

基于生态足迹模型的山区生态经济协调发展的定量评价 ——以福建南平为例

翁伯琦, 王义祥, 黄毅斌, 应朝阳, 黄勤楼
(福建省农业科学院农业生态研究所, 福建 福州 350013)

摘 要: 生态足迹模型作为一种可持续发展程度的生物物理评价方法, 以其较为科学、完善的理论基础和精简统一的指标体系, 以及方法的普适性得到国内外学者的大量应用。利用生态足迹分析方法对福建南平地区 2000~2003 年的生态足迹和生态承载力进行了研究, 结果表明, 南平地区人均生态足迹由 2000 年的 1.750 hm^2 上升到 2003 年的 2.057 hm^2 , 生态赤字由 2000 年 0.465 hm^2 上升至 2003 年的 0.735 hm^2 , 年均增长速率为 16.96% , 说明人类对自然资源的利用逐年增加, 目前已超出了自然生态系统生态承载力的范围, 生态环境处于不安全状态。

关键词: 山区生态经济; 生态足迹; 生态承载力; 可持续发展

中图分类号: Q143

文献标识码: A

我国山区因多地处偏远, 交通不便、城镇化水平较低、投资环境较差、劳动力综合素质偏低、生产季节性较强等诸多不利因素的影响, 加之人类对山地生态经济系统的不同程度干扰和破坏, 区域生态经济结构和功能难以实现最优化, 制约生态经济的持续发展。深入研究山区生态经济特征, 全面了解山区生态经济系统的供需状况, 通过山区资源合理、有效的综合开发, 实现资源优化配置, 促进山区经济协调发展, 对维护我国生态平衡, 促进国民经济持续、稳定增长意义重大。

生态足迹模型 (Ecological footprint) 从生态供给与经济需求两方面, 对区域生态经济系统供需平衡状况进行了综合测度, 并以此作为衡量区域生态经济协调程度的重要标志。本文选取福建省北部山区南平市进行实例研究, 力求从整体上客观评价山地生态经济类型区的发展状态, 为指导山区生态经济规划、可持续发展规划提供科学参考。

1 研究方法

1.1 生态足迹的计算

生态足迹是在一定的经济规模条件下, 维持特

定人口的资源消费和废弃物消纳所必需的生物生产土地面积 (biologically productive area)。生态足迹计算的一般公式可表示为^[1-3]

$$EF = N \times gf = N \sum aa_i = N \sum (c_i / p_i) \quad (1)$$

式中 i 为消费商品的类别, P_i 为第 i 种商品的世界平均生产力, c_i 为第 i 种商品的人均消费量, aa_i 为 i 种商品折算的人均生物生产土地面积, N 为人口数, gf 为人均生态足迹, EF 为总的生态足迹。

在生态足迹指标计算中, 各种资源和能源消费项目被折算为耕地、草场、林地、建筑用地、化石能源土地和海洋 (水域) 等 6 种生物生产面积类型^[4]。由于这 6 类生物生产面积的生态生产力不同, 要将这些具有不同生态生产力的生物生产面积转化为具有相同生态生产力的面积, 以加总计算生态足迹和生态承载力, 需要对计算得到的各类生物生产面积乘以一个均衡因子 (equivalence factor)^[1, 5-7], 以转化为统一的、可比较的生物生产面积。现采用的均衡因子分别为: 耕地、建筑用地为 2.82, 森林、化石能源土地为 1.14, 草地为 0.54, 海洋为 0.22。根据公式 1 计算得南平市 2000~2003 年各类生物资源和能源的人均生态足迹, 见表 1 和表 2。

收稿日期 (Received date): 2005-10-11; 改回日期 (Accepted): 2006-01-20

基金项目 (Foundation item): 福建省科技厅重点资助项目 (2003N044)。[The Committee of Science and Technology of Fujian Province (2003N044)]

作者简介 (Biography): 翁伯琦 (1957-), 男, 研究员, 主要从事土壤肥料与生态农业技术研究 [Weng Boqi born in 1957, Professor, studying in soil fertilizers and ecological agriculture]

1.2 生态承载力的计算

在生态承载力 (ecological capacity) 计算^[8-9]中, 由于不同国家或地区同类型生物生产面积的生态生产力存在差异, 因而, 不同国家和地区同类生物生产土地的实际面积不能进行直接对比, 需要对不同类型的面积进行调整。不同国家或地区的某类生物生产面积所代表的局地产量与世界平均产量的差异可用“产量因子”(yield factor)表示^[8-9]。某个国家或地区某类土地的产量因子是其平均生产力与世界同类土地的平均生产力的比率, 将现有的各种物理空间的面积乘以相应的均衡因子和当地的产量因子, 就可以得到带有世界平均产量的世界平均生态承载力。同时根据世界环境与发展委员会(WCED)的建议, 扣除了12%的生物多样性保护面积^[9]。

人均生态承载力的计算公式为^[10-11]

$$ec = \sum a_j \times r_j \times y_j \quad (2)$$

式中 ec 为人均生态承载力, a_j 为实际人均占有的 j 类生物生产土地面积, r_j 为均衡因子, y_j 为产量因子。

1.3 生态赤字/盈余 (Ecological deficit/remainder)

将一个国家或区域内人类维持一定的消费水平所必需的生物生产面积 (生态足迹) 同该国家或区域范围所能提供的生物生产面积 (生物承载力) 进行比较, 就能判断该国家或区域的生产消费活动是否处于当地生态系统承载力范围内。如果区域的生态足迹如果超过了区域所能提供的生态承载力, 就出现生态赤字; 如果小于区域的生态承载力, 则表现为生态盈余。

2 研究地区概况

南平地处福建省北部, 是福建的北大门, 俗称“闽北”。地理上介于 $117^{\circ}00' \sim 119^{\circ}17'E$, $26^{\circ}15' \sim 28^{\circ}19'N$ 之间, 属中亚热带季风湿润气候, 局部山区为中亚热带山地气候, 常年平均气温 $17.9^{\circ}C \sim 21.2^{\circ}C$, 无霜期 $247 \sim 339$ d, 年降雨量 $1430 \sim 2032$ mm。全区土地面积 2.63×10^4 km², 为福建省面积最大的行政区域, 总人口 300 万。全市山地面积 215×10^4 hm², 其中有林地 147×10^4 hm², 占福建省的 34.4%; 森林覆盖率 66.4%; 林木蓄积量 > 1 亿 m³, 占全省三分之一; 毛竹林 24×10^4 hm², 为全国的十分之一。草地面积 25.8×10^4 hm², 可利用面积 25.7×10^4 hm², 理论载畜量为 26.4 万头。

3 结果与分析

3.1 生态足迹供需平衡分析

由图 1 可以看出, 南平地区人均生态足迹由 2000 年的 1.750 hm² 上升到 2003 年的 2.057 hm², 增幅 17.53%, 年均增幅 5.53%。2000~2002 年人均生态承载力变化不大, 介于 $1.282 \sim 1.285$ hm² 之间; 2003 年人均生态承载力为 1.322 hm², 比前 3 a 增加 2.86%~3.15%。但 4 a 间人均生态足迹均大于人均生态承载力, 分别是 2000~2003 年人均生态承载力的 1.36 倍、1.43 倍、1.49 倍和 1.56 倍, 两者间的差距呈现逐步增加趋势, 说明生态系统的不稳定性日益增强 (见图 1)。生态赤字的出现主要源于生态足迹和生态承载力间的非均衡增长, 2000~2003 年南平地区生态赤字逐年增加, 年均增长速度为 14.54%, 说明生态足迹和生态承载力间矛盾逐年加剧, 生态系统处于不安全状态。

3.2 生态足迹供需结构分析

从生态足迹的构成来看, 耕地、林地和草地占整个足迹的很大比例, 三者占整个足迹的 78.72%~84.21%。由图 2 可以看出, 2000~2003 年草地、林地、化石能源、水域和建筑用地的生态足迹逐年增加, 而耕地逐年下降。4 a 来 6 类生物生产类型的人均生态足迹增幅的大小顺序为水域 (2003 年比 2000 年增加 88.74%) > 草地 (2003 年比 2000 年增加 51.79%) > 化石燃料 (2003 年比 2000 年增加 47.60%) > 建筑用地 (2003 年比 2000 年增加 47.39%) > 林地 (2003 年比 2000 年增加 29.14%)。从生态承载力的构成来看, 耕地和林地是生态承载力的主要组成部分, 两者占生态承载力的 93.73%~93.94%, 而草地还不到人均生态承载力的 0.6%, 化石能源几乎为零。图 3~图 6 显示, 耕地、林地、水域和建筑用地的供给均大于需求, 其中建筑用地和水域的人均生态足迹供给比其人均生态足迹需求分别高出 1.05~2.02 倍、0.58~14.63 倍。建筑用地生态足迹供给高于需求, 从侧面反映了山区城镇化水平低的特点; 但 2000~2003 年建筑用地需求逐年增加, 尤其是 2003 年, 与上年相比增高达 33.59 倍。但草地和化石燃料两类生物生产类型的供需结构存在很大的不对称性, 其中草地需求为 $0.349 \sim 0.530$ hm², 供给仅为 0.008 hm², 缺口较大。

表 1 南平市 2000~ 2003 年生物资源帐户

Table 1 Ecological footprint's ledger of biological resources in Nanping from 2000 to 2003

项目类型	全球平均 产量 (kg/hm ²)	2000		2001		2002		2003	
		消费总量	人均足迹	消费总量	人均足迹	消费总量	人均足迹	消费总量	人均足迹
		(× 10 ⁴ t)	(hm ² /cap)	(× 10 ⁴ t)	(hm ² /cap)	(× 10 ⁴ t)	(hm ² /cap)	(× 10 ⁴ t)	(hm ² /cap)
稻谷、小麦、杂粮	2 744	129. 083	0. 154 7	125. 246	0. 149 9	121. 947	0. 146 0	111. 376	0. 133 3
豆类、油料	1 856	6. 560	0. 011 6	6. 556	0. 011 6	6. 767	0. 012 0	6. 783	0. 012 0
薯类	12 607	15. 168	0. 004 0	15. 127	0. 003 9	14. 903	0. 003 9	13. 926	0. 003 6
麻类	1 500	0. 080	0. 000 2	0. 075	0. 000 2	0. 008	-	-	-
烟叶	1 548	1. 551	0. 003 3	1. 730	0. 003 7	2. 179	0. 004 6	1. 845	0. 003 9
蔬菜、瓜类、甘蔗	18 000	141. 899	0. 025 9	150. 876	0. 027 5	163. 118	0. 029 8	172. 270	0. 031 4
其他	900	0. 258	0. 000 9	0. 268	0. 001	00. 310	0. 001 1	0. 277	0. 001 0
猪肉	741	0. 500	0. 466 6	10. 797	0. 4790	11. 545	0. 512 4	12. 647	0. 561 3
牛肉、羊肉、禽肉	33	3. 146	0. 313 5	3. 331	0. 331 4	3. 980	0. 396 1	4. 802	0. 477 9
奶类	502	2. 390	0. 015 7	3. 529	0. 023 1	6. 237	0. 040 8	10. 686	0. 069 9
禽蛋	400	4. 458	0. 036 7	4. 422	0. 036 3	4. 739	0. 038 9	5. 013	0. 041 2
蜂蜜	50	0. 065	0. 004 3	0. 060	0. 003 9	0. 054	0. 003 5	0. 089	0. 005 8
水产品	258	7. 692	0. 098 0	7. 933	0. 100 9	8. 793	0. 111 9	9. 329	0. 118 8
油桐籽	1 600	0. 664	0. 001 4	0. 649	0. 001 3	0. 630	0. 001 3	0. 617	0. 001 3
松脂	3 900	0. 845	0. 000 7	0. 867	0. 000 7	0. 876	0. 000 7	0. 878	0. 000 7
笋干	945	5. 605	0. 019 5	5. 950	0. 020 7	6. 282	0. 021 8	7. 368	0. 025 6
其他	1 500	0. 533	0. 001 2	0. 577	0. 001 3	1. 276	0. 002 8	0. 392	0. 000 9
油茶籽、板栗等	3 000	6. 102	0. 006 7	6. 051	0. 006 6	6. 742	0. 007 4	7. 037	0. 007 7
水果	3 500	33. 751	0. 031 7	40. 431	0. 037 9	48. 779	0. 045 8	46. 143	0. 043 3
竹类	1 067	79. 320	0. 244 5	84. 150	0. 258 9	95. 820	0. 295 0	81. 030	0. 249 4
茶叶	566	2. 382	0. 0138	2. 709	0. 015 7	2. 919	0. 016 9	2. 751	0. 016 0
木材*	1. 99	0. 012	0. 190 5	0. 012	0. 203 0	0. 013	0. 221 7	0. 019	0. 314 2

注: 木材部分全球平均产量的单位为 m³/hm², 消费量的单位为 × 10⁸m³。

表 2 南平市 2000~ 2003 年能源帐户

Table 1 Ecological footprint's ledger of energy resources in Nanping from 2000 to 2003

项目	全球平均能源足迹 [GJ/(hm ² · a)]	折算系数 (GJ/t)	2000		2001		2002		2003	
			消费量 (t)	人均足迹	消费量 (t)	人均足迹	消费量 (t)	人均足迹	消费量 (t)	人均足迹
			(t)	(hm ² /cap)	(t)	(hm ² /cap)	(t)	(hm ² /cap)	(t)	(hm ² /cap)
原煤、洗精煤等	55	20. 93	1 944 347	0. 243 4	1 891 754	0. 236 4	2 253 036	0. 281 7	2 830 918	0. 353 9
焦炭等	55	28. 47	4 323	0. 000 7	3 787	0. 000 6	3 065	0. 000 5	1351	0. 000 2
汽油、煤油	93	43. 12	2 264	0. 000 3	2 756	0. 000 4	1 771	0. 000 3	10 873	0. 001 7
柴油	93	42. 71	9 472	0. 001 4	8 668	0. 001 3	9 845	0. 001 5	11 309	0. 001 7
燃料油、石油气	71	50. 20	7 250	0. 001 7	8 496	0. 002 0	10 024	0. 002 3	11 409	0. 002 6
热力	1 000	29. 34	171	0. 000 0	423	0. 000 0	174. 7	0. 000 0	287. 277 9	0. 000 0
电力	1 000	11. 840	2. 01E+ 09	0. 005 5	2. 15E+ 09	0. 005 9	2. 22E+ 09	0. 006 1	2. 97E+ 09	0. 008 1

注: 电力部分消费量单位为 kw · h。

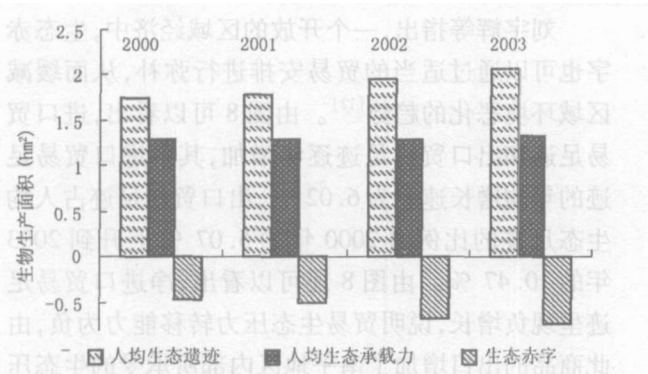


图1 南平地区 2000~2003 年人均生态足迹和人均生态承载力

Fig.1 Ecological footprint(per capita) and ecological capacity (per capita) of Nanping from 2000 to 2003

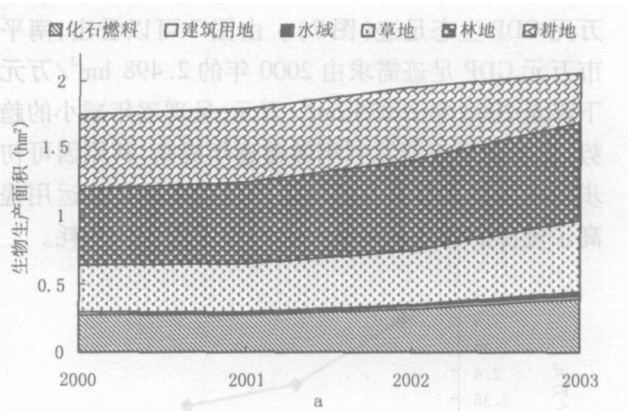


图2 南平地区 2000~2003 年人均生态足迹的动态变化

Fig.2 The dynamics of ecological footprint (per capita) in Nanping

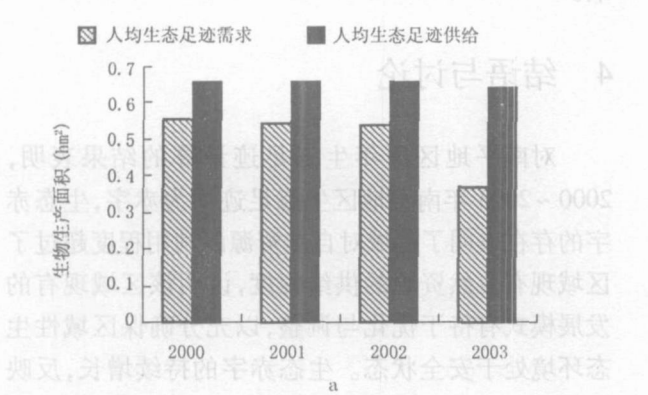


图3 人均耕地供应量与需求量

Fig.3 Average demand and supply of arable land

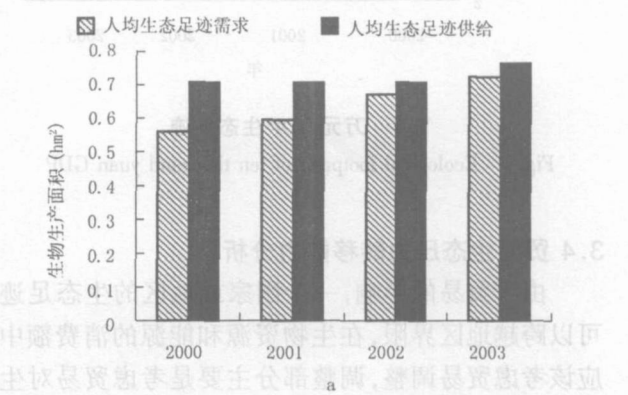


图4 人均林地供应量与需求量

Fig.4 Average demand and supply of wood land

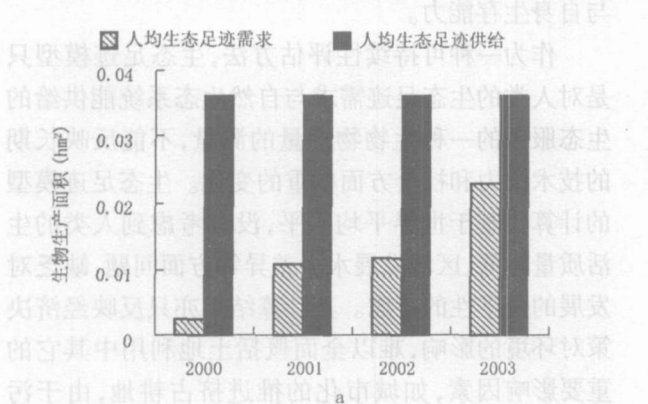


图5 人均水域供应量与需求量

Fig.5 Average demand and supply of water area

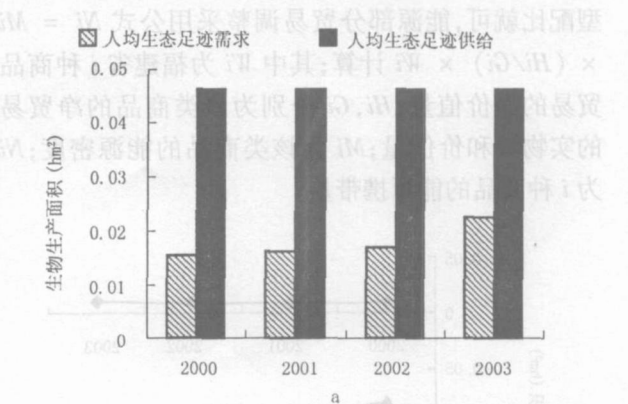


图6 人均建筑用地供应量与需求量

Fig.6 Average demand and supply of building land

3 3 资源利用效益分析

区域国民经济活动万元 GDP 的生态足迹需求可以从一定程度上反映区域生物资源的利用效益,

万元 GDP 的足迹需求大, 反映资源的利用效益低, 反之, 则资源利用效益高。用南平地区 4 a 来总的生态足迹需求除以当年的 GDP 值, 计算得到 4 a 来

万元 GDP生态足迹(图 7)。由图 7可以看出,南平市万元 GDP足迹需求由 2000年的 2 498 hm²/万元下降至 2003年 2 075 hm²/万元,呈现逐年减小的趋势,说明南平市资源利用效益逐年提高,其原因可初步归结为技术要素在经济生产过程中的更多运用提高了资源的循环利用效率和减少了能源的消耗。

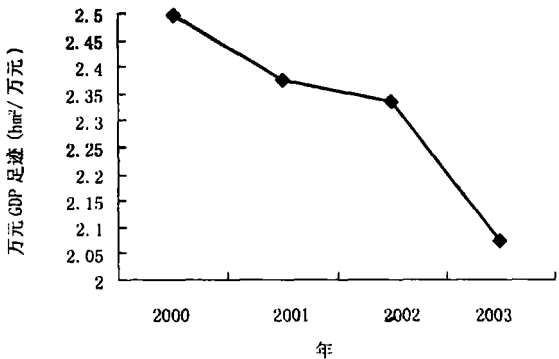


图 7 万元 GDP生态足迹

Fig 7 Ecological footprint of ten thousand yuan GDP

3 4贸易生态压力转移能力分析

由于贸易的影响,一个国家或地区的生态足迹可以跨越地区界限,在生物资源和能源的消费额中应该考虑贸易调整,调整部分主要是考虑贸易对生物资源和能源消费的影响而对当前的消费额进行调整,计算净消费额。生物资源消费的调整相对比较简单,只要将生物资源的类型与生物生产面积的类型配比就可,能源部分贸易调整采用公式 $N_i = M_i \times (H_i/G_i) \times W_i$ 计算;其中 W_i 为福建省 i 种商品贸易的净价值量; H_i/G_i 分别为该类商品的净贸易的实物量和价值量; M_i 为该类商品的能源密度; N_i 为 i 种商品的能源携带量。

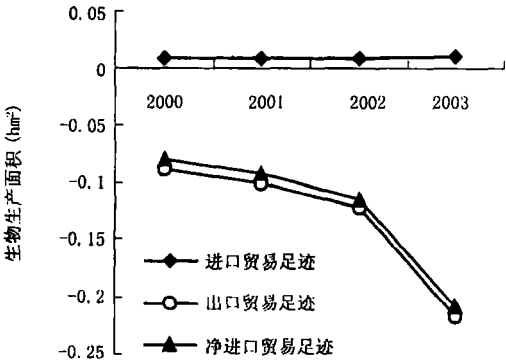


图 8 南平地区历年的人均贸易足迹

Fig 8 Trade footprint of Nanping in different years(per capita)

刘宇辉等指出,一个开放的区域经济中,生态赤字也可以通过适当的贸易安排进行弥补,从而缓减区域环境恶化的趋势^[12]。由图 8可以看出,进口贸易足迹和出口贸易足迹逐年增加,其中进口贸易足迹的年均增长速率为 6 02%,出口贸易足迹占人均生态足迹的比例由 2000年的 5 07% 上升到 2003年的 10 47%。由图 8还可以看出,净进口贸易足迹呈现负增长,说明贸易生态压力转移能力为负,由此商品的出口增加了南平地区内部所承受的生态压力。实际上,生态足迹模型仅仅是一个基于世界平均水平的计算,没有考虑到人类的生活质量高低、区域发展水平差异等问题,因此商品出口所带来的生态压力可能对当地的生态环境并没有造成多大的影响。

4 结语与讨论

对南平地区历年生态足迹计算的结果表明,2000~ 2003年南平地区生态足迹均为赤字,生态赤字的存在表明了区域对自然资源的利用程度超过了区域现有自然资源的供给程度,说明该区域现有的发展模式有待于优化与调整,以充分确保区域性生态环境处于安全状态。生态赤字的持续增长,反映了人类对自然资源的利用逐年增加,区域生态足迹与生态承载力之间的矛盾不断加剧,其发展的不可持续性必将明显呈现出来,以致影响生态环境质量与自身生存能力。

作为一种可持续性评估方法,生态足迹模型只是对人类的生态足迹需求与自然生态系统能供给的生态服务的一种生物物理量的测量,不能反映长期的技术潜力和社会方面权重的变化。生态足迹模型的计算仅基于世界平均水平,没有考虑到人类的生活质量高低、区域发展水平差异等方面问题,缺乏对发展的公平性的考虑。其计算结果亦只反映经济决策对环境的影响,难以全面概括土地利用中其它的重要影响因素,如城市化的推进挤占耕地,由于污染、侵蚀等造成的土地退化情况,因此其计算结果可能高估区域生态状况。

尽管生态足迹模型存在一些方法及应用上的缺陷,但南平历年生态足迹的计算已经足够说明目前经济发展与生态环境保护之间存在的巨大矛盾。随着人口的迅速增长和社会生产力的不断发展,以及人类对物质资料需求量不断增加,两者之间矛盾也

将日益突出。因此,有必要采取一定措施来缓解经济发展与生态环境保护之间的矛盾,促进山区生态经济的协调发展。针对闽北山区农村的资源特点和经济发展现状,减少生态赤字可采取以下对策: 发展区域生态经济,实现生态环境与经济协调发展; 优化山区产业结构,提高山区综合生产力; 加强防灾减灾体系建设,保障社会经济可持续发展; 注重绿色食品生产,提高农产品市场竞争力; 完善农业经营机制,全面推进农业产业化经营; 加强农业技术创新研究攻关,提高资源利用率和生产力。

致谢: 本文得到中国科学院寒区旱区环境与工程研究所的徐中民研究员的大力支持,谨此表示感谢!

参考文献 (References)

- [1] Wackemagel M, Rees W. Perceptual land structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective [J]. *Ecological Economics*, 1997, 20: 3~24
- [2] Wackemagel M, Rees W. Our ecological footprint: reducing Human Impact on the earth [M]. New Society Publisher, 1996: 61~83
- [3] Xu Zhongmin, Chen Dongjing, Zhang Zhiqiang, et al. Calculation and analysis on ecological footprints of China [J]. *ACTA PEDOLOGICA SINICA*, 2002, 39(3): 441~445 [徐中民, 陈东景, 张志强, 等. 中国1999年的生态足迹分析 [J]. 土壤学报, 2002, 39(3): 441~445]
- [4] Zhang Zhiqiang, Xu Zhongmin, Cheng Guodong, et al. The ecological footprints of the 12 provinces of west China in 1999 [J]. *ACTA GEOGRAPHICA SINICA*, 2001, 56(5): 599~610 [张志强, 徐中民, 程国栋, 等. 中国西部12省(区、市)的生态足迹 [J]. 地理学报, 2001, 56(5): 599~610]
- [5] Haberl H, Erb K H, Krausmann F. How to calculate and interpret ecological footprints for long periods of time: the case of Austria 1926~1995 [J]. *Ecological Economics*, 2001, 38: 25~45
- [6] Wackemagel M, Monfreda C, Erb K H, et al. Ecological footprint time series of Austria, the Philippines, and South Korea for 1961~1999: comparing the conventional approach to an actual land area approach [J]. *Land Use Policy*, 2004, 21: 261~269
- [7] Wackemagel M, Monfreda C, Schulz B, et al. Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges [J]. *Land Use Policy*, 2004, 21: 271~278
- [8] Wackemagel M, Onisto L, Belbo P, et al. National natural capital accounting with the ecological footprint concept [J]. *Ecological Economics*, 1999, 29: 375~390
- [9] Wackemagel M, Lao L, Hansson C B. Evaluating the natural capital with the ecological footprint: applications in Sweden and subregions [J]. *Ambio*, 1999, 28(7): 604~612
- [10] Yue Dongxia, Li Zhen, Hui Cang. Development trend of Gansu's ecological footprint and ecological capacity [J]. *Acta Bot. Boreali-Occident. Sin.*, 2004, 24(3): 454~463 [岳东霞, 李自珍, 惠苍. 甘肃省生态足迹和生态承载力发展趋势研究 [J]. 西北植物学报, 2004, 24(3): 454~463]
- [11] Zhao Xiangui, Xiao Ling, Lan Yexia, et al. Dynamics of ecological footprints and ecological capacity of Shanxi [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2005, 38(4): 746~753 [赵先贵, 肖玲, 兰叶霞, 等. 陕西省生态足迹和生态承载力动态研究 [J]. 中国农业科学, 2005, 38(4): 746~753]
- [12] Liu Yuhui, Peng Xizhe. Time series of ecological footprint in China between 1962~2001: Calculation and assessment of development sustainability [J]. *ACTA ECOLOGICA SINICA*, 2004, 24(10): 2257~2262 [刘宇辉, 彭希哲. 中国历年生态足迹计算与发展可持续性评估 [J]. 生态学报, 2004, 24(10): 2257~2262]

Value of the Coordination to Mountain Ecological Economy Based on Ecological Footprint Model ——A Case Study of Nanping in China

WENG Boqi WANG Yixiang HUANG Yibin, YING Zhaoyang HUANG Qinlou

(Institute of Agricultural Ecology, Fujian Academy of Agriculture Science, Fuzhou Fujian 350013 China)

Abstract The ecological footprint method is a biophysical assessment method of the human appropriation of ecological capacity, for measuring the ecological imperative of sustainability. It is applied widely all over the world because of its scientific theory basis, unitive index system, and methodological universality. The ecological footprint and ecological capacity of Nanping prefecture from 2000 to 2003 was studied in the paper. The results showed that the ecological footprint (per capita) of Nanping prefecture increased from 1.890 ha in 2000 to 2.205 ha in 2003, and that the ecological deficit (per capita) increased from 0.465 ha in 2000 to 0.735 ha with annual speed of 16.96%. The research indicates that the utilization of natural resource in Nanping prefecture increased year after year and was beyond the capacity of the natural ecological system, and that the ecological environment was at risk.

Key words mountain ecological economy; ecological footprint; ecological capacity; sustainable development

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>