

# 厦门市滩涂价值的模糊测算

吴维登, 张长宽

( 河海大学海岸灾害及防护教育部重点实验室, 江苏 南京 210098 )

摘要: 将资源定价问题看做大众对资源价格认识不确定问题, 引入模糊数学隶属函数, 对厦门市居民就滩涂资源价格进行问卷调查, 得到关于资源价格的 3 个特点, 即: 资源合适价格域的显著范围很小, 资源合适价格被普遍接受的意愿不明显, 滩涂资源最合适的价格是 9.6 元/m<sup>2</sup>。

关键词: 资源价值; CVM; 模糊数学; 隶属函数; 滩涂; 问卷调查; 厦门市

中图分类号: P748 文献标识码: A 文章编号: 1003-9511(2009)02-0009-03

我国对海岸带、近海资源的大规模开发利用即将展开。海岸带地域系统受多因子共同作用, 是整个地球系统中最脆弱和敏感的地带, 人类活动对海岸带的环境压力呈逐步增大趋势, 目前已经表现出生物资源衰退、沿海低平原下沉、赤潮等。对海岸带范围内的资源进行开采, 必须考虑开采活动对生态系统的影响。对资源价值进行评估必须评估资源的非市场价值部分, 以便更科学、更合理地管理海岸带资源开发项目, 避免重蹈陆地资源开发中环境被严重破坏的覆辙。

资源生态功能价值由于无相关实际交易市场而体现出非市场性。海岸带滩涂资源的主要功能有废物处理、干扰调节、提供休闲场所、食物生产、动植物保护、提供原材料等, 其中, 动植物保护和干扰调节功能具有典型的非市场价值或非使用价值, 废物处理功能目前已有部分市场价值, 但是仍具有明显的公共物品属性。目前评价非使用价值的主流方法是条件价值法(CVM)<sup>[1-2]</sup>。CVM 通过直接询问人们对某种公共物品的支付意愿(WTP)或者接受赔偿意愿(WTA), 来获得该公共物品的非使用价值或者全部价值。但不同学者通过 CVM 得到的价值评估结果常常差别较大, 显示出 CVM 在有效性和可靠性方面的缺陷<sup>[3-5]</sup>。

本文从数学的角度, 设计包含非使用价值的资源价格问卷, 把市民对海岸带资源价格的确定作为价格认知不确定问题, 发挥模糊数学的学科优势, 测算海岸带滩涂资源的价值。

## 1 方法理论依据

一个没有具体市场的资源的价格问题, 从本质上讲, 是资源价格认知不确定的问题。在 CVM 中, 需要被调查者对资源价格给出一个价格数字, 而从相反的角度看这个问题, 当调查者先给出同样的一个价格数字时, 被调查者会判断这个价格对这个资源是太高、偏高、合适、便宜, 还是太便宜, 可见, 资源价格的调查结果也是 1 个模糊数学问题。假定被调查者给出资源的价格范围为 1~2 元, 那么可以得到 3 个域, 即便宜(小于 1 元)、合适(1~2 元)、贵(大于 2 元)。如果给出 2n 个值, 那么可以得到 2n+1 个域, 从而对价格认知进行更精细的划分, 建立资源价格的隶属度函数。以下为三相划分的相应数学模型。

假设资源的价格范围为  $x$ , 每一次问卷调查都确定一个映射  $e$ , 即  $x \rightarrow P_3$ ,  $P_3 = \{A_1 = \text{便宜}, A_2 = \text{合适}, A_3 = \text{贵}\}$ 。假设  $\zeta$  为便宜与合适的分界点,  $\eta$  为合适与贵的分界点, 则每个对  $x$  的划分确定一对数  $(\zeta, \eta)$ , 如果  $(\zeta, \eta)$  满足  $P(\zeta \leq \eta) = 1$ , 则

$$e_{\zeta, \eta}(x) = \begin{cases} A_1 & (\text{当 } x \leq \zeta) \\ A_2 & (\text{当 } \zeta < x \leq \eta) \\ A_3 & (\text{当 } \eta < x) \end{cases}$$

在 1 次问卷中, 当且仅当  $x > \zeta$  且  $x > \eta$ ,  $x$  隶属于  $A_3$ 。在  $n$  次问卷中,  $x$  对  $A_3$  的隶属频率就是事件  $(x > \zeta, x > \eta)$  发生的频率, 从而可以得到  $A_3$  的隶属函数:

$$\mu_{A_3}(x) = P(x > \zeta, x > \eta)$$

设  $(\zeta, \eta)$  的联合密度函数为  $f(\zeta, \eta)$ , 同时满足  $P(\zeta \leq \eta) = 1$  则

$$\begin{aligned} \mu_{A_3}(x) &= \iint_{u < x, v < x} f(u, v) \, du \, dv = \\ &= \iint_{u \leq v < x} f(u, v) \, du \, dv + \iint_{v < u < x} f(u, v) \, du \, dv = \\ &= \iint_{u \leq v < x} f(u, v) \, du \, dv = \\ &= \int_{-\infty}^x \int_{-\infty}^v f(u, v) \, du \, dv = \\ &= \int_{-\infty}^x \int_{-\infty}^{+\infty} f(u, v) \, du \, dv = \int_{-\infty}^x f_{\eta}(v) \, dv \end{aligned}$$

同理可得

$$\mu_{A_1}(x) = \int_x^{+\infty} f_{\zeta}(u) \, du$$

从而

$$\mu_{A_2}(x) = 1 - \mu_{A_1}(x) - \mu_{A_3}(x)$$

通常  $\zeta, \eta$  具有正态分布<sup>[6]</sup>, 即  $\zeta \sim N(u_1, \sigma_1^2), \eta \sim N(u_2, \sigma_2^2)$ , 其中  $u_1, \sigma_1$  分别为  $\zeta$  的均值和标准差;  $u_2, \sigma_2$  分别为  $\eta$  的均值和标准差, 则

$$\mu_{A_1}(x) = 1 - \Phi\left(\frac{x - u_1}{\sigma_1}\right);$$

$$\mu_{A_2}(x) = \Phi\left(\frac{x - u_1}{\sigma_1}\right) - \Phi\left(\frac{x - u_2}{\sigma_2}\right);$$

$$\mu_{A_3}(x) = \Phi\left(\frac{x - u_2}{\sigma_2}\right)$$

当得到价格上下限  $(\zeta, \eta)$  的均值  $u_1, u_2$  和标准差  $\sigma_1, \sigma_2$  后, 可以确定该资源价格的隶属函数曲线。

## 2 调查技术路线

将海岸带滩涂资源价值问题作为问卷内容, 是因为沿海城市居民对于滩涂资源相对熟悉, 滩涂是目前海域使用、开发的热点, 而且滩涂的废物处理、动植物保护、干扰调节等功能所具有的公共物品性质, 符合本文研究对象的特点。

在多个沿海城市对市民进行问卷调查, 可得到带有不同城市生活环境特点的答案。本文数据来自首个调查城市厦门, 问卷就每平方米潮间带滩涂资源每年提供的生态服务和物质产出总价值设置了相应问题, 还对被调查者生活环境信息, 如资源距离远近、年龄、学历、收入、对资源的了解程度等问题进行了调查。问卷还附带了部分相关参考资料, 为后续进一步的研究提供分析数据。调查方式为, 在单位、公司、社区等地点发放问卷, 然后再回收问卷, 以便

被调查者有充足的时间了解滩涂资源的概念以及学者对滩涂资源价值的估计等参考资料。

## 3 结果分析

### 3.1 数据处理

当样本总数足够大时, 由于价格的上限和下限分别满足正态分布, 如果降序排列的样本序列  $\{X_i, i = 1, 2, \dots, n\}$  包含真值的可信程度为  $1 - 2\alpha$ , 那么真值应落在区间  $[\underline{X}, \bar{X}]$ , 区间满足  $P(\underline{X} < X < \bar{X}) = 1 - 2\alpha$ , 从而定义相应问卷数据的置信度<sup>[7]</sup>为  $1 - 2\alpha$ 。本文取子集  $\{X_{[n - n\alpha]}, X_{[n\alpha]}\}$ , 其中  $[n\alpha], [n - n\alpha]$  为对  $n\alpha, n - n\alpha$  取整, 即, 如果设定问卷数据的置信度为 90%, 那么去掉最大和最小的 5% 数据。

本次调查返回有效问卷 301 份, 只要问卷完整便予以录入, 不删除估计价值额明显不合理的问卷, 以保证问卷数据的大众性。分析问卷的人群意愿特点, 再通过选择置信度, 使之符合理论的假定前提。对滩涂资源总价值的上限和下限分别按从大到小排序, 再计算其上限和下限相应的均值和标准差, 计算结果见表 1。

表 1 不同置信度下资源总价值的均值与标准差

置信度	资源总价值下限		资源总价值上限	
	均值 $u_1$	标准差 $\sigma_1$	均值 $u_2$	标准差 $\sigma_2$
0.94	8.99	14.34	14.87	25.10
0.90	7.41	2.93	12.08	10.72
0.86	7.23	2.04	10.77	3.73

从表 1 可知, 设定数据的置信度越高, 均值越大, 同时标准差也越大。当设定置信度为 94% 时, 标准差超过了均值, 说明: 由于被调查者的非专家身份, 对同一资源的价格估计可能以正态的形式分布在比较宽广的价格范围内。设定越高的问卷数据置信度, 样本总数就越大, 同时价格偏差也会越大, 但是, 当置信度低到一定程度时, 均值和标准差的变化不明显, 说明样本数据的均值和标准差有收敛趋势。在基本满足  $P(\zeta \leq \eta) = 1$  的条件下, 取置信度为 86%, 得到滩涂资源总价值隶属函数图, 如图 1 所示。



图 1 滩涂资源总价值隶属函数

### 3.2 结果分析

图 1 中  $\mu_{A_1}(x), \mu_{A_2}(x), \mu_{A_3}(x)$  分别为资源价格

隶属于便宜、合适、贵的隶属函数。当价格  $x = 6$  时  $\{\mu_{A_1}, \mu_{A_2}, \mu_{A_3}\} = \{0.73, 0.17, 0.10\}$ , 表示有 73% 人群认为每平方米潮间带滩涂资源每年提供的生态服务和物质产出总价值定价 6 元是便宜的, 17% 的人认为此价格正合适, 10% 的人认为偏贵。从图 1 中曲线可得出如下结论:

a. 资源合适价格域的显著范围非常小, 存在于 (7.7, 10.5) 范围。这个结论与现实接近: 当询问某种资源支付意愿 (WTP) 或者接受意愿 (WTA) 时, 众口难调, 大家都满意的合适价格范围往往很窄。

b. 资源合适的价格被人群所普遍接受的意愿不明显。合适的价格最多只能争取到 50% 公众的认同, 远不如当价格只有 1 元时大家认为资源定价太便宜那么普遍, 或者当价格达到 20 元后大家普遍认为资源太贵那么广为接受。

c. 每平方米潮间带滩涂资源每年提供的生态服务和物质产出总价值最合适的价格是 9.6 元, 但是只有一半的人认为这个价格是滩涂资源最合适的价格, 仍然有半数的人认为这个价格太便宜或者太贵, 具体情况为  $P_3(x = 9.6) = (A_1 = 12\%, A_2 = 50\%, A_3 = 38\%)$ 。

## 4 结 语

对海岸带资源价值, 尤其对其非使用价值的认知不确定, 有可能源于市民对资源功能的了解不完全、偏好不同、自身个性影响、城市生活环境影响等。CVM 方法和目前的其他评价方法尚未试图揭示资源价格与这些因素的内在关系, 纯粹地就价论价, 使资源非使用价值的评价局限于经济学理论基础的争辩。本文将资源非使用价值评价问题提炼成模糊数学应用问题, 在新的数学平台上对这个问题进行分析, 使后续深入研究分析影响资源价格高低的内在

因素成为可能。如能发现资源价格随市民个性、城市特点等变化而变化的趋势, 必将使海岸带资源价值的评价更合理、更科学。上文初步的分析结果表明, 本文建立的模型与现实情况趋势基本吻合, 将资源定价问题作为大众对资源价格认知不确定问题来分析是合适的, 从而为进一步借用模糊数学工具来分析此问题奠定了基础。由于隶属函数的确定是基于概率密度的推论, 那么只有在样本数量较大时, 对普通资源价格的 CVM 问卷调查方法才接近于本文的方法, 这也将使海岸带资源定价的依据更充分、更广泛。由于公共物品定价的相似性, 本文的分析方法, 对其他公共物品、非使用价值资源的定价问题研究也有借鉴和参照作用。

## 参考文献:

- [1] 谢高地, 鲁春霞, 成升魁. 全球生态系统服务价值评估研究进展[J]. 资源科学, 2001, 23(6): 5-9.
- [2] 徐慧, 彭补拙. 国外生物多样性经济价值评估研究进展[J]. 资源科学, 2003, 25(4): 102-108.
- [3] 张志强, 徐中民, 程国栋. 条件价值评估法的发展与应用[J]. 地球科学进展, 2003, 18(3): 454-463.
- [4] 张翼飞, 赵敏. 意愿价值法评估生态服务价值的有效性与可靠性及实例设计研究[J]. 地球科学进展, 2007, 22(11): 1141-1149.
- [5] BATEMAN I J, GEORGIU S, LANDFORD I H, et al. Investigating the characteristics of expressed preferences for reducing the impacts of air pollution: a contingent valuation experiment[R]. Norwich: University of East Anglia, 2002.
- [6] 黄健元. 模糊集及其应用[M]. 银川: 宁夏人民出版社, 2000: 34-37.
- [7] 盛骤, 谢式千, 潘承毅. 概率论与数理统计[M]. 北京: 高等教育出版社, 1994: 170.

(收稿日期: 2008-11-24 编辑: 彭桃英)

· 简讯 ·

## 黄河流域综合规划修编步入冲刺阶段

黄河流域综合规划报告将于 2009 年 6 月底前上报水利部审核, 这意味着黄河流域综合规划修编工作已进入冲刺阶段。黄河流域综合规划修编是国务院确定的全国流域综合规划修编内容之一, 是一项庞大、复杂的系统工程, 涉及多个学科, 内容包含防洪减灾、泥沙处理和利用、水土保持、水资源、水生态等。黄河流域综合规划经国务院批准后, 将是今后一个时期黄河治理开发和管理的科学蓝图, 也是指导流域治理开发和保护的纲领性文件。

(本刊编辑部供稿)

## 黄河数学模拟系统研发计划初步拟定

“以六大黄河数学模拟系统为工作重点, 科学设置系统研发目标, 并将其作为黄河水利委员会当前和今后一个时期科学研究的龙头”, 这是 2009 年 2 月 26 日黄河数学模拟系统研发工作汇报会上初步拟定的 2009 年黄河数学模拟系统研发工作计划的主要内容。2009 年, 黄河数学模拟系统的研发工作将紧密围绕黄土高原水土流失, 水质, 水沙调控, 水库、冰凌预报, 河道, 河口六大模型的研究和应用, 以“数字黄河”工程建设已有的相关成果为基础, 加快数学模拟系统基本框架的建设, 进一步完善数学模拟系统研发的长效保障机制。(本刊编辑部供稿)