,社会产业结构的调整对于二者有共同的驱动作用,尽管具体的影响方向各不相同,但两者在共同的驱动因素作用下,仍存在较强的相互转化关系。在空间上,地处同一流域的大陆部分与台湾地区,在这两种用地类型的驱动机制反映上具有一定的相似性(社会经济驱动)。

本研究综合多项指标分析了东南诸河流域土地利用时空变化特征和驱动机制,未来该流域土地利用变化特征的研究还应从以下方面完善:首先,影响土地变化的重要因素之一——土地利用政策,因行政区划的不同而有所差异。本研究在探究相关驱动机制时,主要从数据本身的角度对其进行分析,对相关土地利用政策的解读仍需加深,政策影响机制的量化一直以来是科学研究的热点和难点。研究数据方面,由于台湾地区社会经济统计数据的口径与大陆地区存在一定差异,对两地统计数据的统筹和分析方面有待进一步深入挖掘。此外,本研究所采用的土地利用数据分辨率为 1 km,空间分辨率较粗,土地利用变化以 5 年为界,时间分辨率也较粗,对本研究造成一定的局限性,未来可考虑结合多源数据融合的遥感技术方法优化本研究的基础数据。

4 结论

(1) 东南诸河流域各用地类型面积占比为:林地>耕地>草地>城乡建设用地>水域>未利用土地,其中林地主要分布于流域大陆的西北部和中部偏北地区、台湾地区的中东部;耕地主要分布在大陆沿海、沿河道地区

以及台湾地区的中南部;城乡建设用地集中分布在经济较为发达的台湾海峡两岸沿海地区以及流域北部偏东地区,与耕地的分布有一定的空间协同。

(2)1990—2015 年间,流域南部各市的土地利用变化较北部剧烈,台湾地区主要土地利用变化类型为耕地和城乡建设用地。研究期内,东南诸河流域不同用地类型的土地面积变化量为:城乡建设用地>耕地>草地>林地>水域>未利用土地。其中,城乡建设用地以较高速率逐年增加,耕地面积逐年减少,但变化强度有一定的协同性,两者为该流域变化最突出的土地类型。

(3)城乡建设用地和耕地在大陆与台湾地区均表现出较强的社会经济因子驱动型,其中,人口数量及结构和城市化水平为两者在不同用地类型的共同主要驱动力。相比台湾地区的社会工农产业结构调整,建设用地驱动方向在流域大陆部分还集中在社会经济发展水平;此外,农业生产水平对于台湾地区耕地的驱动影响也较为重要。

参考文献 (References):

- [1] 史利江,王圣云,姚晓军,牛俊杰,俞立中. 1994—2006 年上海市土地利用时空变化特征及驱动力分析. 长江流域资源与环境, 2012, 21(12): 1468-1479.
- [2] 徐媛银,郭沛,薛达元,孙思琦. 赣南地区土地利用格局及生态系统服务价值的时空演变. 生态学报, 2019, 39(6): 1969-1978
- [3] 杨依天,郑度,张雪芹,刘羽. 1980-2010 年和田绿洲土地利用变化空间耦合及其环境效应. 地理学报, 2013, 68(6): 813-824.
- [4] Chen L G, Yang X Y, Chen L Q, Li L. Impact assessment of land use planning driving forces on environment. Environmental Impact Assessment Review, 2015, 55: 126-135.
- [5] 何英彬,姚艳敏,唐华俊,陈佑启,陈仲新,杨鹏,于士凯. 土地利用/覆盖变化驱动力机制研究新进展. 中国农学通报, 2013, 29(2): 190-195.
- [6] Liu Z B, Shi P J. Ecological environment effect calculation of land use change based on geography information system. Applied Mechanics and Materials, 2015, 707: 228-231.
- [7] Yin R S, Xiang Q, Xu J T, Deng X Z. Modeling the driving forces of the land use and land cover changes along the Upper Yangtze River of China. Environmental Management, 2010, 45(3): 454-465.
- [8] 赵永华,何兴元,胡远满,常禹. 岷江上游土地利用/覆被变化及其驱动力. 应用生态学报, 2006, (05): 862-866.
- [9] Su C H, Fu B J, Lu Y H, Lu N, Zeng Y, He A N, Lamparski H. Land use change and anthropogenic driving forces: a case study in Yanhe River Basin. Chinese Geographical Science, 2011, 21(5): 587-599.
- [10] Zhou Q M, Sun B. Analysis of spatio-temporal pattern and driving force of land cover change using multi-temporal remote sensing images. Science China Technological Sciences, 2010, 53(S1): 111-119.
- [11] Magesh N S, Chandrasekar N. Driving forces behind land transformations in the Tamiraparani sub-basin, South India. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 2017, 8: 12-19.
- [12] 孔君洽,杨荣,苏永中,付志德. 基于土地利用/覆被变化的荒漠绿洲碳储量动态评估. 生态学报, 2018, 38(21): 7801-7812.
- [13] Mugagga F, Kakembo V, Buyinza M. Land use changes on the slopes of Mount Elgon and the implications for the occurrence of landslides. CATENA, 2012, 90: 39-46.
- [14] Zhou W H, Ji S, Chen T H, Hou Y, Zhang K. The 2011 heat wave in Greater Houston: effects of land use on temperature. Environmental Research, 2014, 135: 81-87.
- [15] Liu Y Q, Long H L, Li T T, Tu S S. Land use transitions and their effects on water environment in Huang-Huai-Hai Plain, China. Land Use Policy, 2015, 47: 293-301.
- [16] Huang C C, Zhang M L, Zou J, Zhu A X, Chen X, Mi Y, Wang Y H, Yang H, Li Y M. Changes in land use, climate and the environment during a period of rapid economic development in Jiangsu Province, China. Science of the Total Environment, 2015, 536: 173-181.
- [17] Zhang H, Li H L, Chen Z. Analysis of land use dynamic change and its impact on the water environment in Yunnan Plateau Lake Area—a case study of the Dianchi Lake Drainage Area. Procedia Environmental Sciences, 2011, 10: 2709-2717.
- [18] 冯舒,孙然好,陈利顶. 基于土地利用格局变化的北京市生境质量时空演变研究. 生态学报, 2018, 38(12): 4167-4179.
- [19] 王家慧,梁亮,黄婷,罗翔,林卉. 徐州市区的土地利用变化及其生态环境效应. 水土保持通报, 2018, 38(6): 113-120, 126-126.
- [20] 赵国帅. 福建东山岛海岸沙地利用变化及其驱动力分析. 热带地理, 2018, 38(5): 678-688.
- [21] 闫国振,张征,梁康,娄华君. 鄂尔多斯高原泊江海子流域土地利用动态变化及驱动因素分析. 中国生态农业学报, 2017, 25(11): 1693-1706.

- [22] 秦瑞杰, 李桂芳, 李平. 降水和土地利用变化对罗玉沟流域水沙关系的影响. 水土保持学报, 2018, 32(5): 29-34, 40-40.
- [23] 吕乐婷, 张杰, 孙才志, 王晓蕊, 郑德凤. 基于土地利用变化的细河流域景观生态风险评估. 生态学报, 2018, 38(16): 5952-5960.
- [24] 程磊, 徐宗学, 罗睿, 米艳娇. 渭河流域 1980—2000 年 LUCC 时空变化特征及其驱动力分析. 水土保持研究, 2009, 16(5): 1-6, 30-30.
- [25] 苏爱平. 东南诸河区水资源形势及管理对策浅议. 水利科技, 2012, (2): 6-8.
- [26] 张长义, 蔡博文. 台湾土地利用变迁及其永续发展之研究. 地球信息科学, 2002, 4(1): 71-73.
- [27] 叶寿仁, 吴志平. 东南诸河区水资源综合规划概要. 中国水利, 2011, (23): 121-123, 104-104.
- [28] 李晓文, 方精云, 朴世龙. 近 10 年来长江下游土地利用变化及其生态环境效应. 地理学报, 2003, 58(5): 659-667.
- [29] 张丽, 杨国范, 刘吉平. 1986—2012 年抚顺市土地利用动态变化及热点分析. 地理科学, 2014, 34(2): 185-191.
- [30] 刘吉平, 赵丹丹, 田学智, 赵亮, 刘家福. 1954—2010 年三江平原土地利用景观格局动态变化及驱动力. 生态学报, 2014, 34(12): 3234-3244.
- [31] 黄宁. 关于主成分分析应用的思考. 数理统计与管理, 1999, 18(5): 44-46.
- [32] 吴琳娜, 杨胜天, 刘晓燕, 罗娅, 周旭, 赵海根. 1976 年以来北洛河流域土地利用变化对人类活动程度的响应. 地理学报, 2014, 69(1): 54-63.
- [33] 路云阁, 许月卿, 蔡运龙. 基于遥感技术和 GIS 的小流域土地利用/覆被变化分析. 地理科学进展, 2005, 24(1): 79-86.
- [34] 白泽龙, 包安明, 赵金, 章毅, 郭春红. 艾比湖流域近 40 年来土地利用与覆被动态变化研究. 水土保持通报, 2012, 32(2): 172-177.
- [35] 李石华, 周峻松, 王金亮. 1974—2014 年抚仙湖流域土地利用/覆盖时空变化与驱动力分析. 国土资源遥感, 2017, 29(4): 132-139.
- [36] 尹娟, 柳德江, 赵敏慧, 阳利永. 2000—2014 年抚仙湖流域土地利用动态变化研究. 中国农学通报, 2018, 34(4): 101-107.
- [37] 黄竞春. 土地利用, 海南该向台湾学什么——海南和台湾的土地利用对比分析. 中国土地, 2011, (2): 60-61.
- [38] 陈海秋. 台湾地区 50 年来土地政策的三次大变革. 中国地质矿产经济, 2002, 15(11): 21-25.
- [39] 李传哲, 于福亮, 刘佳, 严登华, 周婷. 近 20 年来黑河干流中游地区土地利用/覆被变化及驱动力定量研究. 自然资源学报, 2011, 26(3): 353-363.