

# 基于 GIS/RS 的土地利用变化的生态服务价值研究

张小虎, 雷国平, 范春辉, 袁磊

(东北农业大学资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

E-mail: zhangxioahu415@163.com

**摘要:**本研究在 GIS 与 RS 技术的支持下,采用生态服务价值法对处于东北典型黑土范围的巴彦县 1991 - 2006 年土地利用变化引起的生态服务价值变化进行研究。研究表明:1991 - 2006 年巴彦县的土地利用结构呈单一化发展趋势,在土地利用程度上其土地利用整体处于发展期;1991 - 2006 年巴彦县的耕地、建设用地和水域呈增加趋势,其它地类则减少,其中耕地增幅最大,为 5.79%,草地减幅最多,达 23.19%;15 年间巴彦县生态服务总价值减少 9235.41 万元,减幅为 3.65%,生态服务价值减少的主要原因是林地和草地面积的减少使得巴彦县的生态服务总价值减少。

**关键词:**生态服务价值;土地利用变化;GIS;巴彦县

## Impacts of Land Use Change on ecosystem Service Values Based on GIS/RS

Zhang Xiao-hu, Lei Guo-ping, Fan Chun-hui, Yuan Lei

(College of Resources and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin, 150030)

**Abstract:** According to GIS and RS technique, exercise the ecosystem service value method, take the Bayan county which lies the typical back soil region, the paper studies the ecosystem service values change which is begotten by land use change during 1991 - 2006. The results indicate that during 1991 - 2006, the land use structure of the Bayan county takes on simplified development trend, the whole circo of land use is in the development phase reviewing from land use degree. During 1991 - 2006, the cultivated land, the constructed land and the water area of the Bayan county takes on ascending trend and the another land type reduces, then the cultivated land increases the most fast at 5.79% and the meadow reduces the most fast at 23.19%. The overall ecosystem service values decreases to 9235.41 thousand yuan, reduce to 3.65% than 15 years ago. As a result of the woodland and the meadow decreasing, the overall ecosystem service values of the Bayan county decreases.

**Key Words:** Ecosystem service values ;Land use change ;Geography information system( GIS ); Bayan county

人类社会发展历程,实际就是一部人类不断对土地加以开发利用和对土地覆盖进行改造的历史。在此过程中,由于人们没有全面、科学地认识生态系统服务功能、结构,损害了生态系统的服务功能,由此引发了一系列全球性问题,并且严重影响到我们人类生存与发展的自然基础。20 世纪 90 年代以来,土地利用/覆盖变化研究成为全球环境变化和可持续发展领域前沿的核心问题<sup>[1-3]</sup>。人们逐渐意识到土地利用是人与自然联系最为密切的环节,土地利用变化以及由此引致的地表覆盖变化影响到生态系统的结构和功能<sup>[4]</sup>。因此,研究土地利用变化背景下的生态服务价值变化具有重要意义。

黑土素有“土中之王”的美誉,是自然肥力比较高的农用土壤之一。我国东北黑土区是世界上仅有的三大黑土区之一<sup>[5]</sup>,是我国重要的商品粮基地。巴彦县地处东北黑土区的典型区范围内<sup>[6]</sup>,同时又处于松嫩平原东部边缘地带,生态环境比较脆弱,而且最近 15 年土地利用发生较大变化。因此,研究该区域近 15 年土地利用变化对生态系统服务价值的影响,对于研究黑土区土地利用变化机理,保护黑土区生态安全,促进黑土区资源、环境、经济社会的持续发展具有重要的应用价值和典型的科学意义,更具又重要的战略意义。本研究拟采用 GIS 与 RS 相结合的技术,建立巴彦县土地利用现状数据库,同时借用 Costanza<sup>[7]</sup>等人的生态服务价值评价方法对巴彦县 1991 - 2006 年土地利用变化对生态系统服务功能价值的影响进行研究。

# 1 研究区域概况

巴彦县地处东北黑土区的典型区范围内，地势平坦，土质膏腴，农业发达，粮豆单产和总产水平列全国前列，是全国重要的商品粮生产县。同时，巴彦县位于黑龙江省中部偏南，松花江中游北岸，松嫩平原东部边缘地带，属哈尔滨市经济圈内。地理坐标为东经 126°45'53"~127°42'16"，北纬 45°54'28"~46°40'18"之间。全县辖 10 镇 8 乡，截至到 2006 年末全县 GDP 为 46.8 亿元，总人口为 70.0 万人，其中农业人口 56 万人。巴彦县土地资源较为丰富，截至到 2006 年，耕地面积 22.41 万  $\text{hm}^2$ ，占土地总面积 71.45%；林地 3.71 万  $\text{hm}^2$ ，占 11.84%；草地 1.47 万  $\text{hm}^2$ ，占 4.68%；水域 0.63 万  $\text{hm}^2$ ，占 2.0%。境内地势由东北向西南逐渐下降，形成东高西低、北岗南平、中部多丘陵的地貌特征。巴彦县森林茂密，河流纵横，沃野千里，素有“三山一水六分田”之称。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据来源

本研究数据来源于巴彦县 1991 年土地利用现状调查建立的土地利用现状数据库以及巴彦县 2006 年 SPOT5 遥感影像，社会经济数据来源于巴彦县统计年鉴。采用 Erdas8.6 对研究区 2006 年的 SPOT5 遥感影像进行几何校正、与巴彦县 1:10 万地形图进行配准、增强以及镶嵌、融合处理。运用遥感信息与地学信息相结合，室内判读与专家经验、野外调查相结合的方法，建立影像判读解译标志，通过人机交互判读得到图形数据和属性数据。同时，采用 MAPGIS6.6 软件进行土地利用现状信息的提取和数据库建设。根据研究区域土地利用方式、覆盖特征等具体特点以及国家相关的土地分类系统，将巴彦县的土地利用主要分为 6 大类，即耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地。巴彦县土地利用现状信息见图 1 和图 2。



图 1. 1991 年巴彦县土地利用现状信息  
Fig.1 Land use information of Bayan in 1991



图 2. 2006 年巴彦县土地利用现状信息  
Fig.2 Land use information of Bayan in 2006

### 2.2 研究方法

生态系统服务及其价值的研究始于 20 世纪 70 年代，由于缺乏生态系统服务价值的理论方法，对其研究发展缓慢。1997 年 Costanza 等人在《自然》杂志上发表的“全球生态系统服务价值和自然资本”一文对生态系统服务价值进行的研究<sup>[7]</sup>，从科学意义上明确了生态服务价值估算的原理方法。随后，国内学者对生态系统调节功能和生态服务价值进行深入研究。目前，国内外对于生态系统服务价值的评价方法主要有能值分析法、物质质量评价法和价值量评价法<sup>[8]</sup>。由于价值量评价法以货币为最终表现形式，使得生态系统的各单项服务以

及不同生态系统服务可以统一为货币值进而进行比较。同时，由于 Costanza 计算的全球生态系统服务价值只是全球范围的一个均值，并且某些数值存在较大偏差。因此，本研究采用 Costanza 生态系统服务价值公式，同时借用谢高地等根据我国国情参考 Costanza 部分研究成果的基础上制定了中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值<sup>[9]</sup>，将其中不同土地利用类型的各项服务价值求和得到生态系统服务价值系数（见表 1）。计算公式为：

$$ESV = \sum_{i=1}^6 A_i \times C_{vi} \tag{1}$$

式中：ESV 为研究区域生态系统服务总价值（元）； $A_i$  为第  $i$  种土地利用类型面积（ $\text{hm}^2$ ）； $C_{vi}$  为生态服务价值系数，即单位面积生态系统服务价值（元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$ ）。

表 1. 生态系统服务价值系数  
Tab.1 Index of ecosystem service values

单位：元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}^{-1}$						
土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
生态服务 价值系数	6114.3	19334	6406.5	40676.7	0	371.4

注：建设用地的生态系统价值系数采用 Costanza 等研究成果。

### 3 土地利用变化分析

#### 3.1 土地数量变化分析

土地利用动态指土地利用类型的数量速度变化，本研究采用土地利用单一动态度。土地利用单一动态度反映了研究区一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况<sup>[10]</sup>。

表 2. 1991 - 2006 年巴彦县土地利用变化  
Tab.2 Land use change in Bayan county from 1991 to 2006

地类	1991 年		2006 年		1991 - 2006 年	
	面积 ( $\text{hm}^2$ )	比重 (%)	面积 ( $\text{hm}^2$ )	比重 (%)	面积变化 ( $\text{hm}^2$ )	年变化率 (%)
耕地	211813.97	67.53	224083.46	71.45	12269.49	0.37
林地	44457.17	14.17	37130.91	11.84	-7326.27	-1.32
草地	19103.96	6.09	14673.53	4.68	-4430.43	-2.01
水域	6194.58	1.98	6268.17	2.00	73.59	0.08
建设用地	26286.87	8.38	26608.91	8.48	322.04	0.08
未利用地	5780.37	1.84	4871.91	1.55	-908.45	-1.24

由表 2 可知，1991 - 2006 年巴彦县土地利用类型面积变化为：耕地 > 林地 > 草地 > 未利用地 > 建设用地 > 水域。截止到 2006，巴彦县耕地占 71.45%，林地占 11.84%，建设用地占 8.48%，草地占 4.68%，水域占 2.0%，未利用地占 1.55%。说明巴彦县以农业为主，客观上反映其城镇化水平不高，基础设施建设相对滞后。从其土地利用单一动态度来看：草地 > 林地 > 未利用地 > 耕地 > 水域 > 建设用地，土地利用数量发生较大变化，其中耕地变化最大，增加了 12269.49  $\text{hm}^2$ ；其次为林地，减少 7326.27  $\text{hm}^2$ ；再次为草地，减少了 4430.43  $\text{hm}^2$ 。耕地增加的主要原因是林地、草地及未利用地开垦为耕地。

#### 3.2 土地利用结构变化分析

土地利用结构变化是反映土地资源在人类利用行为干预下土地利用的发展趋势，可以用信息熵、均衡度和优势度等指标进行反映和测度。

表 3. 巴彦县 1991—2006 年土地利用结构指数  
Tab.3 Index of land use structure in Bayan county from 1991 to 2006

年份	信息熵 (H)	优势度 (D)	均衡度 (E)
1991	1.07	0.40	0.60
2006	0.99	0.45	0.55

由表 3 可知，1991 - 2006 年巴彦县的土地信息熵由 1.07 降为 0.99，优势度指数由 0.4

变为 0.45，表明在此期间巴彦县土地利用不断加剧，从而影响土地利用结构变化。优势度指数增大，说明巴彦县土地利用结构向单一化方向发展。均衡度指数由 0.6 降为 0.55，同样说明其土地利用结构向单一化方向发展。1991 - 2006 年巴彦县的耕地比重由 67.53% 上升到 71.45%，林地面积由 14.17% 下降到 11.84%，草地由 6.09% 降到 4.68%。信息熵、优势度和均衡度指数的变化均说明，随着社会经济的不断发展，巴彦县的土地利用结构趋向于单一化，耕地、林地、建设用地占据主导地位，从而降低了其多样性，不利于其社会、经济、生态、环境的协调、持续、健康发展。

3.3 土地利用程度变化分析

土地利用程度反映的是土地利用的广度和深度，根据庄大方、刘纪远<sup>[11]</sup>1997 年提出的土地利用程度综合分析方法，按土地自然综合体在社会因素影响下的自然平衡状态将土地利用程度分为若干等级，并赋予分级指数，从而求出土地利用程度综合指数及其变化率。

(1) 土地利用程度指数

土地利用程度综合指数表达式为：

$$L_a = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \tag{2}$$

式中： $L_a$  为土地利用程度综合指数， $L_a$  [100,400]； $A_i$  为第  $i$  级土地利用程度分级指数； $C_i$  为第  $i$  级土地利用程度分级面积百分比； $n$  为土地利用程度分级数。

由公式 (2) 可得，1991 - 2006 年巴彦县土地利用程度综合指数由 282.45 上升到 286.86，15 年间土地利用程度指数增加 4.4 个百分点，说明其土地利用程度不断加强。其中，增幅最大的是耕地，增加 11.74%；其次是建设用地 0.41%；而林地、草地和未利用地的土地利用程度综合指数出现负增长。

(2) 土地利用程度变化

土地利用程度变化模型表达式为：

$$\Delta L_{b-a} = L_b - L_a = 100 \times \left( \sum_{i=1}^n (A_i \cdot C_{ib}) - \sum_{i=1}^n (A_i \cdot C_{ia}) \right) \tag{3}$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot C_{ib}) - \sum_{i=1}^n (A_i \cdot C_{ia})}{\sum_{i=1}^n (A_i \cdot C_{ia})} \tag{4}$$

式中： $L_{a-b}$  为土地利用程度变化量； $R$  为土地利用程度变化率； $L_a$  和  $L_b$  分别为研究期初和期末的区域土地利用程度综合指数； $A_i$  为第  $i$  级土地利用程度分级指数； $C_{ia}$  和  $C_{ib}$  分别为研究期初和期末第  $i$  级土地利用程度百分比。如果  $L_{a-b} > 0$  或  $R > 0$ ，则该区域土地利用处于发展期，否则处于调整期或衰退期。

表 4. 土地利用程度分级赋值表  
Tab4 The classification values of land use degree

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
土地利用类型	未利用地或难利用地	林地、草地、水域	人工草地、耕地、园地	城镇、工矿用地、居民点、交通用地
分级指数	1	2	3	4

由公式 (3)、(4) 和表可得，1991 - 2006 年巴彦县土地利用程度变化率  $R = 0.156 > 0$ ，表明巴彦县土地利用整体处于发展期。其中耕地、水域和建设的  $R$  值均大于零，说明巴彦县在社会经的发展中正确处理了建设用地需求增加与耕地增加的关系，这与巴彦县是全国商品粮生产县，以粮食生产为主的实际相符合；同时林地、草地和未利用地的  $R$  值为负值，说明这三类处于调整期。

4 土地利用变化的生态服务价值分析

表 5. 巴彦县 1991 年和 2006 年生态服务价值  
Tab.5 Ecosystem service values of Bayan county 1991 and 2006

土地类型	单位面积	1991	2006	生态价值	生态价
------	------	------	------	------	-----

	价值 (元/ hm <sup>2</sup> ·a <sup>-1</sup> )	生态价值 (万元)	价值比 (%)	生态价值 (万元)	价值比 (%)	变化 (万元)	值变化 率(%)
耕地	6114.30	129509.42	27.26	137011.35	27.87	7501.93	5.79
林地	19334.00	85953.49	18.09	71788.90	14.60	-14164.59	-16.48
草地	6406.50	12238.95	2.58	9400.60	1.91	-2838.35	-23.19
水域	40676.70	25197.51	5.30	25496.85	5.19	299.34	1.19
建设用地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
未利用地	371.40	214.68	0.05	180.94	0.04	-33.74	-15.72
总计		253114.05	53.28	243878.64	49.60	-9235.41	-3.65

根据公式(1)和表1可以计算巴彦县1991-2006年生态系统服务价值变化(见表5)。由表5可知,巴彦县的生态服务总价值从1991年的253114.05万元减少到2006年的243878.64万元,15年间减少9235.41万元,减少率为3.65%,主要是源于林地和草地的生态服务价值相对较高,并且巴彦县的林地和草地的面积减少,从而使得巴彦县的生态服务总价值减少。从各土地利用类型的生态服务价值看,耕地和水域的生态服务价值呈增加态势,分别增加了7501.93万元和299.34万元,增幅分别为5.79%和1.19%;而林地、草地和未利用地都不同程度的减少,其中林地减少最多,达14164.59万元,草地减少2838.35万元,未利用地减少33.74万元,由于建设用地的生态服务价值为0,所以没有变化。耕地和水域的生态服务价值的增加不能弥补林地、草地和未利用地生态服务价值的减少,因而使巴彦县的生态服务总价值减少了9235.41万元。从各土地利用类型生态服务价值的变化幅度看,草地的变化最大,减幅为23.19%;耕地增幅最大,为5.79%。林地和未利用地分别减少了16.48%和15.72%。林地的生态服务价值在巴彦县生态服务总价值中起重要作用,比重由1991年18.09%减少到2006年的14.6%,其他土地利用类型的生态服务价值所占巴彦县的生态服务总价值比重变化都不大。研究中发现,由于生态系统服务价值系数的不同,致使土地利用变化对生态服务价值的影响也不尽一致。1991-2006年虽然巴彦县的水域变化的面积远远小于未利用地变化的面积,但是水域生态服务价值的变化远远大于未利用地生态服务价值的变化。

## 5 结果与分析

(1) 1991-2006年巴彦县土地利用类型面积变化为:耕地>林地>草地>未利用地>建设用地>水域。从土地利用单一动态度来看:草地>林地>未利用地>耕地>水域>建设用地。其中,耕地、水域和建设用地呈增加态势,而林地、草地和未利用地均不同程度减少,耕地增加的主要源于林地、草地及未利用地开垦为耕地。

(2) 1991-2006年巴彦县土地利用结构呈单一化发展趋势,耕地、林地、建设用地逐渐占据主导地位。土地信息熵由1.07降为0.99,优势度指数由0.4变为0.45,均衡度指数由0.6降为0.55,说明土地多样性降低。从土地利用程度分析,1991-2006年巴彦县的土地利用程度综合指数由282.45上升到286.86,说明其土地利用程度不断加强,土地利用程度变化率 $R = 0.156 > 0$ ,表明巴彦县土地利用整体处于发展期。

(3) 从土地利用变化对生态服务价值的影响来看,1991-2006年巴彦县的生态服务价值呈减少趋势,从1991年的253114.05万元减少到2006年的243878.64万元,15年间减少9235.41万元,减少率为3.65%,主要是源于林地和草地的生态服务价值相对较高,并且巴彦县的林地和草地面积的减少,从而使得巴彦县的生态服务总价值减少。此外,巴彦县1991年和2006年的生态服务价值分别是其当年GDP总量的0.54倍和0.52倍,从一个侧面说明巴彦县今后在发展经济的同时更要保护生态环境,生态环境同样具有重要的经济价值。

(4) 1991-2006年巴彦县的生态系统服务价值从253114.05万元减少到243878.64万元,说明巴彦县的生态环境总体趋势向不良方向发展。巴彦县的生态系统服务价值的减少主要来源于林地的减少,林地的减少主要是开发为耕地,并且土地利用信息熵、优势度和均衡度的变化均说明巴彦县的土地利用结构趋向于单一化,耕地、林地、建设用地占据主导地位,从而降低了其多样性,不利于其土地利用的,也不利于对黑土资源的持续利用。因此,应该

加大巴彦县的土地利用调控力度,不应片面的为追求耕地数量的增加而进行毁林开荒,制止盲目开发行为,以保护生态环境的和谐发展。

## 参考文献

- [1]蔡云龙. 土地利用/土地覆被变化研究:寻求新的综合途径[J]. 地理研究, 2001, 20(6): 645~652.
- [2]陈佑启, 杨鹏. 国际上土地利用/图覆盖变化研究的新进展[J]. 经济地理, 2001, 21(1): 95~100.
- [3]彭建, 蔡云龙. LUCC 框架下喀斯特地区土地利用/覆被变化研究现状与展望[J]. 中国土地科学, 2006, 20(5): 48~53.
- [4]郝红梅, 任志远. 基于生态服务价值的土地利用/覆盖变化生态效应测评[J]. 资源科学, 2007, 29(6): 90~97.
- [5]韩晓增, 王守宇, 宋春雨, 等. 土地利用/覆盖变化对黑土生态环境的影响[J]. 地理科学, 25(2): 203~208.
- [6]石玉林, 戴景瑞, 等. 东北地区有关水土资源配置、生态与环境保护和可持续发展的若干战略问题研究(农业卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2007. 230~231.
- [7]Costanza R, Arge R, Groot R, et al. The Value of World's Ecosystem Services and natural Capital[J]. Nature, 1997, 386: 253~260.
- [8]岳书平, 张树文, 闫业超. 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.
- [9]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.
- [10]王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81~87.
- [11]庄大方, 刘纪远. 中国土地利用程度的区域分异模型研究[J]. 自然资源学报, 1997, 12(2): 105~111.

作者简介: 张小虎, 男, 洛阳人, 博士生, 主要研究方向土地规划、土地利用。

通讯作者: 雷国平, 教授, 博导, 中科院东北生态与地理研究所兼职博导, 主要研究方向为土地利用变化、土地规划、国土资源遥感调查与评价。

联系方式: 13069707279

Zhangxiaohu415@163.com

东北农业大学资源与环境学院 雷国平 (转 张小虎)