资源型城市土地利用变化对生态系统服务价值的影响
——以安徽省淮南市为例

陈永春[1], 邓国志[2]

(1. 煤矿生态环境保护国家工程实验室, 安徽 淮南 232001; 2. 安徽大学 资源与环境工程学院, 安徽 合肥 230039)

摘　要: [目的] 以安徽省淮南市为例,探讨资源型城市土地利用变化对生态系统服务价值的影响,为该市生态、经济、生态环境保护以及今后进行城市开发建设和农业发展提供科学参考。[方法] 基于土地利用变化和生态系统服务价值评估的相关理论和方法,运用 GIS 软件,分析淮南市 2000 和 2010 年土地利用变化,并计算淮南市生态系统服务价值,研究土地利用变化对生态系统服务价值的影响。[结果] 2000—2010 年淮南市土地利用变化较大,主要土地类型以耕地、居民地及工矿用地和水域为主。土地利用结构发生变化,出现耕地、林地减少,水域、居民地及工矿用地、草地增加的现象。研究区生态系统服务价值总量呈减少的趋势,从 2000 年的 11.72 亿元减少到 2010 年的 11.33 亿元,减幅达 3.33%。单位面积生态系统服务价值的分布变化也与研究区土地利用变化紧密相关,居民地及工矿用地的增加是造成生态系统服务价值减少的最主要原因。生态系统服务价值对生态价值系数的敏感性指数均小于 1,说明研究区内的生态系统服务价值缺乏弹性,研究结果是可信的。[结论] 淮南市应高度重视土地利用变化对生态系统服务价值的影响,优化调整土地利用结构,注重增加生态用地,稳步提升区域生态系统服务价值。

关键词: 淮南市; 土地利用变化; 生态系统服务价值; 敏感系数

文献标识码: A　　**文章编号**: 1000-288X(2018)04-0247-06　　**中图分类号**: X24

文献参数: 陈永春, 邓国志. 资源型城市土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. 水土保持通报, 2018,38(4):247-252. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2018.04.040. Chen Yongchun, Deng Guozhi. Impacts of land use change on ecosystem service value in resource-based cities[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018,38(4):247-252.

Impacts of Land Use Change on Ecosystem Service Value in Resource-based Cities
—A Case Study of Huainan City of Anhui Province

CHEN Yongchun[1], DENG Guozhi[2]

(1. *National Engineering Laboratory for Protection of Coal Mine Eco-environment, Huainan, Anhui* 232001, *China*; 2. *College of Resources and Environmental Engineering, Anhui University, Hefei, Anhui* 230039, *China*)

Abstract: [Objective] Taking Huainan City of Anhui Province as an example, this paper discussed the influence of land use change on the ecosystem service value in the resource-based cities, in order to provide scientific references for the city's ecological, economic, ecological environment protection, the future exploitation and construction of the city, and the development of agriculture as well. [Methods] Based on related studies on land use and the method of ecosystem service value assessment, using GIS technology, this paper analyzed the land use changes of Huainan City from 2000 to 2010 and calculated ecosystem service value to study how ecosystem service value changed with the land use. [Results] The changes of land uses in Huainan City were significant from 2000 to 2010, among which, the areas of cropland, settlement land, industrial and mining land, and water got remarkable changes. Total ecosystem service value of the study area increased from about 1.172 billion yuan in 2000 to about 1.133 billion yuan in 2010, which showed an decreasing tendency with a percentage of 3.33%. The land use structure had changed, of which the cropland and woodland had reduced, settlement land, industrial and mining land, and water area had increased. The sensitivity analysis

收稿日期:2017-12-12　　**修回日期**:2018-02-04

资助项目:国家重点研发计划项目"大型煤电基地土地整治关键技术"(2016YFC0501105); 安徽省科技攻关项目"高潜水位非稳沉采煤沉陷区生态安全与环境修复技术及工程示范"(1604 年 0802115)

第一作者:陈永春(1978—),男(汉族),山西省大同市人,博士,高级工程师,主要从事煤矿生态环境治理技术研究。E-mail:421774469@qq.com。

showed that the ecosystem service value(ESV) lacked of flexibility, indicating that the results of ecosystem service value evaluation are reliable. [Conclusion] Huainan City should attach great importance to the impact of land use change on the value of ecosystem services, optimize the structure of land use, pay more attention to the increase of ecological land, and steadily improve the value of regional ecosystem services.

Keywords: Huainan City; land use change; ecosystem service value(ESV); coefficient sensitivity(CS)

土地是人类赖以生存的基础,土地利用作为人类最基本的实践活动,人类发展的历史就是不断对土地加以开发利用和对土地覆盖进行改造的历史[1]。随着各类开发活动对土地利用方式产生的影响日益广泛,土地利用/土地覆被变化(LUCC)不仅带来了地表结构的巨大变化,而且对生态服务造成重要的影响。全球生态系统服务价值的变化等问题越来越被人们关注,并且逐渐成为全球研究的热点之一[2]。生态系统服务指生态系统的结构、组成与生态过程所形成及维持的人类赖以生存的自然环境条件及效用[3-4]。土地利用变化会引起相关生态系统的结构和功能发生变化,生态系统服务价值(ecosystem service values, ESV)也随之改变。生态系统服务价值的丧失和退化影响着土地利用结构和效率,严重影响着人类安全与健康,直接威胁着区域乃至全球的生态安全[5]。因此,在资源开发和社会经济快速发展的大背景下,研究土地利用变化对生态系统服务价值的影响,对于识别区域生态环境变化趋势、指导土地利用格局优化调整、促进经济—社会—生态三者之间的协调可持续发展具有重要意义[6-8]。自 20 世纪 70 年代起,国外众多学者[9-14]对生态系统服务价值的理论、评价、估算和应用进行了大量的探索和研究,其中 Costanza[9]研究提出的生态系统服务价值的核算方法为定量评估土地利用/覆盖变化对生态系统服务价值的影响提供了有效途径。国内学者对生态系统服务价值的研究进程相对较晚,从 20 个世纪 90 年代开始,国内学者借鉴了国外的研究成果和经验,并取得了一定的成就国内学者[15-22]也开展了生态系统服务价值评价模型和生态系统服务价值系数等研究。谢高地等[15-18]在参照美国科学家 Costanza 部分成果的基础上.制定出符合中国实际的生态服务价值系数。近些年来,学者们开始研究土地利用变化过程中的生态环境效应.但其中大多局限于对生态效益的定性分析.对生态系统服务价值进行定量分析的鲜见报道,尤其对受人类干预较大,产业结构单一,典型资源型城市土地利用变化过程中的生态环境效应综合研究更少。淮南市是一个典型以煤炭为支柱产业的资源型城市,煤炭资源极为丰富,拥有中国东南地区资源条件最好、规模最大的煤田,是中国 6 大煤电基地之一。与此同时,淮南市地处淮河平原,是我国重要的粮食生产基地。由于淮南地区煤层埋藏较深,且潜水位较高,煤炭长期持续开采,导致地表沉陷,区域土地利用类型发生变化,生态系统类型发生转变(由陆地生态系统转变为水陆生态系统),导致地区生态系统服务功能发生变化,进而影响整个地区经济、社会和环境的可持续发展。本研究以淮南市为研究区域,以土地利用遥感解译数据为信息源,以生态系统服务价值为量化指标,通过测算出淮南市 10 a 间的生态服务价值的变化量,揭示该区的自然生态环境的变化情况,为淮南市生态、经济、环境可持续发展和生态环境保护提供科学依据,同时也对淮南市今后进行城市开发建设和农业发展提供参考。

1 研究区概况

淮南市位于淮河中游,安徽省中部偏北,地处东经 116°21′—117°11′,北纬 32°32′—32°56′。地形多样,地势南高北低。土地利用类型以耕地为主,水域和工矿用地面积达到土地总面积 20%以上,而林地及草地相对较少。淮南属大陆性暖温带半湿润季风气候,气候温和,雨量适中,日照充足,四季分明。2011 年淮南市国内生产总值达到 709.54 亿元,同比增长 17%。人口为 245.6 万,其中农业人口为 131.9 万。

2 研究方法

2.1 数据来源及土地分类处理

土地利用变化数据是以中国遥感卫星地面站 2000 和 2010 年 Landsat TM 卫星影像为数据源(分辨率为 30 m)。以横轴墨卡托投影建立地理坐标系统,将两期 TM 卫星影像与研究区地形图进行几何精校正。

土地利用调查表明淮南地区的未利用土地数量较少,且使用的 Landsat 遥感数据空间分辨率受限,无法将未利用土地单独区分。因此,本研究在参照中国科学院资源环境科学数据库的土地利用类型分类基础上,将未利用土地纳入到耕地,即将土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、建设用地 5 大类。

2.2 土地利用变化数据获取方法

主要包括:①根据遥感影像,参照研究区地形图、野外 GPS 点位及其它辅助资料,建立五种不同地类解译标志。②在 ERDAS 软件支持下,对影像进行监督分类及栅格矢量转换,形成初步分级的 coverage

图件。③借助 ARC/INFO 操作命令,将人工勾绘及拓扑成区后 coverage 图件转换成 ARCGIS 可编辑的 shape 文件。④在 ARCGIS 中,根据地类的解译标志,进行人机交互式判读解译,对 shape 文件的土地利用类型代码进行属性赋值,制作形成 2000,2010 年的土地利用/覆盖分布图(图 1)。

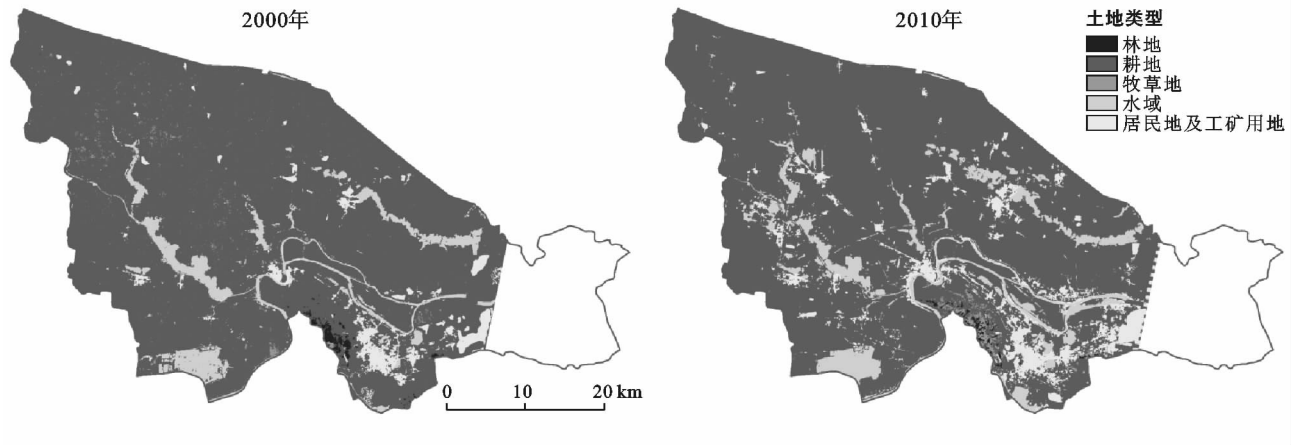


图 1　淮南市 2000,2010 年土地利用解译结果

2.3　土地利用类型动态度

为了定量反映研究时段内,研究区域某种土地利用类型的数量变化,本研究引入土地利用类型动态度(K)进行描述,其计算公式为:

$$K=\frac{U_b-U_a}{U_a}\times\frac{1}{T}\times 100\% \quad (1)$$

式中:K——研究时段内某一土地利用类型动态度,即该研究区某种土地利用类型年变化率;U_a,U_b——研究初期及研究末期某一种土地利用类型的数量;T——研究时段长(a)。

2.4　生态系统服务价值评价方法

自 20 世纪 70 年代起,人类就开始对生态系统服务及其价值进行研究,但由于地球生态系统提供的服务绝大部分价值难以准确计量,以及缺乏相应的价值评估理论与方法体系等原因,导致研究进展缓慢。1997 年 Costanza 等[9]的研究成果使生态系统服务价值评估的原理与方法从科学意义上得以明确,将生态系统服务研究推向生态经济学研究的前沿。本文应用 Costanza 等提出的估算方法来评估研究区的生态系统服务价值,具体计算公式为:

$$\mathrm{ESV}=\sum A_k\cdot \mathrm{VC}_k \quad (2)$$

$$\mathrm{ESV}_f=\sum A_k\cdot \mathrm{VC}_{fk} \quad (3)$$

式中:ESV——研究区生态系统服务价值;A_k——研究区第 k 类土地利用类型的面积;VC_k——第 k 种土地利用类型的生态系统服务功能的价值系数,即单位面积生态系统的服务价值(元/hm^2 · a);ESV_f——生态系统第 f 项服务功能价值;VC_{fk}——研究区第 k 种土地利用类型的第 f 项服务功能价值系数。

2.5　生态系统服务价值系数的确定

早期,国内外学者均采用 Costanza 给定的生态系统服务价值系数对不同类型生态系统服务价值进行核算。随着应用日趋广泛,发现 Costanza 所给定的耕地生态系统服务价值系数偏低,而湿地偏高[23]。因此,谢高地等[15-17,24]根据中国实情,参考 Costanza 的研究成果,将不同类型生态系统服务功能分为归纳为气体调节、气候调节、水源涵养、土壤形成与保护、废物处理、生物多样性、食物生产、原材料、娱乐文化 9 项,制定了我国陆地生态系统单位面积生态服务价值表(生态系统服务价值系数)。为了尽量减少在中国应用时的误差,本研究采用价值量评价法,借鉴谢高地等[17]提出的中国陆地生态系统单位面积生态服务价值表和生态服务价值的区域修正系数,确定淮南市不同土地利用类型相对应的生态系统类型及生态价值系数,其中建设用地不考虑在内。

2.6　敏感性分析

生态环境敏感度是指区域生态系统在人类活动的影响下发生变化(退化或改善)的潜在可能性及其程度[25]。为了确定 ESV 随时间变化对单项服务功能价值系数(VC)变化的依赖程度,本研究借用敏感性指数(coefficient of sensitivity, CS)对此进行分析,CS 的含义是指 VC 变动引起 ESV 的变化情况,如果 CS>1,说明 ESV 对 VC 是富有弹性的,即 1%的自变量变动将引起应变量大于 1%的变动,这种情况准确度差,可信度较低;如果 CS<1,则说明 ESV 对 VC 是缺乏弹性的,即 1%的自变量变动将引起应变量小于 1%的变动,这种情况是可信的。

本文通过分别调整 50%的 VC 来计算 CS,从而来说明 ESV 对 VC 的敏感程度。敏感性指数(CS)计算公式为:

$$CS=\left|\frac{(ESV_j-ESV_i)/ESV_i}{(VC_{jk}-VC_{ik})/VC_{ik}}\right| \quad (4)$$

式中：ESV——估算的总生态系统服务价值；VC——单项服务功能价值系数；i，j——初始总价值和生态价值系数调整以后的总价值；k——各土地利用类型。

3 结果与分析

3.1 淮南市土地利用变化

由表 1 可知，2000 及 2010 年淮南市土地利用类型以耕地、居民地及工矿用地和水域为主，三者面积占 90%以上，林地和草地面积相对较小。其中耕地面积所占比例最大，2000 及 2010 年分别占 73.43%及 62.16%，草地所占面积最小，分别占 0.69%及 0.93%。总体上，从 2000—2010 年，淮南市耕地、林地面积呈下降趋势，其中下降百分比最大是是耕地，而草地、居民地及工矿用地、水域呈增加趋势，增加百分比最大的是居民地及工矿用地，其次是水域。淮南市减少的耕地主要转化为居民地及工矿用地和水域，这与淮南市近年来煤矿开采力度加大，相关产业快速发展密切相关。随着煤矿开采，导致大面积地表沉陷，形成积水水域，从而导致水域面积明显增大。进一步分析淮南市土地利用类型动态度(K)发现，在所有增加的地类中，居民地及工矿用地年变化率最大，每年增加 4.90%；水域、草地的年增长速率也较大，分别达到 4.19%，3.57%，而林地的年减少速率为 3.26%。但是，由于林地和草地的面积底数很小，故空间变化不显著；虽然耕地的年变化速率最小，为 1.53%，但因其基数最大，所以面积减少较多，空间变化明显。

表 1 淮南市典型年土地利用类型面积统计及动态变化

土地利用类型	2000 年		2010 年		动态度
	面积/hm^2	百分比/%	面积/hm^2	百分比/%	2000—2010
林 地	2 887	1.53	1 945	1.03	−3.26
草地	1 299	0.69	1 763	0.93	3.57
耕 地	138 932	73.43	117 616	62.16	−1.53
居民及工矿用地	34 751	18.37	51 795	27.38	4.90
水 域	11 333	5.99	16 083	8.50	4.19

3.2 淮南市生态系统服务价值变化

土地利用类型及植被覆盖变化，导致区域生态系统服务价值发生变化。本研究利用谢高地制定的生态系统服务价值的价值系数，并根据 Costanza 提出的计算生态系统服务价值的计算公式(2)，对淮南地区典型年 2000 及 2010 年的生态系统服务价值进行计算，结果详见表 2。从表 2 可以看出，2010 年淮南市生态系统服务价值为 11.33 亿元，与 2000 年生态系统服务价值 11.72 亿元相比，减少了 0.39 亿元，减幅达 3.33%。生态系统服务功能的主要提供者是耕地和水域；2000 年这两类生态系统的服务价值分别占总服务价值的 62.55%和 33.94%，2010 年占总服务价值的 50.97%，46.35%。从生态系统服务价值动态变化来看，10 a 间耕地、林地和居民地及工矿用地所提供的生态服务价值呈明显下降趋势，其中耕地的生态系统服务价值减少了 1.30 亿元，减幅达 15.31%；林地的生态系统服务价值减少了 0.12 亿元，减幅达 30.77%。

由于居民地及工矿用地土地利用类型生态系统的服务价值为负值，因此即使该类型土地面积增加，总的服务价值反而减少，10 a 间减少了 0.91 亿元，减幅达 48.66%。10 a 间，水域和草地的生态系统服务价值呈明显增加趋势，其中水域生态系统服务价值增加了 1.93 亿元，增幅达 41.87%；草地的生态系统服务价值增加了 0.03 亿元，增幅达 37.50%。总体上，水域增加的难以弥补耕地减少和居民地及工矿地增加所造成的生态价值损失，从而导致 10 a 间总体生态系统服务价值下降。

表 2 淮南市各类型生态系统服务价值及其变化

土地利用类型	2000 年		2010 年		变化率/%
	价值/10^8 元	价值比例	价值/10^8 元	价值比例	2000—2010
林 地	0.39	2.91	0.27	1.88	−30.77
草地	0.08	0.62	0.11	0.81	37.50
耕 地	8.49	62.55	7.19	50.97	−15.31
居民及工矿用地	−1.87	—	−2.78	—	48.66
水 域	4.61	33.94	6.54	46.35	41.87
合 计	11.72	100	11.33	100	−3.33

3.3　淮南生态系统单项服务功能价值(ESV_f)变化

采用公式(3)计算得出淮南市生态系统单项服务功能价值(ESV_f),结果详见表 3。由表 3 可知,废物处理、土壤形成于保护、气候调节、食物生产和生物多样性是其主要的生态服务功能。2000—2010 年淮南市生态系统单项服务功能价值变化的总体趋势是:土壤形成与保护、废物处理、休闲娱乐在增加,气候调节、气候调节、水源涵养、生物多样性保护、原材料和食物生产在减少。

其中,休闲娱乐增幅最大,变化率达 37.7%,这主要是由休闲娱乐价值系数最高的水域的增加引起的;水源涵养减少最大,变化率为 78.36%,主要是对水源涵养产生负效应的居民地及工矿用地增加造成的。

表 3　淮南市生态系统各单项服务价值及其贡献率

生态系统服务功能	2000 年			2010 年			2000—2010 年	
	$ESV_f/10^8$ 元	%	排序	$ESV_f/10^8$ 元	%	排序	ΔESV_f/%	趋势
气体调节	0.68	5.80	6	0.57	5.03	7	−16.05	下降
气候调节	1.20	10.24	4	1.04	9.18	5	−13.36	下降
水源涵养	0.52	4.44	7	0.11	0.97	9	−78.36	下降
土壤形成与保护	3.14	26.79	1	3.42	30.19	1	9.42	上升
废物处理	3.12	26.62	2	3.21	28.33	2	2.51	上升
生物多样性保护	1.19	10.15	5	1.15	10.15	3	−3.6	下降
食物生产	1.25	10.67	3	1.06	9.36	4	−14.81	下降
原材料	0.16	1.37	9	0.13	1.15	8	−18.49	下降
娱乐休闲	0.46	3.92	8	0.64	5.65	6	37.7	上升
总 计	11.72	—	—	11.33		—	—	下降

3.4　淮南生态系统服务价值敏感性分析

本文前述公式(4)给出了敏感性指数(CS)的计算方法,为了计算方便,本文将各土地利用类型的生态价值系数分别上下调整 50%来计算淮南市 2000,2010 年的生态系统服务价值(ESV)变化及 CS 值详见表 4,以此说明 ESV 对单项服务功能价值系数(VC)的敏感程度。

表 4　淮南市生态系统服务价值敏感度

土地利用类型	价值系数	生态系统服务价值/10^8 元		敏感指数(CS)	
		2000	2010	2000	2010
林地	VC+50%	11.92	11.47	0.033	0.024
	VC−50%	11.53	11.20		
草地	VC+50%	11.76	11.39	0.006 8	0.009 7
	VC−50%	11.68	11.28		
耕地	VC+50%	15.97	14.93	0.72	0.63
	VC−50%	7.48	7.74		
居民及工矿用地	VC+50%	10.79	9.94	0.16	0.25
	VC−50%	12.66	12.72		
水域	VC+50%	14.03	14.60	0.39	0.58
	VC−50%	9.42	8.06		

从表 4 可以看出,在典型年 2000,2010 年不同土地利用类型之间价值系数的敏感性指数变动较大,具体表现为:耕地>水域>居民及工矿用地>林地>草地,两年之间差别较小,均小于 1,由此表明研究区内 ESV 对 VC 是缺乏弹性的,所采用的生态服务价值系数是适合当地情况的,区域研究结果是可信的。从计算的敏感性系数可以发现林地、草地的敏感性指数都很小,在 0.006 8～0.033 0 之间,表明林地、草地的生态系统服务价值系数变化对淮南市生态系统服务价值的变化影响不大。而耕地的敏感性指数最高,在 0.63～0.72 之间,表明耕地的生态系统服务价值系数对区域生态系统服务总价值产生放大作用,贡献率很大。

4　结 论

(1) 2000—2010 年淮南市耕地、林地面积呈下降趋势,其中下降率最大的是耕地,而草地、居民地及工矿用地、水域呈增加趋势,增加百分比最大的是居民地及工矿用地,其次是水域。

(2) 对淮南市生态系统服务价值的分析表明,从 2000—2010 年淮南市生态系统服务的价值总量呈下降趋势,减少 0.39 亿元,减幅达 3.33%,其中林地地生态服务价值的减幅最大,达到 −30.7%,其次是耕地。居民及工矿用地生态服务价值的增幅最大,达到 48.66%,其次是水域和草地。

(3) 对淮南市生态系统单项服务价值的分析表明,从 2000—2010 年淮南市生态系统单项服务功能价值中,娱乐休闲增加幅度最大,达 37.70%,这主要

是由于娱乐休闲价值系数最高的水域增加引起的。水源涵养减少最大达78.36%，这主要是由于对水源涵养产生负效应的居民地及工矿用地增加造成的。

(4) 敏感性指数表明，研究区耕地、水域、林地、草地和居民地及工矿用地的敏感性指数都小于1，表明研究区生态系统服务价值对于生态价值系数是缺乏弹性的。

(5) 土地利用变化改变着生态系统结构和过程，也影响着区域生态系统向社会提供产品和服务能力的大小。人类活动对生态系统的干扰和破坏，是导致生态系统结构功能脆弱及生态系统服务价值降低的主要原因。

淮南作为一个资源型城市，煤炭资源的持续不断开发，土地沉陷面积增加，水域和居民地及工矿用地增加造成的生态价值损失，从而导致2000—2010年总体生态系统服务价值下降。因此，当地政府管理部门应高度重视土地利用变化生态系统服务价值的影响，从生态系统服务的角度，更加科学进行土地利用规划及生态环境保护等，优化调整土地利用结构，注重增加生态用地，稳步提升区域生态系统服务价值。另外，多数学者仅开展土地利用数量和结构变化对生态系统服务价值的影响进行了研究，缺乏土地质量变化和土地利用变化对生态系统服务价值空间差异的研究，下一步应加强这方面的研究。

[参 考 文 献]

[1] 赵小汎. 区位熵模型在土地利用变化分析中的新运用[J]. 经济地理，2013，32(2)：162-167.

[2] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域：土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报，1996，51(6)：553-558.

[3] 欧阳志云，王如松，赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 应用生态学报，1999，10(5)：635-640.

[4] 张凤太，苏维词，赵卫权. 基于土地利用/覆被变化的重庆城市生态系统服务价值研究[J]. 生态与农村环境学报，2008，24(3)：21-25.

[5] Gascoigne W R，Hoag D，Koontz L，et al. Valuing ecosystem and economic services across land-use scenarios in the Prairie Pothole Region of the Dakotas[J]. Ecological Economics，2011，70(10)：1715-1725.

[6] 高奇，师学义，黄勤，等. 区域土地利用变化的生态系统服务价值响应[J]. 中国人口·资源与环境，2013，23(S2)：308-312.

[7] 王军，顿耀龙. 土地利用变化对生态系统服务的影响研究综述[J]. 长江流域资源与环境，2015，24(5)：798-808.

[8] 王晓峰，吕一河，傅伯杰. 生态系统服务与生态安全[J]. 自然杂志，2012，34(5)：273-276.

[9] Costanza R，d'Arge R，De Groot R，et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature，1997，387(6630)：253-260.

[10] Daily G C. Nature's Services：Societal Dependence off Natural Ecosystems [M]. Washington D C：Island Press，1997：18-20.

[11] Rsnnback P. The ecological basis for economic value of seafood production suppofled by mangrove ecosystems [J]. Ecological Economics，1999，29(2)：235-252.

[12] Bolund P，Hunhammar S. Ecosystem services in urban areas[J]. Ecological Economics，1999，29(2)：293-301.

[13] Polasky S，Nelson E，Pennington D，et al. The impact of land-use change on ecosystem services，biodiversity and returns to landowners：A ease study in the state of minnesota[J]. Environmental and Resource Economics，2011，48(2)：219-242.

[14] Kozak J，Lant C，Shaikh S，et al. The geography of ecosystem service value：The case of the des Plaines and Cache River wetlands，Illinois[J]. Applied Geography，2011，31(1)：303-311.

[15] 谢高地，张钇锂，鲁春霞，等. 中国自然草地生态系统服务价值[J]. 自然资源学报，2001，16(1)：47-52.

[16] 谢高地，鲁春霞，冷允法，等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报，2003，18(2)：189-196.

[17] 谢高地，肖玉，甄霖，等. 我国粮食生产的生态服务价值研究[J]. 中国生态农业学报，2005，13(3)：10-13.

[18] 谢高地，甄霖，鲁春霞，等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报，2008，23(5)：911-919.

[19] 石龙宇，崔胜辉，尹锴，等. 厦门市土地利用/覆被变化对生态系统服务的影响[J]. 地理学报，2010，65(6)：708-714.

[20] 冯异星，罗格平，鲁蕾，等. 土地利用变化对干旱区典型流域生态系统服务价值的影响[J]. 水土保持学报，2009.23(6)：247-251.

[21] 李屹峰，罗跃初，刘纲，等. 土地利用变化对生态系统服务功能的影响：以密云水库流域为例[J]. 生态学报，2013，33(3)：726-736.

[22] 王燕，高吉喜，王金生，等. 新疆国家级自然保护区土地利用变化的生态系统服务价值响应[J]. 应用学报，2014，25(5)：1439-1446.

[23] 喻建华，高中贵，张露，等. 昆山市生态系统服务价值变化研究[J]. 长江流域资源与环境，2005，14(2)：213-217.

[24] 彭文甫，周介铭，罗怀良，等. 城市土地利用变化对生态系统服务价值损益估算：以成都市为例[J]. 水土保持学报，2011，18(4)：43-52.

[25] 肖笃宁，解伏菊，魏建兵. 区域生态建设与景观生态学的使命[J]. 应用生态学报，2004，15(10)：1731-1735.