

基于CVM的城市河道改造生态环境价值评估

袁汝华^{1,2}, 李趁^{1,2}, 陈建明^{1,2}

(1. 河海大学商学院, 江苏 南京 211100; 2. 河海大学水利经济研究所, 江苏 南京 211100)

摘要:从城市河道改造的生态环境价值评估角度,分析了条件价值评估法(CVM)在城市河道改造生态环境价值评估中的应用原理和依据,构建了基于CVM的城市河道改造生态环境价值评估模型,并以上海市黄浦江加高堤防替代建闸方案为例对黄浦江河道改造的生态环境价值进行了评估。结果表明:期望均值法和三相关定价法计算得到的总支付意愿分别为120.6亿元/a和118.5亿元/a,总受偿意愿为130.8亿元/a和151.2亿元/a,总受偿意愿与总支付意愿的比值大于1;仅从生态环境价值方面看,相对于加高堤防方案,民众更希望政府投资建闸。

关键词:城市河道改造;生态环境价值评估;CVM;支付意愿;受偿意愿

中图分类号:X196

文献标志码:A

文章编号:1003-9511(2024)03-0027-09

Ecological environment value assessment of urban river channel reconstruction based on CVM//YUAN Ruhua^{1,2}, LI Chen^{1,2}, CHEN Jianming^{1,2} (1. Business School, Hohai University, Nanjing 211100, China; 2. Institute of Water Resources Economics, Hohai University, Nanjing 211100, China)

Abstract: Based on the ecological landscape value assessment of urban river course transformation, the application principle and application basis of contingent valuation method (CVM) in the ecological value assessment of urban river course transformation are analyzed, and the internal compatibility between the application of CVM and the model assessment of ecological environment landscape value of urban river course transformation is constructed and expounded. And combined with the Hangpujian River raised levee alternative construction of sluicing scheme as an example. The total willingness to pay calculated by the expected mean method and the three-phase pricing method is 12.06 billion Yuan/a and 11.85 billion Yuan/a respectively, the total willingness to accept is 13.08 billion Yuan/a and 15.12 billion Yuan/a respectively, and the ratio of total willingness to pay to total willingness to accept is greater than 1. This shows that only from the perspective of ecological and environmental value, people prefer the government to invest in the construction of gates compared to the raising of levees.

Key words: urban river reconstruction; ecological environment value assessment; CVM; willingness to pay; willingness to accept

作为城市滨水岸线资源的组成部分,城市河道发挥了巨大作用,许多著名的城市河流如南京市秦淮河、杭州市西湖、上海市黄浦江、成都市府南河等已经成为城市形象的名片。随着城市的不断更新和扩张,城市河道的功能更加丰富和多元化。近年来,国民经济高速发展,城市河道暴露了如防洪等级低、水质环境差、生态景观价值低等诸多问题,城市河道改造迫在眉睫,而河道水生态文明理念也纳入了国民经济规划体系。

城市河道改造可以改善环境、美化城市并促进城市经济的发展,应在保障防洪排涝安全基本要求的前提下,着重构建与城市融为一体的自然河流空

间。如何让城市河道充分发挥其生态、景观与休闲的综合价值,重塑水空间的独特魅力和持续活力,已成为当前城市更新发展中的一项重要课题^[1]。随着绿色发展理念的普及和认可,政府和企业在其政策制定及投资决策过程中逐渐将经济活动对生态环境的影响作为重要的考量因素之一^[2]。而对城市河道改造的生态环境及其所提供服务的经济价值进行定量评估,是实现将经济活动对生态环境的影响整合到经济决策的重要前提,能够使政策制定者及投资决策者对不同的情况进行比较和权衡。目前,越来越多利益相关的投资者和企业,在资本配置、战略规划以及投资决策时关注城市河道改造的生态环

境价值评估。

城市河道改造的生态环境价值评估是进行城市河流管理的重要方式和手段,在河流管理中发挥的关键作用已经得到广泛认可^[3]。综合来看,我国城市河道改造生态环境价值评估在评价方法和评价体系构建方面均处在初级阶段^[4]。目前,已有学者对城市河道改造的生态环境价值评估开展了研究,城市河道改造涉及水体治理、景观绿化、市政工程等多个方面,是将现代城市发展、生态文明建设与旅游观光相结合的工程。总体来说,我国城市河道改造生态环境价值评估在理论基础、理论体系构建、方法体系设立、实证研究等方面都存在着迫切需求。

本文研究了城市河道改造的生态环境价值评估方法,并进行了案例实证分析,以期对相关领域研究提供有益的借鉴,并为特定区域的城市河道改造决策提供科学依据。

1 文献综述

1.1 CVM 经济学概念和研究动态

条件价值评估法 (contingent valuation method, CVM) 是生态与环境经济学中比较重要和广泛应用的关于公共物品价值评估以及典型陈述偏好的价值评估方法^[5]。CVM 利用效用最大化原理模拟市场,直接调查或询问人们对某一环境效益改善或资源保护措施支付意愿 (willingness to pay, WTP), 以及对环境或资源遭受损失时的受偿意愿 (willingness to accept, WTA), 从而评估环境效益改善或环境质量损失的经济价值,可用于评估生态环境的使用价值和非使用价值^[6]。在难以找到替代市场的条件下, CVM 可以创造出假想的市场来衡量环境资源状态及其变动的价值^[7],其经济学原理来自需求函数和消费者剩余^[8]。Leechoong 等^[9]运用 CVM 评估了 5 个国家公园的旅游资源,结果表明国家公园旅游资源的经济价值相当可观,大大超过了目前每位旅行者所支付的费用,且这 5 个国家公园的经济价值并不相当,该评价结果为国家公园门票价格制定以及对不同公园门票进行差异化管理提供了参考依据。Lehtonen^[10]采用 CVM 和选择试验法对芬兰南部地区森林保护的非使用价值进行了评价,结果表明,愿意为森林增强保护支付费用的人占被访者的

75%,赞成对森林增强保护但是不愿意为此支付费用的人占被访者的 15%,另外 5% 的人认为无所谓,5% 的人则支持减少对森林的保护,从该比例可以窥探民意的价值取向。Caraballo 等^[11]运用选择试验法和 CVM 评估了减少水土流失的社会效益价值,为了减少信息偏差,尝试在调查问卷设计中向被调查者介绍研究背景,评价结果为土壤的保护费用提供了上限。Angela 等^[12]采用 CVM 离散型二分式问卷格式,对 5 种不同生态系统功能不同的恢复尺度带来的经济价值进行了评估,结果表明不同的恢复尺度与其带来的经济价值之间并不是线性相关,但若生态服务系统得到了全面的恢复,则其带来的经济效益是超值的,5 种生态系统功能恢复的项目效益成本比为 4.04 ~ 15.64,充分说明生态系统恢复资金的投入在经济上是可行性的。Melo 等^[13]采用 CVM 和损益分析法对苏格兰居民保护野生鹅的支付意愿进行研究,结果表明保护野生鹅收益远大于该物种带给农户的损失,为英国政府对农户进行经济补贴提供了参考依据,同时也提高了农户保护物种的积极性。Nishizawa 等^[14]研究了恢复日本琵琶湖因外来鱼种入侵而造成生态系统损害的支付意愿,结果显示当地居民的平均支付意愿为每户 1850 日元/a,总支付意愿为 87600 万日元/a。2004 年后国内 CVM 的典型应用案例^[15-19]如表 1 所示。

在国外,CVM 在游憩、美学价值、生物多样性、生态系统恢复、健康风险、文化和艺术等各领域得到了广泛应用;国内 CVM 最初应用于供水和公共卫生领域,后来逐渐运用于旅游、国家公园等资源评估,现已扩展到地表水水质、健康以及生物系统保护和恢复等领域。

1.2 CVM 的基本特征

CVM 的巨大优势是普遍适用性,而其巨大劣势为黑箱式结论,因此被称为模糊评价^[20]。从数学家的角度来看,物质的联系大概分为 4 个层次,分别为定类关系、定序关系、定距关系和定比关系,这 4 种关系层层递进,代表着对事物的理解程度越来越深入和细化^[21]。定类关系和定序关系称为定性研究,定距关系和定比关系称为定量研究^[22]。CVM 通过构建假想市场,直接询问被调查对象,从而得到定比

表 1 2004 年后国内 CVM 的典型应用案例

项目	调查背景	引导方法	取样方式	调查方式	支付方式	分析方法	数据处理
长白山自然保护区 ^[15]	有	二分和支付卡	典型取样	邮寄调查	一次性	比较分析	WTP 均值
张掖生态服务 ^[16]	有	开放式	定向调查	入户调查	按年	相关性分析	WTP 均值
遂川森林保护 ^[17]	有	支付卡	随机抽样	面对面调查	税费或捐赠	因素分析	参数估计
北京空气质量改善 ^[18]	有	支付卡	随机抽样	网络调查	义工	因素分析	非参数估计
上海内河水质改善 ^[19]	有	支付卡	随机抽样	网络调查	按月支付	因素分析	WTP 均值

关系信息。因此 CVM 是一条捷径,可以超越常规的渐进式认知规律,直接获取相对意义上的定比关系信息。CVM 对价值的量化评估基于陈述性偏好,越过了对价值构成的理解,直接从最终判断节点获取结果,因此 CVM 得到的价值组成是模糊的^[23]。

CVM 虽然是一个模糊的方法,但真实反映公众意愿的效果和量化评价的标准是确定的^[24]。Starrett 认为必须反对因为收益的度量不够准确就将公共决策均交由政客们决定的错误观念^[25]。Carson 认为 CVM 能够帮助公共政策的决策者了解公众偏好,其不完全是一个截取定比关系信息的工具,通过合理控制变量、科学设计调查方案,CVM 的研究成果明显好于普通的民意调查^[26]。

1.3 CVM 的偏差、有效性和可靠性

1.3.1 各类偏差

CVM 是基于虚拟市场公共物品价值的评价方法,这种模糊评价使得评估结果的精度成为学术界广泛争议的焦点。CVM 可能产生信息偏差、嵌入偏差、排序偏差、导出偏差、方式偏差、假想偏差和策略偏差等^[27]。①信息偏差是由于问卷信息有限,难以确保被调查者对评估对象信息充分了解而产生的误差。因此必须清楚、准确、详尽地传达评估对象的信息,确保被调查者对相关问题有清楚的了解。②嵌入偏差产生的原因是问卷设计不合理、调查方式不恰当、采样不规范等造成的。③排序偏差可能发生在多个待估物品价值评估中或不恰当的调查管理中。④导出偏差的产生与调查问卷的询价方式有关。⑤方式偏差是由于调查问卷的询价方式不同引起的偏差。调查问卷的询价方式主要有逐步竞价式、支付卡式、开放式和封闭式等。逐步竞价式较贴近真实市场,但是具有成本高、花费时间长、竞价起价存在偏差等问题;支付卡式可避免逐步竞价式起点偏差问题,得到被调查者支付价格的平均值,但无法得到具体的价格;开放式询价简单可行,但若被调查者缺乏相关经验,会出现拒答或乱答的情况;封闭式询价只有二元选择,无法做到相对精确。而面访、电话调查、网络调查等不同的调查方式也会产生偏差。⑥假想偏差的产生是由于假想的市场可能与实际市场并不相同。⑦策略偏差是由于被调查者违背自己的真实意愿,故意夸大或缩小支付意愿和受偿意愿^[28]。

1.3.2 有效性和可靠性

a. 有效性即效度,是指调查的度量标准反映某一概念真正含义的程度。效度的类型有内容效度、准则效度和结构效度^[29]。①内容效度是指 CVM 调查问卷中所设计的问题能否代表要测量的内容或主

题。研究表明,偏高的抗议回答率是评估结果失真的典型特征。②准则效度是指所得到的数据和准则变量的值相比是否有意义,只有评估结果被公认时才有可能测算准则效度。③结构效度是指测量结果体现的某种结构与测值之间的对应程度,范围问题测试是检验理论有效性常用的方法^[30]。

b. 可靠性即信度,指采用 CVM 对同一个研究对象进行调查时,调查结果的稳定性和一致性^[31]。

①重复受访者法是指采用同样的调查手段对同样的受访者在首次调查之后再次调查,并检验两次调查结果的一致性,以此衡量人们的偏好是否一致。

②重复目标人群法是指采用同样的调查手段,在两个不同的时间段调查同一目标群体的两个不同样本组,测试结果是否保持时间的稳定性。

2 评估适用性和评估方法

2.1 城市河道改造生态环境价值评估的意义

城市河道改造针对不同的要求,对河道进行治理、疏通、护岸、堤防等综合治理,以达到防洪安全和合理利用水土资源的目的^[32]。城市河道改造会产生经济价值、社会价值和生态环境价值。其经济价值包括土地利用价值、港口航运条件、水运发展、取排水条件、发展水产养殖、带动旅游业等带来的价值;社会价值包括防洪安全、安居乐业、生活质量、构建和谐社会、城市形象等价值;生态环境价值包括改善自然生态环境、美丽宜人的景观、构筑临水亲水岸线等价值,生态环境价值也可以转化为经济价值和社会价值^[33]。对城市河道进行改造往往出于多种目的,最直接的目的是防洪排涝,保障城市河流河势稳定,但最终的目的是实现流域经济、社会与生态效益的最大化。城市河道改造主要是为了防洪排涝,保障城市河流安全;稳定河势,以利于航道、港口的发展;改善区位条件和景观价值,以提升经济和社会效益。由于城市河道和野生水域特点不同,人们对于城市河道的景观环境要求日益突出和强烈,生态化、人本化已成为城市河道改造新的追求目标。以往的河道改造往往建造高厚的堤防,将人与水远远隔开。随着社会的发展和人们思想观念的转变,现在河道改造在安全的基础上更多考虑亲水性需求,将水体的景观环境与人的精神需求紧密结合,并利用改造后城市河道的景观价值实现经济价值和社会价值的增值目标^[34],因此城市河道改造的生态环境价值评估日益重要。对城市河道改造的生态环境价值评估可以科学合理地评价人类活动对城市河道产生的影响,使城市河流更好地为人类服务,评价结果

可以为城市河道改造项目的科学性和合理性提供理论支撑,从而促进城市河道改造项目发挥更大的经济和社会价值。城市河道改造通常是投资巨大的公益性工程,很难直观体现生态环境价值,即城市河道改造后的生态环境价值很难直接通过货币进行显化,因此采用何种方法对城市河道改造生态环境价值进行评估是现代河道改造决策的重要一环。

2.2 国际上广泛应用的评估方法

经济物品的分类与适用的评价方法如表 2 所示,目前主要的评价方法除市场价格法外还有中介物品法、替代成本法、特征价格法、旅行费用法和 CVM 等 5 种。这 5 种方法均用于缺少直接市场价格时对物品进行价值评估的情景,其中中介物品法、替代成本法、特征价格法、旅行费用法是通过寻找待估物品的替代品或互补品进行估值,属于间接显示价值方法,而 CVM 是一种直接显示价值的方法。

2.3 CVM 与城市河道改造生态环境价值评估的契合性

CVM 是非市场价值评估技术中最重要、应用最广泛的一种方法,是当前世界上流行的对环境等无形效益的公共物品进行价值评估的方法。CVM 具有在信息缺失条件下获得数据来源的能力,也就是在缺乏先验数据的情况下可以直接调查从而获取相关数据^[35]。CVM 的这些特点决定了其在城市河道改造生态环境价值评估中具有广阔的应用空间。首先,CVM 具有对公共物品进行评价的特性,是适用于最广泛类型公共物品的价值评价方法,也成为评价物品的非使用价值评估的唯一方法^[36]。城市河道改造作为重要的公共政策,具有关注社会公共收益的基本特性,即在关注公共收益方面,二者具有一致性。其次,CVM 具有评价未发生活动收益的特性,是目前项目实施前评价收益的唯一方法。而城市河道改造同样具有着眼未来发展、需要事前评价收益的特性,即在关注未来收益方面,二者具有一致性。最后,城市河道改造产生的生态环境价值估值并未获得大量可靠的数据支撑,CVM 是在不具备先验数据的条件下直接调查获取的数据,因此从数据可靠性角度来看,二者也具有一致性。基于 CVM 与城市河道改造生态环境价值评估特性的高度吻合,参考已有的诸多 CVM 应用于其他领域的生态环境

价值评估案例,CVM 在城市河道改造的生态环境价值评估中具有广阔应用的潜在可能^[37]。

3 实证分析

3.1 方案比选背景

根据《黄浦江沿岸地区建设规划(2018—2035年)(公众版)》,上海市 2035 年总体规划要求秉持“创新、协调、绿色、开放、共享”的发展理念,按照建设世界级滨水区的总目标,黄浦江沿岸定位为国际大都市发展能级的集中展示区,苏州河沿岸定位为特大城市宜居生活的典型示范区^[38]。

由于黄浦江高潮位趋势性抬升,城市地面不断下沉,江面不断抬高,防汛墙被迫越修越高,使得上海市城市防洪风险与日俱增,现状按 1984 年原水利电力部批准的千年一遇防洪(潮)标准建成的堤防具有 200~300 年一遇的防洪能力^[39]。考虑到上海市民的亲水性需求,所以黄浦江每次修筑的防汛墙均偏于保守。根据《长江三角洲区域一体化发展安全保障规划》和《上海市防洪除涝规划(2017—2035年)》要求,若按千年一遇的标准来防洪,防汛墙的设计需要沿线加高 1m 左右。防汛墙的加高,对于上海市首先是美感的破坏,造成人水隔离,黄浦江生态景观将受到很大的负面影响^[40]。其次,从征地、生态景观、结构安全性、投资等角度分析,加高加固防汛墙难度很大。而河口建闸是提高沿海大都市防洪能力的有效途径,可集约利用土地,缩短城市防洪战线,控制闸内防汛墙高度,增加亲水性,提升城市的景观形象,有利于黄浦江两岸治理开发目标的实现^[41]。综上所述,黄浦江建闸相对于加高堤防工程而言,是实现防洪防潮、提升沿江景观、改善黄浦江环境质量的优化可选方案。

加高堤防和黄浦江建闸方案在技术上均可满足防汛要求,但是对于生态环境造成的影响不同^[42],然而无法通过市场交易直接衡量或找到替代市场计算两种方案各自的环境价值。上海市民对于两种方案的不同偏好,可以运用陈述性偏好理论直接询问,即通过设计科学的问卷调查反映其价值取舍。本文利用 CVM,根据受访者的偏好模拟市场行为,设计相应的调查问卷,计算其支付意愿和受偿意愿,进而推测上海市民对这两种方案的价值衡量,从改善生态环

表 2 经济物品分类与适用评价方法

物品	特征	评价方法	实例
纯私有物品	个人财产权、排他性、可分割	市场价格法、替代成本法、中介物品法、CVM	汽车、住房等
准私有物品	部分排他性、可分割	旅行费用法、特征价格法、CVM	道路、海滩等
准公共物品	无排他性、部分可分割	旅行费用法、特征价格法、CVM	水电、公园等
纯公共物品	公共财产权、无排他性、不可分割	CVM	灾害、文化遗产等

境的角度探讨黄浦江建闸和加高堤防方案,分析用加高堤防替代建闸方案对黄浦江生态环境价值的影响。

3.2 调查方案设计

根据 CVM 的操作流程,拟定问卷设计、预调查、正式调查、数据分析和得出结论的实施方案,调查实施方案流程如图 1 所示。调查实施方案分为 3 个阶段:研究设计阶段、调查实施阶段和价值评估阶段。在调查实施阶段,黄浦江加高堤防替代建闸方案的生态环境价值评估采用 CVM,调查时间为 2019 年 9—12 月。第一步预调查。在上海市浦东新区采用支付卡式进行预调查,目的在于确定预设的投标起点值、价格区间间隔以及范围的合理性,尽可能减小起点偏差。预调查共回收有效问卷 35 份,价格分布范围和价格区间基本确定,初步结果是可以进行该次研究的预调查。第二步采用支付卡式和二分式相结合进行抽样调查,对上海设计院有关技术人员进行电话沟通和面访,要求受访者在独立认真考虑价格适中的含义后,给出合理的价格区间。共发放问卷 175 份,发放数量兼顾研究区域的地理位置关系、人口数量和项目保密程度,剔除无效问卷(前后矛盾、错答乱答、回答不全面)后,共得到有效问卷 152 份。

3.3 调查对象的确定

CVM 应考虑的一个重要问题是该假想市场具有多大规模,即哪些人调查问卷的支付意愿可以被计入该价值评估。理论上所有待估价值体系受益人的支付意愿都应计入,但在实际操作时,完全确定待估生态体系的受益者绝非易事,可以说是不现实的。上海市黄浦江改造项目是一项大型公益性项目,其主要决策者是上海市政府。对于黄浦江改造项目,

上海市政府一方面想倾听真实的民意,另一方面涉及保密,更不希望黄浦江改造计划实施前引起诸多不必要的舆论,因此调查对象的选取不适合大面积撒网,调查范围选定在设计院的相关兄弟单位。

将初步调查结果数据导入 SPSS 软件进行分析,发现调查对象的收入、受教育程度是影响支付意愿的重要因素,而年龄和性别对支付意愿影响不大。因此,二次调查时筛选调查对象选取比例的确定主要取决于决策者偏好,尽可能体现收入水平和学历的差异,从而尽可能全面反映整体的支付意愿或受偿意愿。调查对象家庭年收入从 5 万~40 万元以上分为 5 个阶梯,人数比例从低到高基本按照 1.5 : 1.5 : 2.5 : 3 : 1.5,学历从小学及以下到大学及以上分为 4 个梯度,人数比例基本满足 1 : 2 : 3 : 4。

3.4 调查方式

CVM 以调查为基础,从现阶段来看,主要有 4 种调查方式:投标博弈、二分式、支付卡式和开放式。①投标博弈是进行一轮轮竞标定价,优点是更加贴近真实的市场价格,但时间和精力成本太大而不易实现。②二分式是受访者只需要对给定的问题回答“是”或“不是”,受访者容易回答,意思表达准确,在一些定性问题上直接有效,定量分析存在较大偏差。③开放式是直接询问受访者的支付意愿,不存在起点偏差、中点偏差或范围偏差,但在实际预调查时,被调查者面对不熟悉的事物,无法给出合理的定价,导致被调查者放弃或拒绝回答,容易产生较大的策略偏差。④支付卡式由于给定的是价格区间,可能会产生起点偏差、中点偏差,但在实际操作中受访者容易做出选择。

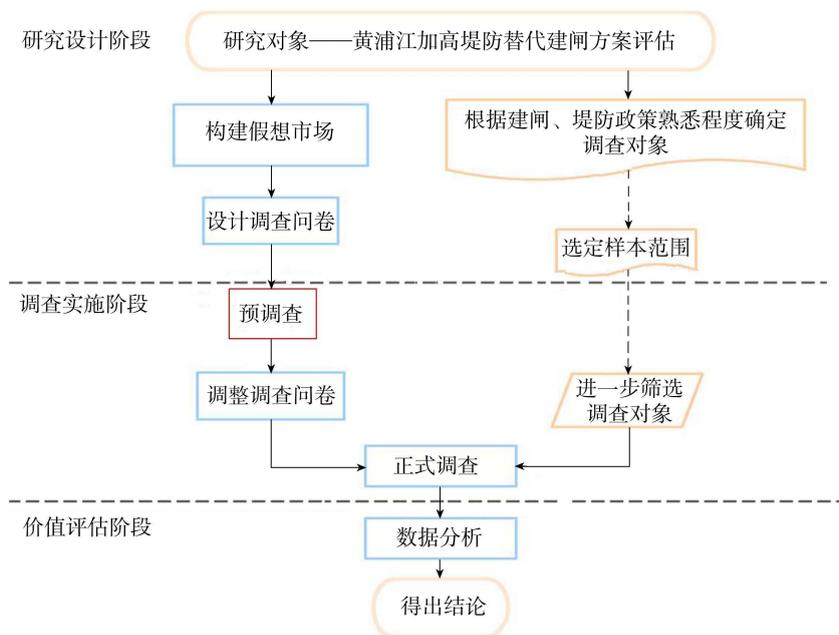


图 1 调查实施方案

黄浦江改造项目采用了二分式和支付卡式相结合的方式。在定性问题上,如是否愿意支付或受偿,黄浦江改造是否对生态景观产生影响等问题采用二分式更准确直接有效;在定量问题上,由于受访者没有相关经验不知道如何作答,可以采用支付卡式给定一个区间范围供选择。支付卡式可能产生的偏差,可以用不同的支付意愿或受偿意愿计算方法进行改进。

3.5 调查问卷的设计和影响因素

为了分析黄浦江防洪(潮)治理工程生态环境价值支付意愿,进行随机抽样问卷调查,此次主要采用网络问卷形式,调查问卷由4部分组成。①基本情况:年龄、性别、文化程度、户籍。②与工程的关系:居住年限、居住地距黄浦江最近距离。③经济水平:个人年收入、家庭年收入。④工程认识与支付(受偿)意愿:受访者对黄浦江景观、环境的满意程度;对黄浦江防洪、景观及环保政策了解程度;对黄浦江治理工程的了解程度;对黄浦江遭到破坏的受偿意愿;黄浦江治理景观与环境价值支付愿望;黄浦江河口建闸后景观与环境变化愿景。

将调查表数据导入 SPSS 中进行多元回归分析,研究受访者的年龄、文化程度、家庭年收入、对黄浦江现状满意度、对黄浦江治理环保政策的了解程度等因素与支付额度之间的线性关系。线性回归的预测变量有:(常量)、年龄 X_1 、文化程度 X_2 、家庭年收入 X_3 、现状满意度 X_4 和了解程度 X_5 ;线性回归的因变量为支付额度。

对 SPSS 结果进行分析: $R=0.278$, $R^2=0.077$, 调整后的 R^2 为 0.046, 标准估算的错误为 116.779, 德宾-沃森(DW)为 1.759。由此可知, R^2 表明了模型对样本数据的拟合程度,其值越高说明模型对样本数据拟合越好,是检验回归是否成功的重要因素之一。DW 是残差独立性检验,检验要求其落在合理的区间范围,一般情况下 DW 介于 1.5~2.5,说明无自相关现象。

原假设是因变量和预测变量之间符合线性回归方程。采用 F 检验验证,结果小于 0.05 则支持原假设,结果大于 0.05 则不支持原假设。F 检验值是 F 检验的结果,从表 3 可知:F 检验值为 0.037,小于 0.05,支持原假设,即线性回归方程显著。

表 3 方差分析

项目	平方和	自由度	均方	F 检验值
回归	166081.912	5	33216.382	2.436
残差	1977407.492	145	13637.293	
总计	2143489.404	150		0.037

F 检验可以判断回归方程中各个变量是否显著,即各个变量的重要程度,变量的显著性数值越小

则该变量越显著。由表 4 可知,家庭年收入显著性为 0.006,小于 0.05,表示该变量显著性强。

表 4 预测变量系数

变量	B	标准错误	标准化系数 Beta	t	显著性
(常量)	-22.375	88.377		-0.253	0.800
年龄	0.713	0.778	0.101	0.917	0.361
文化程度	18.786	10.706	0.188	1.755	0.081
家庭年收入	1.705	0.613	0.240	2.781	0.006
现状满意度	-4.324	12.963	-0.027	-0.334	0.739
了解程度	-6.833	11.727	-0.049	-0.583	0.561

将数据导入 SPSS 软件可以计算得到线性回归方程:

$$Y = 0.713X_1 + 18.786X_2 + 1.705X_3 - 4.324X_4 - 6.833X_5 \quad (1)$$

图 2 为输出的回归标准化残差直方图。由图 2 可见,回归条件满足正态分布,基本符合正态分布特征。

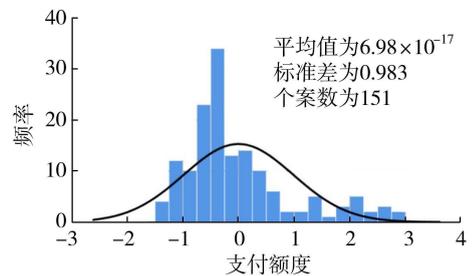


图 2 回归标准化残差直方图

图 3 为回归标准化残差的正态 P-P 图。P-P 图点越集中在线上,越符合回归要求。

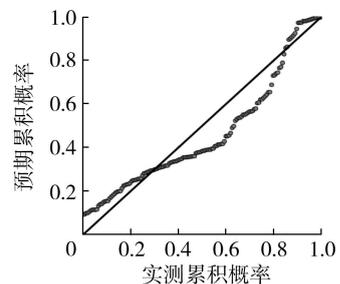


图 3 回归标准化残差的正态 P-P 图

根据图 2、图 3 及表 4 的结果,从显著性来看,家庭年收入的显著性最强,影响支付意愿最大的因素是家庭年收入,收入越高,支付意愿越强烈。从线性回归方程来看,受教育程度的系数最大,受教育程度对于支付意愿的影响也较大,受教育程度越高,支付意愿越大。支付意愿和年龄、现状满意度、了解程度没有显著的线性相关性。

3.6 支付意愿和受偿意愿期望

3.6.1 均值期望法

在选择支付意愿或者受偿意愿计算方法时,一般对支付卡式、二分式问卷等得到的不同类型数据

表6 受偿意愿调查分布汇总

Y_i /(元/(户·月))	K_i %	受偿份额
0	23.03	35
50	4.60	7
200	9.87	15
400	12.5	19
750	9.87	15
1500	15.79	24
2500	24.34	37

注: Y_i 低于 2 000 元/(户·月) 的取区间平均值, 2 000 元/(户·月) 以上按照保守估计 4 000 元/(户·月) 来计算。

964 万户, 由此得到黄浦江建闸方案的总支付意愿为 120.6 亿元, 总受偿意愿为 130.8 亿元。

3.6.2 三相定价法

CVM 中给定一个特定的价格论域, 价格最低、适中和最高是 3 个模糊子集。与普通集合论概念不同, 模糊集合中的子集没有明确边界。三相定价法是在同一阶梯的支付卡上选择一个最低价格, 一个不能接受的最高价格, 以及一个适中价格, 利用这 3 个价格建立基于模糊统计模型的隶属函数。由于模糊统计模型要求对调查内容涉及的适中价格概念认知清楚, 对受访者的文化程度有一定的要求, 这可能一定程度上会影响样本的代表性。对调查问卷的同一个价格范围进行连续三相划分, 即最低价格、适中价格和最高价格, 建立三相划分的连续隶属函数。通常情况下, 多相统计的目的是得到各相在讨论域上的隶属函数关系, F 检验的性质为

$$U_1(x) + U_2(x) + \dots + U_n(x) = 1 \quad (\forall x \in X) \quad (4)$$

式中: X 为讨论域; U_i 为讨论域上的模糊集。

三相划分的连续隶属函数公式为

$$f_{\partial, \varepsilon}(\eta) = \begin{cases} A_1(\eta) & \eta \leq \partial \\ A_2(\eta) & \partial < \eta \leq \varepsilon \\ A_3(\eta) & \varepsilon < \eta \end{cases} \quad (5)$$

式中: η 为假定环境物品的价格范围; A_1 、 A_2 、 A_3 分别为假定环境物品便宜、适中、最贵价格范围; ∂ 为便宜与适中价格的分界点; ε 为适中与最贵价格分界点。

对于统计调查得到的数据, 利用 MATLAB 中的曲线拟合工具箱, 发现 ∂ 、 ε 服从高斯分布, 拟合情况如表 7 所示。

由表 7 和式(4)(5)计算可知, 黄浦江加高堤防替代建闸方案支付意愿为 88 ~ 112 元, 将其导入便宜价格、适中价格和最贵价格的隶属函数中, 得出支付意愿月均每户合适的价格为 102.5 元, 同理可以得到受偿意愿年均每户的合适价格为 1568.9 元。根据 2019 年上海市总人口, 得到黄浦江建闸的总支付意愿为 118.5 亿元, 总受偿意愿为 151.2 亿元。

采用参数法或非参数法。对于支付卡式, 较多根据获得的离散数据, 采用中位值或平均值计算方法, 即所评估环境物品的年人(户)均支付意愿值选择累计额度为 50% 的支付额度或被调查者平均支付额度乘以适中的人群范围总人数得出支付意愿期望值。一般情况下, CVM 处理调查数据得到平均支付意愿或中位数反映的是数据集中趋势, 而被调查者对平均支付意愿分析结果的临近额度无法具体到某一个数值。在此次调查问卷支付意愿的信息提取中, 支付卡式能够得到准确的支付意愿值, 不足之处是支付卡式的价格范围和中位价格会影响被调查对象; 二分式在评价非使用价值案例上最具有动机一致性的效果, 这两种方式的结合可以提高 CVM 的有效性。这种使用支付卡式阶梯得到的区间型数据, 基于隶属函数的不断改进, 结果显示较好。在调查过程中, 调查对象认真询问问卷问题, 对于可能产生误解或疑惑的题目, 调研小组给予解释, 降低了受访者的认知难度, 避免了猜测或任意选择的现象, 因此得到的调查数据可靠性较高。根据网络调查问卷的统计结果, 采用均值期望法计算出黄浦江加高堤防替代建闸方案的平均支付意愿和受偿意愿。

平均支付意愿计算模型为

$$P = \sum_{i=1}^n W_i X_i \quad (2)$$

式中: P 为平均支付意愿; X_i 为每户每月的支付金额; W_i 为每种支付金额对应的比例。

平均受偿意愿计算模型为

$$A = \sum_{i=1}^n K_i Y_i \quad (3)$$

式中: A 为平均受偿意愿; Y_i 为每户每月的受偿金额; K_i 为每种受偿金额对应的比例。

利用式(2), 由表 5 的数据计算得到每户平均每月支付意愿为 104.23 元; 利用式(3), 由表 6 的数据计算得到户均年受偿意愿为 1 356.5 元。2019 年上海市统计年鉴总人口为 2 490 万人, 约

表5 支付意愿调查分布汇总

X_i /(元/(户·月))	W_i %	支付份额
0	10.53	16
10	15.79	24
35	12.5	19
65	13.81	21
100	15.79	24
140	10.52	16
180	5.26	8
250	5.92	9
350	9.86	15

注: X_i 低于 300 元/(户·月) 的取区间平均值, 300 元/(户·月) 以上保守估计, 按照 350 元/(户·月) 来计算。

表7 数据拟合情况

分布	d 拟合情况					ε 拟合情况				
	a	u	SSE	R^2	调整的 R^2	a	u	SSE	R^2	调整的 R^2
高斯分布	0.17410	88	0.002910	0.8644	0.8201	0.11430	112	0.00018	0.9778	0.9411
威布尔分布	0.00620	83	0.003312	0.8464	0.8194	0.00546	109	0.00109	0.9658	0.9315

3.6.3 均值期望法和三相定价法对比

均值期望法是根据调查问卷中所给的价格区间,利用平均值进行计算,其优点是计算简单方便,在预调查充分的情况下,由于价格区间选定合适,支付意愿的结果体现较为折中且稳定,能够反映支付意愿的趋势;缺点是可能会存在较大的起点偏差和中点偏差,需要其他方法进行辅助验证,从而确保结果的准确性。

三相定价法是在调查的同一个价格范围进行最低、适中、最高价格的划分,利用函数模型计算,优点是可以减小起点偏差和中点偏差,缺点是调查较为麻烦,三相划分需要反复与被调查者确认,使其在充分了解调查信息的情况下给出合理的价格。

3.7 黄浦江加高堤防替代建闸方案的确定

采用均值期望法计算出黄浦江加高堤防替代建闸方案的总支付意愿为120.6亿元/a,总受偿意愿为130.8亿元/a,总受偿意愿是总支付意愿的108.4%,大于1。采用三相定价法得出黄浦江加高堤防替代建闸方案的总支付意愿为118.5亿元/a,总受偿意愿为151.2亿元/a,总受偿意愿是总支付意愿的127.6%,大于1。均值期望法和三相定价法得出的支付意愿和受偿意愿数额虽然不同,但趋势和结论是一致的。支付意愿代表了为了改进环境现状而愿意付出的代价,受偿意愿代表了环境现状遭到破坏后弥补和修复伤害所要付出的代价。在CVM模拟市场的条件下,民众愿意每年支付支持建闸以改善黄浦江的生态环境,而一旦黄浦江环境遭受破坏则需要民众每年支付进行赔偿。在两种情形下,总受偿意愿与总支付意愿的比例超过1,即受偿意愿高于支付意愿,说明在黄浦江加高堤防替代建闸方案中,加高堤防造成黄浦江生态环境破坏的损失巨大,对民众的打击非常显著,受到的伤害比较大。民众宁愿支付一定的数额来防止黄浦江环境变差,也不愿意在黄浦江环境遭受破坏后接受补偿。该结果表明上海市民众非常看重黄浦江生态资源价值,不希望黄浦江环境变坏。单一从黄浦江的生态环境价值来看,相较于加高堤防防汛方案,民众更愿意政府投资或者资助建设黄浦江闸,进行防洪排涝及河道整治工程。

4 结语

城市河道在进行改造决策时,要考虑安全性、经

济性、社会性和生态环境价值等因素,这些指标的权重是决策者根据自身发展的需要来确定的。CVM是评价生态景观非使用价值的唯一方法,又是公共物品价值评价的常用方法。仅从城市河道改造生态环境价值这个单一维度,CVM在应用时根据不同项目特征,其问卷设计方案、调查对象、调查方式、数据处理方法等的选取不尽相同。CVM的特征决定了影响CVM研究结果的因素很多,从开始的问卷设计到调查实施过程,最后到数据处理分析,完成这些环节的工作需要调查者精心设计,尽可能采用多种方法来检验CVM结果的准确性。黄浦江加高堤防替代建闸方案是一项重大的公共性项目决策,上海市政府需要倾听民意,CVM能够很好地反映民意,这是CVM能够应用于该方案评价的基础。黄浦江加高堤防替代建闸方案又有保密性要求,因此采用CVM需要关注各个环节的量化处理。总而言之,CVM的理论原理和调查程序已经相当成熟,在具体应用上需要具体问题具体分析,结合项目自身特点进行方式、方法的调整。

参考文献:

- [1] 王瑜. 生态文明视角下城市河流的功能演变与开发思考[J]. 水利规划与设计, 2020(8): 1-4.
- [2] 江红梅, 王正中, 王东刚. 城市河流综合治理与生态建设探讨[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2008(1): 223-228.
- [3] 蒋立超. 浅谈河道治理与生态保护[J]. 农业科技与信息, 2022(19): 68-70.
- [4] 度薇. 城镇水系综合治理工程生态系统服务价值评估[D]. 郑州: 华北水利水电大学, 2021.
- [5] 刘嘉. 条件价值法的研究与应用[J]. 湖南广播电视大学学报, 2011(2): 62-66.
- [6] 陈琰. 环境经济损失评估理论及应用研究[D]. 上海: 复旦大学, 2008.
- [7] 阮氏春香. 森林生态旅游非使用价值的CVM有效性研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2011.
- [8] 武照亮. CVM在中国资源环境价值评估中的应用[J]. 中国环境科学, 2022, 42(10): 4931-4938.
- [9] LEECHOONG K, DAE E, JIN B, et al. Estimating the economic value of Hallyu experience using CVM-valuation of Hallyu for Chinese tourists [J]. Korean Journal of Tourism Research, 2015, 30(1): 163-182.
- [10] LEHTONEN M. The environmental-social interface of

- sustainable development: capabilities, social capital, institutions[J]. *Ecological Economics*,2004,49(2):199-214.
- [11] CARABALLO L,URICH J,VASQUEZ P,et al. Effects of single and/or combined application of water and oil based drill cuttings in a tropical agricultural soil located in Jusepin Oil Field ,Monagas State,Venezuela,February15-22[M]. Berlin:Springer,1998.
- [12] ANGELA A, ELLA L, LIN Q, et al. Cardiovascular malformations: changes in prevalence and birth status, 1972-1990[J]. *American Journal of Medical Genetics*, 1999,58(3):111-116.
- [13] MELO A, PEREIRA A R, SANTOS S,et al. Wild yeasts in the wine: discovering their phenotypic biodiversity [C]//26th International Conference on Yeast Genetics and Molecular Biology. London:Profile Books,2013.
- [14] NISHIZAWA E,KUROKAWA T,YABE M . Policies and resident's willingness to pay for restoring the ecosystem damaged by alien fish in Lake Biwa, Japan [J]. *Environmental Science & Policy*,2006,9(5):448-456.
- [15] 胡雅楠,范春阳,赵晓丽. 环境外部性定量化评价方法分析[J]. *华北电力大学学报(社会科学版)*,2013(5):7-13.
- [16] 刘亚萍,金建湘. CVM 法在国内的应用研究特征及研究态势:基于国内刊物 20 年来公开发表的文献[J]. *生态经济*,2014,30(2):24-29.
- [17] 党健,李文鸿,周凤航. 基于条件价值法的生命价值评估:支付意愿与受偿意愿比较研究[J]. *河南工业大学学报(社会科学版)*,2012,8(3):50-55.
- [18] 张冰,申韩丽,王朋薇. 长白山自然保护区旅游生态补偿支付意愿分析[J]. *林业资源管理*,2013(1):68-75.
- [19] 孔东升,张灏. 张掖黑河湿地自然保护区生态服务功能价值评估[J]. *生态学报*,2015,35(4):972-983.
- [20] 兰岚. 林权归属对公益林生态效益的影响[D]. 福州:福建农林大学,2017.
- [21] 党莹,张小玲,饶晓琴. 北京与成都大气污染特征及空气质量改善效果评估[J]. *环境科学*,2021,42(8):3622-3632.
- [22] 张翼飞,刘宇辉. 城市景观河流生态修复的产出研究及有效性可靠性检验:基于上海城市内河水水质改善价值评估的实证分析[J]. *中国地质大学学报(社会科学版)*,2007(2):39-44.
- [23] 王显金,钟昌标. 基于 CVM 的海涂湿地生态服务价值的模糊评估模型[J]. *生态学报*,2018,38(8):2974-2983.
- [24] 吴丹,刘书俊. CVM 法对长江口海洋生态环境价值的评价应用[J]. *环境保护科学*,2009,35(4):85-88.
- [25] 张梦麟. 基于 CVM 方法的小型农田景观评价研究:以沈阳市沈北新区为例[J]. *乡村科技*,2021(30):73-75.
- [26] 杨凯,赵军. 城市河流生态系统服务的 CVM 估值及其偏差分析[J]. *生态学报*,2005,25(6):1391-1396.
- [27] 佟锐,敖长林,焦扬,等. 基于廉价磋商的 CVM 假想偏差修正研究:以松花江流域为例[J]. *资源科学*,2016,38(3):501-511.
- [28] 董雪旺,张捷,刘传华,等. 条件价值法中的偏差分析及信度和效度检验:以九寨沟游憩价值评估为例[J]. *地理学报*,2011,66(2):267-278.
- [29] 安然,杨闽芳,赖启福. CVM 评估森林景区游憩价值信息偏差检验[J]. *林业经济问题*,2020,40(1):53-59.
- [30] 曹建华,王红英,郭小鹏. CVM 方法确定环境价值有效性的分析研究[J]. *中国人口·资源与环境*,2005,15(2):48-52.
- [31] 李超显. CVM 在流域生态环境价值评估中的有效性和可靠性检验:以湘江流域为例的实证分析[J]. *湖南行政学院学报*,2016(5):73-77.
- [32] 刘姜艳. 湟水河红古段河道生态系统服务功能价值研究[D]. 兰州:兰州大学,2020.
- [33] 汪伦焰,古向,李慧敏. 水环境治理项目生态环境价值评估体系构建与实证分析[J]. *人民长江*,2022,53(8):70-74.
- [34] 王翠翠. 浅谈北方城市河道改造项目:以昆明市昆玉河景观设计为例[J]. *信息记录材料*,2017(S1):2.
- [35] 陈可石,杨天翼. 城市河流改造及景观设计探析:以首尔清溪川改造为例[J]. *生态经济*,2013(8):196-199.
- [36] 卫滨,朱凌云,余冷. 生态环境价值评估方法浅析[J]. *中国资产评估*,2021(11):24-27.
- [37] 景谦平,吴栋栋,邵毅. 生态环境损害价值计量:福建南平生态破坏案生态环境损害价值评估案例分析[J]. *中国资产评估*,2017(6):46-49.
- [38] 洪崇恩,王一士,魏达嘉,等. 正本溯源说“一江”:物阜民丰、流光溢彩的黄浦江[J]. *生态文明世界*,2021(4):10-23.
- [39] 卢鹏. 国际智慧城市安全治理比较研究[D]. 上海:上海外国语大学,2021.
- [40] 李永梅,牟振宇,万英伶,等. 黄浦江滨水空间综合开发研究[J]. *全球城市研究(中英文)*,2021,2(2):160-172.
- [41] 宋永港,刘宏宽. 海平面上升对黄浦江 1 000 年一遇高潮位影响研究:基于马尔科夫链蒙特卡罗法[J]. *水力发电*,2023,49(2):17-21.
- [42] 张伟东,伍晓涛,叶伟. 上海市闵行区黄浦江沿线水闸防洪标准安全现状分析[J]. *人民珠江*,2018,39(7):97-101.

(收稿日期:2023-03-01 编辑:胡新宇)