

基于地形因子的鄱阳湖地区土地利用格局变化分析

李欣^{1,2}, 叶长盛^{1,2}, 吕雪^{1,2}

(1. 江西省数字国土重点实验室, 南昌 330013; 2. 东华理工大学 地球科学学院, 南昌 330013)

摘要:为研究土地利用空间格局变化地形特征,采用1990年、2000年、2010年、2013年4期鄱阳湖地区 Landsat TM 解译数据及 DEM 数据,借助地形位、分布指数、地学信息图谱方法,深入探讨了1990—2013年鄱阳湖地区不同地形下土地利用格局的变化特征。结果表明:(1) 1990—2013年,鄱阳湖地区土地利用类型以耕地、林地、水域为主,三种类型面积占比均在90%以上,建设用地快速增长,由1990年的1 387.42 km²增加到2013年的2 413.98 km²,增加了1 026.56 km²,耕地、未利用土地、林地面积分别减少513.39 km²,399.04 km²,123.75 km²;(2) 1990—2013年,土地利用格局变化具有地形效应,低地形范围优势分布耕地、建设用地、水域,高地形范围林地优势分布,未利用土地、草地零散分布对地形变化适宜性较强;(3) 1990—2013年,研究区土地利用图谱以稳定型和中期型为主,面积分别为48 457.44 km²,2 014.56 km²,稳定型图谱的优势区域位于高、低地形范围,耕地、林地、建设用地变化稳定;低、中高地形范围是中期变换型的优势分布区,主要表现为未利用土地—未利用土地—水域—水域、耕地—耕地—建设用地—建设用地。

关键词:土地利用; 地形因子; 地形位指数; 土地利用变化图谱; 鄱阳湖地区

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2017)04-0210-09

Analysis of land Use Pattern Change in Poyang Lake Region Based on the Topographic Factor

LI Xin^{1,2}, YE Changsheng^{1,2}, LYU Xue^{1,2}

(1. Jiangxi Key Laboratory of Digital Land, Nanchang, 330013, China;

2. College of Earth Sciences, East China University of Technology, Nanchang, 330013, China)

Abstract: In order to study the terrain gradient characteristics of land use spatial pattern change, Landsat TM interpretation data and DEM data of Poyang Lake area in 1990, 2000, 2010 and 2013 were used to analyze the relationship between landform, distribution index and geo-information map. Characteristics of Land Use Pattern Change's topographic effect in Poyang Lake Region from 1990 to 2013. The results showed that: (1) From 1990 to 2013, the main land use types in Poyang Lake area were cultivated land, forest land and water area, its areas of these three types accounted for more than 90% in all 23 years, and the area of construction land increased obviously from 1 387.42 km² (1990) to 2 413.98 km² (2013), while cultivated land(decreased 513.39 km²), unused land(decreased 399.04 km²) and forest land (decreased 123.75 km²) decreased significantly. (2) From 1990 to 2013, the change of land use pattern had a terrain effect, and the low terrain gradient scope dominated the distribution of forest land in the range of cultivated land, construction land, water area and high terrain gradient, while unused land and grassland distributed to terrain gradient Suitability is strong. (3) From 1990 to 2013, the land use pattern of the study area was mainly stable (48 457.44 km²) and medium-term(2 014.56 km²), and the dominant area of stable map was located in the gradient of high and low terrain, and the change of cultivated land, woodland and construction land was stable; low and high terrain gradient range is the dominant distribution area of the medium-term transformation, mainly for the unused land-unused land-waters-waters, arable land-arable land-construction land-construction land.

Keywords: land use; terrain factor; terrain niche index; land use change TUPU; Poyang Lake Region

土地利用垂直分异规律是土地利用空间分异规律研究的重要方面^[1],而地形则是土地利用空间分异的重要影响因子^[2],不仅为土地利用格局的形成提供基础,其空间特征也影响着土地利用的演变过程^[3],直接影响着区域内的物质与能量转移以及再分配^[4]。深入分析地形因子对土地利用变化的方向、方式及结构的影响,能够为形成可持续健康发展的土地利用方式与格局提供科学依据^[5-6]。

当前国内外学者基于 DEM 数据分析土地利用变化已做了诸多研究,深入探讨了地形因子对土地利用变化空间分异特征、形成机制、生态环境效应等,低地形范围多分布着人类活动影响大的土地利用类型,人口数量、城镇建设用地扩张、政策等成为制约因素,而生态服务价值在高地形范围较大,对于优化土地利用结构具有重要意义^[7-10]。研究方法多通过 GIS 空间分析将土地利用数据与 DEM 数据叠加分析,研究区域多集中在山地丘陵区^[6,11-12]、经济欠发达省份(如:贵州省^[13]、安徽省^[14]、陕西省^[15]、河北省^[16]等)及典型城市(如:北京^[2]、深圳^[8]、济南^[9]、哈尔滨^[5]等)。地形因子依据空间区域范围分为宏观因子和微观因子,以往研究多采用微观地形因子分析土地利用空间分布特点(高程、坡度、坡向),而针对宏观地形因子(地形起伏度、地形位指数)的研究则是近期的研究热点。地学信息图谱能够以图谱单元来记录土地利用变化的时空复合信息^[17],将地学信息图谱结合 GIS 空间分析的方法,可定量地表示土地利用变化在多时空条件下“空间格局”与“时序特征”的复合特点^[18]。目前,关于鄱阳湖地区的土地利用变化空间格局的分析,多采用 RS 和 GIS 技术结合土地利用变化指数模型分析鄱阳湖区土地利用变化特征,借助 CLUE-S 等模型对土地利用变化进行预测和模拟^[19-21],而将宏观地形因子结合地学信息图谱深入分析鄱阳湖地区土地利用空间变化的规律则还有待探讨。鄱阳湖地区是长江经济带的重要组成部分,近年来土地利用变化大,生态承载力过载^[20]。以鄱阳湖地区为研究对象,采用宏观地形因子结合地学信息图谱的方法,分析 1990—2013 年鄱阳湖地区土地利用变化的地形效应,以期优化区域土地利用布局,为今后鄱阳湖地区生态文明示范区建设提供决策支持。

1 研究区概况

鄱阳湖位于长江中下游南岸、江西省北部,是我国最大的淡水湖,是四大淡水湖中唯一没有富营养化的湖泊,同时也是具有世界影响的重要湿地。该区域是中国重要的生态功能保护区,是世界自然基金会划

定的全球重要生态区,承担着调洪蓄水、调节气候、降解污染等多种生态功能。鄱阳湖又是长江的重要调蓄湖泊,年均入江水量约占长江径流量的 15.6%。将鄱阳湖地区根据研究需要,把东湖区、西湖区、青云谱区、湾里区、青山湖区合并为南昌市区;珠山区、昌江区合并为景德镇市区;月湖区为鹰潭市区;庐山区、浔阳区为九江市区;渝水区为新余市区;临川区为抚州市区;共青城市于 2010 年 9 月 20 号成立,没有将其作为一个独立评价单元而是并入德安县。最终把鄱阳湖地区合并为 31 个县域单元^[22]。鄱阳湖地区土地面积为 5.12 万 km²,占全省面积的 30.69%,最高海拔高程可达 1 600 m 以上(图 1)。地貌以平原、丘陵和低山为主。气候属于暖温带,四季分明,气候温和,降水适中。耕地、林地、水域是该区主要的土地利用类型,2013 年,耕地面积 19 962.73 km²,林地面积 20 763.10 km²,水域面积 5 666.84 km²,建设用地面积 2 413.98 km²。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据处理

本文原始数据源为 1990 年、2000 年、2010 年、2013 年 4 个时期的 Landsat TM 遥感影像,空间分辨率 30 m×30 m,经辐射纠正、几何校正、图像配准和人工解译等处理后得到土地利用现状图,土地利用类型包括耕地、林地、草地、水域、建设用地、未利用土地,通过将外业调查和随机抽取动态图斑进行重复判读分析相结合的方法评价分类精度,总体精度均达到 80%以上,Kappa 系数在 0.7 以上,满足研究需要。DEM 数据来源于中科院应用数据环境中心,空间分辨率 30 m×30 m。通过 ArcGIS 转换工具将土地利用类型矢量数据转换成栅格数据,利用 Spatial Analyst 工具与从 DEM 中提取的坡度、坡向、地形起伏度等地形因子叠加分析^[14]。

2.2 研究方法

2.2.1 土地利用图谱法 利用 ArcGIS 10.1 软件对四期土地利用图进行叠加,利用变化图谱分析土地利用的空间变化过程^[5],将其分为稳定期(1990—2013 年没有变化)、前期变化型(仅 1990—2000 年变化)、中期变化型(仅 2000—2010 年变化)、后期变化型(仅 2010—2013 年变化)以及持续变化型(1990—2013 至少发生两种类型的变化)^[5]。其公式如下:

$$Y = G_1 10^{n-1} + G_2 10^{n-2} + \dots + G_n 10^0 \quad (1)$$

式中:Y 为土地利用代码计算合成的 n 位数字; n 为土地利用的时期数目; G_n 为第 n 期土地利用单元^[23]。

2.2.2 地形因子提取 借助 ArcGIS 10.1 表面分析

提取坡向、坡度变率,邻域分析提取地形起伏度,根据地区特点及数据的可定量性对数据进行分级^[14],将坡向以正北为 0° ,按顺时针方向,分为平直坡(-1°)、阴坡($0^\circ\sim45^\circ$ 及 $315^\circ\sim360^\circ$)、半阴坡($45^\circ\sim135^\circ$)、阳坡($135^\circ\sim225^\circ$)、半阳坡($225^\circ\sim315^\circ$)5个等级,其面积占比分别为:1.67%,24.02%,25.10%,24.71%,24.50%;坡度变率分为 $0^\circ\sim1^\circ$, $1^\circ\sim3^\circ$, $3^\circ\sim5^\circ$, $5^\circ\sim7^\circ$, $7^\circ\sim9^\circ$ 以及 $>9^\circ$ 共6类,其面积占比分别达到:22.29%,42.47%,16.59%,8.18%,4.47%,5.99%;由于鄱阳湖地区以平原丘陵为主,平均海拔较低,因此地形起伏度分为5类: $0\sim7$ m, $7\sim18$ m, $18\sim31$ m, $31\sim48$ m及 >48 m,其面积比例分别为62.44%,21.43%,10.30%,4.68%,1.15%。地形位指数是将高程和地貌类型进行综合反映的一项指标,采用等数量分类法将地形位指数划分为10级,并划分为低:1(<0),2($0\sim0.2$),3($0.2\sim0.4$);中低:4($0.4\sim0.6$),5($0.6\sim0.8$),6($0.8\sim1.0$);中高:7($1.0\sim1.4$),8($1.4\sim1.8$),9($1.8\sim2.2$);高:10($2.2\sim2.8$)4个地形位等级^[18],其分布面积比例分别为:2.96%,96.90%,0.22%,0%。公式如下:

$$T = \lg[(\frac{E}{E'} + 1) \times (\frac{S}{S'} + 1)] \quad (2)$$

式中: T 为地形位指数; E, S 代表某点的高程和坡度; E', S' 分别为该点所在区域的平均高程和坡度^[24]。

2.2.3 地形分布指数 该指数表示土地利用类型在不同地形位区间上的分布频率,能够有效地消除利用类型在地形梯度间受面积干扰^[23],其公式如下:

$$P_{ie} = (\frac{S_{ie}}{S_i}) / (\frac{S_e}{S}) \quad (3)$$

式中: P_{ie} 为第 i 种土地利用类型在地形位 e 上的分布指数; S_{ie} 为第 i 种土地利用类型在地形位 e 上的面积; S_i 为研究区内第 i 种土地利用类型的面积; S_e 为研究区内地形位 e 的总面积; S 为整个研究区的总面积^[24]。若分布指数 >1 ,则该用地类型呈优势分布,分布指数越大,优势度越高;若分布指数 <1 ,则呈劣势分布,分布指数越小,优势度越小^[6]。分布指数曲线越平缓,表明某种土地利用类型分布与标准分布的偏离越小,其对地形差异的适宜性越大;反之,表明某种土地利用类型对地形具有较强的选择性,在其优势地形位上该组分发育较多^[25]。

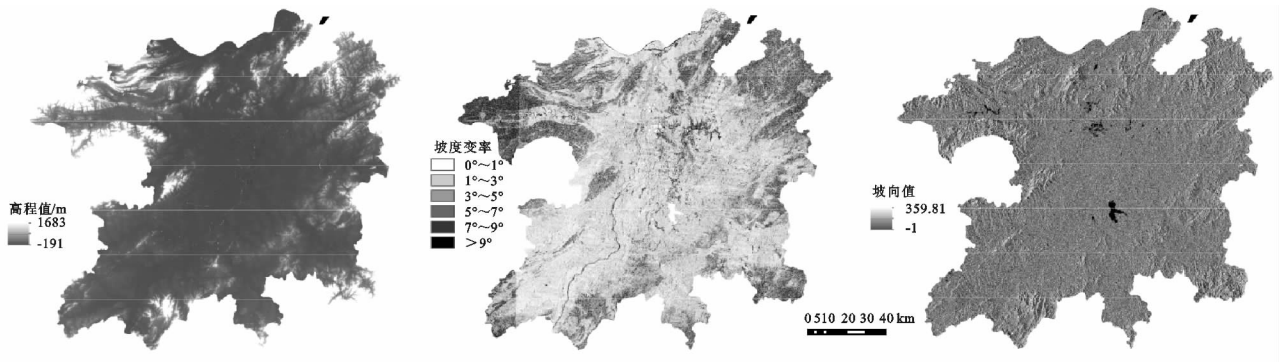


图1 研究区高程、坡度变率、坡向

3 结果与分析

3.1 土地利用类型变化分析

借助 ArcGIS 10.1 提取 1990—2013 年鄱阳湖地区不同土地利用类型的面积(表 1),发现鄱阳湖地区的土地利用结构以耕地、林地、水域为主,1990—2013 年这三种地类的面积总占比均在 90% 以上。1990—2013 年,研究区不同土地利用类型变化略有差异,耕地、林地、草地、未利用土地的面积持续减少,建设用地、水域的土地面积显著增长。耕地比例逐渐下降,面积由 1990 年的 20 476.12 km² 减少至 2013 年的 19 962.73 km²,减少了 513.39 km²;林地面积逐年减少,由 1990 年的 20 888.85 km² 减少至 2013 年的 20 763.10 km²,共减少 123.75 km²;草地面积渐趋下降,共减少 286.13 km²;未利用土地逐年递减,由 1990 年的 919.17 km² 减少至 2013 年的 520.13

km²,共减少 399.04 km²,以 2000—2010 年减少的 372.71 km² 最为显著;建设用地持续增加,由 1990 年的 1 387.42 km² 增加到 2013 年的 2 413.98 km²,增加了 1 026.56 km²,其中 2000—2010 年增长迅猛共增长 622.32 km²;水域面积总体增加,由 1990 年的 5 416.71 km² 增加到 2013 年的 5 666.84 km²,增加 250.13 km²,但呈现出动态性,1990—2000 年呈减少趋势,随后面积比例逐年上升,这与推行了退耕还湖以及严格的水资源保护措施有关。

分析研究区土地利用类型的图谱类型探讨各地类的空间变化过程,结果表明,1990—2013 年土地利用变化模式主要为稳定型,面积为 48 457.44 km²,变化模式以耕地—耕地—耕地—耕地—耕地、林地—林地—林地、建设用地—建设用地—建设用地—建设用地为主,该变化类型覆盖全区。中期型其次,面积 2 014.56 km²,变化模式为耕地—耕地—水域—

水域、耕地—耕地—建设用地—建设用地、林地—林地—建设用地—建设用地、未利用土地—未利用土地—水域—水域，主要发生在鄱阳县、星子县、余干县、新建县及南昌市区。前期型次之，变化模式为水域—耕地—耕地—耕地，耕地—建设用地—建设用地—建设用地，遍布各区域呈零星分散状。持续性以耕地—林地—草地—林地为主，面积为 89.28 km²，

主要发生在鄱阳县、九江县、湖口县、彭泽县及南昌市区等地区。

3.2 土地利用结构与图谱变化的地形效应

3.2.1 土地利用结构与图谱变化的起伏度效应 由图 2—3 分析可知，鄱阳湖地区 1990—2013 年不同地形起伏度上的土地利用类型与图谱变化差异明显，将地形起伏度效应分为 3 类。

表 1 1990—2013 年鄱阳湖地区土地利用类型变化统计

地类	1990 年		2000 年		2010 年		2013 年	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
耕地	20476.12	40.02	20358.70	39.83	20154.02	39.43	19962.73	39.05
林地	20888.85	40.82	20893.99	40.87	20860.46	40.81	20763.10	40.61
草地	2082.28	4.07	2070.19	4.05	1815.98	3.55	1796.15	3.51
水域	5416.71	10.59	5407.29	10.58	5653.07	11.06	5666.84	11.08
建设用地	1387.42	2.71	1471.75	2.88	2094.07	4.10	2413.98	4.72
未利用土地	919.17	1.80	913.01	1.79	540.30	1.06	520.13	1.02

(1) 起伏度 0~7 m 范围。各土地利用类型、图谱类型集中分布。主要土地利用类型为耕地、未利用土地、建设用地，1990—2013 年其分布指数均在 1.30 以上且变化幅度不大。各图谱类型分布指数都较接近 1，而中期变化型和后期变化型略优势分布，其分布指数分别为 1.25,1.42。中期变化型的变化模式主要为林地—林地—建设用地—建设用地以及未利用土地—未利用土地—水域—水域，其分布面积分别为 426.24,362.88 km²；后期变化型的变化模式主要为耕地—耕地—耕地—建设用地，分布面积为 191.52 km²。

显著下降，土地利用类型的转换模式开始减少，稳定型分布范围最广。

3.2.2 土地利用结构与图谱变化的坡度变率效应 鄱阳湖地区 1990—2013 年土地利用类型与图谱类型在不同坡度变率差异显著(图 4)，将坡度变率效应分为 4 类：

(1) 坡度变率 0°~1°范围。耕地、建设用地、未利用土地、水域分布指数均大于 1，优势度明显，分布指数变化趋势较平缓。各图谱类型集中分布，分布指数均接近 1，而后期变化型、持续变化型、中期变化型优势度相对较高，其分布指数分别为 1.16,1.16,1.12。后期变化型，变化模式主要为耕地—耕地—耕地—建设用地，分布面积为 63.36 km²；中期变化型变化模式为未利用土地—未利用土地—水域—水域、耕地—耕地—建设用地—建设用地，其分布面积分别为：126.72 km²、144.00 km²；持续变化型的变化模式为水域—水域—耕地—建设用地、耕地—水域—建设用地—建设用地等。此范围内土壤肥沃、地形平坦，适宜种植农作物，对建设用地的限制小，因此土地利用结构以耕地、建设用地等为主。

(2) 起伏度 7~18 m 范围。林地、草地、水域的分布优势凸显，分布指数均在 1 以上，波动较小。优势分布图谱类型为持续变化型、稳定型、前期变化型。以持续型优势度最为突出，分布指数达到 1.73，其变化模式主要为：耕地—林地—草地—林地，分布面积为 17.28 km²。

(2) 坡度变率 1°~3°范围。各土地利用类型集中分布，分布指数差距较小，优势地类为耕地、建设用地、未利用土地。三种土地利用类型随时间增长变化趋势略有不同，建设用地的优势分布区由 2000 年的 0°~1°及 1°~3°减少为 2010 年的 1°~3°范围；耕地分布指数在 1990—2000 年期间变化不大，2000 年后下降明显，但分布指数仍保持在 1.5 左右，这主要源于人口的增长、建设用地的扩张，存在占用农田等现象；未利用土地的分布指数 1990—2013 年期间均接近

(3) 地形起伏度 >18 m 范围。林地、草地分布占绝对优势，1990—2013 年期间分布指数均大于 1，其分布指数曲线随着起伏度的升高直线上升随后趋缓。草地的分布指数在 31~48 m 范围达到峰值后下降，>48 m 的范围是林地的绝对优势区域。稳定型优势分布，分布指数在 1 以上，其主要变化模式为林地—林地—林地—林地及水域—水域—水域—水域。随着地形起伏度的上升中期变化型的优势度有所上升，而其他变化类型的分布指数下降趋势明显。

综上所述，在地形起伏度较小的范围各土地利用类型集中分布，不同土地利用类型相互转换频繁，而随着地形起伏度的升高，土地利用类型呈分散分布趋势，建设用地、耕地等对高地形起伏度范围的适宜性

1,分布指数曲线变化平缓。中期变化型、后期变化型优势度较高,中期变化型的变化模式主要为:耕地—耕地—建设用地—建设用地、未利用土地—未利用土地—水域—水域,分布面积分别达到 269.28,207.26 km²;后期变化型的变化模式主要为:耕地—耕地—耕地—建设用地、林地—林地—林地—建设用地,其分布面积分别为:120.96,46.08 km²。

(3) 坡度变率>3°范围。3°~5°范围时,草地、林地、水域、未利用土地优势分布,四种土地利用类型分布指数均大于1,变化趋势随时间增长略有不同。草地在 1990—2013 年期间分布指数波动显著,2000 年时最大值接近 2,随后分布指数下降剧烈,2010 年时低至 0.5,随后又呈上升趋势;林地、水域、未利用土地的分布指数变化趋势平缓。坡度变率>5°范围,土地利用结构以林地、草地为主,两种土地利用类型随时间增长变化趋势略有不同,林地在 1990—2013 年期间分布指数稳定,保持在 1.5 左右;草地动态性显著,1990—2010 年其分布指数在 7°~9°范围下降明

显。而各图谱类型分散分布,以持续变化型和稳定型的分布指数较高,分布指数均在 1 以上。持续变化型各土地利用类型的转换种类较多,而稳定型以水域—水域—水域—水域、林地—林地—林地—林地、耕地—耕地—耕地—耕地为主。

总而言之,1990—2013 年期间,坡度变率较低的地形范围内,各土地利用类型与图谱类型集中分布,主要土地利用类型为耕地、建设用地、水域,中期变化型、后期变化型优势较大;随着坡度变率的升高,土地利用类型和图谱类型分散趋势突显,坡度变率较高的地形范围主要分布林地、草地,图谱变化类型以持续变化型和稳定型为主。水域、稳定型的分布范围最广,而草地、后期变化型的波动性最显著。分析各范围变化模式发现,耕地—建设用地、林地—建设用地的转换模式均有分布,说明研究区在 1990—2013 年期间,建设用地的扩展较为猛烈而其主要转入来源于为耕地、林地等,存在毁林开荒、占用农田现象。

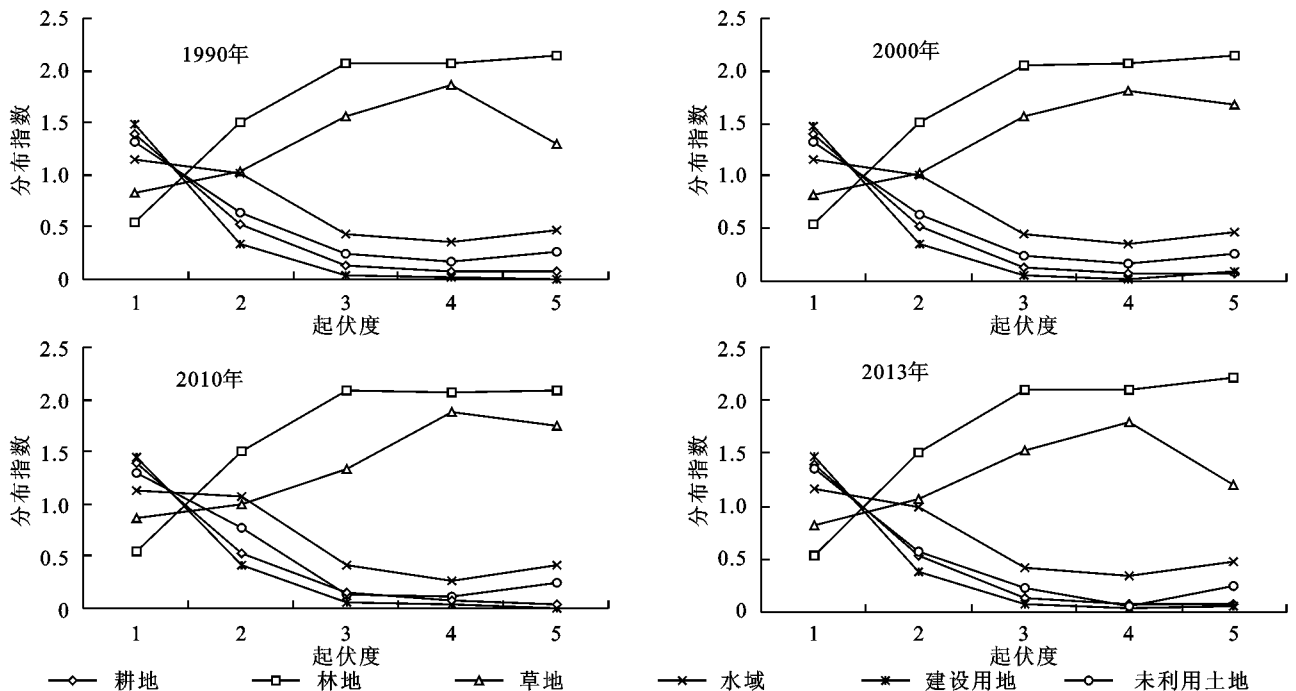


图2 研究区各土地利用类型在不同起伏度分级上的分布指数

3.2.3 土地利用结构与图谱变化的坡向效应 鄱阳湖地区在 1990—2013 年不同坡向上的土地利用类型与图谱类型有显著性差异(图 5),将坡向效应分为 3 类:

(1) 坡向为平直坡的范围。土地利用结构以水域、耕地、建设用地为主,三种地类分布指数均大于 1,而水域分布优势最显著,四个年份其分布指数均接近 4。这三种土地利用类型在 1990—2013 年期间分布指数总体保持稳定,但略有差异。水域分布指数由

1990 年的 4.34 下降至 2013 年的 4.15,而建设用地的分布指数逐年下降,由 1990 年的 1.53 下降至 2013 年的 1.18,耕地的分布指数由 1990 年的 1.08 上升至 2013 年的 1.10。各种图谱类型分布指数差异显著,稳定型优势度较高,分布指数达到 1.03,其主要变化模式为水域—水域—水域—水域、耕地—耕地—耕地—耕地,分布面积分别为 377.28,360.00 km²。

(2) 坡向为阴坡的范围。土地利用类型集中分布,土地利用结构以未利用土地、水域为主,仅耕地的分布

指数小于1。1990—2013年各土地利用类型的分布指数总体变化平缓,其中,草地2000—2010年分布指数有所增大,由2000年的1.03增至1.36;2010—2013年水域分布指数扩大,由2010年的0.88增至2013年的0.91。

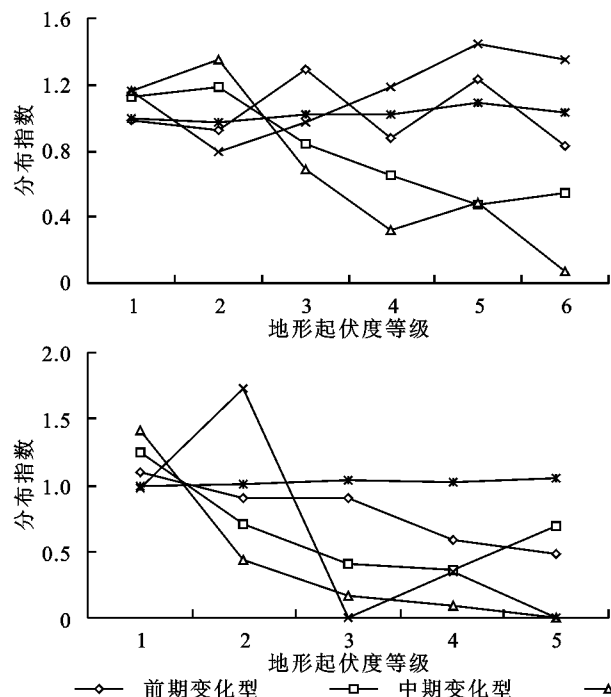


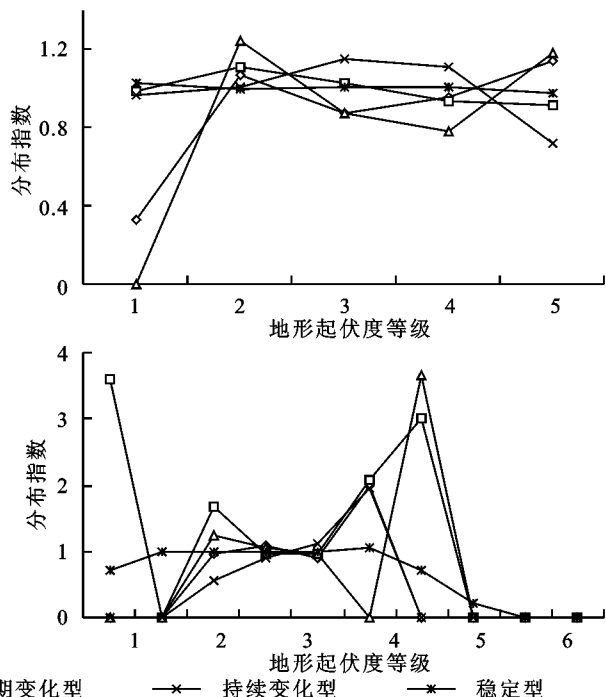
图3 研究区各图谱变化类型在地形因子不同等级上的分布

(3) 坡向为半阴坡、阳坡、半阴坡的范围。土地利用结构以草地、耕地为主,1990—2013年这两种地类的分布指数保持稳定均大于1。坡向为半阴坡、阳坡的范围,持续变化型优势度较高,其次为稳定型,其主要变化模式分别为耕地—林地—草地—林地,耕地—耕地—耕地—耕地、林地—林地—林地—林地;坡向为半阳坡的范围,以后期变化型和前期变化型的分布指数最高,各图谱类型的分布指数差异明显。后期变化型的变化模式为耕地—耕地—耕地—建设用地、林地—林地—林地—建设用地,其分布面积分别为61.92,18.72 km²;稳定型的变化模式为耕地—耕地—耕地—耕地、林地—林地—林地—林地为主。

总体而言,坡向因子对耕地、林地、建设用地的影响较大,而对未利用土地和水域的影响则较小。平直坡对各图谱类型的影响差异不大,而阴坡、半阳坡等由于日照时长少,耕地、林地生长条件受限有转向建设用地的趋向。稳定型、中期变化型对坡向变化的适宜性优于后期变化型、前期变化型。

3.2.4 土地利用结构及图谱变化的地形位效应 不同土地利用类型对高程和坡度因子的响应不同,垂直地带性必然导致不同土地利用类型在不同地形位梯度的分布指数存在差异^[13]。鄱阳湖地区1990—2013年土地利用类型及图谱类型的地形位梯度差异显著,

各图谱类型分布较集中,后期变化型、中期变化型优势分布。后期变化型的主要变化模式为耕地—耕地—耕地—建设用地、林地—林地—林地—建设用地,其分布面积分别为51.84,30.24 km²。



将地形位的效应分为3类:

(1) 低地形位范围。土地利用结构以建设用地、水域、未利用土地为主,1990—2013年建设用地的分布优势下降明显,而水域保持平稳,未利用土地的优势度则有所上升(图6)。中期变化型的优势度较大,分布指数达到3.59,稳定型其次。第1级耕地—耕地—建设用地—建设用地、未利用土地—未利用土地—水域—水域是其主要变换模式,第2级主要变换模式为耕地—耕地—耕地—耕地、林地—林地—林地—林地,第3级变换模式主要为草地—草地—林地—林地。

(2) 中低地形位范围。耕地、建设用地、水域为优势土地利用类型,耕地的分布指数随着地形位增加而显著减小,尤以2000—2010年减少最显著;水域的分布指数随着地形位的升高增加明显,第6级范围分布指数最大,分布指数维持在3.4左右,2010—2013年优势度有扩大的趋势;1990—2013年,建设用地的分布指数变化较大,中高地形位范围分布指数下降明显,主要向低地形位范围转移。各图谱类型分布集中,分布指数均接近1。

(3) 中高、高地形位范围。林地、水域、未利用土地分布指数较大,优势度较高,1990—2013年这三种土地利用类型分布指数变化较小。后期变化型和中

期变化型在中高地形位范围优势分布,第 7 级范围的主要变换模式为水域—水域—水域—建设用地、未利用土地—未利用土地—水域—水域,第 8,9 级范围稳

定型的优势度较大,主要变化类型为林地—林地—林地—林地;高地形位范围,各图谱类型分布指数均较小,没有明显的优势分布类型。

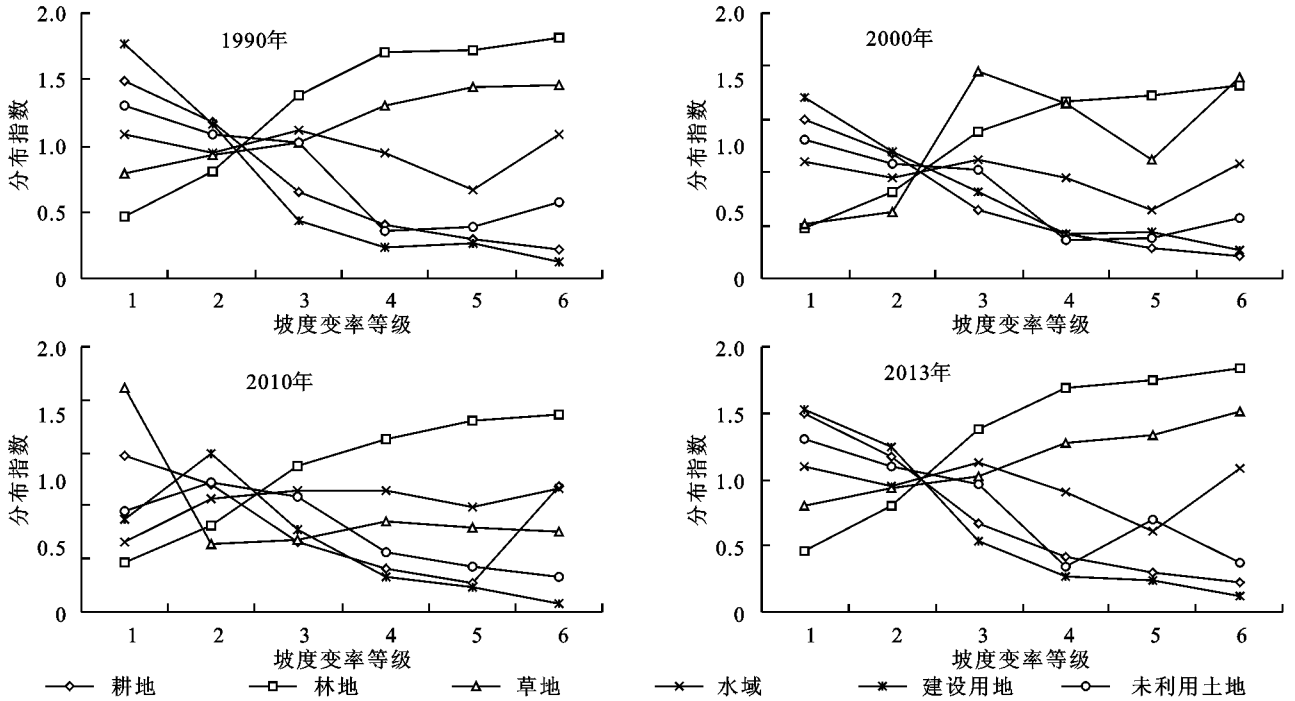


图 4 研究区各土地利用类型在不同坡度变率等级上的分布指数

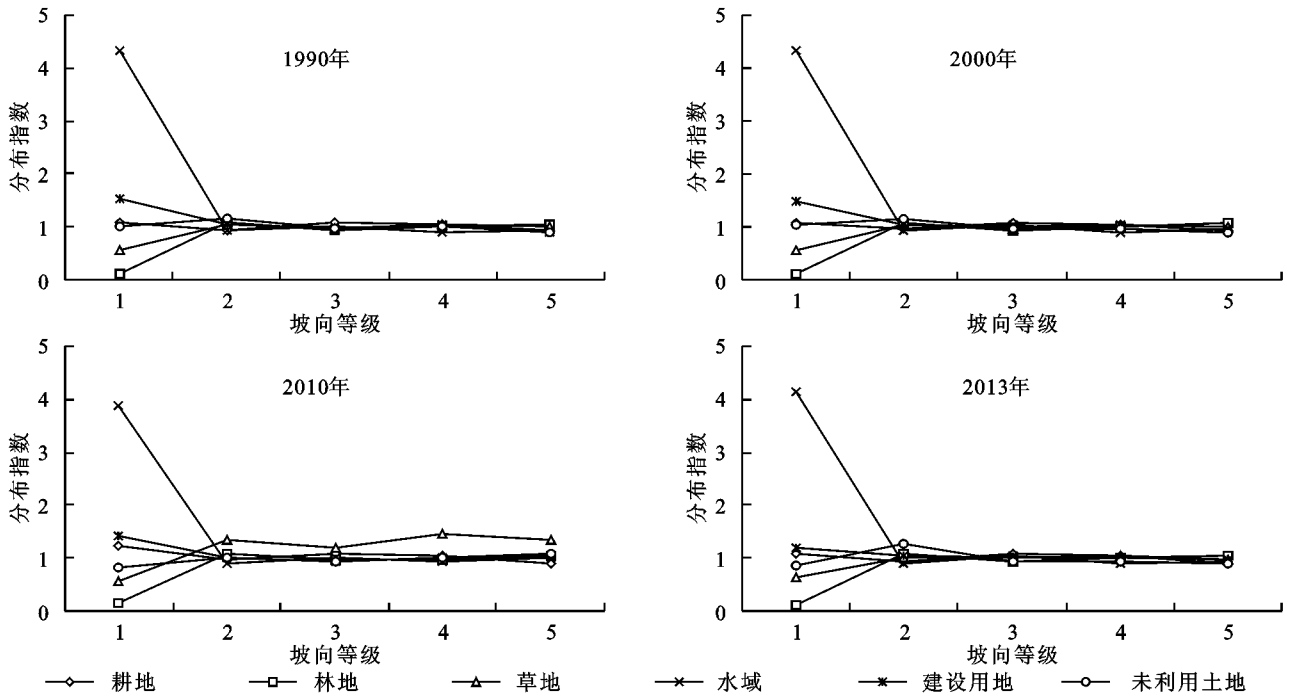


图 5 研究区各土地利用类型在不同坡向分级上的分布指数

总的来看,低地形位范围是建设用地、耕地的优势分布区,而中高、中低地形范围各土地利用类型的适宜性较大,高地形位是林地的优势分布区。水域、未利用土地的优势分布区分散,有向高地形位范围转移的趋势。高程和坡度对于土地利用变化影响较大,耕地、水域、建设用地主要分布于中低、低地形位上,

这些地区地势平坦、地势开阔,便于人类活动。同时耕地和水域有向建设用地转移的趋向,在 2000—2013 年期间,由于鄱阳湖生态经济区的快速发展,林地—耕地、水域—建设用地、耕地—建设用地变化类型出现次数增多,中高、高地形位范围内的土地利用类型增多。

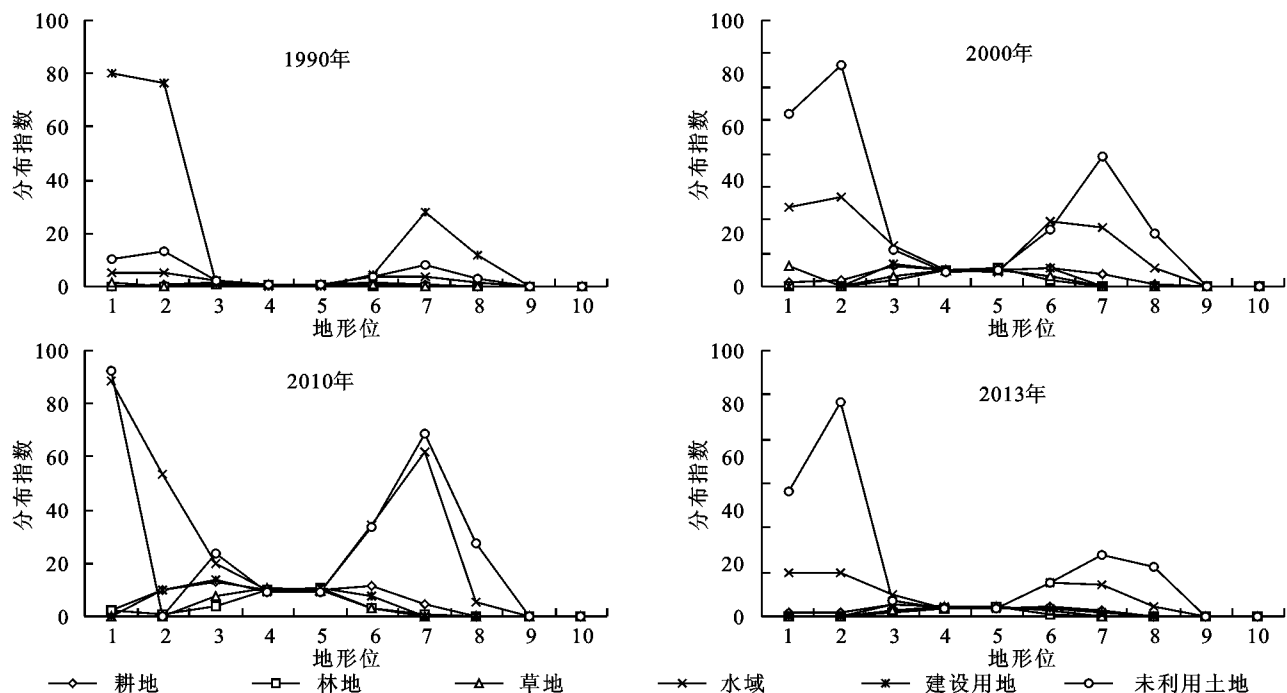


图6 研究区各土地利用类型在不同地形位指数分级上的分布

4 结论与讨论

(1) 1990—2013年研究区土地利用类型以耕地、林地、建设用地为主,主要的变化趋势为耕地、林地、草地、未利用土地的面积持续减少,建设用地面积增长迅猛,而水域变化不明显。

(2) 1990—2013年鄱阳湖地区土地利用类型在不同地形范围上存在显著差异,主要表现为耕地多分布在低地形范围内,随着地形变化其优势度变化显著;林地、未利用土地多分布在高地形范围内;草地分布范围最广,其对地形变化的适宜性最大;水域多分布在低地形和高地形范围内。

(3) 1990—2013年图谱类型以稳定型和中期型为主,稳定型遍布研究区,高地形范围及低地形范围是其优势分布区,其主要变化模式为耕地—耕地—耕地—耕地—耕地、林地—林地—林地—林地、建设用地—建设用地—建设用地—建设用地;中期型的主要分布区位于低地形范围及中高地形范围。2000—2010年建设用地在低地形范围内增长明显,水域、林地是其转入来源。未利用土地、水域分布优势在低地形范围减少明显,有向高地形范围转移的趋势。

(4) 1990—2013年,研究区耕地、林地、草地、未利用土地的面积持续减少,而建设用地面积增长迅猛,可见存在占用耕地、毁林开荒等现象,土地利用方式仍然不合理。在低地形范围内,林地—耕地、耕地—建设用地、水域—建设用地的变化模式多见,也说明有围湖造田、破坏森林等现象,这些土地利用方式都将严重危害地区生态安全。为此,未来鄱阳湖地区土地利用应遵循

垂直地带性规律,因地制宜规划土地利用方式,严格保护耕地、林地、水域,采取紧凑集约的发展方式,控制建设用地不合理蔓延,同时提高技术开发利用中高地形范围的未利用土地。本文利用地形起伏度、坡度变率、地形位、坡向等地形因子结合地学信息图谱分析了鄱阳湖地区土地利用变化的地形梯度效应,但科学划分地形因子等级还需要进一步探讨,同时其他的地形因子同样对土地利用影响深远,未来将采用更多的地形因子细化研究尺度进一步定量分析其变化特征。

参考文献:

- [1] 王志宏,李仁东,毋河海. 基于空间分析的土地利用垂直分异研究[J]. 长江流域资源与环境, 2002, 11(6): 531-535.
- [2] 陈利顶,杨爽,冯晓明. 土地利用变化的地形梯度特征与空间扩展:以北京市海淀区和延庆县为例[J]. 地理研究, 2008, 27(6): 1225-1234.
- [3] 邱扬,傅伯杰,王军,等. 黄土丘陵小流域土地利用的时空分布及其与地形因子的关系[J]. 自然资源学报, 2003, 18(1): 20-29.
- [4] 梁发超,刘黎明. 基于地形梯度的土地利用类型分布特征分析:以湖南省浏阳市为例[J]. 资源科学, 2010, 32(11): 2138-2144.
- [5] 龚文峰,袁力,范文义. 基于地形梯度的哈尔滨市土地利用格局变化分析[J]. 农业工程学报, 2013, 29(2): 250-259, 303.
- [6] 张静,任志远. 秦巴山区土地利用时空格局及地形梯度效应[J]. 农业工程学报, 2016, 32(2): 250-257.
- [7] 岳书平,张树文,闫业. 东北样带土地利用变化对生态服务价值的影响[J]. 地理学报, 2007, 62(8): 879-886.
- [8] 毛蒋兴,李志刚,闫小培,等. 深圳土地利用时空变化与地形因子的关系研究[J]. 地理与地理信息科学, 2008,

- 24(2):71-76.
- [9] 郑亚运,赵清,黄巧华,等. 济南市南部山区土地利用变化与地形因子关系研究[J]. 水土保持研究, 2016, 23(4):149-153.
- [10] 郭洪峰,许月卿,吴艳芳. 基于地形因子的大都市边缘区土地利用变化分析:以北京市平谷区为例[J]. 中国农业大学学报, 2013, 33(1):178-187.
- [11] 哈凯,丁庆龙,门明新,等. 山地丘陵区土地利用分布及其与地形因子关系:以河北省怀来县为例[J]. 地理研究, 2015, 34(5):909-921.
- [12] 李丹,刘丹丹,赵金祥. 基于 DEM 的山区土地利用变化分析[J]. 水土保持研究, 2014, 21(1):66-70.
- [13] 郇红娟,张朝琼,张凤太. 基于地形梯度的贵州省土地利用时空变化分析[J]. 四川农业大学学报, 2015, 33(1):62-70.
- [14] 吴见,王帅帅,谭靖. 基于安徽省土地利用变化的地形梯度效应分析[J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(2):239-248.
- [15] 薛亚永,王晓峰. 基于地形梯度的陕西省土地利用变化研究[J]. 中国农学通报, 2016, 32(11):56-63.
- [16] 孙丕苓,许月卿,王数. 环京津贫困带土地利用变化的地形梯度效应分析[J]. 农业工程学报, 2014, 30(14):277-288.
- [17] 常雄凯,刘森,李春林,等. 辽宁沿海土地利用变化的图谱特征[J]. 生态学杂志, 2015, 34(12):3459-3465.
- [18] 赵丽红,杨泽栋,潘鹏,等. 南昌市景观信息图谱的地形梯度效应分析[J]. 江西农业大学学报, 2016, 38(4):767-775.
- [19] 许艺萍. 鄱阳湖区土地利用时空变化特征研究[J]. 江西农业大学学报:社会科学版, 2009, 8(2):8-12.
- [20] 钟海燕. 鄱阳湖区土地利用变化及其生态环境效应研究[D]. 南京:南京农业大学, 2011.
- [21] 李辉,张利华,陈晓玲. 基于 GIS/RS 的鄱阳湖区土地利用变化及空间分异特征研究[J]. 华中师范大学学报:自然科学版, 2009, 43(4):666-671.
- [22] 雷慧敏,叶长盛. 鄱阳湖生态经济区县域城镇化水平综合测度及其差异[J]. 水土保持研究, 2015, 22(2):158-164, 170.
- [23] 李京京,吕哲敏,石小平,等. 基于地形梯度的汾河流域土地利用时空变化分析[J]. 农业工程学报, 2016, 32(7):230-236.
- [24] 喻红,曾辉,江子瀛. 快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究[J]. 地理科学, 2001, 21(1):64-69.
- [25] 斯钧浪,齐伟,曲衍波,等. 胶东山区县域土地利用在地形梯度上的分布特征[J]. 应用生态学报, 2009, 20(3):679-685.

(上接第 209 页)

- [6] 韩艳飞,柯长青,李晶. 近 30 年关天经济区植被净初级生产力对土地利用变化的动态响应[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(6):68-74.
- [7] 王宗明,国志兴,宋开山,等. 2000—2005 年三江平原土地利用/覆被变化对植被净初级生产力的影响研究[J]. 自然资源学报, 2009, 24(1):136-146.
- [8] 王翠翠,蒋卫国,冯刚,等. 2000—2010 年武汉城市圈建设用地扩张对植被净初级生产力的影响[J]. 农业现代化研究, 2015, 36(4):674-679.
- [9] 王原,黄玫,王祥荣. 气候和土地利用变化对上海市农田生态系统净初级生产力的影响[J]. 环境科学学报, 2010, 30(3):641-648.
- [10] 张志强,徐中民,王建,等. 黑河流域生态系统服务的价值[J]. 冰川冻土, 2001, 23(4):360-366.
- [11] 张福平,冯起,李旭谱,等. 黑河流域 NPP 遥感估算及其时空变化特征[J]. 中国沙漠, 2014(6):1657-1664.
- [12] 卢玲,李新. 黑河流域植被净初级生产力的遥感估算[J]. 中国沙漠, 2006, 25(6):823-830.
- [13] 怀保娟,李忠勤,孙美平,等. 近 50 年黑河流域的冰川变化遥感分析[J]. 地理学报, 2014, 69(3):365-377.
- [14] 王根绪,程国栋. 近 50 年来黑河流域水文及生态环境变化[J]. 中国沙漠, 1998, 18(3):233-238.
- [15] 马国泰. 黑河流域景观生态特征分析研究[J]. 河西学院学报, 2003, 19(2):42-46.
- [16] 张一驰,于静洁,乔茂云,等. 黑河流域生态输水对下游植被变化影响研究[J]. 水利学报, 2011, 42(7):757-765.
- [17] 李登科,范建忠,王娟. 基于 MOD17A3 的陕西省植被 NPP 变化特征[J]. 生态学杂志, 2011, 30(12):2776-2782.
- [18] 顾娟,李新,黄春林. 基于时序 MODIS NDVI 的黑河流域土地覆盖分类研究[J]. 地球科学进展, 2010, 25(3):317-326.
- [19] 甘春英,王兮之,李保生,等. 连江流域近 18 年来植被覆盖度变化分析[J]. 地理科学, 2011, 31(8):1019-1024.
- [20] 赵舒怡,宫兆宁,刘旭颖. 2001—2013 年华北地区植被覆盖度与干旱条件的相关分析[J]. 地理学报, 2015, 70(5):717-729.
- [21] Gutman G G. Vegetation indices from AVHRR: An update and future prospects[J]. Remote Sensing of Environment, 1991, 35(2):121-136.
- [22] Zhang J, Yao F, Fu C, et al. Study on response of ecosystem to the East Asian monsoon in eastern China using LAI data derived from remote sensing information[J]. Progress in Natural Science, 2004, 14(3):279-282.