

# 济南市南部山区土地利用变化与地形因子关系研究

郑亚运<sup>1</sup>, 赵清<sup>1</sup>, 黄巧华<sup>1</sup>, 郑国强<sup>2</sup>

(1. 江苏师范大学 地理测绘与城乡规划学院, 江苏 徐州 221116; 2. 山东建筑大学 土木工程学院, 济南 250101)

**摘要:**在DEM基础上,基于2000年和2013年Landsat ETM+/OLI卫星影像数据,综合运用RS和GIS技术,分析了济南市南部山区土地利用结构及其变化、土地利用类型转移率及转移方式与高程、坡度和坡向间的关系。研究表明:(1)研究区以绿地为主体的土地利用结构虽未发生根本改变,但内部结构已发生深刻变化,大面积土地利用类型曾发生过转化。(2)基于研究区尺度和自然环境特点,地形是影响土地利用及其变化的主导自然因素,但地形因子高度、坡度和坡向对土地利用及其变化的作用是不同的。(3)高度和坡度对土地利用及其变化的影响较为一致,即随高度和坡度的增加,土地利用结构及其变化、土地利用类型间转移特点有相似的规律性。比较坡度和高度的作用方式发现,坡度是更直接和更明显的影响因素。(4)在高度有限的山地丘陵区,不同坡向与土地利用结构及其变化间无明显相关关系。与坡度和高度相比,坡向对土地利用结构及其变化的影响非常有限。

**关键词:**土地利用变化;土地利用结构;地形因子;济南市南部山区

**中图分类号:**F301.24

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2016)04-0149-05

## Research on the Relationship Between Land Use Change and Terrain Factors in the South Mountain Area of Ji'nan, Shandong Province, China

ZHENG Yayun, ZHAO Qing<sup>1</sup>, HUANG Qiaohua<sup>1</sup>, ZHENG Guoqiang<sup>2</sup>

(1. School of Geography Surveying and Rural-urban Planning, Jiangsu Normal University, Xuzhou, Jiangsu 221116, China; 2. School of Civil Engineering, Shandong Jianzhu University, Ji'nan 250101, China)

**Abstract:** Based on the DEM and the data from Landsat ETM+/OLI images, remote sensing and GIS techniques were used to analyze the relationship among land use structure, land use change, and metastatic rates and ways of land use types with terrain factors, such as elevation, slope gradient, and aspect of slope in the south mountain area of Ji'nan during the period from 2000 to 2013. The results show that: (1) although the nature of land use dominated by green land in the study area has kept stable, the internal structure has profound change and most of land use types have transferred; (2) based on the scale of the study area and the characteristics of the natural environment, with respect to the main natural factors, the terrain factors can affect land use change, but the effects are different; (3) elevation and slope gradient are closely related with land use change and transfer, demonstrating some regularity, with the increase of elevation and slope gradient, the land use transfer rate shows a remarkable trend of decline, the transfer ways tend to be simple, and the transfer direction tends to be concentrated. Compared with elevation, slope gradient is the more direct and more obvious influence factor; (4) in limit height of mountain and hilly areas, there was no obvious correlation between different slope gradients and land use structures and their changes. Comparing with elevation and slope gradient, the influence of the aspect of slope on land use structure and its change is very limited.

**Keywords:** land use change; land use structure; terrain factors; south mountain of Ji'nan City

土地利用是自然因素和人文因素综合作用的结果,集中体现了人地关系的特性及作用机制<sup>[1-2]</sup>,土地利用结构及其变化研究实质上是解释人类生活和资源利用的空间格局及其演变。自然因素在环境背景上控制着土地利用结构及其变化的基本特征及过

程<sup>[3]</sup>。地形作为重要的自然因子,不仅影响着土地利用结构和空间格局,也影响着土地利用的演变过程<sup>[4]</sup>。研究特定区域地形与土地利用变化间的关系,对阐明环境因子与土地利用变化间的相互关系,阐明区域人地关系的特点、过程和驱动力,制定区域土地利

用的对策有重要的理论意义和实践价值。现代 RS 和 GIS 技术为精确地研究地形和土地利用变化间关系提供了条件,并被广泛应用于相关研究<sup>[5-6]</sup>。数字高程模型是最重要的国家基础地理信息数据,基于 GIS 的数字地形分析的理论、方法与应用,是地理学、地貌学界及地理信息科学研究的热点<sup>[7]</sup>。崔步礼、钟德燕、陈见影等的研究都表明土地利用空间格局与地形间存在密切关系<sup>[8-10]</sup>,黎景良、毛蒋兴、李丹等的研究也进一步表明地形对土地利用变化的重要影响<sup>[11-13]</sup>。

济南市有“泉城”之称,济南市南部山区不仅有调节改善市区及其周边生态环境的功能,也可作为泉域补给地下水。随着经济社会快速发展对土地需求的增长,环境优美、地价便宜、交通便利的南部山区已成为开发建设的热点区域,这对其土地利用结构、生物多样性、泉水补给能力及水土流失状况等产生很大影响<sup>[14-15]</sup>,尤其是地下水补给量减少,泉水趋于衰竭。《济南市城市空间战略及新区发展研究》提出“东拓、西进、南控、北跨、中疏”的城市发展战略,明确提出“严格控制城市向南发展,将南部山区作为城市重点生态保护区”,并将南部山区土地资源合理利用及生态恢复保护作为实现城市发展战略的关键举措之一。本文拟综合运用 RS 和 GIS 技术,及土地利用学、生态学和地理学等原理,采用定量和定性相结合的方法,分析济南市南部山区土地利用变化特点,探讨地形因子与土地利用变化间关系,拟为该区土地资源合理利用、生态环境保护建设及济南市经济社会的可持续发展提供依据。

## 1 研究区和研究数据

### 1.1 研究区概况

济南市南部山区是指济南市南外环以南的主城区及其所辖区、市、县的山地丘陵区,包括平阴、长清和章丘的大部分及历城的一部分,总面积约 3 400 km<sup>2</sup>。该区地处鲁中丘陵与鲁北平原过渡地带,以低山丘陵为主,地势南高北低,海拔 30~961 m,中山、低山、丘陵和山前平原呈阶梯状分布。研究区属暖温带季风气候,四季分明,温差较大,降水集中且变率较大。

本文研究区主要包括市中区的十六里河街道和党家街道,长清区的崮云湖街道、五峰山街道、张夏镇和万德镇,及历城区的柳埠镇、西营镇、仲宫镇和港沟镇,总面积约 1 502.3 km<sup>2</sup>。研究区共涉及 10 个乡镇及街道办事处,总人口 60 多万。因受地形和交通影响,第一产业历来在国民经济中比重较高,第二、第三产业比重较低。近年来随交通等基础设施建设的改善,旅游业已逐步成长为当地的新兴主导产业之一,产业结构和土地利用结构已发生显著变化。

### 1.2 数据源及其处理

本文研究采用的数据源主要有:2000 年 9 月 14 日 Landsat 7 ETM+ 影像、2013 年 9 月 26 日 Landsat 8 OLI 影像,空间分辨率 30 m,少云,图像质量好;DEM 数据为覆盖研究区全区的 90 m 分辨率数据,数据格式为 GRID;研究区野外调查资料,及社会经济调查和统计数据。

参照《土地利用现状分类(GB/T21010—2007)》,结合研究区地形、土地利用现状和研究目的,将研究区土地利用类型分为绿地、耕地、水域、建设用地和未利用地 5 类。采用最大似然法对影像进行监督分类,并利用 GIS 分析方法提取土地利用信息,得到研究区 2000 年、2013 年土地利用总体结构(表 1)。

表 1 研究区 2000 年和 2013 年土地利用结构

土地利用 类型	2000 年		2013 年	
	面积/km <sup>2</sup>	面积比/%	面积/km <sup>2</sup>	面积比/%
绿地	791.3	52.7	829.7	55.2
耕地	575.0	38.3	422.3	28.1
水域	9.0	0.6	11.1	0.7
建设用地	112.8	7.5	221.6	14.8
未利用地	14.2	0.9	17.6	1.2

据表 1 可知,2000—2013 年研究区土地利用变化特点是:绿地占总面积比例一直保持在 50% 以上,以绿地为主的土地利用总体结构没有发生根本变化;土地利用结构变化的总趋势是,绿地稳中有升,耕地快速减少,建设用地大幅增长;建设用地总变化率和年均变化率最大,远远高于其他利用类型,而绿地变化率最小。

## 2 研究区地形因子对土地利用结构及其变化的影响

据重力、动力学原理及《土地利用更新调查技术规范》(试行),结合南部山区地形特点和本文研究目的,将研究区内地形因素分析成高程、坡度和坡向 3 个因子,再将每个因子分为 5 级,并统计出每级内土地利用信息,结果如表 2 所示。

### 2.1 高程对土地利用结构形成及变化的影响

据表 3 对研究区内不同高程范围土地利用结构及其变化特点的分析,可将高程的影响分三种情况:

(1) 高程 200 m 以下地区,形成了以耕地为主体的土地利用结构,近期表现出耕地大幅减少而建设用地不断增加的变化趋势。200 m 以下地区,以平地 and 缓坡地为主,土层较厚,地表水和地下资源较丰富,土地适宜性较广,尤其适宜农作物生长,对各种建设用地限制性小,因而形成了以耕地为主体土地利用结构。近年来随各项建设事业发展的需要,导致耕地比重不断下降,而建设用地不断上升的变化趋势。

表 2 研究区地形因子分级					
等级	1	2	3	4	5
高程分级/m	0~200	200~300	300~400	400~500	>500
高程内面积/km <sup>2</sup>	524.3	334.4	284.2	201.9	157.5
坡度分级/(°)	平地(0~2)	缓坡地(2~6)	斜坡地(6~15)	缓陡坡地(15~25)	陡坡地(25~90)
坡度内面积/km <sup>2</sup>	241.8	415.8	710.5	128.6	5.6
坡向分级/(°)	无坡向地(-1~0)	阴坡地(0~45,315~360)	阳坡地(135~180,180~225)	半阳坡地(45~90,90~135,225~270,270~315)	
坡向内面积/km <sup>2</sup>	39.5	414.0	262.3	786.5	

表 3 基于地形因子分级的土地利用结构统计											%
项目		2000 年					2013 年				
		绿地	耕地	建设用地	水域	未利用地	绿地	耕地	建设用地	水域	未利用地
高程 分级	1	18.1	63.2	15.4	1.1	2.1	16.8	47.5	31.9	1.6	2.2
	2	53.1	39.5	6.0	0.7	0.7	53.9	33.1	11.4	0.7	1.0
	3	72.3	24.8	2.6	0.1	0.2	80.8	14.7	3.9	0	0.6
	4	83.9	14.6	1.3	0.2	0	89.8	7.6	2.1	0.1	0.3
	5	91.7	7.2	1.1	0	0.1	95.5	3.4	0.8	0.1	0.3
坡度 分级	1	11.2	63.0	21.5	2.2	2.1	10.0	46.2	38.5	3.1	2.1
	2	31.2	56.7	10.2	0.7	1.2	33.2	44.0	20.6	0.6	1.6
	3	72.4	24.6	2.4	0.1	0.5	76.5	16.8	5.7	0.1	0.8
	4	89.4	9.2	1.2	0	0.2	91.9	6.1	1.6	0.2	0.2
	5	92.9	5.4	0	0	1.8	96.4	3.6	0	0	0
坡向 分级	1	11.4	61.3	21.8	3.0	2.5	4.3	44.1	42.0	7.6	2.0
	2	50.1	40.8	7.6	0.4	1.0	48.3	35.5	13.8	0.7	1.6
	3	54.3	37.7	6.6	0.5	0.9	57.5	27.8	13.1	0.5	1.1
	4	55.2	35.6	7.7	0.7	0.9	60.2	22.4	15.9	0.6	0.9

(2) 高度 200~300 m 间地区,形成了以绿地为主、耕地为辅的土地利用结构。在此高程范围内,以缓坡和斜坡为主,土层较薄,水源较少,适宜林木生长,作为耕地有一定的限制性,作为建设用地限制性较小。近年来变化趋势是,绿地比例稳定,耕地明显减少,建设用地明显增加。

(3) 高度 300 m 以上地区,形成了以绿地占绝对优势的土地利用结构,近期土地利用结构相对稳定。在此高程范围内,多属山腰和山顶部位,生境特点是坡度较陡、土层薄、水源少,作为耕地和建设用地限制性大,适宜林木生长。近年来,尽管建设用地比例有所上升,但因限制性大,所以增幅有限。因退耕还林等措施,导致耕地比例不断减小,绿地不断增加。

2.2 坡度对土地利用结构形成及变化的影响

研究区内坡度对土地利用结构形成和变化的影响也可分三种类型:

(1) 坡度小于 2°的平地,形成了以耕地和建设用地的土地利用结构。近年来变化趋势是,耕地快速减少,建设用地快速增长,其他类型用地较为稳定,但仍保持了以耕地为主体的利用结构。平地地区地势低平,土层厚,水源较丰富,适宜农作物生长,也适宜作为各类建设用地或其他类型用地,土地结构的形成与变化主要决定于社会经济发展的需求。

(2) 坡度 2°~6°的缓坡地区,形成了以耕地为主,绿地为辅的土地利用结构。近年来土地利用结构变化趋势是,绿地稳中略升,耕地明显减少,建设用地迅速增加,三种类型的比重有接近的趋势。该区以山麓地带为主,坡度不大,土层较厚,作为耕地和建设用地较适宜,土地利用结构形成受自然条件和社会经济发展需要的综合影响,即在土地适宜性的基础上,根据生态环境建设的要求,社会经济发展的需求而作出调整。

(3) 坡度大于 6°的地区,形成了以绿地占绝对优势的土地利用结构。近期土地利用结构变化的特点是,绿地比例仍有上升,耕地有所减少,建设用地略有增加。该区为斜坡地和陡坡地,多位于山丘中上部,土层较薄,水源很少,立地条件较差,发展种植业有很大限制性,也不适宜作为建设用地,因而形成了以绿地占绝对优势的土地利用结构,斜坡地有少量耕地和建设用地,而随着坡度增加,绿地比例更高,耕地和建设用地则迅速减少。

2.3 坡向对土地利用结构形成及变化的影响

据表 3 分析坡向对土地利用结构形成及其变化的影响,可得到 3 个基本结论:

(1) 无坡向地与有坡向地间差异显著。无坡向地形成了以耕地和建设用地并重的土地利用结构,而有坡向地则形成了以绿地为主、耕地为辅的土地利用

结构;有坡向地与无坡向地间的土地利用结构变化趋势也有截然不同,即无坡向地表现为以耕地为主、建设用地为辅的利用结构,转为耕地与建设用地并重的利用结构,而有坡向地则一直保持了以绿地为主的利用结构,变化趋势是绿地稳中略升,耕地明显减少,建设用地明显增加。导致上述差异的原因是:无坡向地地势低平,土层厚,水源条件好,土地适宜性广,尤其适合作为耕地和各种建设用地,而有坡向地一般地势较高,土层较薄,水源少,适宜发展林木,作为耕地和建设用地有较明显的限制性。

(2) 坡向对土地利用结构形成和变化的作用相比较小。比较有坡向地中阳坡地、半阳坡地和阴坡地间的土地利用结构及其变化趋势可见,它们之间的差异性较小,即三种类型坡向地的土地利用结构都是以绿地为主体,且绿地都呈稳中有升的变化趋势,同时耕地不断减少,建设用地不断增加。不同坡向地间土地利用结构及其变化趋势的相似性说明,与高度和坡度相比坡向对土地利用结构及其变化的影响较小。

(3) 不同坡向对土地利用结构的影响有一定的规律性。尽管坡向对土地利用结构形成及变化的作用不及高程和坡度明显,但仍存在一定的影响,并表现出明显的规律性,即从阳坡地、半阳坡地到阴坡地类型,绿地比重小幅增加,同时耕地比重有小幅下降,建设用地变化不明显,这也说明坡向对绿地和耕地利用有一定影响,但对建设用地影响不明显。分析认为,与阳坡地相比,阴坡地日照、太阳辐射和风力偏低,相对湿度偏大,利于植被恢复及中生性植物生长,因而阴坡地绿地率往往较阳坡高,而阳坡地日照和太阳辐射偏高,利于阳性的农作物生长发育导致耕地比重略有偏高。

### 3 研究区地形因子对土地利用转移的影响

研究区土地总面积不变,则区内一种土地利用类型面积增加必然伴随其他类型面积减少<sup>[16]</sup>。因土地具有空间区位的固定性与利用的可转化性,仅分析地类净变化量将难以准确反映各地类的真实变化情况,如某地类既有大量转出,同时又有大量转入,尽管净变化量很小,但实际上土地利用变化却很大<sup>[17]</sup>。研究发现,土地利用的迁移转化程度和方向与地形因子间也存在较高相关性。将 2000 年和 2013 年的土地利用类型图进行叠加处理,得到研究区土地利用转移矩阵,如表 4 所示。

#### 3.1 高程对土地利用转移的影响

研究区内高程多在五六百米以下,自下向上的高

程变化尽管不足以引起水热条件性质的分异,但却导致了地貌部位的分异,地貌部位的差异引起了立地条件的差异,使土地利用的适宜性和限制性发生分异,进而影响到土地利用变化的程度和方向。据表 4 可知:(1) 随高程增加,土地利用转移率呈显著衰减趋势。研究区内 1—5 级高程内发生转移面积与其高程内总面积比分别为 39%,34%,27%,17%和 10%。(2) 随高程增加,土地利用转移方向趋于单一化。低海拔区各类型间相互转化形式复杂多样,随海拔升高,转化形式趋于简单,转化方向趋于单一。(3) 不同高程级别内土地变化特点有显著差异。1—2 级高程内耕地、绿地和建设用地间互转剧烈,总体表现为建设用地增量大,耕地迅速减少,绿地保持动态平衡;3 级高程内主要是耕地与绿地间的转化;4—5 级高程内变化量小,主要表现为退耕还绿地。

#### 3.2 坡度对土地利用转移的影响

据表 4 可知,坡度对土地利用变化程度和转移方向的影响表现为:(1) 随坡度增加,土地利用类型间转化强度呈显著递减趋势。在 1—5 级坡度内,转化量与该级别土地总面积的比分别是 38%,37%,26%,13%和 5%。(2) 随坡度增加,土地类型转化形式和方向趋于简单。坡度小,类型间转化较复杂,坡度增大,各土地类型转化方向趋于简单化。(3) 不同坡度范围内土地利用变化特点不同。平地、缓坡地区主要是耕地、绿地和建设用地间的互转,总体上表现为绿地基本上保持动态平衡,建设用地显著增加,耕地明显减少;斜坡地区耕地减少量大,绿地迅速增加;缓陡坡地、陡坡地转化量很小,主要是耕地向绿地的转化。

由上述可知,坡度变化对土地利用变化的影响,与高程变化对土地利用变化的影响具有相似的规律性。与高度变化相比,坡度变化对地表物质能量迁移转化的影响更加直接,更明显,随坡度增加,土地利用的适宜性减小,限制性增强,因而土地利用转化程度和转化方向也表现出一定的规律性。

#### 3.3 坡向对土地利用转移的影响

据表 4 分析可知:(1) 无坡向地转移显著高于有坡地。无坡向地土地利用转化率为 46%,有坡向地转化率低于 30%。无坡向地即为平地,限制因素较少,土地利用类型间转化大,转化形式也较复杂多样。主要转移方向是耕地转为建设用地。(2) 在有坡地中,阳坡地、半阳坡地和阴坡地的转化率分别是 30%,29%和 28%,相互间差异很小,且转化方向和形式也较相似,主要表现为绿地、耕地和建设用地的转化,耕地减少,建设用地增加,绿地基本稳定。

表 4 2000—2013 年土地利用地形因子变化量统计 km<sup>2</sup>

土地利用 转移	高程分级					坡度分级					坡向分级			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
绿地→耕地	29.1	30.8	17.4	7.9	3.3	9.5	28.8	45.5	4.5	0.1	2.3	15.3	20.1	51.2
绿地→未利用地	1.7	1.6	1.0	0.5	0.2	0.3	1.4	3.2	0.1	0	0.1	0.6	1.7	2.8
绿地→建设用地	20.4	11.5	3.9	1.9	0.7	7.1	13.9	16.3	1.3	0	1.3	10.6	5.3	21.2
绿地→水域	1.2	0.5	0.2	0.1	0	1.0	0.4	0.2	0.1	0	0.7	0.3	0.2	0.5
耕地→未利用地	5.3	1.2	0.3	0.1	0	2.5	3.2	0.3	0	0	0.4	2.0	1.5	3.1
耕地→绿地	42.4	43.0	44.6	21.3	9.2	13.3	49.4	90.3	8.3	0.2	1.3	44.1	32.3	82.8
耕地→建设用地	75.3	13.4	3.6	1.5	0.3	40.6	37.7	14.7	0.5	0	8.0	27.9	11.3	46.3
耕地→水域	1.4	0.1	0	0	0	1.3	0.4	0	0	0	1.0	0.2	0.1	0.3
水域→耕地	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1
水域→绿地	0.1	0.1	0	0	0	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0.1	0	0.1
水域→建设用地	0.9	0.4	0.1	0.1	0	0.6	0.8	0.2	0	0	0.2	0.7	0.1	0.6
建设用地→耕地	9.9	5.0	2.2	0.8	0.4	6.3	7.5	4.0	0.6	0	1.2	4.1	3.3	9.8
建设用地→未利用地	3.0	0.2	0.1	0	0.1	1.7	1.3	0.3	0	0	0.3	1.0	0.6	1.5
建设用地→绿地	3.2	3.3	2.0	0.9	1.0	1.5	3.2	5.3	0.5	0	0.2	3.8	1.3	5.4
建设用地→水域	0.6	0	0	0	0	0.4	0.1	0	0	0	0.3	0.1	0	0.1
未利用地→耕地	2.4	0.7	0.2	0	0	1.4	1.2	1.0	0	0	0.3	0.6	0.7	1.7
未利用地→绿地	0.6	0.4	0.1	0	0	0.2	0.3	0.5	0	0	0	0.2	0.2	0.6
未利用地→建设用地	6.5	1.1	0.1	0	0	2.8	3.0	1.7	0.3	0	0.5	2.4	1.1	3.5
未利用地→水域	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0	0
各级内转化面积	204.1	113.4	75.8	35.1	15.2	90.8	152.7	183.6	16.2	0.3	18.2	114	79.8	231.6

4 结 论

本文在 DEM 基础上,综合运用 RS 和 GIS 技术及土地利用相关原理,分析了济南市南部山区 2000—2013 年土地利用结构及其变化、土地利用转化程度和方向与地形因子间的相互关系。得出的主要结论有:

(1) 2000—2013 年,尽管研究区以绿地为主体的土地利用结构未发生根本的改变,但内部已发生了深刻的变化,如耕地减少了 10.2%,建设用地增加了 7.3%,期间有 30% 面积曾发生了土地利用的转化,其中以耕地的转化率最高。

(2) 土地利用是自然因素和人文因素共同作用的结果,自然因素决定了土地利用的适宜性和限制性,潜在地影响着土地利用结构的形成和变化,而社会经济发展的要求决定了土地利用结构变化的方向和程度。研究区尺度和自然环境特点决定了影响土地利用分异的主导自然因素是地形,地形因素进一步可分析为高度、坡度和坡向三个因子,但三个地形因子对土地利用结构的形成和变化、土地利用转化程度和方向的影响是有显著差异的。

(3) 高度和坡度对土地利用结构变化和土地利用转化的影响较为一致。即随着高度和坡度的增加,土地利用结构由耕地、建设用地为主体,逐渐转为以绿地为主体的利用结构,耕地明显减少,建设用地大幅增加,绿地稳中略升是变化的基本方向;且随着高度和坡

度的增加,土地类型间转化的强度呈显著递减趋势,土地类型间转化形式和方向也趋于简单。比较高度和坡度的作用方式可以发现,在高度未引起水热条件性质发生分异时,坡度是更加直接和明显的影响因素。

(4) 与高度和坡度相比,坡向与土地利用结构形成及变化、土地利用转化程度和方向间无明显相关关系。尽管阳坡、半阳坡和阴坡间在土地利用结构上有一定的差异,但这种差异处于从属地位。这说明,在高度有限的山地丘陵区,坡向对土地利用结构的影响是非常有限的。而有坡向地与无坡向地间的差异很大也从另一角度证明了这一点。

参考文献:

[1] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京:中国科学技术出版社,1996.

[2] 王爱民,刘加林,缪磊磊,等. 人地关系研究中的土地利用特征指标分析:以兰州市为例[J]. 经济地理,1999,19(1):62-66.

[3] 邵景安,李阳兵,魏朝富,等. 区域土地利用变化驱动力研究前景展望[J]. 地球科学进展,2007,22(8):798-809.

[4] 胡荣明,李锐,郭斌,等. 坡度对土地利用/覆被变化的影响研究[J]. 水土保持通报,2011,31(6):203-206.

[5] 史培军,江源,王静爱,等. 土地利用/覆盖变化与生态安全响应机制[M]. 北京:科学出版社,2004.

[6] 韩建平,贾宁凤. 土地利用与地形因子关系研究:以砖窑沟流域为例[J]. 中国生态农业学报,2010,18(5):1071-1075.

- Population & Environment, 1996, 1(3): 171-174.
- [3] 冯玲, 吝涛, 赵千钧. 城镇居民生活能耗与碳排放动态特征分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(5): 93-100.
- [4] Druckman A, Jackson T. The Carbon Footprint of UK Households 1990—2004: A Socio-economically Disaggregated, Quasi-multi-regional Input-output Model[J]. Ecological Economics, 2009, 68(7): 2066-2077.
- [5] Roy J, Pal S. Lifestyles and climate change: link awaiting activation[J]. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2009, 1(2): 192-200.
- [6] Lenzen M. The energy and greenhouse gas cost of living for Australia during 1993—1994 [J]. Energy Policy, 1998, 23(6): 497-516.
- [7] Lenzen M. Primary energy and greenhouse gases embodied in Australian final consumption: An input-output analysis[J]. Energy Policy, 1998, 26(6): 495-506.
- [8] Cohen L, Alonson D. A detail analysis about Income and Direct and Indirect enery consumption[J]. Journal of Developmental Economics, 2005, 16(3): 1563-1599.
- [9] 冯玲, 吝涛, 赵千钧. 家庭能耗与碳足迹研究进展[J]. 生态科学, 2010, 29(2): 161-170.
- [10] 杨瑞华, 葛幼松, 曾红鹰. 基于 CLA 模型的城市微观家庭碳排放特征研究: 以全国 9 个城市家庭碳排放问卷调查为例[J]. 山西大学学报: 自然科学版, 2011, 34(4): 655-661.
- [11] 郑凯. 典型农村社区碳足迹计量方法研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.
- [12] 陈琦, 郑一新, 陈云波, 等. 昆明市城镇家庭消费碳排放特征及影响因素分析[J]. 环境科学导刊, 2010, 29(5): 14-17.
- [13] 樊静丽, 梁晓捷, 廖华, 等. 典型国家居民部门能源消费特征研究[C]//中国科学技术协会、天津市人民政府. 第十三届中国科协年会第 7 分会场—实现“2020 年单位 GDP 二氧化碳排放强度下降 40%~45%”的途径研讨会论文集. 天津: 中国科学技术协会, 天津市人民政府, 2011.
- [14] 曹淑艳, 霍婷婷, 王璐, 等. 农村家庭能源消费碳中和能力评价[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(11): 301-303.
- [15] 罗芬, 王怀琛, 钟永德. 旅游者交通碳足迹空间分布研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(2): 38-46.
- [16] 吴燕, 王效科, 逯非. 北京市居民食物消费碳足迹[J]. 生态学报, 2012, 32(5): 1570-1577.
- [17] 戴波, 朱宝生. 中国城镇居民家庭消费碳足迹与生态文明的生活方式[J]. 云南地理环境研究, 2013, 25(1): 53-58.
- [18] 张虎彪. 关于我国居民消费碳排放影响的研究综述[J]. 成都理工大学学报: 社会科学版, 2014, 22(1): 48-54.
- [19] 牛潇, 李晖, 张亚兵, 等. 粗磨粉碎对秸秆厌氧发酵产沼气的影响[J]. 安全与环境学报, 2012, 12(5): 73-76.
- [20] 马洪儒, 张运真. 生物质秸秆发电技术研究进展与分析[J]. 水利电力机械, 2006, 28(12): 9-13.
- [21] 龚志起, 张智慧. 建筑材料物化环境状况的定量评价[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2004, 44(9): 1209-1213.
- [22] 朱重阳. 苏州地区住宅全生命周期碳足迹核算[J]. 中国建材科技, 2012(5): 72-74.
- [23] 汪澜. 水泥生产企业 CO<sub>2</sub> 排放量的计算[J]. 中国水泥, 2009(11): 21-22.
- [24] 汪静. 中国城市住区生命周期 CO<sub>2</sub> 排放量计算与分析[D]. 北京: 清华大学, 2009.
- [25] 侯彩霞, 赵雪雁, 文岩, 等. 不同生计方式农户的碳足迹研究: 以黑河流域中游张掖市为例[J]. 自然资源学报, 2014, 29(4): 587-597.

~~~~~

(上接第 153 页)

- [7] 汤国安. 我国数字高程模型与数字地形分析研究进展[J]. 地理学报, 2014, 69(9): 1305-1325.
- [8] 崔步礼, 李小雁, 姜广辉, 等. 基于 DEM 的山地丘陵区土地利用/覆被研究: 以青海湖流域为例[J]. 自然资源学报, 2011, 26(5): 871-880.
- [9] 钟德燕, 常庆瑞, 宋丰骥. 黄土丘陵沟壑区土地利用空间分布与地形因子关系研究[J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(6): 102-107.
- [10] 陈见影, 孙虎, 常占怀. 渭北旱塬小流域土地利用空间分布与地形因子的关系: 以陕西省淳化县秦庄沟流域为例[J]. 水土保持通报, 2014, 34(2): 163-167.
- [11] 黎景良, 后斌, 危双峰, 等. 基于 DEM 的广东省山区土地利用变化分析[J]. 测绘通报, 2007(6): 53-57.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 王琳, 张祖陆. 济南市南部山区生态恢复与重建途径探讨[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(3): 71-75.
- [15] 张戈丽, 王立本, 欧阳华, 等. 近 20 年来济南泉水补给区景观格局及其功能变化分析[J]. 地球信息科学学报, 2010, 12(5): 593-601.
- [16] 吴次芳, 宋戈. 土地利用学[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [17] 史培军, 陈晋, 潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析[J]. 地理学报, 2000, 55(2): 151-160.