

# 基于“地理要素禀赋当量”的 社会生态补偿标准测算

张伟<sup>1,2</sup>, 张宏业<sup>1</sup>, 张义丰<sup>1</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 生态补偿是当前国内外学者广泛关注的热点和难点问题, 而科学制定区域生态补偿的空间分配标准又是生态补偿研究中的关键环节。当前对区域空间补偿标准的计算思路大致可分为两种: 生态建设成本核算法和生态系统服务功能价值核算法。本文剖析了社会生态补偿与区域社会经济的关系, 从社会公平的角度出发, 利用2007年全国各省市的数据, 建立计量经济模型, 分析了各省地理要素禀赋差异对区域社会经济的影响。在此基础上, 提出“地理要素禀赋当量”的概念, 分析了该指标在区域生态补偿政策和单项生态补偿政策制定中的应用前景。研究结论如下: ① 实施社会生态补偿, 是各区域获得平等的生存权、环境权和发展权的有力保障, 也是促进区域间协调、平衡和可持续发展的必要保证。② 各地地理要素禀赋的差异是引起区域社会经济差异的重要因素, 也是制定社会生态补偿标准的重要依据; ③ 利用“地理要素禀赋当量”, 可以科学确定区域间社会生态补偿的空间分配标准, 有效地避免以往生态补偿政策制定中的“一刀切”现象。

**关键词:** 社会生态补偿; 地理要素禀赋; 补偿标准; 社会公平; 中国

## 1 引言

长期以来, 人类各种不合理的社会经济行为, 造成了严重的环境污染和生态破坏, 极大地威胁着人类社会的可持续发展。随着国际社会对生态环境保护的重视程度不断加强, 生态补偿也成为了国内外学者广泛关注的学术热点问题。但出于种种原因, 到目前为止, 关于生态补偿的涵义、理论依据和补偿标准等核心问题仍然没有得出公认的结论<sup>[1-2]</sup>。

生态补偿研究脱胎于自然生态补偿的范畴, 蓬勃发展于经济生态补偿领域, 并逐步向社会生态补偿方向延伸。不少学者从社会公平的角度对生态补偿进行了探讨。李文华院士认为, 广义的生态补偿, 应该包括社会公平方面的内容, 具体有: ① 对因环境保护而丧失发展机会的区域内的居民进行资金、技术、实物上的补偿和政策上的优惠; ② 对为增进环境保护意识, 提高环境保护水平而产生的科研、教育费用等进行补贴<sup>[3]</sup>。俞海等认为, 环境资源产权初始分配上的不同, 造成了区域间发展权利事实上的不平等。因而需要一种补偿来调整这种权利的失衡<sup>[4]</sup>。钱水苗等从社会公正的视角探讨了流域生态补偿的制度构建问题<sup>[5]</sup>, 吴晓青等认为, 区域间环境资源关系已经成为影响区际关系和社会团结的重要因素, 建立科学的区际生态补偿机制是实现区域协调发展的关键<sup>[6]</sup>。国外关于社会生态补偿的研究主要集中在生态补偿与消除贫困之间的关系方面<sup>[7-8]</sup>。Nicolas Kosoy等认为, 生态补偿在一定程度上实现了环境改进和乡村发展的双赢<sup>[9]</sup>。Pagiola等认为, 生态补偿还肩负着提高社会福利, 改变粗放落后的生产方式, 调整产业结构, 提高生活水平的重任。

收稿日期: 2010-01-26; 修订日期: 2010-07-09

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973计划)(2009CB421307); 国家自然科学基金项目(40971282) [Foundation: National Basic Research Program of China, No.2009CB421307; National Natural Science Foundation of China, No.40971282]

作者简介: 张伟(1982-), 男, 博士研究生, 主要研究方向为土地利用与生态评价。E-mail: zwei1997@126.com

通讯作者: 张宏业, 研究员。E-mail: zhanghy@igsrr.ac.cn

因此,生态补偿应由“输血式”补偿向“造血式”补偿转变<sup>[10]</sup>。Robertson等从可持续生计过程出发,对贫困人群的各种潜在福利进行了仔细研究,探讨了生态补偿与减贫的关系<sup>[11]</sup>。国际上也有一些进行社会生态补偿的实例,如1995年开始的南非WFW项目则把缓解贫困作为了生态补偿的主要目标之一,并取得了不错的效果<sup>[12]</sup>。笔者认为,实施生态补偿的根本目的,是解决区域生态冲突和随之而来的区域社会经济发展冲突,处理好区域间生存权、发展权与环境权的矛盾,促进整个区域的协调和可持续发展。从这个层面上讲,只有从社会公平的角度出发,制定相关的生态补偿政策,才能有效地解决区域间的生态冲突和社会经济冲突。

在生态补偿研究中,区域空间补偿标准的测算和确定是生态补偿从理论走向实践的关键环节<sup>[13]</sup>。“一刀切”的补偿标准常常会造成区域间出现“过补偿”和“低补偿”的现象<sup>[14-16]</sup>,进而导致在补偿政策的执行过程中矛盾丛生,甚至根本无法执行。目前,对区域空间补偿标准的核算思路大致可分为两种:①从生态建设成本核算的角度来确定<sup>[17-18]</sup>;②从生态效益的角度,通过对区域生态系统服务功能的价值核算来确定<sup>[19-20]</sup>。这两种思路主要是从自然生态补偿和经济生态补偿的角度来拟定区域补偿标准,且在理论基础和具体计算中仍存在着很多争议和不足<sup>[1]</sup>。本文拟从社会生态补偿的角度,根据区域间地理要素禀赋的差异,提出基于社会公平的区域空间生态补偿标准测算思路,以期为决策者提供有益的参考。

## 2 问题的提出

从社会公平的角度来看待生态补偿,必然会涉及到社会经济发展中的区域差异问题。引起区域差异的原因很多,但地理要素禀赋的差异始终是一个重要的根本性原因<sup>[21-23]</sup>。

以中国为例。中国东部和西部的社会经济发展差异很大,与之相对应的是,二者的地理要素禀赋差异同样巨大。从定性和经验判断的角度分析,这两种差异之间存在着3个层次的联系:①在中国西部,由于脆弱的生态环境,要生产同等数量的农产品,西部地区必须比东部付出更多的劳动和更高的成本。这是社会发展中的第一层不公平。②当地脆弱的生态环境要求西部地区更加重视植树造林、生物多样性保护等方面的工作,因而承担了更多的生态保育责任。这是社会发展中的第二层不公平。③自然地理条件的落后,难免会影响到西部在科技、教育、交通等方面的投入和建设,从而影响到区域社会经济的进一步发展,这是社会发展中的第三层不公平。

社会生态补偿机制的缺位,很可能导致下述情况的出现:①东西部的区域差异继续被拉大,进而影响整个中国的可持续发展。②西部为了发展经济,追赶东部,可能会采取一些短视的区域发展策略,如大幅降低生态保护方面的投入,追求短期经济效益等。这样做的后果,只能是生态环境的恶化和自然资源的盲目开发,最终影响全国社会经济的发展。所以,从国家层面讲,科学制定相关的社会生态补偿政策,保证各个区域的协调均衡发展,是保护生态环境,实现社会经济可持续发展的根本之路。

基于此,本文主要想探索以下问题:①地理要素对农业生产中的生产资料投入和生产效率有多大的影响,对区域经济发展又有多大的影响?②地理要素禀赋与生态防护投入有何关系,换言之,生态环境恶劣的地方需要进行多少额外的生态保护投入?利用计量经济模型,本文拟计算各地因为地理要素禀赋的差异而带来的区域发展损失,并以此为基础,制订区域间社会生态补偿的空间分配标准。

## 3 研究数据、方法与主要变量

### 3.1 研究数据

本文使用了全国各省的自然资源禀赋、地形地貌、农业生产、社会经济等各方面的数

据。① 各省的气候生产数据是依据地球系统科学数据共享网 (www.geodata.cn) 所提供的全国公里网格光温生产潜力数据, 利用 ArcGIS 9.2 的空间分析模块统计而来; 各省土壤养分分级情况来源于全国第二次土壤普查的数据。② 地形地貌数据来源于全国 1:25 万的 DEM 栅格图像。

利用 Arcgis 9.2 的叠加分析功能, 可以计算全国各省的平均海拔、坡度和地形起伏度; ③ 本文所使用的 2007 年全国的各项社会经济统计数据主要来源于《中国统计年鉴 2008》、《中国农村统计年鉴 2008》和《中国农业年鉴 2008》。

### 3.2 技术路线与研究方法

① 运用 GIS 空间分析方法和极值标准化法进行基础数据的处理和制备; ② 运用相关分析法对所研究的问题进行定性分析, 得到一些初步认识和总体印象; ③ 根据所掌握的数据, 选择合适的变量, 通过因子分析法确定相关变量的权重, 消除变量间的共线性, 将子变量集整合为 5 个综合变量(表 1); ④ 利用多元逐步线性回归方法, 对各解释变量进行多次调试和检验, 最终建立起拟合效果良好的计量经济模型; ⑤ 对计量经济模型的运行结果进行分析和讨论; ⑥ 探讨地理要素禀赋当量在区域综合生态补偿政策和单项生态补偿政策制定中的应用前景; ⑦ 相关结论和讨论。

### 3.3 主要变量及其说明

主要变量的涵义及计算方法说明如下:

(1) 农业生产潜力。该变量是利用环境因子潜力结构模型, 通过“光合生产力—光温生产力—气候生产力—农业生产潜力”, 逐步订正而来。计算公式为:

$$Y(S) = Y(W) \times F(S) \tag{1}$$

式中:  $Y(S)$  为农业生产潜力;  $Y(W)$  为气候生产潜力;  $F(S)$  为土地订正系数。其中, 气候生产力是依据地球系统科学数据共享网 (www.geodata.cn) 所提供的全国公里网格光温生产潜力数据<sup>①</sup>, 利用 ArcGIS 9.2 的空间分析模块统计得出;  $F(S)$  是根据全国第二次土壤普查数据中的分省土壤养分分级统计数据<sup>[24]</sup>和《中国土壤普查技术》中规定的土壤肥力分级标准, 按公式  $F(S) = \sum_{i=1}^n G_i \times S_i$  计算而成(其中,  $G_i$  代表  $i$  级土地的土壤肥力;  $S_i$  代表第  $i$  级土地所占面积的比例)。

(2) 人均生态系统服务价值当量: 以谢高地等通过专家调查所获得的生态系统服务单价值体系为主要依据<sup>[25]</sup>, 计算各省人均生态系统服务价值当量。计算公式为:

$$y_m = \frac{\sum U_{ij} \times S_{mi}}{P_m} \tag{2}$$

① 全国光温生产潜力和气候生产潜力数据由国家科技基础条件平台建设项目: 地球系统科学数据共享网 (www.geodata.cn) 提供。其中, 光温生产潜力根据黄秉维公式计算得出, 气候生产潜力由彭曼—蒙特斯公式计算得到。

表 1 模型构建中所涉及的变量

Tab. 1 Variables used in the model

被解释变量 Y	人均农业产值	解释变量 X	子变量
自然禀赋 X1	农业生产潜力	生态建设 X3	人均生态系统服务当量
	海拔		人均自然保护区机会成本
	坡度		人均防护林建设投资
	地形起伏度	固定资本投入 X4	人均退耕还林投资
	人均耕地面积		人均公路里程
可变要素投入 X2	人均自然灾害损失	科技教育 X5	农田水利设施
	亩均化肥用量		农村居民家庭生产性固定资产原值
	亩均柴油用量	人均农业机械总动力	
	亩均农药用量	平均受教育年限	
	亩均用电量	万人中农业技术推广服务人员数	
	亩均农用膜用量	人均科技活动经费	
			万人中科技人员数

式中： $y_m$ 代表第 $m$ 省所提供的人均生态系统服务价值当量； $U_{ij}$ 代表单位面积上第 $i$ 种土地利用类型所提供的第 $j$ 种生态系统服务价值当量； $S_{mi}$ 代表第 $m$ 省的第 $i$ 种土地利用类型的面积； $P_m$ 代表 $m$ 省的总人口。

(3) “人均自然保护区机会成本”的计算：

$$Z_i = \frac{b \times U_i \times V_i}{P_i} \quad (3)$$

式中： $Z_i$ 代表 $i$ 省的人均自然保护区机会成本； $U_i$ 代表 $i$ 省的亩均农业产值； $V_i$ 代表 $i$ 省的自然保护区总面积； $b$ 为有效产出系数，均取0.7； $P_i$ 代表 $i$ 省的农业总人口；

(4) “农田水利设施”的计算公式：

$$N_i = \frac{E_{i1} + E_{i2} + E_{i3}}{G_i} \quad (4)$$

式中： $N_i$ 代表 $i$ 省的农田水利设施情况； $E_{i1}$ 代表 $i$ 省的有效灌溉面积； $E_{i2}$ 代表 $i$ 省的机电排灌面积； $E_{i3}$ 代表 $i$ 省的旱涝保收面积； $G_i$ 代表 $i$ 省的耕地面积；

(5) 其余变量的数据主要是利用《中国统计年鉴2008》、《中国农村统计年鉴2008》和《中国农业年鉴2008》中的数据计算而来。

(6) 在基础数据的预处理上，本文主要采用极值标准化法对各类数据进行无量纲化和同趋化处理。

## 4 内部机理分析与讨论

区域间自然资源禀赋的差异会引发各地经济发展的不平衡，集聚效应又会带来自然资源和生产要素的大规模跨区域流转。自然资源的过度流失会引起落后地区生态环境的不断恶化，环境的恶化又会进一步加大区域社会经济不平衡，从而形成恶性循环。我国是一个区域差异很大的国家，如果不建立合理有效的社会生态补偿机制来进行干预，这样的恶性循环恐怕难以避免。本部分利用相关分析法和计量经济模型，从定性和定量的角度深入剖析地理要素禀赋、区域发展差异、社会生态补偿之间的内部机理与相互关系，从而为社会生态补偿标准的制定打下基础。

### 4.1 相关分析

**4.1.1 前期处理与说明** 相关分析的目的在于初步分析各个变量之间的关系，回答本文在前面提出的问题，从而为模型构建和进一步分析打下基础。另外，由于可变要素投入和科技教育这两大变量中的子变量间共线性程度较大，且反映的主题较为一致，故利于因子分析法来提取主成分，将它们的子变量综合为“可变要素投入”和“科技教育”两个综合变量，以利于进一步的论述和分析。

**4.1.2 农业区位熵的引入** 为了更好地反映农业产业发展程度与各变量之间的关系，进而分析地理要素禀赋对农业和区域社会经济的影响，本文引入了“农业区位熵”来进行变量间的判断和分析。

区位熵与显性比较优势系数 (Revealed Comparative Advantage) 的原理相似，是通过测定某一产业在特定区域内的相对比重，来反映该产业在更大范围内是否具有相对优势的一种分析工具。区位熵分析方法的基本思路是：根据市场竞争和资源配置结果来考察区域比较优势，即按照既定产业的地区份额来判断特定区域 (如一个省区) 的特定产业在背景区域 (如全国) 中所处的地位或相对优势<sup>[26-27]</sup>。其计算公式为：

$$I = \frac{E_i/E}{P_i/P} \quad (5)$$

式中： $E_i$ 为 $i$ 省农业劳动力； $E$ 为全国农业劳动力； $P_i$ 为 $i$ 省劳动力总量； $P$ 为全国劳动力

总量。

#### 4.1.3 分析结果与讨论

(1) 地理要素禀赋与生态保育的关系。“人均防护林投资”和“农村居民家庭生产性固定资产原值”与“农业生产潜力”呈较强的负相关关系(-0.4911/-0.5205),而与代表当地自然条件的“人均自然灾害损失”和“海拔”呈较强的正相关关系(0.6417/0.5956)。这说明,在农业生产潜力大,自然条件好的地区,其在防护林和生产性固定资产的投入方面,要远远小于自然条件恶劣的地区。“生态系统服务”、“人均防护林投资”和“人均农业产值”、“人均GDP”呈负相关关系(-0.2390/-0.1880)。这表明承担了较多生态保育任务的地区,并没有得到相应的补偿,影响了当地经济的发展。

(2) 地理要素禀赋对农业生产的影响。“农田水利设施”与“农业区位熵”呈较强的负相关关系(-0.4632)。说明自然条件恶劣的地方往往需要更多的基础设施投入。但这些额外的生产投入也仅是在一定程度上弥补了这些地区与自然条件优越地区的差距,并不意味着它们在农业发展上的优势。

(3) 农业与区域经济发展的关系。“农业区位熵”与“农业生产潜力”几乎没有什么关系(-0.0075),反而与“人均自然灾害损失”、“海拔”、“坡度”(0.1290/0.4794/0.4748)呈较高的正相关关系。同时,“农业生产潜力”与“人均农业产值”的正相关性(0.1357)也远远大于和“人均GDP”的相关性(0.0194)。这说明,一个地区之所以选择发展农业,并不是因为该地区可以发挥农业生产上的比较优势,进而振兴当地经济。而是因为恶劣的自然条件,迫使他们只能选择农业。换言之,与其他产业相比,农业属于弱质产业,缺乏比较效益。一个地区选择农业作为主导产业,往往是在匮乏的自然资源和脆弱的生态环境胁迫下的无奈选择。因此,从社会公平的角度,应该对其进行相应的补偿。另一方面,“农业区位熵”与“科教”、“人均农业产值”、“人均GDP”均呈强烈的负相关关系(-0.8749/-0.7796/-0.9378)。这也再次印证了前面的观点,即单纯依靠农业,很难带动区域经济的发展。因而,当中央政府出于国家战略安全的考虑(如耕地保护、粮食安全),而让一些地区发展农业的时候,事实上是牺牲了这些地区的经济发展权。从这个角度来讲,国家应该对这些地区所损失的发展权进行补偿。

(4) 地理要素禀赋对区域经济发展的影响。“人均自然灾害损失”、“海拔”、“坡度”与“人均农业产值”、“人均GDP”均呈负相关关系(-0.5390/-0.4406),表明恶劣的自然环境阻碍了当地经济的发展。进一步分析,经济发展的滞后也导致了当地对生产资料和科学教育的投入不足,在数据上就表现为“可变要素投入”、“科教”与“人均自然灾害损失”、“海拔”、“坡度”呈负相关(-0.5572/-0.3935),而与“人均农业产值”、“人均GDP”呈现为较强的正相关关系(0.5964/0.8926)。

#### 4.2 计量经济模型的建立

前文只是对相关变量的初步定性分析,下面将通过计量模型的建立,定量分析各变量之间的数理关系,解释各类地理要素禀赋对区域发展与社会公平的影响。

在数据的运算调试过程中,发现各变量间存在着复杂的多重共线性。为了消除多重共线性的影响,便于模型的解释,本文利用因子分析法来提取主成分,将众多子变量合成为5个综合变量。随后,将5个综合解释变量分别对“人均农业产值”和“人均GDP”进行多元逐步线性回归,建立计量模型。具体计算通过SPSS软件来完成。

在全国尺度上,作各综合因子与“人均农业产值”的散点图,发现它们主要呈线性关系。因此,采用普通最小二乘法(OLS),将“人均农业产值”分别与各解释变量做多元逐步线性回归。通过不断剔除不显著的解释变量,建立如下计量模型:

$$Y_1 = -0.629 + 1.108X_1 + 1.125X_2 + 0.021X_3 + 0.577X_4 + 0.658X_5 \quad (6)$$

式中:  $Y_1$ 代表人均农业产值;  $X_{1-5}$ 分别代表自然禀赋、生态建设、固定资本投入、可变量

素投入、科教。回归结果及相关检验值见表2:

从表中可以看出,模型拟合较好,全部通过了F检验和多重共线性检验,除了“固定资本投入”外,其他解释变量全部通过了t检验,模型具有较好的统计学意义。

同理,再建立各解释变量与“人均GDP”的计量模型<sup>②</sup>:

$$Y_2 = -0.245 + 0.163X_1 + 0.288X_2 + 0.195X_3 + 0.331X_4 + 1.001X_5 \quad (7)$$

式中:  $Y_2$  代表人均GDP;  $X_{1-5}$  分别代表自然禀赋、生态建设、固定资本投入、可变要素投入、科教。回归结果及相关检验值见表3:

从表中可以看出,模型拟合效果很好,全部通过F检验和多重共线性检验,除了“自然禀赋”外,其他解释变量全部通过了t检验,模型具有较好的统计学意义。

### 4.3 运行结果的分析与讨论

**4.3.1 地理要素对区域经济发展的影响** 地理要素对区域经济增长的作用一直是国内外学者长期关注和争论的话题。从斯密的绝对优势理论,李嘉图的比较优势理论,要素禀赋理论,一直到饱受非议与批判“地理环境决定论”,无不涉及到地理要素对区域分异和经济增长的影响<sup>[28-29]</sup>。而近年来克鲁格曼所提出的“两大自然理论”<sup>③</sup>,使得地理要素在经济发展中的作用又重新受到了学者们的广泛关注<sup>[30]</sup>。通过对前文两个计量模型比较,可以从定量和产业分工的角度来分析地理要素对经济发展的影响,并对一些现有理论进行印证。

“自然禀赋”可以看作Krugman所说的“第一自然”,“生态建设”可以近似地看作各地区为弥补“第一自然”的不足而进行的补救和努力。而“固定资本”、“可变要素”、“科教”可以近似地看作“第二自然”。从计量模型中可以看出,“第一自然”中的两个解释变量对“人均农业产值”的贡献率分别是其对“人均GDP”贡献率的6.8倍和3.9倍;而“第二自然”中各个解释变量对二者的影响则有所不同,它们对“人均GDP”的贡献率要大于对“人均农业产值”的贡献率,但其差异程度远不如“第一自然”变量那样明显。产生这种现象的原因有二,①“第一自然”与“第二自然”之间存在着一定的相关性;②“第一自然”虽然不是区域经济发展的决定因素,但仍有不小的影响。

表2 “人均农业产值”的OLS回归结果

Tab. 2 Simulation result of "per capita gross output value of agriculture" from the OLS model

解释变量	参数估计	std.error	t	sig.	多重共线性
常数项	-0.629	0.163	-3.858	0.001	
自然禀赋	1.108	0.265	4.184	0.000	1.371
生态建设	1.125	0.321	3.505	0.002	1.817
固定资本投入	0.021	0.222	0.095	0.925	1.148
可变要素投入	0.577	0.231	2.503	0.019	2.353
科教	0.658	0.234	2.817	0.009	1.622

注:复相关系数  $R = 0.852$ ;  $R^2 = 0.726$ ; 标准误 = 0.162;

$F(\text{sig.}) = 13.262 (0.000)$

表3 “人均GDP”的OLS回归结果

Tab. 3 Simulation result of "per capita GDP" from the OLS model

解释变量	参数估计	std.error	t	sig.	多重共线性
常数项	-0.245	0.064	-3.810	0.001	
自然禀赋	0.163	0.111	1.477	0.152	1.444
生态建设	0.288	0.128	2.253	0.033	1.744
固定资本投入	0.195	0.080	2.459	0.021	1.114
可变要素投入	0.331	0.097	3.425	0.002	2.500
科教	1.001	0.086	11.708	0.000	1.742

注:复相关系数  $R = 0.967$ ;  $R^2 = 0.935$ ; 标准误 = 0.066;

$F(\text{sig.}) = 72.247 (0.000)$

② 在进行逐步回归的过程中,有些子解释变量未能通过显著性检验,故进行了一些调整。剔除了“固定资本投入”中的“人均公路里程”;将“科教”中的“万人中农业科技推广服务人员数”改为“万人中在校大学生数量”。

③ 为了解释城市的空间发育,克鲁格曼提出了“两大自然”理论。他认为,气候、地貌、自然资源之类的东西,是天然带来的,是区域发展中的“第一自然”;经济的发展,带来了对贸易的强烈需求,此时,如资本、劳动力、区位、交通等“第二自然”就开始发挥作用。换言之,自然地理条件导致了经济发展过程中第一层次的比较优势,经济地理条件导致了第二层次的比较优势。

**4.3.2 社会生态补偿的合理性与补偿标准的讨论** 模拟的结果进一步印证了前面定性分析的结果。即在自然条件恶劣的地区,一方面,必须投入更多劳动和生产资料才能获取与自然条件优越地区相同的产出,这导致了其区域经济发展在先天上的不足;另一方面,当地脆弱的生态环境,迫使他们的生态建设投入远远超过了自然条件优越的地区。这些投入被计入当地的内部生产成本之中,而它带来的正外部性效应却长期被无偿享用。基于此,无论是从社会公平和区域协调发展的角度,还是从具体的生态保护投入方面,都应该对自然要素禀赋匮乏的地区进行相应的生态补偿。

由于地理要素禀赋是引起区际社会经济发展差异的重要影响因素,也是提出和实施社会生态补偿的根本原因。因此,在具体的社会生态补偿过程中,各地区地理要素禀赋的差异及其对社会公平和区域发展的影响程度,就应该成为实施补偿的重要标准。

## 5 “地理要素禀赋当量”的提出与应用

根据前文的讨论,社会生态补偿标准的测算过程,也就是度量各地地理要素禀赋的差异及其对区域社会经济发展影响程度的过程。结合前面计量模型的计算结果,笔者提出了“地理要素禀赋当量”的概念,进而讨论利用该指标来制定区域社会生态补偿的标准的可操作性和应用前景。

### 5.1 地理要素禀赋当量的提出

地理要素禀赋当量(EGE, Equivalent value of Geographical factor Endowment)是指同一大区域中,由于地理要素禀赋的差异而引起的各子区域社会经济发展的比较优势程度。当量值为零,则说明该子区域的地理要素禀赋与全区域的平均水平相当;当量值为正,则表明其禀赋高于平均水平,反之亦然。当量值越大,则表示与其他子区域相比,该子区域的社会经济发展越具有地理要素禀赋上的先天比较优势。

根据前文的分析,社会生态补偿可以大致分为两个层次:一是社会公平层次。由于自然地理条件的不同而引起的各地农业生产中投入产出中的先天不平等(同工不同酬),这有违社会公平,因而应对进行补偿;二是区域协调发展层次。随着人类文明的发展,自然地理条件的初始差异也会慢慢引起经济地理条件的不同,从而导致区域社会经济发展的差异,这也需要进行相应的协调和补偿。相应地,根据影响层次的不同,地理要素禀赋当量也可分为两大部分:①地理要素禀赋对人均农业产值产生的影响主要体现为自然地理条件的不同,所引起的各地农业生产中投入产出的先天不平等(同工不同酬),故将其定义为“社会公平当量”(Equivalent value of Social justice);②地理要素禀赋对“人均GDP”产生的影响则主要体现各地经济地理条件的不同,所带来的区域社会经济发展的差异,故将其定义为“区域发展当量”(Equivalent value of Regional Development)。其具体计算公式见式8和式9:

$$\begin{cases} EGE_{GT} = \sum_{i=1}^n G_i \\ EGE_{DT} = \sum_{j=1}^n D_j \end{cases} \quad (8)$$

式中: $EGE_{GT}$ 代表社会公平总当量; $EGE_{DT}$ 代表区域发展总当量; $G_i$ 、 $D_j$ 分别代表各个社会公平子当量和区域发展子当量,如生态系统服务当量,农业生产潜力当量等。其中:

$$\begin{cases} G = 100 \times (R_{im} - \bar{R}_i)(F_{Gi} \times W_{Gi}) \\ D_j = 100 \times (R_{jm} - \bar{R}_j)(F_{Dj} \times W_{Dj}) \end{cases} \quad (9)$$

在 $G_i$ 的计算公式中: $R_{im}$ 代表 $m$ 地区第 $i$ 项子解释变量的值; $\bar{R}_i$ 代表该项子变量的区域

平均值； $F_{Gi}$ 代表第*i*项子变量所对应的综合解释变量对人均农业产值的贡献率，即计量经济模型中的参数估计值； $W_{Gi}$ 代表第*i*项子变量在上一级综合解释变量中的权重，本文采用因子分析法获取。

在 $D_j$ 的计算公式中， $R_{jn}$ 代表*n*地区第*j*项子解释变量的值； $\bar{R}_j$ 代表该项子变量的区域平均值； $F_{Dj}$ 代表第*j*项子变量所对应的综合解释变量对人均GDP的贡献率； $W_{Dj}$ 代表第*j*项子变量在上一级综合解释变量中的权重，同样采用因子分析法获取。

对该公式的说明如下：①在计算过程中，原始数据(*R*值)均已利用极值标准化法进行过无量纲化和同趋化处理。② $G_i$ 和 $D_j$ 均乘以100是为了使当量值主要映射在[-100, 100]区间，以利于表达和分析。③ $(R - \bar{R})$ 项，用于代表该项子变量与区域平均水平的相对偏离程度；④ $(F \times W)$ 项，用于代表第*ij*个综合解释变量中的各子变量对于被解释变量(人均农业产值/人均GDP)变化的贡献程度。由回归模型的定义可知，直线的斜率等于沿着*X*方向移动一个单位时高度*Y*的变化量<sup>[31]</sup>，即可将*F*视为随着解释变量的变化，被解释变量的边际变化率。因而在计算公式中，*F*也就是第*ij*项解释变量的变化，对被解释变量(人均农业产值/人均GDP)变化的贡献程度。

因此，某一地区某项子变量的EGE当量值就可以通过变量在上一级区域中的丰歉程度与该子变量对社会公平和区域发展差异的贡献程度之积来表示。计算中涉及的主要参数见表4。

从地理要素禀赋当量的定义及其计算过程可以看出，地理要素禀赋当量既非简单的对各地自然资源禀赋的比较，也不是一味地进行区域间的“劫富济贫”。它是从社会公平的角度出发，将隐藏在区域社会经济发展背后的地理要素禀赋的作用加以定量化和显性化。因而，将地理要素禀赋当量作为区域间社会生态补偿的空间分配标准，体现了区域间平等

表4 地理要素禀赋当量计算中的变量与参数

Tab. 4 Variables and parameters used for calculating the equivalent value of geographical factor endowment

综合变量	回归系数		子变量	权重		边际贡献度	
	$F_{Gi}$	$F_{Dj}$		$W_{Gi}$	$W_{Dj}$	社会公平	区域发展
自然禀赋	1.1082	0.1630	农业生产潜力	0.1627	0.1627	0.1803	0.0265
			海拔	0.1645	0.1645	0.1823	0.0268
			坡度	0.1766	0.1766	0.1957	0.0288
			地形起伏度	0.1773	0.1773	0.1965	0.0289
			人均耕地面积	0.1546	0.1546	0.1713	0.0252
生态建设	1.1250	0.2880	人均自然灾害损失	0.1642	0.1642	0.1820	0.0268
			人均生态系统服务当量	0.2876	0.2876	0.3235	0.0828
			人均自然保护区机会成本	0.2899	0.2899	0.3262	0.0835
			人均防护林建设投资	0.2170	0.2170	0.2441	0.0625
			人均退耕还林投资	0.2055	0.2055	0.2312	0.0592
固定资本投入	0.0210	0.1950	人均公路里程	0.2444	--	0.0051	--
			农田水利设施	0.2600	0.3144	0.0055	0.0613
			农村居民家庭生产性固定资产原值	0.2378	0.3706	0.0050	0.0723
			人均农业机械总动力	0.2577	0.3150	0.0054	0.0614
可变要素投入	0.5770	0.3310	亩均化肥用量	0.2203	0.2203	0.1271	0.0729
			亩均柴油用量	0.1386	0.1386	0.0800	0.0459
			亩均农药用量	0.2224	0.2224	0.1283	0.0736
			亩均用电量	0.2144	0.2144	0.1237	0.0710
			亩均农用膜用量	0.2042	0.2042	0.1178	0.0676
科技教育	0.6580	1.0010	平均受教育年限	0.2038	0.2038	0.1341	0.2040
			人均科技活动经费	0.2780	0.2780	0.1829	0.2783
			万人中科技人员数	0.2786	0.2786	0.1833	0.2789
			农推服务人员数	0.2395	--	0.1576	--
			每万人专利授权数	--	0.2395	--	0.2397



的发展权, 有效地保证了社会公平。通过 EGE 这个区域间社会生态补偿的相对标准, 中央政府就可以很容易的制定区域间的生态补偿政策, 有效地避免以往生态补偿政策制定中的“一刀切”现象。

### 5.2 地理要素禀赋当量的应用

**5.2.1 应用范围分析** 社会生态补偿是生态补偿理论在其发展过程中出现的新领域, 它与自然生态补偿和经济生态补偿既有联系, 又有区别, 三者共同构成了生态补偿理论的完整体系。从图 1 中可以看出, 社会生态补偿主要是在较大的地域尺度上, 对区域间生产力与生产关系的深度调控, 从而实现区域的整体可持续发展。社会生态补偿的这些特征决定了地理要素禀赋当量的应用范围主要应该是在宏观区域政策的制定方面, 如国家针对各地区的中央财政转移支付、财政补贴、生态税费收取、对口支援与补偿等区域政策的制定。

**5.2.2 区域生态补偿政策的制定依据** 利用《中国统计年鉴 2008》、《中国农村统计年鉴 2008》和《中国农业年鉴 2008》中的数据, 结合前文提出的公式, 可以计算出 2007 年全国各省的地理要素禀赋当量 (图 2)。

在综合性较强的区域生态补偿政策制定过程中, 地理要素禀赋当量值可以在以下方面发挥作用: ① 补偿主体和受偿主体的确定。通过前文的计算公式可知, 如果某地区的 EGE 值为正, 则表明该地区的社会经济发展具有地理要素禀赋上的先天比较优势, 从而使其的发展速度高于全国平均速度; EGE 值为负, 则表明该地区的发展受到了较

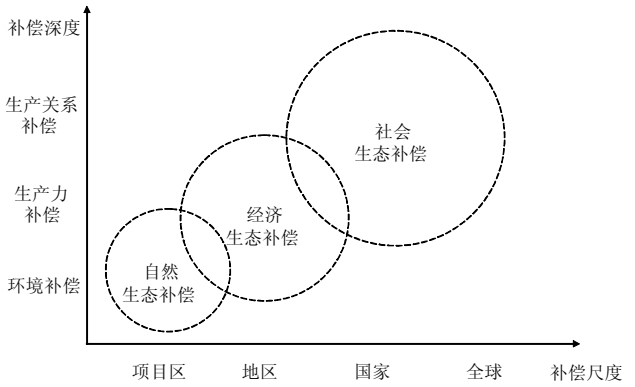


图 1 社会生态补偿的基本特征

Fig. 1 Basic properties of social ecological compensation

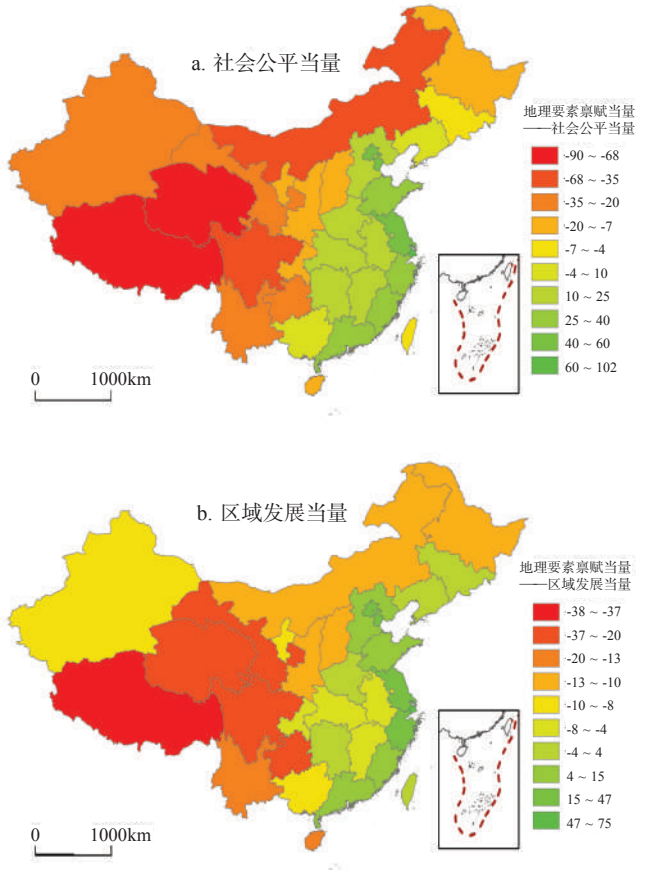


图 2 2007 年中国地理要素禀赋当量的空间分布格局<sup>④</sup>

Fig. 2 Spatial distribution pattern of "equivalent value of geographical factor endowment" in China, 2007

④ 新疆省两个当量的差异比较大。在全国 31 个省、直辖市中, 新疆省的社会公平当量排在第 25 位, 而区域社会经济发展当量则上升到第 18 位。这是因为就总体的自然资源条件而言, 新疆省在全国处于较低的水平; 但在新疆经济中, 农业所占比例较小 (2007 年, 新疆产业结构为 18:47:35), 且其经济总量也较大, 排在西北五省 (新疆、西藏、甘肃、青海、宁夏) 之首。故而其区域发展当量较高。

劣的地理要素禀赋条件的制约。因此，在社会生态补偿政策的制定过程中，可以很清楚地确定补偿主体和受偿主体。即应由 EGE 为正的地区补偿 EGE 为负的地区。

② 补偿标准的制定。EGE 是对地理要素禀赋差异及其对区域发展影响程度的度量。因此，EGE 值越大，则表示与其他

地区相比，该地区在社会经济发展过程中，越受益于地理要素禀赋上的先天比较优势。因此，从社会公平和区域协调发展的角度而言，EGE 值越大的地区，其补偿标准应该越高；反之，EGE 值越小的地区，其受偿标准就越高。③ 补偿类型的选择。不同的生态补偿政策有不同的补偿目的。通过对社会公平当量和区域发展当量的选择和组合，可以更有针对性地制定相应的补偿政策。如政府在制定中国西部的粮食生产或农机具购置的中央财政转移支付或补贴政策时，可以主要依据西部各省的社会公平当量来确定各省的补贴比例；而在制定科技教育、公共基础设施建设等与区域社会经济发展关系更为密切的财政补贴政策时，则应主要依据区域发展当量来确定各地区的补贴比例。

5.2.3 单项生态补偿政策的制定依据 囿于财力，国家很难对欠发达地区进行高强度的全面补偿，而往往是选择一些迫切需要解决的重点问题，拟定单独的生态补偿政策。由于地理要素禀赋当量是由各子当量综合而成，因此，也可以通过对 EGE 内部组分结构的对比分析，找出各地区地理要素禀赋中的优势和短板，从而为单项生态补偿政策的制定提供科学依据 (图 3)。

现以“社会公平当量”为例，选择黑龙江和内蒙古进行分析。受益于其广阔的辖区范围和较为平坦的地形，两个省在“人均耕地”和各类地形指标上高于全国水平 (大于零)。但在“人均灾害损失”方面，二者的当量值却远远落后于全国平均水平。过多的自然灾害

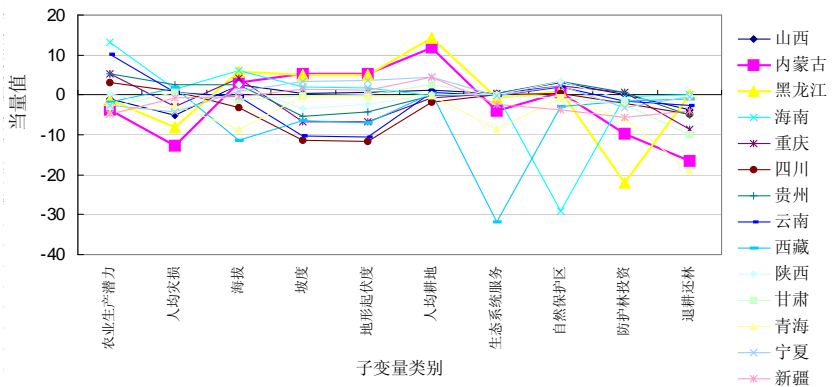


图3 需要进行生态补偿的各省社会公平当量结构

Fig. 3 The structure of equivalent value of social justice in various provinces that needs ecological compensation

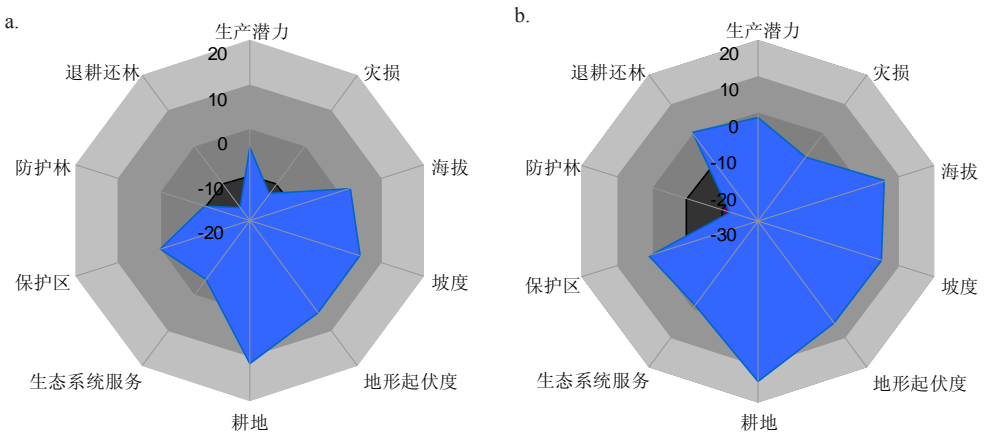


图4 内蒙古 (a)、黑龙江 (b) 社会公平当量结构

Fig. 4 The structure of equivalent value of social justice in Inner Mongolia (a) and Heilongjiang (b)

迫使他们加大生态保育方面的投入。因而,黑龙江的人均防护林建设投入为全国之最,内蒙古则把主要精力放在了退耕还林还草上。从国家层面上讲,针对这两省的社会生态补偿政策,应包括如下内容:①应将工作重点放在当地自然灾害的治理上,完善相关基础设施,努力提高其防灾减灾能力;②提高对二省生态短板的补偿标准。如在防护林建设中,国家投资应向黑龙江省倾斜;在退耕还林还草工程中,国家补偿标准应向内蒙古省倾斜。具体优惠幅度可以根据各省该项当量值的相互比较来确定。

## 6 结论

(1) 科学确定区域补偿标准是生态补偿研究中的核心和关键。本文通过分析区域间地理要素禀赋差异对区域发展的影响,首次提出了社会生态补偿的区域空间分配标准,为生态补偿标准的确定提供了一个新的思路,有助于区域生态补偿政策的制定和落实。

(2) 定性验证和模型模拟分析的结果表明:区域间地理要素禀赋的差异将对区域间社会经济的发展造成3层社会不公,如果不加干预,将威胁到整个区域的协调发展。因此,实施社会生态补偿,是各区域获得平等的生存权、环境权和发展权的有力保障,也是促进区域间协调、平衡和可持续发展的必要保证。

(3) 利用计量模型的模拟结果,构建了“地理要素禀赋当量”指标,用于表征全国范围内,由于地理要素禀赋的差异而引起的各省社会经济发展的比较优势程度。利用该指标,可以科学确定区域间社会生态补偿的空间分配标准,有效地避免以往生态补偿政策制定中的“一刀切”现象。

(4) 本文只是利用地理要素禀赋当量指标,对社会生态补偿标准的制定进行了初步探讨。在指标体系的构建、社会生态补偿内部机制、具体的生态补偿政策的制定等方面,还有待于在以后的研究中进一步讨论和完善。

**致谢:**于伯华博士和刘林山博士在GIS技术上提供了大量帮助;地球系统科学数据共享平台提供了大量基础数据。在此,谨表以诚挚的感谢!

## 参考文献 (References)

- [1] Yang Guangmei, Min Qingwen, Li Wenhua et al. Scientific issues of ecological compensation research in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(10): 4289-4300. [杨光梅, 闵庆文, 李文华等. 我国生态补偿研究中的科学问题. *生态学报*, 2007, 27(10): 4289-4300.]
- [2] Lai Li, Huang Xianjin, Liu Weiliang. Advances in theory and methodology of ecological compensation. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(6): 2870-2877. [赖力, 黄贤金, 刘伟良. 生态补偿理论、方法研究进展. *生态学报*, 2008, 28(6): 2870-2877.]
- [3] Li Wenhua, Li Fen, Li Shidong et al. The status and prospect of forest ecological benefit compensation. *Journal of Natural Resources*, 2006, 21(5): 677-688. [李文华, 李芬, 李世东等. 森林生态效益补偿的研究现状与展望. *自然资源学报*, 2006, 21(5): 677-688.]
- [4] Yu Hai, Ren Yong. Key issues of watershed eco-compensation mechanism: A case study in water source areas of South-to-North Water Transfer. *Resources Science*, 2007, 29(2): 28-33. [俞海, 任勇. 流域生态补偿机制的关键问题分析: 以南水北调中线水源涵养区为例. *资源科学*, 2007, 29 (2): 28-33.]
- [5] Qian Shuimiao, Wang Huaizhang. On the building of basin-ecological-compensation: From a just viewpoint. *Journal of China University of Geosciences: Social Sciences Edition*, 2005, 5(5): 80-84. [钱水苗, 王怀章. 论流域生态补偿的制度构建: 从社会公正的视角. *中国地质大学学报: 社会科学版*, 2005, 5(5): 80-84.]
- [6] Wu Xiaoqing, Hong Shangqun, Duan Changqun et al. Inter-regional ecological compensation system and regional co-ordinative development. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2003, 12(1): 13-16. [吴晓青, 洪尚群, 段昌群等. 区际生态补偿机制是区域间协调发展的关键. *长江流域资源与环境*, 2003, 12(1): 13-16.]
- [7] Wunder S. Payments for environmental services: Some nuts and bolts CIFOR. *Occasional Paper*, 2005, 24(42): 1-14.
- [8] Stefanie Engel, Sven Wunder, Stefano Pagiola. Designing payments for environmental services in theory and practice:

- An overview of the issues. *Ecological Economics*, 2008, 65(4): 663-674.
- [9] Kosoy N, Martinez-Tuna M, Muradian R et al. Payments for environmental services in watersheds: Insights from a comparative study of two cases in Central America. *Ecological Economics*, 2007, 61(2): 446-455.
- [10] Pagiola S, Agostin A, Platais G. Can payments for environmental services help reduce poverty? An exploration of the issues and the evidence to date from Latin America. *World Development*, 2004, 33(2): 237-253.
- [11] Robertson N, Wunder S. Fresh tracks the "forest": Assessing incipient payments for environmental services initiatives in Bolivia. CIFOR, Bogor, 2005: 1-10.
- [12] Turpie J K, Marais C, Blignaut J N. The working for water programmer: Evolution of a payments for ecosystem services mechanism that addresses both poverty and ecosystem service delivery in South Africa. *Ecological Economics*, 2008, 65(4): 788-798.
- [13] Duan Jing, Yan Yan, Wang Danyin et al. Principle analysis and method improvement on cost calculation in watershed ecological compensation. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(1): 221-227. [段靖, 严岩, 王丹寅 等. 流域生态补偿标准中成本核算的原理分析与方法改进. *生态学报*, 2010, 30(1): 221-227.]
- [14] Wätzold F, Drechsler M. Spatially uniform versus spatially heterogeneous compensation payments for biodiversity-enhancing land-use measures. *Environmental and Resource Economics*, 2005, 31: 73-93.
- [15] Whitby M, Saunders C. Estimating the supply of conservation goods in Britain: A comparison of the financial efficiency of the policy instruments. *Land Economics*, 1996, 72(3): 313-325.
- [16] Qin Yanhong, Kang Muyi. A review of ecological compensation and its improvement measures. *Journal of Natural Resources*, 2007, 22(4): 557-567. [秦艳红, 康慕谊. 国内外生态补偿现状及其完善措施. *自然资源学报*, 2007, 22(4): 557-567.]
- [17] Xiang Wei. Cost of ecological restoration in the farming-pastoral zone of northern China. *Journal of Natural Resources*, 2006, 21(1): 92-99. [相伟. 我国北方农牧交错带生态建设成本体系研究. *自然资源学报*, 2006, 21(1): 92-99.]
- [18] Zheng Haixia, Zhang Lubiao. Research on the standardization of compensation for the service of ecosystem in river valley. *Environmental Protection*, 2006, 1A: 42-45. [郑海霞, 张陆彪. 流域生态服务补偿定量标准研究. *环境保护*, 2006, 1A: 42-45.]
- [19] Johst K, Drechsler M, Watzold F. An ecological-economic modeling procedure to design compensation payments for the efficient spatio-temporal allocation of species protection measures. *Ecological Economics*, 2002, 41: 37-49.
- [20] Xiong Ying, Wang Kelin, Lan Wanlian, et al. Evaluation of the lake recovery area eco-compensation in Dongting Lake wetland. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(5): 771-780. [熊鹰, 王克林, 蓝万炼 等. 洞庭湖区湿地恢复的生态补偿效应评估. *地理学报*, 2004, 59(5): 771-780.]
- [21] Li Xiaojian, Zhou Xiongfai, Zheng Chunhui. Geography and economic development in rural China: A township level study in Henan Province, China. *Acta Geographica Sinica*, 2008, 63(2): 147-155. [李小建, 周雄飞, 郑纯辉. 河南农区经济发展差异地理影响的小尺度分析. *地理学报*, 2008, 63(2): 147-155.]
- [22] Qiao Jiajun, Xu Limin. Elevation factors of input-output on cultivated land in mountainous area: A case in Wugou Village, Henan, China. *Resources Science*, 2005, 27(6): 53-57. [乔家君, 许立民. 山区耕地资源投入产出的高程因子分析: 以河南吴沟村为例. *资源科学*, 2005, 27(6): 53-57.]
- [23] Li Xiaojian, Qiao Jiajun. Impact of landform on input-output of man-land system in farmland of mountainous region: A micro-study of a small village in Wugou of Henan Province. *Geographical Research*, 2004, 23(6): 717-726. [李小建, 乔家君. 地形对山区农田人地系统投入产出影响的微观分析: 河南省巩义市吴沟村的实证研究. *地理研究*, 2004, 23(6): 717-726.]
- [24] Bureau of Soil Census in China. *Soil Data Census in China*. Beijing: China Agriculture Press, 1997. [全国土壤普查办公室. 中国土壤普查数据. 北京: 中国农业出版社, 1997.]
- [25] Xie Gaodi, Zhen Lin, Lu Chunxia et al. Expert knowledge based valuation method of ecosystem services in China. *Journal of Natural Resources*, 2008, 23(5): 911-919. [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. *自然资源学报*, 2008, 23(5): 911-919.]
- [26] Li Yurui, Bian Xinmin. The regional pattern changes of grain production in Jiangsu Province. *Areal Research and Development*, 2008, 27(2): 113-117. [李裕瑞, 卞新民. 江苏省粮食生产地域格局变化研究. *地域研究与开发*, 2008, 27(2): 113-117.]
- [27] Guo Xiaodong, Niu Shuwen, Wu Wenheng et al. The character of spatial-temporal evolvement of rural economy level of China in recent 30 years. *Economic Geography*, 2009, 29(3): 466-471. [郭晓东, 牛叔文, 吴文恒 等. 近30年来我国农村经济发展水平的时空演变特征. *经济地理*, 2009, 29(3): 466-471.]
- [28] Ricardo D. *The Principle of Political Economy and Taxation*. London: Gaernsey Press, 1817.
- [29] Porter M E. *Competitive advantage, agglomeration economies and regional policy*. *International Regional Science*

Review, 1996, 19(1): 85-90.

[30] Krugman P. First nature, second nature and metropolitan location. *Journal of Regional Science*, 1993, 33: 129-144.

[31] Mi Hong, Zhang Wenzhang. *Practical Modern Statistical Analysis Method and SPSS Application*. Beijing: Contemporary China Press, 2000: 121-131. [米红, 张文璋. 实用现代统计分析方法与SPSS应用. 北京: 当代中国出版社, 2000: 121-131.]

## The Determination of Social Ecological Compensation Standard Based on "Equivalent Value of Geographical Factor Endowment"

ZHANG Wei<sup>1,2</sup>, ZHANG Hongye<sup>1</sup>, ZHANG Yifeng<sup>1</sup>

(1. *Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;*

2. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*)

**Abstract:** Ecological compensation is a hot subject in academic studies, and the determination of spatial allotment standard is the key point in the research of ecological compensation. There are two kinds of thoughts in the determination of regional spatial allotment standard at present: "Evaluation of ecological construction cost" and "Evaluation of ecosystem services value". This paper analyzes the relationships between social ecological compensation and regional socio-economic development, and established an econometrics model with the data of 2007 from various provinces in China. Through this model, the impacts of geographical factor endowment on the regional socio-economic development in various provinces were analyzed from the angle of social justice, and the concept of "Equivalent value of Geographical factor Endowment" (EGE for short) was proposed. On this basis, we analyze the application prospect of EGE in the policy decision making of regional ecological compensation. The results show that: (1) The implementation of the social ecological compensation is not only an effective guarantee for each region to obtain the equal rights of survival, development and decent environment, but also an essential assurance to the coordinated, balanced and sustainable development among various regions; (2) the regional difference of geographical factor endowment is an important cause for the regional spatial variation of socio-economic development, so the geographical factor endowment is an important basis for the determination of social ecological compensation standard; (3) based on the EGE, we can determine the spatial allotment standard of social ecological compensation scientifically, and avoid the "sweeping approach" phenomenon in the policy making of ecological compensation effectively.

**Key words:** social ecological compensation; geographical factor endowment; compensation standard; social justice; China