

东江流域 2001—2013 年土地利用/覆被类型变化的时空特征及成因

孙琳, 唐国平, 窦乙峰, 刘永林, 吴裕珍

(中山大学 水资源与环境系, 广东 广州 510275)

摘要: [目的] 区分人类活动和自然环境变化对东江流域土地利用/覆被类型变化的贡献率, 为优化流域土地利用方式、保护流域生态环境和支持粤港澳大湾区建设提供有益的信息和科技支撑。[方法] 基于时间序列的遥感影像土地利用/覆被类型栅格数据, 结合区域经济发展、土地利用评价指标体系和灰色关联分析, 量化东江流域 2001—2013 年间土地利用/覆被类型变化的时空特征和成因。[结果] ① 随着时间推移, 东江流域土地利用/覆被类型格局由常绿阔叶林、草地和耕地共同主导型转变为常绿阔叶林主导型; ② 研究期内不同土地利用/覆被类型变化差异明显, 灌丛、混合林、常绿阔叶林和草地变化剧烈且相互之间转化频繁, 水域、耕地和城镇用地面积变化相对平缓; ③ 非城镇用地转化空间差异显著, 耕地的转化程度表现为: 下游 > 上游 > 中游; ④ 人口增加、城市建设、技术革新和经济增长是推动东江流域土地利用/覆被类型发生变化的主要原因。[结论] 总体来说, 最近 10 a 多东江流域的土地利用/覆被类型变化有利于流域生态环境和水资源的保护, 进而有助于粤港澳大湾区的建设。

关键词: 土地利用/覆被类型; 时空差异; 驱动力; 东江流域

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2018)03-0293-08

中图分类号: F301.24

文献参数: 孙琳, 唐国平, 窦乙峰, 等. 东江流域 2001—2013 年土地利用/覆被类型变化的时空特征及成因[J]. 水土保持通报, 2018, 38(3): 293-300. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2018.03.047. Sun Lin, Tang Guoping, Dou Yifeng, et al. Land use/cover change and underlying driving forces in Dongjiang River basin during 2001—2013[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(3): 293-300.

Land Use/Cover Change and Underlying Driving Forces in Dongjiang River Basin During 2001—2013

SUN Lin, TANG Guoping, DOU Yifeng, LIU Yonglin, WU Yuzhen

(Department of Water Resources and Environment, Sun Yat-Sen University, Guangzhou, Guangdong 510275, China)

Abstract: [Objective] To examine the spatiotemporal characteristics of land use/cover change and underlying forces in the Dongjiang River basin in order to provide useful information for optimizing the way of land use and supporting the construction of the big-bay area in Guangdong, Hongkong, and Macao. [Methods] Based on a series of land use/cover data derived from remote sensing images, we analyzed land use/cover change in the basin during 2001—2013 using several metrics such as land use net change, annual change rate, and the integrated degree of land use dynamics. The gray-relevance analysis was used to explore the driving forces of land use/cover change in the basin. [Results] ① Evergreen broadleaf forest, grassland and cropland used to be four major types of land use/cover in the basin, while evergreen broadleaf forest became the dominant type during 2001—2013. ② Although shrubs, mixed forest, evergreen broadleaf forest, and grassland experienced significant change, their areas were relatively stable due to the inter-conversions among those land types. ③ The extent of built-up land was the highest in the lower-reach areas, higher in the mid-reach areas, and the lowest in the upper-reach areas of the basin. ④ Population growth, urbanization, technology renovation,

收稿日期: 2017-11-16

修回日期: 2017-12-06

资助项目: 国家自然科学基金项目“气候变化与土地利用对东江流域河流碳氮营养物浓度的影响”(41671192); 广州市科委基金项目“分析陆地植被对溪流河径流和水体溶解有机氮浓度的调控”(42050441)

第一作者: 孙琳(1995—), 女(汉族), 山东省威海市人, 硕士研究生, 研究方向为水文与水资源研究。E-mail: skymnsun@163.com.

通讯作者: 唐国平(1969—), 男(土家族), 湖南省张家界市人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事水文与水资源研究。E-mail: Tanggp3@mail.sysu.edu.cn.

and rapid economic development were the main driving forces that trigger land use/cover change in the basin. [Conclusion] Land use/cover change in the Dongjiang River basin over the past decade was beneficial to the protecting of ecological environment and water resources, and was also contributive to the construction of the big-bay area of Guangdong, Hongkong and Macao.

Keywords: land use/cover; spatiotemporal heterogeneity; driving forces; Dongjiang River basin

人类社会经济活动和自然环境变化是造成地表土地利用/覆被类型发生变化的主要原因^[1],这种变化不仅改变陆地表层物质循环和生命过程,也影响区域生态环境的质量和资源的可持续利用^[1-2]。鉴于土地利用/覆被类型变化在生态环境保护 and 资源可持续利用方面的重要性,探讨其时空变化特征^[3-4]、成因以及机理^[5]已成为全球环境变化研究的前沿与热点。

中国“十三五”规划支持珠江三角洲地区建设开放创新转型升级新高地,即建设粤港澳大湾区。东江流域是珠三角和香港的重要饮用水源地,也是珠三角可持续发展战略中重要的一环。流域社会经济的发展 and 自然环境的变化不仅改变区域土地利用/覆被类型的结构,也影响流域生态环境的质量和资源的可持续利用^[6]。本文旨在利用土地利用/覆被类型遥感影像数据,结合土地利用评价指标和灰色关联分析,量化东江流域 2001—2013 年土地利用/覆被类型变化的时空特征和成因,区分人类活动和自然环境变化对流域土地利用/覆被类型变化的贡献率,进而为优化流域土地利用方式、保护流域生态环境和支持粤港澳大湾区的建设提供有益的信息和科技支撑。

1 研究资料与方法

1.1 研究区概况

东江为珠江水系主要干流之一,发源于江西省寻乌县髻髻钵,自东北向西南流入广东省境内,是广东目前综合开发利用程度最高的水系^[7]。流域面积 35 340 km²,干流全长 562 km^[8]。东江上游位于江西省龙川县以上的流域范围,多为低山丘陵地貌,平均纵比降为 2.21‰。龙川县合河坝至观音阁流域为东江中游,以丘陵和平原地貌为主,平均纵比降为 0.31‰。观音阁至入海口流域为东江下游,以台地和冲积平原地貌为主,平均纵比降为 0.17‰^[9]。

东江流域(113°52′—115°52′E,22°38′—25°14′N)属亚热带季风性气候,雨热同期,降水主要集中于夏秋两季,年平均降雨量 1 750 mm,年平均气温为 20.4℃^[10]。流域内大部分区域植被状态良好,以常绿阔叶林、草被和人工营造的针叶林为主^[11],森林覆盖率为 68.77%,但流域内土壤侵蚀等生态环境问题严重,年平均侵蚀总量高达 1.62×10⁹ t,土壤侵蚀总面

积为 2 457.04 km²,占全流域面积的 7%^[12]。东江流域土壤类型主要为地带性土壤,赤红壤主要分布在海拔<300 m 的低丘和山脚,红壤多分布在 300~500 m 的低山丘陵,黄壤分布在 500~900 m 的中低山区^[13]。东江流域经济结构和人口分布空间差异明显,上中游地区人口密度较小,以农耕活动为主,高新技术产业薄弱。下游地区人口密度大,经济发展迅速,广州、深圳和东莞等地成为广东省经济最为发达的地区。

1.2 数据来源和处理

本文选用 2001—2013 年 MODIS 土地覆被类型遥感影像数据(MCD12Q1)马里兰大学(UMD 格式)分类方案,数据空间分辨率为 500 m,质量控制(QC)数据范围为 0~97,说明像元已经进行反演,质量优。本文使用人机交互的方式提取东江流域土地利用/覆被类型遥感数据,参照中国科学院土地利用遥感监测分类体系^[14]以及实际样本资料,将东江流域土地利用/覆被类型划分为水域、常绿阔叶林、混合林、灌丛、草地、耕地和城镇用地 7 类,并统一为 WGS84 坐标系。选取 245 个典型特征点野外调查数据,结合广东省、江西省历年土地利用专题图件对影像解译结果进行验证,解译精度高达 84.5%。

1.3 土地利用/覆被类型变化评价指标及方法

本文采用土地利用类型变化量、变化率以及土地利用综合指数 3 个指标来定量分析 2001—2013 年东江流域土地利用/覆被类型变化的时空特征。

土地利用/覆被类型类型变化量(U_T)表示某土地利用/覆被类型类型相对研究初期面积数量变化的大小,土地利用/覆被类型类型变化率(K_T)表示研究末期土地利用/覆被类型类型面积相对研究初期浮动的程度。计算公式为:

$$U_T = U_b - U_a \quad (1)$$

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

式中: T ——研究历时,通常取年为单位; U_T ——时间序列 T 内某种土地利用/覆被类型的面积变化量(km²); K_T ——时间序列 T 内某种土地利用/覆被类型的面积变化率(%); U_a, U_b ——研究期初与研究期末某种土地利用/覆被类型的面积数量(km²)。

土地利用综合指数(L_a)表示研究区土地利用实际开发程度的高低,计算方法如下^[14]:

$$L_a = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \quad L_a \in |100, 400| \quad (3)$$

式中: L_a ——区域土地利用综合指数; n ——土地利

用/覆被类型总数; A_i ——第 i 种土地利用/覆被类型对应的分级指数(见表 1); C_i ——第 i 类土地利用/覆被类型占研究区总面积的百分比。

表 1 土地利用程度分级赋值

分级类型	未利用土地级	林、草、水用地级	农业用地级	城镇聚落用地级
土地类型	未利用或难利用地	林地、草地、水域	耕地	城镇、居民点、交通用地、工矿用地
分级指数	1	2	3	4

此外,本文利用转移矩阵来量化各土地利用/覆被类型间相互转化的数量特征以及转化趋势,其基本形式如下^[15]:

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nm} \end{bmatrix} \quad (4)$$

式中: S_{ij} ——研究期内第 i 类土地利用/覆被类型转化成第 j 类土地利用/覆被类型的面积(km^2); n ——区域内土地利用/覆被类型的总数。

1.4 分析土地利用/覆被类型变化的驱动力

基于查阅广东省、江西省各市县统计年鉴和阅读文献获得的 2001—2013 年东江流域社会经济等相关数据,本文定义了 4 类驱动因子:①人口(常住人口数);②经济发展水平(地方生产总值、社会消费品零售总额)和结构(农业总产值、林业总产值、规模以上工业总产值);③城市化建设程度(农作物播种面积、施工建筑面积);④技术革新(农业机械总动力)。基于上述 4 类因子,本文采用灰色关联分析法量化各类驱动因子与各土地利用/覆被类型面积变化的关联度。

灰色关联分析的基本步骤如下:①建立参考数列和比较数列。参考数列为各土地利用/覆被类型的面积数据,比较数列为经济指标(驱动因子);②利用均值化变换方法(公式 5)对参考数列和比较数列进行归一化处理;③计算关联系数。首先计算归一化处理后比较数列与参考数列差的绝对值,将差列绝对值的最大值($\Delta\max$)和最小值($\Delta\min$)代入公式(6)求得关联系数;④计算和排列关联度。同一驱动因子不同年份对应的关联系数平均值即为关联度。关联度大的驱动因子即可看成是影响对应土地类型变化的主要因素,反之亦然。

$$y_i(k) = \frac{x_i(k)}{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i(k)} \quad (5)$$

式中: $y_i(k)$ ——第 i 级参考(比较)数列的第 k 项驱动因子的归一化数据; $x_i(k)$ ——第 i 级参考(比较)数

列的第 k 项驱动因子原数据; m ——每项驱动因子对应的数值个数。

$$L_i(k) = \frac{\Delta\min + 0.5\Delta\max}{\Delta i(k) + 0.5\Delta\max} \quad (6)$$

式中: $L_i(k)$ ——第 i 级比较数列第 k 项驱动因子对应的关联系数; $\Delta\max$, $\Delta\min$ ——差列绝对值的最大值和最小值; $\Delta i(k)$ ——第 i 级比较数列第 k 项驱动因子的归一化处理后数值。

2 结果与分析

2.1 东江流域土地利用/覆被类型变化的时空模式

图 1 展示了 2001—2013 年东江流域各土地利用/覆被类型面积的变化趋势。结果表明,常绿阔叶林和城镇用地呈现显著递增趋势($p < 0.02$;图 1a, 1f),灌丛和草地呈现显著递减趋势($p < 0.01$;图 1c, 1d)。混合林和耕地也呈现递减趋势,但该趋势统计上不显著($p > 0.10$;图 1b, 1e)。

流域内常绿阔叶林在流域内分布最为广泛,并且随时间推移,其优势地位日益凸显。研究初期,常绿阔叶林主要分布在东江中游的东源市、新丰县和连平县,总面积占全流域的 33.7%;随时间推移,其分布范围以新丰江水库为中心呈放射状增长;到研究末期,常绿阔叶林在全流域均有分布,覆被面积高达 53.7%,以下游和中游面积增加最明显。混合林研究初期约占全流域的 12.4%,2001—2004 年面积急剧下降,2004 年后在 3 个流域变化相对平缓,至研究末期约占总流域面积 4.6%,主要分布在东江源区的安远县、寻乌县以及中游的连平县、和平县(图 2b)。灌丛与草地的变化类似,草地面积 2006 年出现短暂的峰值(约占全流域的 34.2%),总体逐年递减,至 2013 年下降到 19.6%,草地面积递减主要发生在东江中游和下游(图 2d)。耕地面积在 2005 年达到峰值,约占全流域面积的 20.9%,但 2012 年减少至 13.4%,主要发生在人口密集、地势平坦的下游流域(图 2e)。城镇用地面积下游 > 中游 > 上游,状态比较稳定。研究末期在东江下游发生显著增长(图 2f),随着时间推移,这种空间的差异性将呈增大趋势。

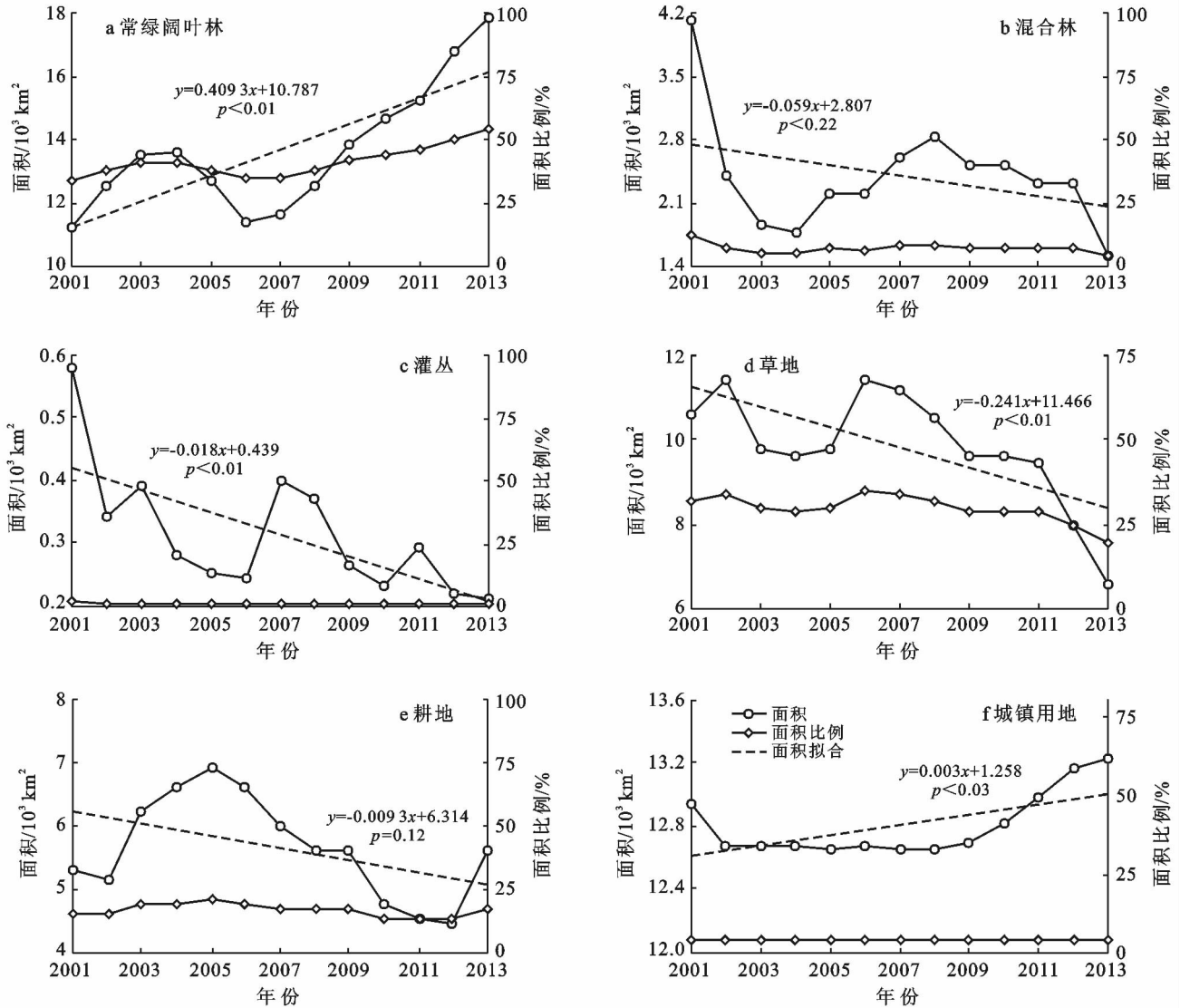


图 1 2001—2013 年东江流域各土地利用/覆被类型面积的变化趋势

2.2 流域各土地利用/覆被类型变化的程度分析

如表 2 所示,不同土地利用/覆被类型面积变化量可以看出,常绿阔叶林与草地、混合林呈此消彼长关系,上游面积变化量表现为:常绿阔叶林>混合林>草地,中下游面积变化量为:常绿阔叶林>草地>混合林。

流域内灌丛和耕地面积也发生较大变化,耕地面积变化主要发生在下游(详见图 2e),灌丛面积变化主要在中下游。城镇用地面积变化相对稳定,仅下游略有增长。水域面积在中游呈增长趋势,但在上游和下游递减。

表 2 东江流域 2001—2013 年土地利用/覆被类型变化情况

项目	变化指标	常绿阔叶林	混合林	灌丛	草地	耕地	城镇用地	水域	L_a
全流域	U	6 661.0	-2 597.8	-369.3	-4 068.8	359.5	28.8	-13.5	224.9
	K_t	59.4	-63.1	-63.6	-38.4	6.8	2.2	-6.3	
上游	U	749.5	-405.5	-13.5	-305.3	-25.0	0.0	-0.3	210.2
	K_t	74.1	-49.6	-90.0	-22.7	-6.5	0.0	-100.0	
中游	U	3 110.3	-1 322.3	-157.5	-1 685.8	45.0	0.0	10.3	211.4
	K_t	52.4	-64.3	-89.9	-33.6	3.0	0.0	6.1	
下游	U	2 667.3	-830.3	-192.8	-1 992.3	338.8	29.3	-20.0	243.4
	K_t	67.7	-75.0	-50.7	-49.1	10.1	2.5	-50.0	

注: U 为变化量(km^2); K_t 为变化率(%); K 为单一土地利用动态度; L_a 为土地利用综合指数。

从变化率上看,常绿阔叶林在全流域变化率为 59.4%,是增长速度最快的类型,增长速率为:上游>下游>中游。灌丛为流域内面积减少最剧烈的类型,变化率高达-63.6%,上、中游近 90%的灌丛消失,下游 50.7%的灌丛转化成了其他土地类型。与灌丛变化相似,混合林、草地在上下中游同样呈现明显的递减趋势(图 2c,2d),以下游变化最为突出,混合林、草

地分别减少 75.0%和 49.1%。耕地在全流域面积增长了 6.8%,变化速率是下游>上游>中游。

流域土地利用程度综合指数为 224.9,维持在中游水平,说明流域开发程度位于发展期,仍具有充裕的上升空间,随着时间的推移,受珠江三角洲经济群的辐射影响加强,流域土地开发利用如城市建设活动将更加频繁。

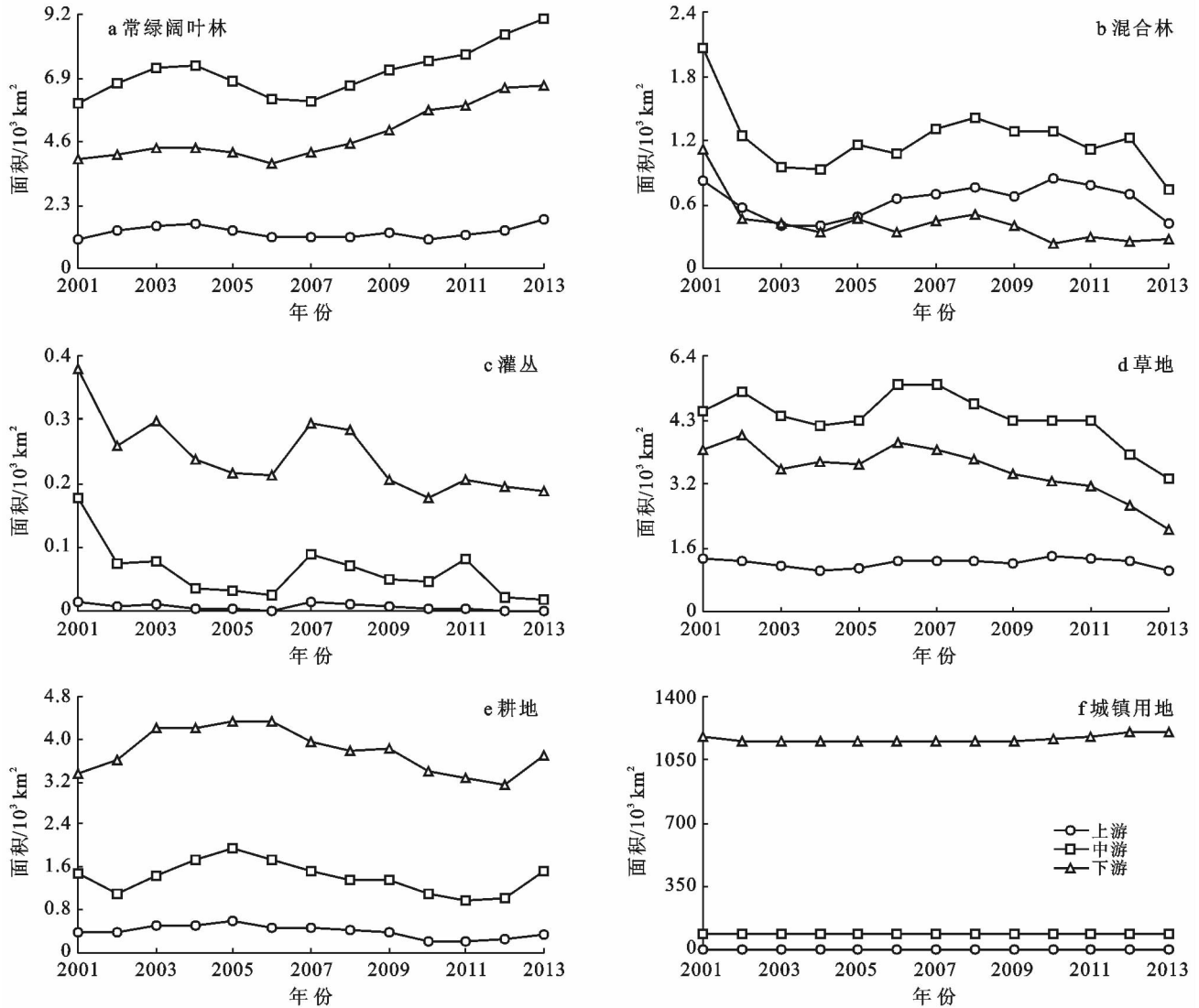


图 2 2001—2013 年东江上中下游各土地利用/覆被类型面积的变化趋势

2.3 各土地利用/覆被类型之间的转化关系

如表 3 所示,研究期间流域内常绿阔叶林面积剧增了 59.4%(约 6 661.0 km²),其增加面积主要来源于草地(36.1%)和混合林(18.6%)。混合林转化量是上游>中游>下游,比例依次为 43.1%,32.0%和 27.0%,草地转化量则是下游>中游>上游,比例依次为 52.7%,60.1%和 64.0%。混合林和草地转出面积除了大部分转化成常绿阔叶林外,二者之间的相

互转化以及转化成耕地的比重也较大。耕地面积的增加主要来自于草地,但由于存在相互转化,仅 517 km² 草地完全转化为耕地。城镇用地在上、中游向其他类型用地转化不明显,仅下游区域面积增长 2.2%(28.8 km²),其中 50.4%来自于灌丛,48.7%来源于耕地。灌丛的转化相对平均,面积减少中的 20.7%转化为常绿阔叶林,15.5%转化为耕地,14.2%转化为草地,10.3%转化为混合林。

表 3 2001—2013 年东江流域土地利用/覆被类型转移矩阵

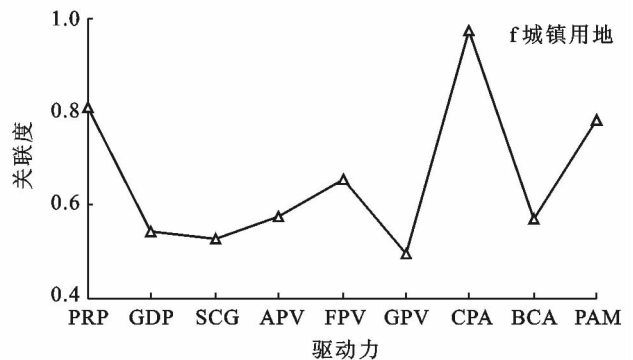
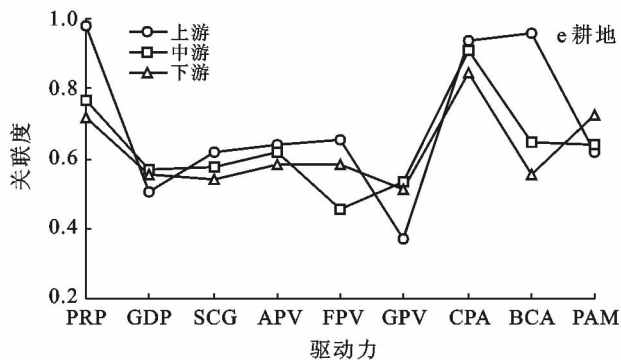
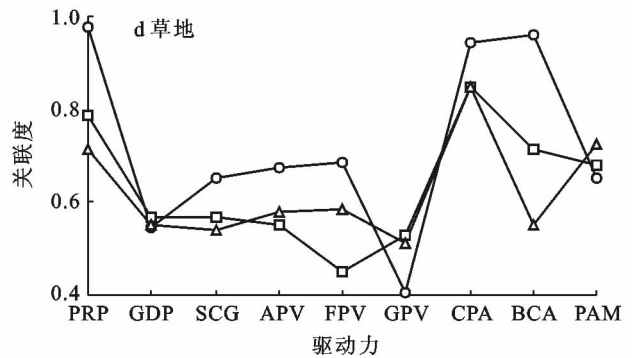
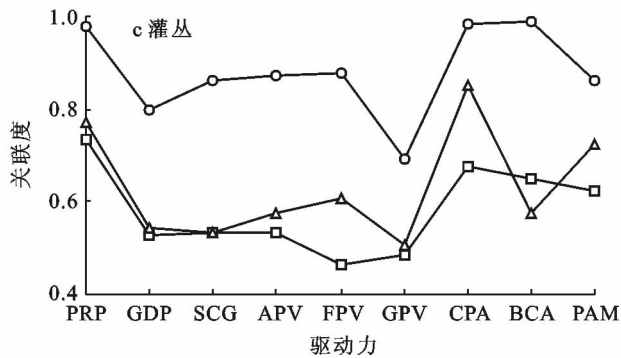
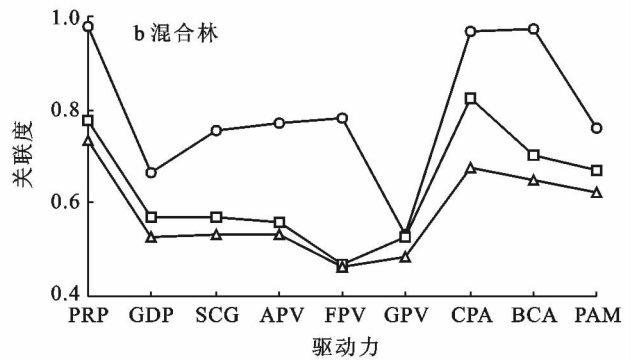
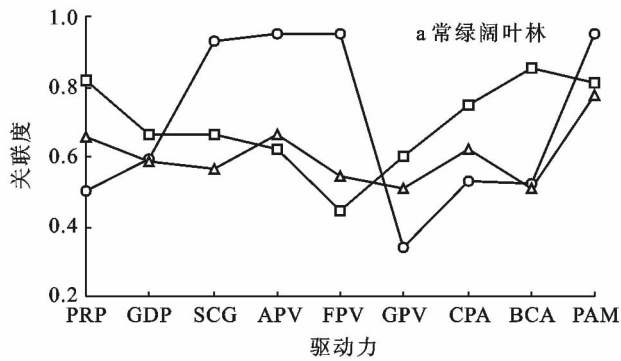
km²

土地利用类型	2013 年							合计
	常绿阔叶林	混合林	灌丛	草地	耕地	城镇用地	水域	
常绿阔叶林	10 357.8	2 490.8	122.8	4 391.3	486.3	0.0	17.5	17 866.3
混合林	405.3	505.5	65.0	439.0	88.0	0.3	14.5	1 517.5
灌丛	2.3	5.0	55.3	61.5	80.5	5.0	1.8	211.3
草地	338.3	848.0	144.3	3 726.3	1 448.5	7.8	20.5	6 533.5
耕地	94.5	240.0	170.8	1 965.5	3 145.5	8.5	9.5	5 634.3
城镇用地	0.5	0.0	19.5	7.8	22.5	1 271.5	0.8	1 322.5
水域	6.8	26.0	3.0	11.0	3.5	0.8	150.8	201.8
合计	11 205.3	4 115.3	580.5	10 602.3	5 274.8	1 293.8	215.3	

2.4 东江流域土地利用/覆被类型变化的驱动力

图 3 分别展示了灰色关联分析在上中下游地区分析的结果。如图 3 所示,东江流域 2001—2013 年上中下游常绿阔叶林变化主导驱动力差异明显。上

游,常绿阔叶林变化与社会消费品零售总额(0.93)、林业总产值(0.95)以及农业机械化总动力(0.95)等因子高度关联(图 3a),经济发展和技术革新为主要驱动力。



注:人口驱动力包括 PRP(常住人口);经济驱动力包括 GDP(地方性生产总值)、SCG(社会消费品零售总额)、APV(农业总产值)、FPV(林业总产值)、GPV(规模以上工业总产值);城市化发展驱动力包括 CPA(农作物播种面积)、BCA(建筑施工面积);技术驱动力包括 PAM(农业机械化总动力)。

图 3 2001—2013 年东江流域各类土地利用/覆被类型面积变化与驱动因子关联度

中下游常绿阔叶林变化与各类驱动因子均联系密切,各驱动力相辅相成,共同影响常绿阔叶林的变化。由于城镇用地仅在下游发生改变,故仅对下游城镇用地变化进行灰色关联分析。下游与城镇用地关联度较高的因子为农作物播种面积、畜牧业总产值以及常住人口,关联度依次为0.97,0.89,0.81(图3f),表明城市化建设、技术革新以及人口因素共同促进城镇用地的转化。除常绿阔叶林和城镇用地外,其他土地类型在3个地区内受不同人为驱动力的影响程度基本一致,与常住人口、农作物播种面积以及建筑施工面积呈现显著关联的特征(图3b—3e),关联系数平均为0.83,0.85,0.74。总体来说,按关联度大小排序,影响东江流域土地利用/覆被类型变化的人为驱动力依次为城市化建设、人口增长、技术革新以及经济发展。

3 讨论

3.1 东江流域土地利用/覆被类型变化的时空差异和原因

东江流域土地利用/覆被类型变化的时空特征与流域自然环境条件密切相关^[7]。东江上游90%的面积为山地和丘陵,降水多且集中于夏秋两季,易引发水土流失、山体滑坡等自然灾害。地形和自然灾害的易发性限制了上游的土地开发利用。中下游邻近珠江三角洲,地势平缓,土地具有较高的可塑性,利于开垦改造,城市化用地呈明显增加趋势。自然环境条件的空间分异特征与上游至下游耕地、城镇用地面积变化的空间分布特征相吻合,如耕地面积比例(10.0%,10.2%和26.3%)与城镇用地面积比例(0.1%,0.6%和8.6%)的分布为:下游>中游>上游,表明自然环境条件与东江流域土地利用/覆被类型空间分异特征显著关联。

另一方面,东江流域土地利用/覆被类型变化的时空特征也反映了人口增加、经济增长、区域规划政策等社会因素的影响^[7]。上中下游人口和经济发展程度下游>中游>上游。人口和经济发展越快,耕地向城镇用地、草地向耕地转化程度越显著,与下游城镇用地显著增加,上游耕地减少明显趋势相一致,说明人口与经济发展水平的差异是造成城镇用地、草地等在不同流域存在明显空间差异的原因。

此外,政府决策的制定与实施也是造成东江流域土地利用/覆被类型变化具有时空异质性的重要原因。研究前期,上游流域经济发展水平相对落后,地方财政收入主要来源于矿产资源开采及林业,对林地草地破坏严重。为保护东江源区生态环境,2003年

江西省通过《关于加强东江源区生态环境保护和建设的决定》,要求加大森林资源管理和培育力度^[16]。为改变消耗环境成本的经济模式,赣州政府提出打造“脐橙基地”的产业定位。从2005年起,上游全面停止采伐天然阔叶树作为商品材。这种政策的实施与上游常绿阔叶林自2006年后面积逐年递增直接相关(图1a)。东江中游在研究初期积极响应国家“十五”计划,对农业结构进行战略性调整,提倡大力发展高效生态循环农业和机械现代农业。2005年,东江中游遭遇百年一遇洪涝灾害,政府加强森林资源保护,推进东江、韩江水源林及珠江防护林的建设,最终导致林地面积2006年后逐年递增,耕地面积2005—2011年逐年递减(图2e)。东江下游靠近珠江三角洲,自20世纪90年代改革开放以来,广州的快速发展和深圳特区的迅速崛起带动惠州、东莞等周边城市的经济发展,推动下游城市化建设,这与下游城镇用地面积在21世纪初明显增长相呼应(图2f)。

3.2 东江流域土地利用/覆被类型变化的社会经济驱动力

3.2.1 人口增长与城市化发展 东江流域邻近经济发达的珠江三角洲,其开放的市场环境、多元的文化交流、庞大的人才需求吸引大量的外来人口,常住人口由2001年1109.1万人增长至2013年2214.6万人,城镇用地面积由2001年的1293.8 km²增长至2013年的1322.5 km²。人口数量的增加和城市化进程的推进,一方面导致粮食和畜牧产品需求压力增大,为应对不断增长的需求,增大耕地面积,人们开荒、毁林、毁草造田,草地和灌丛面积持续递减;另一方面,为满足日益增长的住房和娱乐服务需求,非农业用地对土地的需求急剧增长,大量耕地转化为城镇用地,加快了农业用地的转化^[17]。

3.2.2 技术革新与社会经济进步 随着经济发展、农业机械化水平提高以及城镇用地的扩张^[16],技术驱动力和经济驱动力的影响比重逐渐加大。东江流域农作物播种面积由2001年的 6.91×10^5 km²减少至2013年的 6.78×10^5 km²。为弥补播种面积减少带来的农作物产量下降,东江流域促进农民合作社的发展和现代化农业科学技术的利用,加强流域土地集约程度,提高耕地单产水平,实现以较少的耕地面积满足居民的日常需求。东江流域2013年农业总产值较2001年增加了96.4亿元,农业机械化总动力高达 2.81×10^{10} kWh。在基本生活需求得以满足的前提下,依靠市场调控、政府引导,东江流域农牧业结构开始优化升级。到2013年,第一、第二产业在地方性经济中的比重分别减少了6.6%和5.3%,第三产业却

增长了 11.8%。这种产业结构的内部调整,促进各流域土地利用/覆被类型开始向其他方向转化,如农林用地转为非农用地,这也部分解释了常绿阔叶林持续增长而耕地逐渐递减的现象^[7]。

3.2.3 政府决策 21 世纪初,珠江三角洲已经发展成全国市场化程度最高,市场体系最完备的地区。东江流域受市场经济体制的影响,现代化进程不断加快,土地资源逐渐进入市场支配,资产价值日益凸显。在流域相关土地开发政策及发展规划的引导下,土地向其他高收益类型发生转化^[18]。为统筹东江流域的开发建设工程及生态环境保护工作,2007 年广东正式成立东江流域管理局,负责流域综合规划、工程管理和水土保持等政策的执行与监督。同时,广东省积极响应国家主体功能区规划政策,遵循不同国土空间的自然属性,着力构建“五大战略格局”。其中,东江下游广州市、深圳市、惠州市和东莞市实行严格的建设用地增量控制^[19],城市发展由外延扩张式转为以节约集约为主,积极探索城市土地立体化利用模式;中、上游韶关市、河源市及梅州市为北部生态经济区,严格控制开发力度,限制城镇发展用地和农村居民点用地,对成片耕地进行标准化基本农田保护区建设。这也是为什么常绿阔叶林面积 2007 年后在上中下游都持续增长,但灌丛、草地和耕地面积却持续减少,尤其在中、下游变化更明显。此外,2003 年江西省通过《关于加强东江源区生态环境保护和建设的决定》并成立东江源国家级生态功能保护区,对源区进行统筹规划,先后实施退耕还林、珠江防护林工程等一系列项目。这些生态环境保护和重大建设工程的实施明显提高了东江流域森林覆盖的面积,改善了流域生态环境和水资源状态。

4 结论

(1) 2001—2013 年东江流域土地利用/覆被类型的分布格局变化显著。土地利用/覆被类型以常绿阔叶林、草地和耕地为主,但随着时间推移,常绿阔叶林的主导地位日益凸显,并以新丰江水库为中心呈放射状增长。

(2) 研究期内不同土地利用/覆被类型变化差异明显。水域、耕地和城镇用地变化轻微,灌丛、混合林和常绿阔叶林面积变化剧烈,变化率均超过 50%。尽管如此,由于灌丛、混合林、常绿阔叶林和草地 4 种类型之间相互转化频繁,它们的总面积变化不大。

(3) 土地利用/覆被类型变化的区域差异明显。上游耕地面积减少显著,主要向常绿阔叶林和草地转化;相反,中、下游流域总体表现混合林和草地减少明

显,耕地面积增加,并且伴随人口增长和城市化水平的提高,耕地面积向城镇用地转化幅度逐渐增强。

(4) 人口增长、城市化建设、技术革新和政府决策是造成研究期间内东江流域土地利用/覆被类型发生变化的主要驱动力。但是,各类驱动力并不是孤立地发挥作用,而是相辅相成共同驱使流域内土地利用/覆被类型发生变化。

总体来说,最近 10 a 多东江流域的土地利用/覆被类型变化有利于流域生态环境和水资源的保护,进而有助于粤港澳大湾区的建设。

【参 考 文 献】

- [1] Mooney H A, Duraiappah A, Larigauderie A. Evolution of natural and social science interactions in global change research programs [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2013, 110(S1): 3665-3672.
- [2] Meyfroidt P, Lambin E F, Erb K, et al. Globalization of land use: Distant drivers of land change and geographic displacement of land use [J]. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2013, 5(5): 438-444.
- [3] 李晓兵, 陈云浩, 王宏, 等. 中国土地覆盖动态变化幅度的区域分异规律 [J]. *地理科学*, 2004, 24(3): 270-274.
- [4] 万荣荣, 杨桂山. 太湖流域土地利用变化及其空间分异特征研究 [J]. *长江流域资源与环境*, 2005, 14(3): 298-303.
- [5] 索安宁, 巨天珍, 熊友才, 等. 泾河流域土地利用区域分异与驱动力的关系 [J]. *中国水土保持科学*, 2006, 4(6): 75-80.
- [6] 王兆礼, 陈晓宏. 东江流域土地利用与土地覆被变化分析 [J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(8): 4180-4183, 4186.
- [7] 任斐鹏, 江源, 熊兴, 等. 东江流域近 20 a 土地利用变化的时空差异特征分析 [J]. *资源科学*, 2011, 33(1): 143-152.
- [8] 吕乐婷, 彭秋志, 郭媛媛, 等. 基于 SWAT 模型的东江流域径流模型 [J]. *自然资源学报*, 2014, 29(10): 1746-1757.
- [9] 彭资, 谷成燕, 刘智勇, 等. 东江流域 1989—2009 年土地利用变化对生态承载力的影响 [J]. *植物生态学报*, 2014, 38(7): 675-686.
- [10] 白晓燕, 陈晓宏, 王兆礼. 基于面向对象分类的土地利用信息提取及其时空变化研究 [J]. *遥感技术与应用*, 2015, 30(4): 798-809.
- [11] 陈晓宏, 王兆礼. 东江流域土地利用变化对水资源的影响 [J]. *北京师范大学学报: 自然科学版*, 2010, 46(3): 311-316.
- [12] 潘美慧, 伍永秋, 任斐鹏, 等. 基于 USLE 的东江流域土壤侵蚀量估算 [J]. *自然资源学报*, 2010, 25(12): 2154-2164.

- multi-functional landscapes[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2006, 75(3/4):175-186.
- [4] Scher B, Helming K, Wiggering H. Assessing land use change impacts: A comparison of the SENSOR land use function approach with other frameworks[J]. *Journal of Land Use Science*, 2010, 5(2):159-178.
- [5] Helming K, Diehl K, Kuhlman T, et al. Ex ante impact assessment of policies affecting land use(part A): Analytical framework[J/OL]. *Ecology and Society*, 2011, 16(1):27. <https://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art27/>
- [6] Helming K, Diehl K, Kuhlman T, et al. Ex ante impact assessment of policies affecting land use(part B): Application of the analytical framework[J/OL]. *Ecology and Society*, 2011, 16(1):29. <https://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art29/>.
- [7] 梁小英, 顾铮鸣, 雷敏, 等. 土地功能与土地利用表征土地系统和景观格局的差异研究: 以陕西省蓝田县为例[J]. *自然资源学报*, 2014, 29(7):1127-1135.
- [8] 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.
- [9] Wiggering H, Dalchow C, Glemnitz M, et al. Indicators for multifunctional land use-linking socio-economic requirements with landscape potentials[J]. *Ecological Indicator*, 2006, 6(1):238-249.
- [10] Reidsma P, Knig H, Feng S, et al. Methods and tools for integrated assessment of land use policies on sustainable development in developing countries[J]. *Land Use Policy*, 2011, 28(3):604-617.
- [11] 程龙, 董捷. 基于全排列多边形综合图示指标法的武汉城市圈土地集约利用评价[J]. *水土保持研究*, 2014, 21(1):183-187.
- [12] 杨树海. 城市土地集约利用的内涵及其评价指标体系构建[J]. *经济问题探索*, 2007(1):27-30.
- [13] 陈银蓉, 梅昀, 王传明, 等. 城市土地集约利用的研究[J]. *国土资源科技管理*, 2006, 23(5):7-12.
- [14] 陈莹, 刘康, 郑伟元, 等. 城市土地集约利用潜力评价的应用研究[J]. *中国土地科学*, 2002, 616(4):26-29.
- [15] 王伟华. 基于主成分分析法的城市土地利用集约度研究[J]. *内蒙古农业大学学报: 社会科学版*, 2005, 7(4):448-450.
- [16] 黎一畅, 周寅康, 吴林, 等. 城市土地集约利用的空间差异研究: 以江苏省为例[J]. *南京大学学报: 自然科学版*, 2006, 42(3):309-315.
- [17] 曹银贵, 周伟, 王静, 等. 基于主成分分析与层次分析的三峡库区耕地集约利用对比[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(4):291-296.
- [18] 薛俊菲, 邱道持, 卫欣, 等. 小城镇土地集约利用水平综合评价探讨: 以重庆市北碚区为例[J]. *地域研究与开发*, 2002(4):46-50.
- [19] 汪波, 郑家响. 我国大城市土地集约利用评价研究[J]. *北京科技大学学报: 社会科学版*, 2006, 22(1):24-28.
- [20] 陈海燕, 李闽. 江苏省城市土地利用集约评价及区域分异特征[J]. *中国土地科学*, 2007, 21(5):61-65.
- [21] 宋吉涛, 方创琳, 宋吉强, 等. 大都市边缘区乡镇土地集约利用与增长方式转变评价指标体系研究: 以北京市海淀区北部新区 4 镇为例[J]. *资源科学*, 2007, 29(4):170-178.
- [22] 刘力, 邱道持, 粟辉, 等. 城市土地集约利用评价[J]. *西南师范大学学报: 自然科学版*, 2004, 29(5):887-890.
- [23] 韦中亚, 周贵云, 罗万勤. 一种基于数学形态学的沟壑密度提取算法[J]. *地理学与国土研究*, 2001, 17(2):24-27.
- [24] 周伟, 曹银贵, 乔陆印. 基于全排列多边形图示指标法的西宁市土地集约利用评价[J]. *中国土地科学*, 2012, 26(4):84-90.
- [25] 饶清华, 邱宇, 许丽忠, 等. 基于多目标决策的节能减排绩效评估[J]. *环境科学学报*, 2013, 33(2):617-625.
- [26] 王洪威, 徐建刚, 桂昆鹏, 等. 城市绿地系统生态服务效能评价及优化研究: 以淮安生态新城为例[J]. *环境科学学报*, 2012, 32(4):1018-1024.

(上接第 300 页)

- [13] 温小浩, 李保生, 郑琰明, 等. 岭南东江流域一级阶地网纹红土的时代及其粒度特征[J]. *地理与地理信息科学*, 2009, 25(5):59-63.
- [14] 刘纪远, 张增祥, 庄大方, 等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化的遥感时空信息研究英语[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [15] 白根川, 夏建国, 王昌全, 等. 基于地类空间转化趋势模型的眉山市东坡区土地利用转化分析[J]. *资源科学*, 2009, 31(10):1793-1799.
- [16] 胡细英, 熊小英. 东江源头县—寻乌县水环境生态保护研究[J]. *经济地理*, 2004, 24(5):588-591.
- [17] 马晴, 李丁, 廖杰, 等. 疏勒河中下游绿洲土地利用变化及其驱动力分析[J]. *经济地理*, 2014, 34(1):148-155.
- [18] 韩会然, 杨成凤, 宋金平. 北京市土地利用变化特征及驱动机制[J]. *经济地理*, 2015, 35(5):148-154, 197.
- [19] 吕拉昌, 王建军, 滕丽. 基于主体功能区规划的广东发展新格局[J]. *广州大学学报: 社会科学版*, 2009, 8(5):36-41.