

# Quantitative Research on Multidimensional Payment for Ecosystem Services' of Three Gorges Reservoir Area (Chongqing Section)

Lidan Cheng<sup>1\*</sup>, Huimin Liu<sup>1</sup>, Liying Liu<sup>2</sup>, Dongjie Guan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>College of Architecture and Urban Planning, Chongqing Jiaotong University, Chongqing

<sup>2</sup>College of Hohai, Chongqing Jiaotong University, Chongqing

Email: \*cldheipingguo@163.com

Received: Oct. 3<sup>rd</sup>, 2018; accepted: Oct. 18<sup>th</sup>, 2018; published: Oct. 25<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

As one of the internationally recognized ecological environmental protection methods, ecological compensation has become a hot issue for scholars from all walks of life. This paper takes the Three Gorges Reservoir Area (Chongqing Section) as the research area, and constructs the multi-dimensional measurement index system of ecological compensation standard with ecological, economic and social equity as the entry point, and constructs ecological compensation by using ecological service value method, opportunity cost method and conditional value method. Standard multi-dimensional measurement models, after coefficient correction and calculation, determine the ecological compensation standard quota, analyze the spatial pattern evolution process of inter-regional ecological compensation standard, scientifically formulate the allocation standard of ecological compensation in different regions of Chongqing Three Gorges Reservoir Area, and propose Chongqing Three Gorges Reservoir Area—the regulation mechanism of ecological compensation standards. The research results show that from the ecological point of view, the eco-compensation amount of Chongqing Three Gorges Reservoir Area in 2015 is 1.09 billion Yuan calculated by the ecological service value method. From the economic point of view, the ecological environment of Chongqing Three Gorges Reservoir in 2015 is calculated by the opportunity cost method. The compensation amount is 1.009 billion Yuan; from the perspective of social equity, the compensation for the Three Gorges reservoir area in Chongqing in 2015 is 6.637 billion Yuan and the willingness to pay is 2.552 billion Yuan; the results show that the accuracy of compensation for natural geographical factors and economic factors is obviously better than that of social human factors compensation. When formulating ecological compensation standards, it mainly refers to the measured values of natural and economic factors, which provides a reference for the scientific formulation of ecological compensation standards.

## Keywords

Payment for Ecosystem Services, Three Gorges Reservoir Area, Multiple Dimensions Model, Quantization Mechanism

---

\*通讯作者。

# 三峡库区(重庆段)生态补偿额度多维度量化研究

程丽丹<sup>1\*</sup>, 刘慧敏<sup>1</sup>, 刘丽颖<sup>2</sup>, 官冬杰<sup>1</sup>

<sup>1</sup>重庆交通大学建筑与城市规划学院, 重庆

<sup>2</sup>重庆交通大学河海学院, 重庆

Email: cldheipingguo@163.com

收稿日期: 2018年10月3日; 录用日期: 2018年10月18日; 发布日期: 2018年10月25日

## 摘要

生态补偿作为当前国际公认的生态环境保护手段之一, 如何量化生态补偿标准, 已成为各界学者研究的热点问题。本文以三峡库区(重庆段)为研究区域, 以生态、经济、社会公平度为切入点构建生态补偿标准多维度量化指标体系, 运用生态服务价值法、机会成本法和条件价值法构建生态补偿标准多维度量化模型, 经过系数修正并进行测算, 确定出生态补偿标准额度, 剖析区域间生态补偿标准空间格局演变过程, 科学制定重庆三峡库区不同区域生态补偿的分配标准, 提出重庆三峡库区生态补偿标准的调控机制。研究表明: 从生态角度出发, 通过生态服务价值法测算出的2015年重庆三峡库区生态补偿额度为10.99亿元; 从经济角度出发, 通过机会成本法测算出的2015年重庆三峡库区生态补偿额度为10.09亿元; 从社会公平角度出发, 通过条件价值法测算出的2015年重庆三峡库区受偿意愿补偿额度为66.37亿元、支付意愿补偿额度为25.52亿元; 结果表明在空间上自然地理要素和经济要素的补偿测算准确度明显优于社会人文要素补偿测算, 制定生态补偿标准时主要参考自然和经济要素的测算值, 为科学制定生态补偿标准提供参考。

## 关键词

生态补偿, 三峡库区, 多维度模型, 量化机制

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

生态资源是一切生物进行活动的基础物质资源, 在对生态环境进行开发利用的时候, 人们只考虑其直接产生的经济使用价值, 而忽略其本身存在的生态效益, 导致生态资源为人类所提供的生态服务价值日益减少, 生态系统所承受的生态压力也日趋严重。生态补偿逐渐成为各界学者的研究热点, 在国际上, 前期是关于生态补偿理论的基础研究, 后期则更加侧重于资源环境及社会经济效果分析以及补偿效率分析在微观层面的研究, 基于国外较为成熟的体系化生态补偿理论, 我国于20世纪90年代初基于实际国情开展了生态补偿机制领域的研究, 定性定量相结合, 理论与实践论证相结合, 进行了关于生态补偿基础概念、含义、标准、原则、范围及政策等的深入探讨, 以及生态系统服务价值的量化研究, 逐

步在我国建立生态补偿机制[1]-[7],在空间尺度上的研究成果主要集中于要素、流域和区域领域。由于生态补偿其概念定义、理论依据、测算方法等核心问题难以达成共识,确立经济补偿的标准成为了生态补偿研究的核心和难点,合理的生态补偿量决定了生态补偿实施的可行性和有效性。就生态补偿标准确定方法的研究成果,总归纳如下三种方法:生态服务价值法、机会成本法及支付意愿法[8][9][10][11]。本文基于这三套独立的方法系统,以三峡库区(重庆段)为研究区域,从生态、经济、社会公平度多维的角度切入,对重庆三峡库区生态补偿标准进行量化分析,利用数学方法和统计学手段构建生态补偿标准多维度量化模型,从而确定出区域间生态补偿标准额度,对建立生态补偿的分配标准有着重要的现实意义,同时为其它大型库区或典型库区提供典型范例依据。

## 2. 研究区域

本文的研究区域三峡库区(重庆段)包括重庆市 22 个区县:渝北区、渝中区、大渡口区、九龙坡区、沙坪坝区、江北区、巴南区、南岸区、北碚区(主城九区)、江津区、武隆县、涪陵区、丰都县、长寿县、忠县、石柱县、万州区、开县、云阳县、奉节县、巫山县、巫溪县。三峡库区(重庆段)的幅员面积约为 46,158.53 km<sup>2</sup>,占整个三峡库区总面积的 85.6%,位于长江上游的末端区域,是长江流域生态安全的全国性生态屏障地区,也是中国乃至世界最为特殊的生态功能区之一。三峡库区作为国内最大的水利枢纽建设工程,具有减灾防洪、城市供水、涵养水源、保持水土、净化空气、发电灌溉、航运枢纽、传承文化、旅游度假等方面的综合效益,同时,对三峡库区的土地利用类型转换、生态安全维护产生了深远影响。库区的生态环境变化成为人们关注的焦点,其中与三峡工程有关的生态补偿机制更是关注的重点方向(图 1)。

## 3. 研究方法

### 3.1. 基于生态价值角度的生态补偿额度量化方法

考虑到本研究区域的实际情况及当前研究进展,采用中国生态系统单位面积生态服务价值当量因子表(谢高地等 2008 年最新修订版本)[12],结合三峡库区(重庆段)实际生态特征进生态服务价值当量修正。

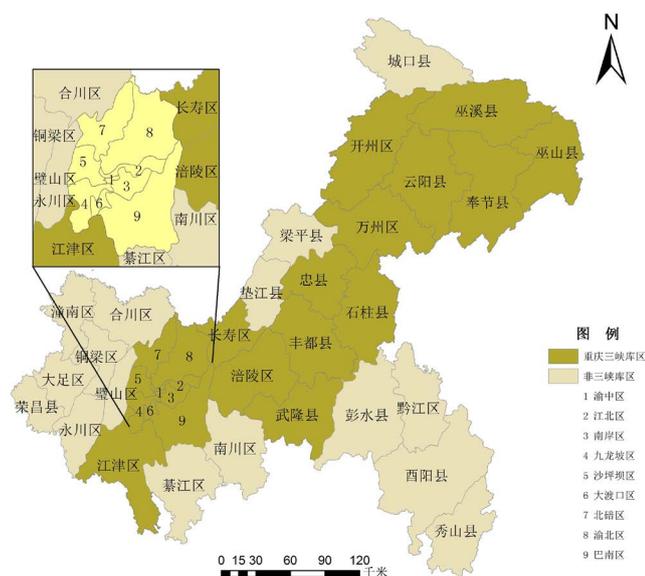


Figure 1. Three Gorges reservoir area (Chongqing section) administrative divisions  
图 1. 三峡库区(重庆段)行政区划图

定义, 全国平均产量的农田其每年自然粮食产量的经济价值为 1, 根据其他生态系统产生的生态服务相对于农田食物生产服务贡献的大小, 确定生态服务价值为当量因子的经济价值量为全国平均粮食单产市场价值的倍数, 将权重因子表转换成生态系统服务单价表。可以根据下列公式进行生态系统服务单价表的转换。

$$Ea = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^n \frac{m_i p_i q_i}{M}, i = (1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式中,  $Ea$  为单位农田生态系统提供食物生产服务功能的经济价值(元/hm<sup>2</sup>);  $i$  为作物种类,  $p_i$  为种粮食作物全国平均价(元/kg),  $q_i$  为种粮食作物单产(kg/hm<sup>2</sup>);  $m_i$  为种粮食作物面积(hm<sup>2</sup>);  $M$  为粮食作物总面积。

人类活动和其他生物的利用不同, 因此会表现出不同的生态服务价值。本研究内容以 2015 年重庆市稻谷、玉米、小麦三种主要作物为研究基准, 由统计资料可知, 稻谷、小麦、玉米的单价分别为 2.36 元/kg、1.98 元/kg 和 1.87 元/kg, 面积分别为 683,904 hm、150,532 hm 和 461,886 hm, 单产为 7582.55 公斤/hm、3051.20 公斤/hm 及 5446.36 公斤/hm, 粮食总面积为 2,243,888 hm。本文参考谢高地等[10]不同生态系统单位面积生态服务价值系数得出单位面积生态系统服务价值的计算公式为:

$$VAL = \sum (ACR_k \times COEF_k) / ACR_{total} \quad (2)$$

式中,  $VAL$  为研究区单位面积生态系统服务总价值, 单位为元;  $ACR_k$  为第  $k$  种土地利用类型面积, 单位为 km<sup>2</sup>;  $COEF_k$  为第  $k$  种土地利用类型的生态服务价值系数,  $ACR_{total}$  为土地总面积。

### 3.2. 基于经济效益角度的生态补偿额度量化方法

由于区域间的生态环境保护措施存在差异性, 因此对各区域的经济发展的影响不同, 所导致的机会成本也不同, 本研究采用机会成本法计算生态价值角度的生态补偿额度。以三峡库区 22 个区县为样本区域, 对于在建设规划中, 被划入限制或禁止开发而丧失部分或全部工业增长“机会”的区域其损失的相关利益, 运用构建的单项机会成本模型, 进行测算得出减半的总收入, 以此获取基于经济效益角度的生态补偿额度。(所用参数主要来自三峡库区 22 个主要区县统计年鉴及其各年国民经济和社会发展统计公报)。

选择三峡库区 22 个区县做样本分析一方面具有“显著性”, 最近 10 多年来该区区县经济社会快速发展与其工业迅猛增长的因果或联动关系有目共睹, 反过来若限制或阻止其工业增长对其经济社会发展所带来的负面影响也显而易见; 另一方面该区区县在受工业增长影响方面也是一个比较“极端”的特例, 由其历史数据回归分析得来的影响程度系数可能不具普遍性。但由于每个特定的限制或禁止开发区域(单元)的机会成本都是按其各自的增长轨迹或源数据进行回归分析所得出的, 所以并不影响上述计量模型的运用[13]。

利用 SPSS19.0 软件, 选用工业增长水平指标(工业总产值)作为自变量, 相关经济产出指标(各区县年度总收入)作为因变量。通过逐个进行回归分析得出相关经济产出指标受工业增长影响的程度。通过以三峡库区(重庆段)22 个主要区县 2006 年至 2015 年的工业总产值与地方财政收入值做相关的回归和预测分析, 得到反映二者联动关系的相应计量模型, 据此测算出三峡库区 22 个主要区县在工业正常增长下 2015 年的预期地方财政收入  $Y$ 。利用 2006 年到 2013 年的重庆三峡库区各区县生产总值  $y$  和工业生产总产值  $x$ , 年份以 2006 年为第一年, 即  $t = 1$ 。运用 SPSS 软件进行回归分析, 运用线性相关计算式: 可以得到生产总值  $y$  与  $x$  和  $t$  的关系。再采用移动平均的方法, 进行两次平均预测 2015 年的工业生产总产值  $x$ 。根据生态补偿公式:

$$OC(\text{损失价格}) = \text{正常生产总值}y - \frac{1}{2} \text{生产总产值}x \quad (3)$$

$$EC(\text{生态补偿价格}) \geq OC \quad (4)$$

$1/2y$  即为因环境保护而默认损失的一半工业生产总值, 为财政收入的损失。将 2006 年到 2013 年的工业生产总值增长量减半, 得到新的工业生产总值  $x$ , 利用上述方法得到一个新的  $y$  值即 2015 年的工业生产总值。取最低生态补偿价格为等于财政收入损失, 即得到 2015 年三峡库区重庆段生态补偿值。

### 3.3. 基于经济效益角度的生态补偿额度量化方法

意愿调查法是 Ciriacy Wantrup [14] 于 1947 年提出的, 该方法被大量应用于非市场化物品的价值评估, 提出在任何一个经济补贴标准的制定中必须加入受偿者的受偿意愿。本研究采用意愿调查法确定基于社会公平维度下的生态系统服务功能价值及辖区内的支付意愿及受偿意愿。调查以抽样调查的形式围绕受偿群体及支付群体的基本特征、社会经济特征及其对三峡库区生态系统的认知等进行设计并实施。

本文采用条件价值评估法获知补偿者的支付意愿或受补偿意愿来实现虚拟估值, 最大支付意愿的补偿标准是利用实地调查得到的人均最大支付意愿额度与常住人口的乘积得到, 估算公式:

$$P = WTP \times pop \quad (5)$$

式中  $P$  为支付补偿及接受补偿的总数额,  $WTP$  为最大支付意愿,  $pop$  为常住人口数量。说明支付意愿是“过程依赖型”的, 受问卷设计及人为主观因素中各个环节的影响, 因此得出的结果呈现主观性、不确定性, 不能得出稳定的消费者偏好。

## 4. 结果

### 4.1. 生态价值角度量化结果

根据生态系统服务价值法, 测算出三峡库区(重庆段)1 个生态服务价值当量因子的经济价值量为 1136.86 元/hm<sup>2</sup>, 得到 2015 年三峡库区生态系统单位生态面积生态服务价值为: 森林 3.1967 万元/hm<sup>2</sup>、草地 1.3267 万元/hm<sup>2</sup>、农田 0.8981 万元/hm<sup>2</sup>、水域 6.2266 万元/hm<sup>2</sup>、荒漠 0.158 万元/hm<sup>2</sup>, 其中水域的生态服务总价值最高。

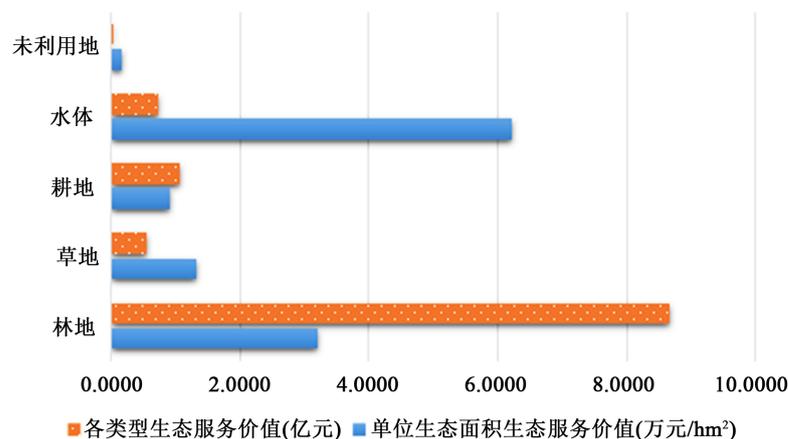
水域在气候调节、水源涵养、废物处理上的调节能力表现最好, 这和水体本身的生态功能密切相关。其次为森林、草地、农田和荒漠。由于水域的生态服务价值相对很高, 在进行 22 个区县区域差异性生态补偿标准研究是要考虑该区县水域面积的相对大小。这种参考手法同样适用于其他库区对于生态服务价值量的研究。但由于一些地区例如重庆森林的面积比重较大, 对最终测算的生态补偿额度, 森林的影响表现为最大, 反之水域影响并非表现为最大, 说明不能只参考单一指标服务价值量的水平高低。

将生态系统类型与土地利用类型联系起来, 农田、森林、草地、湿地和荒漠分别对应为耕地、林地、草地、水体和未利用地。2015 年三峡库区林地、草地、耕地、水体和未利用地的面积分别为 27,015.27 hm<sup>2</sup>、4173.45 hm<sup>2</sup>、11,892.55 hm<sup>2</sup>、1171.52 hm<sup>2</sup> 和 297.43 hm<sup>2</sup>, 测算出 2015 年三峡库区各土地类型生态服务总价值。2015 年三峡库区的生态服务总价值为 10.99 亿元。其中森林的生态服务价值最高, 为 8.6364 亿元, 约占生态服务总价值的 78.57%; 荒漠的生态服务价值最低, 为 0.0047 亿元, 约占生态服务总价值的 0.043%。

如图 2 可知, 利用 2015 年重庆三峡库区 22 个区县的土地利用数据, 得到各个区县具体的生态服务价值量(如表 1)。

### 4.2. 经济效益角度量化结果

由于区域间的生态环境保护措施存在差异性, 因此对各区域的经济发展的影响不同, 所导致的机会成本也不同, 本研究以三峡库区 22 个区县为样本区域, 采用机会成本法计算生态价值角度的生态补偿额度, 如表 2。



**Figure 2.** Ecological service value of ecological area ( $\text{yuan}/\text{hm}^2$ ) and ecosystem service value of each type of land in three gorges reservoir area (Chongqing section) in 2015 (100 million yuan)

**图 2.** 2015 年三峡库区(重庆段)各土地类型单位生态面积生态服务价值( $\text{元}/\text{hm}^2$ )及生态系统生态服务价值图(亿元)

**Table 1.** Ecological services value of each district in three gorges reservoir area (Chongqing section) in 2015 (100 million yuan)

**表 1.** 2015 年三峡库区(重庆段)各个区县生态服务价值(亿元)

区县名称	生态服务价值	区县名称	生态服务价值
渝中区	0.0047	北碚区	0.1645
大渡口区	0.0198	渝北区	0.2807
江北区	0.0390	巴南区	0.4032
沙坪坝区	0.0708	涪陵区	0.6741
九龙坡区	0.0891	长寿区	0.2870
南岸区	0.0589	江津区	0.7647
巫山县	0.6948	武隆县	0.7781
巫溪县	1.0621	石柱县	0.7825
万州区	0.8583	开州区	0.9056
丰都区	0.6909	云阳县	0.8613
忠县	0.4988	奉节县	1.0034

### 4.3. 社会公平角度量化结果

通过问卷调查的形式获取 2015 年重庆三峡库区愿意支付及接受补偿的额度：以三峡库区重庆段 22 个区县为样本，进行问卷调查。发出问卷 250 份，有效问卷共计 237 份，其中网上有效问卷共 100 份，纸质有效问卷共 137 份。问卷发放地区含三峡库区重庆段的库尾、库首以及库腹。遵循“谁破坏谁补偿，谁保护谁受益”的原则，三峡库区重庆段上游保护下游生态环境，上游接受补偿、下游支付补偿。问卷的设计围绕受益群体及待补偿群体展开，由于三峡库区与水资源生态系统其自然功能的属性较多，按照生态功能区划，其利益主体及经济损益关系也不尽相同。针对调查问卷的结果，表 3 明确了三峡库区重庆段生态补偿的主体与客体。

并针对受益群体的支付意愿及待补偿群体的受偿意愿进行调查，关于辖区内愿意接受的补偿额度及愿意支付的资额度结果，如表 4。

**Table 2.** Ecological compensation prices in the three gorges reservoir area (Chongqing section) in 2015 (10,000 yuan)  
**表 2.** 2015 年三峡库区(重庆段)生态补偿价格(万元)

区县名称	生态服务价值	区县名称	生态服务价值
渝中区	762.79	北碚区	15,337.05
大渡口区	1976.49	渝北区	40,814.14
江北区	432.14	巴南区	1914.24
沙坪坝区	1973.69	涪陵区	580.24
九龙坡区	5393.41	长寿区	654.15
南岸区	19,287.54	江津区	733.28
巫山县	622.09	武隆县	623.84
巫溪县	504.96	石柱县	292.01
万州区	4646.87	开州区	1531.19
丰都区	495.14	云阳县	707.00
忠县	1154.16	奉节县	622.09

**Table 3.** Ecological function economic profit and loss table of three gorges reservoir area (Chongqing section) in 2015  
**表 3.** 2015 年三峡库区(重庆段)生态功能经济损益表

功能	受益方	受损方
防洪	政府、下游区县	辖区移民、搬迁企业
发电	长江三峡集团授电区县	辖区移民、搬迁企业
航运	辖区区县	/
水资源	下游区县	辖区区县的群众
水环境	下游区县	辖区区县的群众
水生态	全民、长江三峡集团	国家、辖区区县的群众

**Table 4.** Willingness to pay and willingness to pay in three gorges reservoir area (Chongqing section) in 2015  
**表 4.** 2015 年三峡库区(重庆段)支付意愿及受偿意愿表

支付额度 (元/年)	人数	比例	受偿额度 (元/年)	人数	比例
200~300	124	52.32%	100~200	46	19.41%
300~400	38	16.03%	200~300	43	18.14%
400~500	23	9.70%	300~400	15	6.33%
500~600	20	8.44%	400~500	26	10.97%
600~700	3	1.27%	500~600	15	6.33%
700~800	3	1.27%	600~700	8	3.38%
800~900	13	5.48%	700~800	15	6.33%
900~1000	3	1.27%	800~900	13	5.49%
1000~1100	10	4.22%	900~1000	56	23.63%

通过以上的定量分析,运用生态服务价值法、机会成本法以及支付意愿发测算了基于构建的指标体系中生态价值、经济效益、社会公平三个因素的生态补偿额度。主要成果分析表明:在空间分布上,重

庆三峡库区区域间差异性生态补偿额度主要表现在库区内上游与下游之间的差异，上游与下游的差异又主要表现为主城区与非主城区的差异。由于重庆三峡库区特殊的行政区划，主城九区集中与三峡库区重庆段的上游部分，其整体的植被覆盖、水体面积明显低于非主城区，反之，其工业生产总产值、城镇化率、人均 GDP 又明显高于非主城区。所以测算出的生态价值与经济效益指标生态补偿额度在空间分布上几乎呈相反分布：基于生态价值角度的测算结果表明“上游低、下游高，主城低、区县高”，基于经济效益角度的测算结果表明“上游高、下游低，主城高、区县低”。两者的测算结果非常接近，分别为：10.99 亿元及 10.09 亿元，说明测算结果是合理的。利用支付意愿结合调查问卷测算出的社会公平指标生态补偿额度，结果表现“上游高、下游低，主城高、区县低”。遵循“谁破坏谁补偿，谁保护谁受益”的原则，上游保护下游生态环境，上游接受补偿、下游支付补偿，其最终的测算结果为受偿意愿补偿额度为 66.37 亿元、支付意愿补偿额度为 25.52 亿元，总体符合重庆三峡库区支付意愿上游高于下游的专家结论。

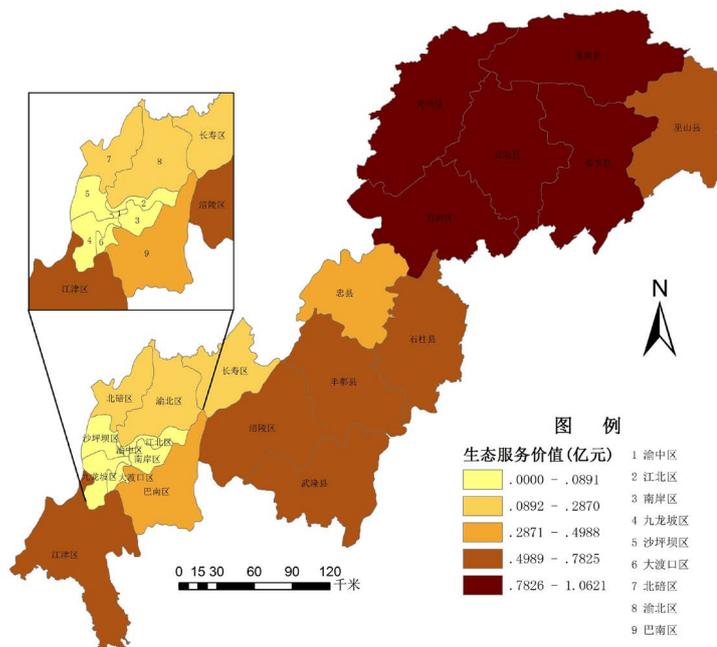
## 5. 讨论

### 5.1. 多维度量化方法的比较

1) 本研究基于生态价值维度，采取生态服务价值法，测算了 2015 年三峡库区重庆段的生态补偿额度为 10.99 亿元。根据重庆市统计年鉴数据显示，2015 年辖区内库区生态环境建设与保护的投入为 12.22 亿元。从数值上看，测算的补偿额度比实际投入金额在同一数量级上，稍微偏小但非常接近。一方面说明基于生态价值维度测算的生态补偿额度具有一定的参考价值，另一方面也说明不能完全以单一维度体系作为实际投入资金的唯一参考。

为了分析三峡库区(重庆段)22 个区县生态补偿额度的空间差异，基于 GIS 空间分析，对其结果进行了等级划分，如图 3。

如图 3 可知，三峡库区(重庆段)2015 年生态服务价值空间分布总体表现为：上游低、中下游高，主城低、区县高的总体走势。三峡库区重庆段 22 个区县中，渝中区生态服务价值最低，为 0.0047 亿元；



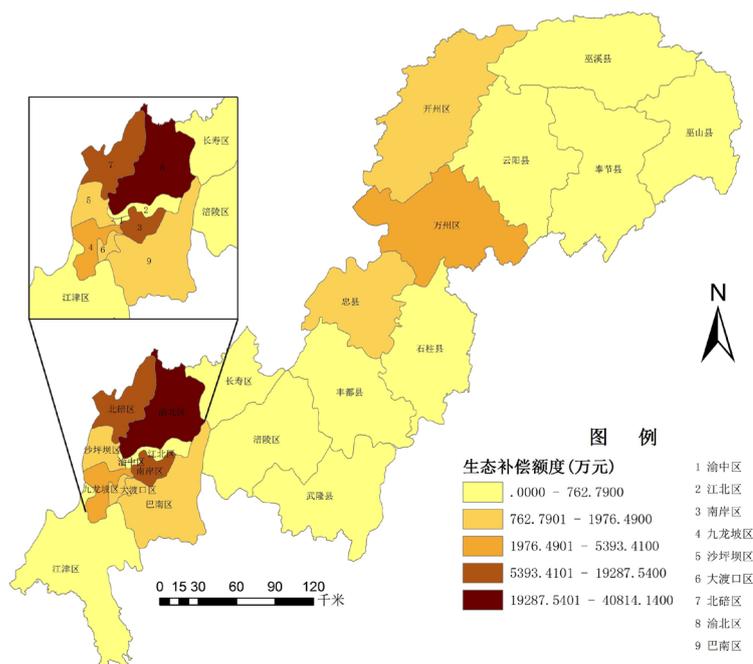
**Figure 3.** Distribution of ecological services values in three gorges reservoir area (Chongqing section) in 2015  
**图 3.** 2015 年三峡库区(重庆段)各个区县生态服务价值分布图

巫溪县生态服务价值最高，为 1.0621 亿元。主要原因为：辖区内，主城九区的城镇化率相对最高，植被覆盖率相对较低，林地、耕地以及水域的面积都相对较少。然而，林地、耕地以及水域的生态服务价值明显更高，所以基于生态服务价值法所得的三峡库区重庆段生态服务价值量表现为区县高、主城低的现象。

2) 本研究基于经济效益角度采取机会成本法，测算了 2015 年三峡库区重庆段的生态补偿额度为 10.09 亿元。根据重庆市统计年鉴数据显示，2015 年辖区内生产总值为 6206.9 亿元，其中工业生产总值为 37.6 亿元，人均 GDP 为 47,122.65 元。由于生态修复项目而直接受到经济效益影响的群体主要表现为上游搬迁企业及辖区移民等，其主要经济贡献体现在工业生产总值，按照折半预估其损失的经济效益为 18.8 亿元。测算的补偿额度与预估损失的经济效益相比较，从数值上看，虽在同一等量级上，但仍然明显偏小。其可能原因是由于本研究采取的单一机会成本，仅考虑了工业生产总值方面的经济效益情况，未加入辖区移民的参考因素。也说明了综合参考多维度视角下生态补偿的测算额度的重要性。

为了分析三峡库区(重庆段)22 个区县生态补偿额度的空间差异，基于 GIS 空间分析，对其结果进行了等级划分，如图 4。

如图 4 可知，2015 年三峡库区重庆段生态补偿额度总计 100,855.51 万元，约为 10.09 亿元。生态补偿额度空间分布表现为：上游高、中下游低，主城高、区县低的总体走势。其中主城区中渝北区生态补偿额度最高，为 40,814.14 万元；江北区最低，为 432.14 万元。主城区内生态补偿额度区域差异不仅仅与工业水产水平、人均 GDP 有关，由于本测算中涉及到各个产业总收入，因此区域面积、容积率、人口流动量等也是影响区域生态补偿额度的因素。非主城区内万州区生态补偿最高，为 4646.87 万元；石柱县最低，为 292.01 万元；其余地区较为平均，集中于 292~1200 万元的区间，说明非主城区区县经济发展水平差异较小，由于区域间面积差异不大。因为从经济效益角度出发制定重庆三峡库区生态补偿标准主要考虑主城区与非主城区的差异。



**Figure 4.** Distribution of ecological compensation prices in the economic benefit of the three gorges reservoir area (Chongqing section) in 2015

**图 4.** 2015 年三峡库区(重庆段)经济效益角度生态补偿价格分布图

本研究基于经济效益角度,采取与上述 2015 年相同测算手法,对 2020 年重庆三峡库区生态补偿价格进行了回归分析及预测。预测结果为 14.74 亿元。可以表明:重庆三峡库区工业总产业及总收入呈现逐年上涨状态;生态补偿额度变化的大趋势随经济增长呈正相关,对于生态补偿标准确立的需求也日益上涨;经济增长与生态保护的冲突长期存在,通过政策实施等可以降低每年上涨的百分比,除经济负增长以外,使得生态补偿金额逐年下降的可能较低。

3) 采用条件价值法,利用式(5)的公式分别测算 2015 年重庆三峡库区上下游接受补偿及支付补偿的额度。取接受补偿额度及支付补偿额度的均值,得到 2015 年愿意接受补偿额度为平均 535.77 元/年,愿意支付补偿额度平均 397.71 元/年,接受补偿额度约为支付补偿额度的 1.35 倍。分别与三峡库区重庆段上游(江津区、巴南区、大渡口区、九龙坡区、沙坪坝区、南岸区、江北区、渝北区、渝中区、北碚区、涪陵区、长寿县、武隆县、丰都县)和三峡库区重庆段下游(忠县、石柱县、万州区、开县、云阳县、奉节县、巫溪县、巫山县)2015 年的常住人口数量相乘,得到上游接受的补偿额度为 66.37 亿元,下游支付的补偿额度为 25.52 亿元,上游接受补偿额度约为下游支付补偿额度的 2.6 倍。

## 5.2. 不同区域的比较

由于社会公平维度下采取支付意愿法具有较强的主观性,本研究将三峡库区重庆段作为样本区域,与一些国内外其他成果进行对比分析。本研究中,辖区内按照调查意愿:愿意接受的补偿额度为平均 535.77 元/年,愿意支付的补偿额度平均 397.71 元/年,接受补偿额度约为支付补偿额度的 1.35 倍;按照调查意愿结合上下游人口分布情况:接受补偿额度约为下游支付补偿额度的 2.6 倍。2014 年 Felister Mombo [15] 等利用支付意愿调查法在坦桑尼亚的湿地生态系统区域,调查因树木砍伐而造成的流域生态问题及其经济效益之间的可持续发展关系。结果表明,农村和城市地区对于树木的保护偏好都持积极态度,农村居民的支付意愿与他们从市场获得的收入的比例大约不到 1%且农村地区的支付意愿比城市地区的支付意愿低 3 倍。2014 年孙盼盼[16]等测算的基于支付意愿下的三峡库区消落带沿岸农户的补贴意愿值加权品均值为 549.7 元/年·户,且农户补贴意愿值与消落带耕地面积呈显著正相关。2008 年董长贵[17]等以北京密云水库为样本区域,基于条件价值法,估计出密云水库的生态价值,且从 WTP 数据分布显示城八区居民人均支付意愿为 100~500 元/年,其平均值 333.09 元/年。一方面,本研究的调查数据中上下游的支付与补偿意愿符合国内外成熟研究成果的数据趋势;另一方面,在中国人民 10 年内的收入大背景下,本研究基于支付意愿的补偿及受偿结果基本与现有的针对库区生态系统的成果相一致。

## 6. 结论

构建重庆三峡库区生态补偿多维度量化指标体系,从生态价值、经济效益、社会公平三个维度测算出单项指标体系下的生态补偿值,基于构建的指标体系运用层次分析法进行模型构建,得出 2015 年重庆三峡库区生态补偿额度。重庆三峡库区生态补偿多维度量化模型的具体结论如下:

1) 利用生态服务价值法,参考谢高地(2008)生态服务价值当量表,根据当年库区内的粮食作物种类、面积及价格测算出 2015 年重庆三峡库区生态服务价值,通过与一级分类的土地面积数据的乘积得出 2015 年重庆三峡库区生态服务总价值为 10.99 亿元。

2) 通过机会成本法的运用,利用库区内 22 个区县的工业生产总产值及各区县年度总收入值进行回归分析得出两者在时间上的关联关系式,预测未来各个年份的生态补偿价格。预测结果中 2015 年重庆三峡库区生态补偿额度为 10.09 亿元,2020 年重庆三峡库区生态补偿额度为 14.74 亿元,呈明显上升趋势。

3) 将实时有效的调查问卷与条件价值法相结合,通过三峡库区重庆段库区上下游的划分,以及统计年鉴中常住人口数据,得出 2015 年重庆三峡库区受偿意愿补偿额度为 66.37 亿元、支付意愿补偿额度为 25.52

亿元。

4) 由生态服务价值法得出的 2015 年重庆三峡库区生态服务总价值与由机会成本法得出的 2015 年重庆三峡库区生态补偿价格的额度较相近, 分别为 10.99 亿元、10.09 亿元。这两部分所参考数据来源于重庆市统计年鉴。社会公平的基础数据由调查问卷所得, 存在不尽合理的成分, 经过横向的区域比较, 与其余多地意愿调查的数据与趋势大体相合, 由此重庆三峡库区 2015 年生态补偿额度是合理的。

## 基金项目

国家自然科学基金项目(No. 41201546, 41261038); 重庆市自然科学基金(No. cstc2012jjA20010); 国家科技支撑计划项目(No. 2014BAB03B01); 重庆市第二批高等学校青年骨干教师资助计划; 贵州省科技计划(No.黔科合 JZ 字[2014]200206); 重庆市研究生教育创新基金项目(CYS17205)。

## 参考文献

- [1] 赖力, 黄贤金, 等. 生态补偿理论、方法研究进展[J]. 生态学报, 2008(6): 2870-2877.
- [2] 秦艳红, 康慕谊. 国内外生态补偿现状及其完善措施[J]. 自然资源学报, 2007(7): 557-567.
- [3] 葛颜祥, 刘菲菲. 流域生态补偿:政府补偿与市场补偿比较与选择[J]. 山东农业大学学报, 2007(4): 48-53.
- [4] 谢利玉. 浅论公益林生态效益补偿问题[J]. 世界林业研究, 2000(3): 70-76.
- [5] 张秋根, 晏雨鸿, 等. 浅析公益林生态效益补偿理论[J]. 中南林业调查规划, 2001(2): 46-49.
- [6] 熊鹰, 王克林, 等. 洞庭湖区湿地恢复的生态补偿效应评估[J]. 地理学报, 2004(5): 772-780.
- [7] 于水潇, 赵瑞东, 赵青, 等. 基于能值分析和生态用地分类的河北省生态补偿研究[J]. 水土保持研究, 2017(8): 324-330.
- [8] Cuperus, R., Caters, K.J. and Piepers, A.A.G. (1996) Ecological Compensation of the Impacts of a Road. Preliminary Method of A 50 Road Link. *Ecological Engineering*, 7, 327-349.
- [9] Allen, A.O. and Feddema, J.J. (1996) Wetland Loss and Substitution by the Permit Program in Southern California, US. *Environmental Management*, 20, 263-274. <https://doi.org/10.1007/BF01204011>
- [10] Wunder, S. (2005) Payments for Environmental Services: Some Nuts and Bolts. *CIFOR Occasional Paper No. 42*, 3-8.
- [11] 陈丹红. 构建生态补偿机制实现可持续发展[J]. 生态经济, 2005(12): 48-50.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] Ciriacy-Wantrup, S.V. (1947) Capital Returns from Soil Conservation Practices. *Journal of Farm Economics*, 29, 1181-1196. <https://doi.org/10.2307/1232747>
- [15] Mombo, F., Lusambo, L., Speelman, S., Buysse, J., Munishi, P. and Huylenbroeck, G.V. (2014) Scope for Introducing Payments for Ecosystem Services as a Strategy to Reduce Deforestation in the Kilombero Wetlands Catchment Area. *Forest Policy and Economics*, 38, 81-89. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2013.04.004>
- [16] 孙盼盼, 尹珂. 基于农户意愿的三峡库区消落带弃耕经济补贴标准估算及影响因素分析[J]. 中国农学通报, 2014, 30(29): 115-119.
- [17] 董长贵, 郭亮, 王海滨. 基于条件价值评估法的北京密云水库生态价值评估(I) [J]. 安徽农业科学, 2008, 36(33): 14707-14709.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2163-3967，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ag@hanspub.org](mailto:ag@hanspub.org)