

基于生态足迹变化的盐城市麋鹿自然保护区 生态补偿定量研究

杨志平

(盐城师范学院, 江苏 盐城 224002)

摘要:利用 RS 和 GIS 相关技术分析保护区的 1988 年、1998 年、2008 年近 20 a 的土地利用变化,以及相应生态承载力变化和空间分异特征,结合生态足迹效率对生态补偿进行定量分析。研究表明:保护区成立以来土地利用相对稳定,变化主要集中在耕地、草地、水域和滩涂湿地。1988 年、1998 年、2008 年保护区的人均生态承载力分别为 1.638 4 $\text{hm}^2/\text{人}$ 、1.710 9 $\text{hm}^2/\text{人}$ 、1.801 2 $\text{hm}^2/\text{人}$,生态足迹效率分别为 669 元/ hm^2 、2 779 元/ hm^2 、8 382 元/ hm^2 。以 2008 年度保护区的生态足迹效率和生态农业足迹效率为基准,综合直接收益损失补偿、基于生态承载力的静态评价补偿和动态评价补偿分析,比较合适的补偿标准为户均补偿 3 572.52 元/a、人均补偿 1 180.51 元/a。以期在江苏沿海大开发的背景下,为滩涂资源的开发利用以及生态补偿提供合理的参考模式,引导滩涂资源生态补偿的科学进行,促进盐城经济、社会、生态全面可持续发展。

关键词:滩涂资源; 麋鹿保护区; 生态足迹; 生态补偿

中图分类号:X171.4

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)02-0261-04

Analysis of the Ecological Compensation Based on Ecological Footprint Change in Elk Nature Reserve of Yancheng

YANG Zhi-ping

(Yancheng Teachers University, Yancheng, Jiangsu 224002, China)

Abstract: To make a quantitative analysis of ecological compensation on the nature reserve, correspond between ecological protection and community development, promote the sustainable development in a nature reserve, as a case study by analyzing the land-use change, ecological capacity change and spatial character in 1988, 1998, 2008 in Yancheng elk nature reserve, the analysis of ecological compensation combining with ecological footprint efficiency was carried out. Results show that land use had been stable since the Nature Reserve came into existence. The change concentrated comparatively on grassland, water body and wetland. The ecological capacity and ecological footprint efficiency were improved from 1988 to 2008 (the per capita ecological capacity from 1.638 4 hm^2/cap to 1.801 2 hm^2/cap , the ecological footprint efficiency from 669 yuan/ hm^2 to 8 382 yuan/ hm^2). Based on the ecological footprint efficiency and the agricultural ecological footprint efficiency in 2008, and combining with loss compensation for direct profit, static evaluation with the ecological capacity and dynamic evaluation, the equal ecological compensation was 3 572.52 yuan per household or 1 180.51 yuan per capita. Under the background of coastal development of Jiangsu Province, our target was to provide a reasonable guide and model to ecological compensation and land use, at the same time, promote economic, social, ecological sustainable development.

Key words: beach resources; elk nature reserve; ecological footprint; ecological compensation

生态补偿(Eco-compensation)是一种以保护生态环境,促进人与自然和谐发展为目的,根据生态系

统服务价值、生态保护成本、发展机会成本,运用政府和市场手段,调节生态保护利益相关者之间利益关系

的公共制度^[1-2]。20 世纪 80 年代后期以来,我国有关生态补偿方面的政策法规相继出台,诸多学者也进行了理论探索和研究。本文以盐城麋鹿自然保护区为例,利用 RS、GIS 技术分析盐城麋鹿自然保护区及周边乡镇近 20 a 的土地利用变化情况,计算保护区生态足迹和生态承载力,并在对生态足迹动态分析的基础上,提出生态补偿方案,为麋鹿自然保护区的可持续发展和可持续管理提供参考。

1 研究区域概况和研究方法

1.1 研究区域概况

大丰麋鹿国家级自然保护区是国家级保护区,经过多年的扩张发展,整个保护区滩涂湿地面积已达到 78 000 hm², 占大丰整个滩涂面积的 35% 以上,保护区主要由林地、芦荡、草滩、沼泽地、盐裸地组成,属于典型的海洋滩涂型湿地。孕育的动植物种类繁多,有鸟类 315 种、兽类 12 种、两栖爬行类 27 种、鱼类 150 种、昆虫 599 种、植物 499 种,其中国家一、二类保护的就有 31 种,列入《中日候鸟保护协定》保护的鸟有 93 种,生物多样性较丰富,2002 年被评为国际重要湿地名录。大丰麋鹿国家级自然保护区现有麋鹿 1 007 头,是世界上最大的野生麋鹿种群,也是世界上第一个麋鹿基因库,在全球范围内都具有非常大的生态价值^[3]。

1.2 研究方法与分析模型

1.2.1 图像处理 and 土地利用分类 以 1988 年、1998 年、2008 年的 TM 卫星影像为基础,利用 Erdas 8.7、ArcGIS 9.0 软件对遥感影像进行几何纠正、投影转换,并利用目视判读和实地调查方法检验,将每年的遥感数据解译为耕地、林地、草地、水域、建筑用地、滩涂湿地等 6 大类,形成麋鹿自然保护区的 3 个时相土地利用类型图,计算其土地利用结构比。

1.2.2 生态足迹计算模型 生态足迹的计算基于以下两个基本事实^[4]: 一是人类可以确定自身消费的绝大多数资源及其所产生废弃物的数量; 二是这些资源和废弃物能转换成相应的生态生产性土地面积,它假设所有类型的物质消费、能源消费和废水处理需要一定数量的土地面积和水域面积。生态足迹的计算公式如下^[4]:

$$EF = N \cdot ef$$

$$ef = \sum_{i=1}^N (aa_i) = \sum_{i=1}^N (c_i / p_i) r_j$$

$$(j=1, 2, 3, \dots, 6) \quad (1)$$

式中: i ——消费项目的类型; c_i ——第 i 种消费项目的人均消费量(t); p_i ——第 i 种消费商品的平均生

产能力(t); r_j ——均衡因子; aa_i ——人均第 i 种消费品折算的生态生产性土地面积(hm²); N ——人口数; ef ——人均生态足迹(hm²); EF ——总人口的生态足迹(hm²)。

生态足迹计算主要包括生物资源消费和能源消费两个部分,生物资源消费主要包括农产品、动物产品、木材、水产品等,能源消费部分可根据资料计算原煤、焦炭、天然气、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油,以及热力、电力等几种能源的足迹。其计算公式参照文献^[5],把以上所计算的生物资源和能源资源的人均生态需求土地面积累加起来,再分别配以适当的权重,即均衡因子,即可得到保护区的生态足迹,数据来源于统计年鉴。

1.2.3 生态承载力计算模型

$$EC = N \cdot ec$$

$$ec = a_j \times r_j \times y_j \quad (j=1, 2, 3, \dots, 6) \quad (2)$$

式中: ec ——人均生态承载力(hm²); a_j ——人均生态生产性土地面积(hm²); y_j ——产量因子; EC ——区域总人口的生态承载力(hm²)。

在生态足迹帐户计算时,各种物质消费、能源消费等均按相应的换算比例折算成相应的土地面积。生态生产性土地面积主要考虑如下 6 种类型:耕地、林地、草地、化石燃料土地、建筑用地和水域。由于这 6 种类型土地的单位面积的生态生产能力差异很大,因此在计算生态足迹的需求时,为了使这几类不同的土地面积和计算结果可以比较和加总,要在这几类不同的土地面积计算结果前乘上均衡因子,以转化为可比较的生态生产性土地均衡面积^[6]。

将保护区各类用地(耕地、林地、草地、化石燃料土地、建筑用地和水域)的面积乘以相应的均衡因子和保护区的产量因子,即可转化为按世界平均生态空间计算的保护区 2008 年人均生态承载力。

1.2.4 基于生态足迹的生态补偿定量分析 自然保护区生态补偿标准的确定一般依据 3 个方面:基于生态系统服务价值评估的标准确定;基于保护成本的标准确定;基于保护损失的标准确定。国内外研究一般以生态系统服务价值的评估,作为确定补偿标准的依据。本文将在研究土地利用变化的基础上,分析保护区生态足迹的动态变化,并根据生态足迹效率,最终定量分析生态补偿标准。计算步骤如下:

(1) 计算生态足迹、生态承载力和生态足迹效率。其中生态足迹效率是指单位生态足迹的产出,是定量分析及比较不同地区资源利用效益和能力差异的方法。因为自然保护区生态补偿多针对周边社区的农民,也可以采用农业生态足迹效率分析。

$$E_{ef} = \text{GDP}/\text{EF} \text{ 或 } E_{aef} = \text{GAP}/\text{AEF} \quad (3)$$

式中: E_{ef} ——生态足迹效率; GDP——国内生产总值; EF——总的生态足迹; E_{aef} ——农业生态足迹效率; GAP——农业总产值; AEF——总的农业生态足迹。

(2)以退耕还林、退田还滩涂的直接收益损失补偿。以退耕还林、退田还滩涂、禁止淡水和海水养殖而造成居民的直接收益损失作为补偿依据,是对失去耕地和水面的补偿,是保障居民权益的最低的补偿标准。

$$EC_{o0} = E_{aef} \times S_0 \times K_0 \quad (4)$$

式中: EC_{o0} ——最低生态补偿价值; E_{aef} ——农业生态足迹效率; S_0 ——退耕还林、退田还滩涂的面积; K_0 ——耕地补偿调节系数。

(3)基于生态承载力的静态评价补偿。比较同一年保护区与所在区域的生态承载力,取其差值作为补偿的依据,是对居民配合保护区生态建设,客观上增加了生态系统的服务功能价值的安置补助。

$$EC_{os} = (EC_R - EC_Z) \times E_{aef} \times S_s \times K_s \quad (5)$$

式中: EC_{os} ——静态评价补偿价值; EC_R ——保护区总的生态承载力; EC_Z ——保护区所在区域总的生态承载力; S_s ——保护区的面积; K_s ——静态生态补偿调节系数,可参考有关规定并根据区域社会经济的发展水平进行调整,本文取 K_s 值为 1。

(4)基于生态承载力的动态评价补偿。比较不同年份保护区生态承载力的变化,取其差值作为补偿的依据,是对社区居民配合保护区生态建设的程度和对保护区管理部门的工作效率的评价,是对社区工作和保护区管理部门工作的生态补偿与补助。

$$EC_{od} = (EC_{R2} - EC_{R1}) \times E_{aef} \times S_d \times K_d \quad (6)$$

式中: EC_{od} ——动态评价补偿价值; EC_{R1} 、 EC_{R2} ——保护区不同年份的总的生态承载力; E_{aef} ——农业生态足迹效率; S_d ——保护区的面积; K_d ——动态生态补偿调节系数,可参考有关规定并根据区域社会经济的发展水平进行调整,本文取 K_d 值为 1^[7]。

2 结果与分析

2.1 麋鹿自然保护区土地利用变化分析

保护区 20 a 来的土地利用类型变化的总体趋势为:耕地面积不断减少,从 1988 年的 62 351 hm² 减少到 2008 年的 40 897 hm²,减少了 27.6%。林地、草地和水域面积略有增加,分别从 1988 年的 1 878 hm²、324 hm² 和 7 200 hm² 增加到 2008 年的 2 980 hm²、890 hm² 和 9 375 hm²,增加了 1.4%、0.7% 和 2.8%,滩涂湿地和建筑面积大幅增加,分别从 1988 年的 6 091 hm²、156 hm² 增加到 2008 年的 21 858 hm²、2 000 hm²,增加了 21.2% 和 2.4%,这与麋鹿保

保护区近 20 a 实施的管理政策和人们土地利用观念的变化相吻合(表 1)。

表 1 麋鹿自然保护区土地利用结构比较

土地利用类型	1988		1998		2008	
	面积/ hm ²	比例/ %	面积/ hm ²	比例/ %	面积/ hm ²	比例/ %
耕地	62351	80.0	53226	68.2	40897	52.4
林地	1878	2.4	2536	3.3	2980	3.8
草地	324	0.4	570	0.7	890	1.1
水域	7200	9.2	8956	11.5	9375	12.0
滩涂湿地	6091	7.8	11902	15.3	21858	28.0
建筑用地	156	0.2	810	1.0	2000	2.6

2.2 麋鹿自然保护区生态足迹与生态承载力计算分析

以保护区 2008 年的数据为例,把生物资源和能源资源的人均生态需求土地面积累加起来,再分别配以适当的权重,即均衡因子,即可得到保护区 2008 年的生态足迹(表 2)。均衡因子目前是全球统一采用的等量化因子,分别为耕地 2.8,林地 1.1,草地 0.5,化石燃料土地 1.1,建筑用地 2.8,水域 0.5^[8]。

表 2 保护区 2008 年人均生态足迹计算

土地类型	人均生态足迹		
	人均生态需求/hm ²	均衡因子	均衡面积/hm ²
耕地	0.324560	2.8	0.9088
林地	0.005110	1.1	0.0056
草地	1.396826	0.5	0.6984
水域	3.544254	0.5	1.7721
化石燃料	0.287320	1.1	0.3161
建筑用地	0.004188	2.8	0.0117
人均生态足迹			3.7127

将保护区 2008 年现有各类用地(耕地、林地、草地等)的面积乘以相应的均衡因子和保护区的产量因子,即可转化为按世界平均生态空间计算的保护区 2008 年人均生态承载力(表 3)。

表 3 保护区 2008 年人均生态承载力计算

生产土地类型	人均实际供给 面积/hm ²	产量 因子	均衡 因子	均衡面积 (hm ² /人)
耕地	0.1000	2.22	2.8	0.6216
林地	0.0137	31.16	1.1	0.4696
草地	0.0003	1.00	0.5	0.0002
建筑用地	0.0005	2.22	0.8	0.0009
水域	0.2366	14.98	0.5	1.7721

注:2008 年总均衡面积 2.864 4 hm²/人,生物多样性保护 12% 的均衡面积为 -0.216 hm²/人,总人均生态承载力 2.648 3 hm²/人。

运用同样的方法可以计算出保护区 1988 年、1998 年的各种土地利用类型的人均生态足迹和生态承载力,人均生态承载力与生态足迹的差值即为生态盈余(表 4)。

表 4 保护区不同年份生态足迹和生态承载力情况 hm^2

年份	人均生态足迹	人均生态承载力	人均生态赤字
1988	2.7093	2.2348	0.6906
1998	3.2739	2.5671	0.9229
2008	3.7127	2.6483	1.0644

保护区从 1988—2008 年 20 a 人均生态足迹和人均生态承载力整体呈上升趋势,人均生态赤字也有扩大趋势,其主要原因是人口的增加和社会经济的高速发展以及支持当前能源消费所需要的土地面积的减少。

2.3 麋鹿自然保护区生态补偿定量分析

依据前文分析,参考《盐城市统计年鉴 1989 年、1999 年和 2009 年》及其他资料,分别计算出盐城市各个年份的生态足迹效率、农业生态足迹效率。以此为参照,结合保护区生态足迹动态变化的计算结果,分析不同条件下的生态补偿情况。

(1)直接损失收益生态补偿。依据 2008 年生态足迹效率计算,生态补偿总额为 22 129.01 万元,年户均补偿 14 752.67 元,年人均补偿 4 215.05 元。依据 2008 年农业生态足迹效率计算,生态补偿总额为 7 376.34 万元,年户均补偿 2 107.52 元,年人均补偿 702.51 元。

(2)基于生态承载力的静态评价补偿。2008 年保护区人均生态承载力比全省的高出 $0.157 4 \text{ hm}^2$,结合相应农业生态足迹效率计算,生态补偿总额为 7 422.37 万元,年户均补偿 1 281.58 元,年人均补偿 427.19 元。

(3)基于生态承载力的动态评价补偿。分析保护区成立后,从 1988—2008 年生态承载力提高了 $0.162 8 \text{ hm}^2$,依据公式计算可知:生态补偿总额为 8 319.62 万元,年户均补偿 1 656.42 元,年人均补偿 528.81 元。

3 结论与讨论

生态补偿是一个新兴的研究领域,它的 3 个基本问题尚未得到根本解决,即:谁补偿谁,即补偿支付者和接受者的问题;补偿多少,即补偿强度的问题;如何补偿,即补偿渠道的问题。从我国目前的生态补偿机制来看,有不少问题未得到解决,尽管如此,仍应从改善补偿的社会环境、政策空间、补偿途径,以及改善补偿的社会氛围和补偿的心理状态方面为补偿活动的进行创造条件。

综合以上分析,针对盐城麋鹿自然保护区居民的生态补偿,最低标准为户均补偿 2 107.52 元/a,人均补偿 702.51 元/a;最高标准为户均补偿 5 045.42 元/a,人均补偿 1 658.51 元/a。取生态承载力静态评价补偿和动态评价补偿平均值,保护区补偿标准为户均补偿 3 576.52 元/a、人均补偿 1 180.51 元/a 比较合适。自

然保护区作为特殊用地,在保持野生珍稀动植物资源和生物多样性,维护国土生态安全中发挥着关键作用。但是,随着人口的不断增加和地方经济的发展,资源开发利用活动日益加剧,保护与发展的矛盾日益尖锐,自然保护区的生存和发展面临着极大的考验。

本文在分析生态足迹动态分析的基础上,讨论保护区生态补偿问题,为生态补偿定量分析提供了一种新的尝试。通过应用分析,该方法具有以下特点:

(1)该方法将自然保护区放在所处社区中进行整体分析,以社区为主体讨论保护区建设对社区经济发展的影响,从而讨论生态补偿问题。

(2)该方法以土地利用变化为基础,通过分析保护区生态承载力的变化和生态盈亏情况,实现生态补偿的量化分析,使生态补偿更加合理。

(3)该方法建立在对自然保护区土地利用和生态承载力的综合动态评价的基础上,在评价的同时有利于对自然保护区建设的现状和潜力分析,可以进一步为生态安全预警、可持续发展评价提供宏观决策信息。

但该方法仍有一些缺陷:

(1)计算公式中产量因子和均衡因子的确定,受产出、物价等经济因素影响,因为不同年份、不同区域的变化难于把握,容易带来计算方面的误差。

(2)方法应用受到空间尺度的限制,小尺寸很难完成有关社会经济数据的统计工作,影响计算结果的科学性。

参考文献:

- [1] Cuperus R, Canters K J, Udo De Hase H A, et al. Guidelines for ecological compensation associated with high-ways [J]. *Biological Conservation*, 1999, 90(1): 41-51.
- [2] 蔡邦成, 温林泉, 陆根法. 生态补偿机制建立的理论思考 [J]. *生态经济*, 2005(2): 47-51.
- [3] 苏继申, 薛建辉, 丁玉华. 大丰国家级自然保护区麋鹿的种群动态 [J]. *南京林业大学学报: 自然科学版*, 2003, 27(3): 44-46.
- [4] Hardi P, Barg S, Hodge T, et al. Measuring sustainable development: Review of current practice [R]. Occasional paper number 17, 1997: 1-2.
- [5] 张令, 项学敏, 周集体. 辽宁省可持续发展定量研究: 生态足迹应用 [J]. *大连理工大学学报: 社会科学版*, 2004, 25(2): 10-15.
- [6] 徐中民, 张志强, 程国栋. 生态足迹的概念及计算模型 [J]. *生态经济*, 2000(10): 8-10.
- [7] 蔡海生, 肖复明, 张学玲. 基于生态足迹变化的鄱阳湖自然保护区生态补偿定量分析 [J]. *长江流域资源与环境*, 2010, 19(6): 623-627.
- [8] 杨开忠, 杨咏, 陈洁. 生态足迹分析理论与方法 [J]. *地球科学进展*, 2000, 12(6): 631-636.