

引用格式:敖长林,董育宁,焦扬,等. 基于双栏模型的三江平原湿地生态保护价值评估[J]. 资源科学, 2016, 38(5): 929-938.  
[Ao C L, Dong Y N, Jiao Y, et al. Ecological value evaluation of the Sanjiang Plain Wetland based on the Double-Hurdle Model[J].  
Resources Science, 2016, 38(5): 929-938]. DOI: 10.18402/resci.2016.05.12

# 基于双栏模型的三江平原湿地生态保护价值评估

敖长林,董育宁,焦 扬,张 昆,董利娜

(东北农业大学 管理科学与工程系, 哈尔滨 150030)

**摘 要:**由二分式条件价值评估法得到的样本数据,通常会包含零观察值,以往研究中的支付意愿函数模型和Tobit模型未能妥善处理零观察值,降低了评估结果的准确性。针对零观察值问题,本文通过构建支付意愿的双栏模型,将零观察值纳入CVM数据分析,提出了双栏模型参数估计方法。以三江平原湿地生态保护价值为例,得到黑龙江省居民的平均支付意愿为127.93元/(人·年),低于支付意愿函数模型的计算结果134.58元/(人·年),高于Tobit模型的计算结果102.52元/(人·年),得到2010年三江平原湿地生态保护价值为49.01亿元/年。研究结果验证双栏模型可以避免因删除零观察值而导致估算结果的高估及将所有零值归为真实零观察值所导致估算结果的低估。通过比较两栏的结果发现,收入、了解程度、游玩次数等影响因素在两方程中的作用不同,表明参与和支付是两种不同的机制,需要区分处理。研究结论为CVM研究中零观察值的处理提供新的途径,为生态环境管理提供决策参考依据。

**关键词:**条件价值评估法;零观察值;双栏模型;三江平原湿地

DOI: 10.18402/resci.2016.05.12

## 1 引言

条件价值评估法(Contingent Valuation Method, CVM)是一种综合了社会调查和数据统计的非市场价值评估方法。在众多非市场价值评估技术中,条件价值评估法是应用最广、影响最大的一种方法<sup>[1]</sup>,近年来被广泛地应用于环境、资源的非使用价值评估。其主要原理是在假想的市场情况下,直接调查和询问人们对于环境改善的最大支付意愿(Willingness To Pay, WTP)或对于环境损失的最小受偿意愿(Willingness To Accept, WTA),通过个人的WTP或WTA计算总的WTP或WTA,从而求导环境资源的价值<sup>[2]</sup>。

在CVM研究中,用于导出最大支付意愿的问卷格式主要包括投标博弈、开放式、支付卡和二分式问卷。1979年Bishop等将二分式选择问卷引进研究之中<sup>[3]</sup>,因其本身的诸多优势,二分式问卷在研究中得到广泛应用。自从NOAA的研究小组发布报

告<sup>[4]</sup>以来,二分式问卷很大程度上取代了开放式问卷。二分式问卷格式被认为是当今的CVM研究中最先进的方法<sup>[1]</sup>。但二分式问题的调查结果“是”或“不是”的离散数据,因而对统计技术要求较高,研究者往往需要借助于特定的数学模型和统计技术才能进行计算。

当前处理二分式CVM数据的数学模型主要有两种。一种是由Cameron于1988年提出的支付意愿函数模型<sup>[5]</sup>,该模型能较好拟合双边界二分式数据,但应用此模型势必要先删除零观察值,再分析余下的正观察值<sup>[6]</sup>。然而在数据分析中排除零观察值,一方面会造成对最后结果的高估,而成为不合理的分析,另一方面删除大量的零观察值,不但缩小样本规模,而且因为刻意挑选正观察值而产生样本抽样偏差。另一种是Tobin提出的Tobit模型<sup>[7]</sup>。Halstead等最早尝试应用Tobit模型处理包含零观察值在内的CVM数据<sup>[8]</sup>,此后该模型被广泛应用于

收稿日期:2015-10-10; 修订日期:2016-01-10

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71171044)。

作者简介:敖长林,男(蒙古族),黑龙江杜蒙县人,教授,博士生导师,研究方向为资源环境管理。E-mail: aochanglin2002@126.com

CVM研究<sup>[9-11]</sup>。但Tobit模型假设所有受访者都愿意参与消费,并将所有零观察值归为经济条件所致,忽略了收入以外的其他诸多因素,混淆了不同零观察值的差异。近年来对零观察值的处理方式已逐渐引起争议<sup>[12,13]</sup>。

有鉴于此,Cragg延伸了Tobit模型,提出双栏模型(Double-Hurdle Model),将消费行为分为“决定是否参与”和“决定支付多少金额”两个阶段,两阶段分别有不同的因素影响<sup>[14]</sup>。不少文献讨论证实原始双栏模型较Tobit模型对消费行为结果的解释更具一致性<sup>[15,16]</sup>。Goodwin等将包含零观察值样本的CVM调查数据带入原始双栏模型中进行分析,但其采用的是开放式问卷,并直接采用受访者最后表示的WTP金额,忽略了中间的决策过程<sup>[17]</sup>。双栏模型逐渐被生态价值评估领域的学者认可,并应用于CVM研究中受访者WTP的计算<sup>[18-20]</sup>。此后的诸多研究<sup>[21-24]</sup>均沿用了这一模型,但多为针对开放式CVM调查数据,当前研究普遍采用的二分式数据的计算模型仍有待完善。

三江平原湿地是中国最大的湿地分布区域,已被列入亚洲和中国重点保护湿地名录。近年来三江平原湿地生态问题日益严峻<sup>[25]</sup>,严重影响着湿地区域经济社会的可持续发展<sup>[26]</sup>。

本文在已有的研究基础上<sup>[27-29]</sup>,针对二分式数据的模型构建问题,首先依据双栏模型的思想,赋予受访者行为两阶段解释,从而识别并区分二分式数据中的两类零观察值;其次构建参与方程和支付方程,并纳入双边界二分式CVM问卷所获取的六类观察值,进而估算受访者的平均支付意愿。最后以三江平原湿地生态保护价值为研究对象,以双栏模型处理双边界二分式数据,对其生态保护价值进行货币化评价,并与传统二分式CVM计算模型进行比较。研究结论将丰富二分式CVM统计模型,提高CVM评价结果的准确性,并为相关资源环境政策的制定和决策提供支持。

## 2 模型与方法

### 2.1 双栏模型

当前CVM研究中,一个突出的问题是零观察值的大量出现。Amigues提出零观察值的主要成因是收入限制<sup>[30]</sup>;而Mitchell等认为除了收入限制和环保

意识淡薄等原因外,对CVM调查不熟悉、对政府或排污企业不满等抗议因素也会导致零观察值的产生<sup>[31]</sup>。不少国内的学者在CVM调查中都关注了零观察值问题,但针对性的研究和探讨较为匮乏<sup>[32-35]</sup>。

Cragg认为零值的产生并非都源于经济因素,也有可能是消费者选择不参与该市场,而没有表达出真实意愿。基于双栏模型对决策行为的解释,CVM中的零观察值可划分为“真实零观察值”(genuine zero)和“抗议性零观察值”(protest zero)。真实零观察值是偏好的真实反映,是对环境物品的服务漠不关心的人的保留价格<sup>[36,37]</sup>。抗议性零观察值是指受访者由于某种负面态度而并未对受访议题显示出真实的支付意愿<sup>[38,39]</sup>。正确处理两类观察值,是提高CVM估计结果准确性的关键环节<sup>[40]</sup>。

经济学家认为,消费行为是人们为获取并使用商品所直接参与的行为,包括在行为之前决定此行为的决策程序<sup>[41]</sup>。因而消费行为可分解为两个决策过程:①决定是否参与该消费行为,也称参与决策;②决定消费购买多少,也就是支付决策。Cragg假设两个过程没有先后之分且彼此相互独立,只有两个决定同时成立的情况下,才构成一个完整的决策<sup>[14]</sup>。

依据双栏模型的思想,受访者在CVM假想情境下的决策机制可解释为两阶段过程:第一阶段是决定是否参与研究者所提供的假想市场的消费行为,即参与决策;第二阶段决定为特定的环境物品支付多少金额,即支付决策。受访者在接受问卷调查时已同时做出参与和支付决策,且参与决策的结果不会影响支付意愿的大小。双栏模型可表示为:

$$D_i = \alpha Z_i + \mu_i, \quad \mu_i \sim N(0, 1) \quad (1)$$

$$Y_i^* = \beta X_i + \varepsilon_i, \quad \varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2) \quad (2)$$

$$Y_i = \begin{cases} Y_i^*, & Y_i^* > 0 \text{ 且 } D_i > 0 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

式中  $D_i$ 、 $Y_i^*$  分别为参与决策、支付决策的潜在变量,可表示为解释变量  $Z_i$ 、 $X_i$  的线性函数;  $Y_i$  为受访者实际支付的金额;  $Z_i$ 、 $X_i$  分别为社会、经济属性变量;  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\sigma$  为待估参数;  $\mu_i$ 、 $\varepsilon_i$  为随机误差项,二者服从独立的正态分布。

方程(1)称为参与方程,解释受访者参与“购

2016年5月

买”的概率,当潜在变量  $D_i$  为正值时,受访者参与该消费行为,否则是抗议性零支付;方程(2)称为支付方程,解释受访者的支付意愿的大小。CVM调查通常包含一个隐含的假设,即受访者不会填写负值,因而调查所获得的样本最小值不是负值,而是零。方程(3)将参与者的支付意愿在零处截断,即将所有可能出现的非正的支付意愿均归于零。可见受访者必须跨越参与和支付两道障碍才会显示出正支付,否则表现出零支付。

双栏模型与传统CVM计算模型的根本区别在于对消费行为决策的解释差异。与支付意愿函数模型相比,双栏模型将参与决策引入消费行为分析,并将零观察值纳入模型计算,从而避免了因删除零观察值而导致估算结果的高估;与Tobit模型相比,双栏模型放宽了对零观察值的解释,依据其成因差异,将其分为真实零值和抗议性零值,从而避免了将所有零值归为真实零观察值所导致估算结果的低估。

## 2.2 模型构建

在双栏模型的解释下,双边界二分式CVM问卷获取的观察值可分为六类。即同意-同意(YY)、同意-不同意(YN)、不同意-同意(NY)、不同意-不同意(NN)、真实零、抗议性零。结果如表1所示。

表1中隐含了一个假设,即在各类零观察值产生的原因中,抗议性因素占主导地位,因而真实零观察值仅指支付意愿为非正值但并未持有抗议性态度(如认为环保费用应由政府承担)的样本;而凡是持有抗议性态度的样本均视为抗议性零观察值。抗议性零支付者出于某些抗议性因素并未呈现出其真实支付意愿,所以抗议性零支付者的支付

意愿可能为正值、零或负值。

六类支付出现的概率依次记为  $P_i^{YY}(T_i, T_i^U)$ 、 $P_i^{YN}(T_i, T_i^U)$ 、 $P_i^{NY}(T_i, T_i^L)$ 、 $P_i^{NN}(T_i, T_i^L)$ 、 $P_i^{genuine}$ 、 $P_i^{protest}$ ;  $\phi(\cdot)$  为标准正态分布的分布函数。依据参与决策与支付决策相互独立的假设有如下结果:

$$P_i^{YY}(T_i, T_i^U) = P(Y_i^* \geq T_i^U) \times P(D_i > 0) \\ = \phi\left(\frac{\beta X_i - T_i^U}{\sigma}\right) \times \phi(\alpha Z_i) \quad (4)$$

$$P_i^{YN}(T_i, T_i^U) = P(T_i^U > Y_i^* \geq T_i) \times P(D_i > 0) \\ = [\phi\left(\frac{\beta X_i - T_i}{\sigma}\right) - \phi\left(\frac{\beta X_i - T_i^U}{\sigma}\right)] \times \phi(\alpha Z_i) \quad (5)$$

$$P_i^{NY}(T_i, T_i^L) = P(T_i > Y_i^* \geq T_i^L) \times P(D_i > 0) \\ = [\phi\left(\frac{\beta X_i - T_i^L}{\sigma}\right) - \phi\left(\frac{\beta X_i - T_i}{\sigma}\right)] \times \phi(\alpha Z_i) \quad (6)$$

$$P_i^{NN}(T_i, T_i^L) = P(T_i^L > Y_i^* \geq 0) \times P(D_i > 0) \\ = [\phi\left(\frac{\beta X_i}{\sigma}\right) - \phi\left(\frac{\beta X_i - T_i^L}{\sigma}\right)] \times \phi(\alpha Z_i) \quad (7)$$

$$P_i^{genuine} = P(Y_i^* \leq 0) \times P(D_i > 0) \\ = [1 - \phi\left(\frac{\beta X_i}{\sigma}\right)] \times \phi(\alpha Z_i) \quad (8)$$

$$P_i^{protest} = P(D_i \leq 0) = \phi(-\alpha Z_i) \quad (9)$$

公式(10)中,  $d_i^{YY}$ 、 $d_i^{YN}$ 、 $d_i^{NY}$ 、 $d_i^{NN}$ 、 $d_i^{genuine}$ 、 $d_i^{protest}$  分别为“同意-同意”、“同意-不同意”、“不同意-同意”、“不同意-不同意”、“真实零”、“抗议零”的虚拟变量,则样本的对数似然函数为:

$$\ln L = \sum_{i=1}^n \left\{ d_i^{YY} \ln[P_i^{YY}(T_i, T_i^U)] + d_i^{YN} \ln[P_i^{YN}(T_i, T_i^U)] \right. \\ \left. + d_i^{NY} \ln[P_i^{NY}(T_i, T_i^L)] + d_i^{NN} \ln[P_i^{NN}(T_i, T_i^L)] \right. \\ \left. + d_i^{genuine} \ln P_i^{genuine} + d_i^{protest} \ln P_i^{protest} \right\} \quad (10)$$

## 2.3 参数估计方法

通过计算实验发现,若直接对公式(10)进行最大似然估计,在计算上存在困难,并会影响估计结果的准确性。针对这一问题,本文提出了一个两段式估计方法。观察公式(1)–公式(3),双栏模型的结构为一个解释参与决策的Probit模型和一个解释支付决策的截断回归模型,基于双栏模型两阶段相互独立的假设,可以考虑分两阶段进行最大似然估

表1 WTP观察值分类结果

Table 1 Classification of observations

分类结果	支付状态	参与状态	观察值
YY	$Y_i^* \geq T_i^U$	$D_i > 0$	$Y_i = Y_i^*$
YN	$T_i^U > Y_i^* \geq T_i$	$D_i > 0$	$Y_i = Y_i^*$
NY	$T_i > Y_i^* \geq T_i^L$	$D_i > 0$	$Y_i = Y_i^*$
NN	$T_i^L > Y_i^* > 0$	$D_i > 0$	$Y_i = Y_i^*$
真实零	$Y_i^* \leq 0$	$D_i > 0$	$Y_i = 0$
抗议性零	—	$D_i \leq 0$	$Y_i = 0$

注:  $T_i^U$  为当受访者第一阶段回答“同意”后为其提供的更高的投标值;  $T_i^L$  为回答“不同意”后为其提供的较低的投标值。



计,以简化参数估计过程。

第一步估计参与方程  $D_i = \alpha Z_i + \mu_i$ , 建立对应的对数似然函数:

$$\begin{aligned} \ln L_1 &= \sum_{i=1}^n [d_i^{protest} \ln P_i^{protest} + (1 - d_i^{protest}) \ln(1 - P_i^{protest})] \\ \ln L_1 &= \sum_{i=1}^n \{d_i^{protest} \ln[\phi(-\alpha Z_i)] + (1 - d_i^{protest}) \ln[\phi(\alpha Z_i)]\} \end{aligned} \quad (11)$$

由公式(11)可得参数  $\alpha$  的估计值  $\hat{\alpha}$ 。

第二步估计支付方程  $Y_i^* = \beta X_i + \varepsilon_i$ , 将公式(4)-公式(9)带入公式(10), 得到对数似然函数:

$$\begin{aligned} \ln L_2 &= \sum_{i=1}^n \{d_i^{YY} \ln[\phi(\frac{\beta X_i - T_i^U}{\sigma}) \times \phi(\alpha Z_i)] \\ &\quad + d_i^{YN} \ln[\phi(\frac{\beta X_i - T_i}{\sigma}) \times \phi(\alpha Z_i)] \\ &\quad - \phi(\frac{\beta X_i - T_i^U}{\sigma}) \times \phi(\alpha Z_i)] \\ &\quad + d_i^{NY} \ln[\phi(\frac{\beta X_i - T_i^L}{\sigma}) \times \phi(\alpha Z_i)] \\ &\quad - \phi(\frac{\beta X_i - T_i}{\sigma}) \times \phi(\alpha Z_i)] \\ &\quad + d_i^{NN} \ln[\phi(\frac{\beta X_i}{\sigma}) \times \phi(\alpha Z_i)] \\ &\quad - \phi(\frac{\beta X_i - T_i^L}{\sigma}) \times \phi(\alpha Z_i)] \\ &\quad + d_i^{genuine} \ln[\phi(-\frac{\beta X_i}{\sigma}) \times \phi(\alpha Z_i)] \\ &\quad + d_i^{protest} \ln[\phi(-\alpha Z_i)]\} \end{aligned} \quad (12)$$

将  $\alpha$  的估计值  $\hat{\alpha}$  带入公式(12), 可以得到参数  $\beta$ 、 $\sigma$  的最大似然估计值  $\hat{\beta}$ 、 $\hat{\sigma}$ 。

### 3 调研设计及样本特征

#### 3.1 数据来源及问卷设计

以三江平原湿地为研究对象,采用封闭式双边

界二分式问卷,评估其生态保护价值。问卷发放采用面访式调查与网络调查相结合的方式,调查区域涵盖了黑龙江省全省,其中对三江平原地区的密山市、佳木斯市、抚远县等共22个县市的居民作了重点调查。在问卷的总投放量确定上采用了分层抽样法,按区域人口比例抽选样本。

调查共发放纸质问卷1302份、网络问卷665份,分别回收1003份及194份,回收率为77%、29%。其中有效问卷共927份,有效率为77.4%。初始投标值由预调查设定,问卷按初始投标值分为7种,采取平均分配的方式,每种各发放186份。

问卷包括三个部分:

第一部分是对三江平原湿地的认识调查,包括对三江平原的了解程度、关心程度、近年的旅游次数等。

第二部分调查受访者的支付意愿及不愿意支付的原因。根据已有研究<sup>[24]</sup>,三江平原湿地周边95%的居民的支付意愿<200元/年,因而本研究所采用的初始投标值年支付意愿为1~200元,具体设定分别为1、5、10、20、50、100、200。二分式CVM核心问题如图1所示。

第三部分为受访者社会经济属性的调查。

#### 3.2 变量统计描述

在927份有效问卷中,312人表示不愿意为三江平原湿地生态补偿支付任何费用,零支付率为33.7%。依拒绝支付的原因划分,真实零支付共150人,抗议性零支付为162人,分别占总体的16.2%及17.5%,拒绝支付的5个原因:费用应由政府承担,占42%;无能力支付,占33%;距离较远占11%;其他拒付原因,占10%;不需要保护,占4%。

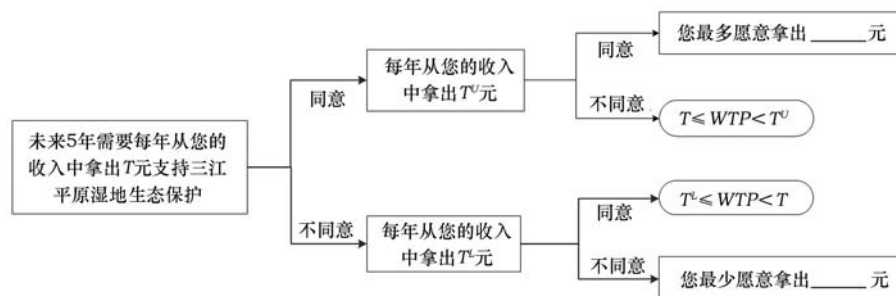


图1 问卷第三部分核心问题

Figure 1 Core questions in the third part of the questionnaire

2016年5月

在 615 位正支付受访者中,答复 YY、YN、NY、NN 的人数分别为 436、91、55、34,其比例分别为 71%、15%、9%、5%,各投标值的分布结果如表 2 所示。

本文选取性别、年龄、受教育程度、收入、了解程度、游玩次数等六项指标作为受访者的属性变量。基本统计结果如表 3 所示。

通过观察正支付率的变化趋势,分析受访者社

表 2 双边界二分式下投标点的样本分布

Table 2 Frequency of responses at each bid in double-bounded format

问卷类型	$T^L$	$T$	$T^U$	YY/ %(样本数)	YN/ %(样本数)	NY/ %(样本数)	NN/ %(样本数)	真实零支付/ %(样本数)	抗议性零支付/ %(样本数)	样本 总计
A	-	1	3	89(73)	3(2)	1(1)	0(0)	15(12)	15(12)	123
B	3	5	10	86(61)	5(4)	4(3)	2(1)	16(11)	28(20)	141
C	5	10	20	72(58)	8(6)	5(4)	2(2)	19(15)	18(15)	124
D	10	20	30	64(52)	9(7)	7(6)	2(1)	21(17)	21(17)	124
E	30	50	100	55(42)	11(8)	11(8)	8(6)	26(20)	21(16)	132
F	50	100	200	39(29)	21(15)	14(10)	5(4)	26(19)	31(23)	136
G	100	200	500	31(21)	34(23)	13(9)	14(10)	27(18)	28(19)	147
样本合计				436(47)	91(10)	55(6)	33(4)	150(16)	162(17)	927

表 3 变量定义及描述统计

Table 3 Variation definition and summary statistics

变量	选项	定义	人数	比例/%	均值	正支付率/%
性别 SEX	男	SEX=1	494	53	0.53	62.0
	女	SEX=0	433	47		69.8
年龄 AGE/岁	<20	AGE=1	46	5	2.98	76.7
	21~30	AGE=2	333	36		69.1
	31~40	AGE=3	241	26		63.9
	41~50	AGE=4	234	25		65.4
	51~60	AGE=5	50	5		44.9
	>60	AGE=6	23	2		65.2
教育 EDU	小学及以下	EDU=1	29	3	3.60	58.3
	初中	EDU=2	110	12		49.5
	高中	EDU=3	234	25		72.1
	大学	EDU=4	380	41		71.2
	研究生以上	EDU=5	174	19		56.0
收入 INC/万元	<0.3	INC=1	278	30	3.69	67.0
	0.3~0.6	INC=2	114	12		61.6
	0.6~1.2	INC=3	106	11		51.9
	1.2~2.4	INC=4	127	13		64.0
	2.4~3.6	INC=5	91	10		71.9
	3.6~4.8	INC=6	58	6		78.2
	4.8~6.0	INC=7	62	7		72.9
	>6.0	INC=8	91	10		65.9
了解程度	非常了解	ACK=5	69	7	2.98	70.3
	比较了解	ACK=4	201	22		73.0
	一般了解	ACK=3	347	37		68.4
	不太了解	ACK=2	259	28		59.1
游玩次数	完全不了解	ACK=1	51	6	0.82	40.2
	没去过	TIM=0	471	51		56.9
	1次	TIM=1	236	25		72.7
	2次	TIM=2	115	12		79.1
	≥3次	TIM=3	105	11		75.2

会经济属性变量对支付意愿的预期作用方向:

(1)年龄。在20~60岁区间内,支付率总体呈递减趋势,但60岁以上的人群的支付率回升。

(2)收入。年收入在0.3万~1.2万的受访者共占23%,该区间内支付率出现了下滑状态;而年收入在1.2万至4.8万的中层收入者的支付率随收入增加而上升;年收入在4.8万以上的群体占17%,支付率略低于中层收入者。

(3)受教育程度。大学学历的人群居多,占41%,初中、高中文化的受访者分别占12%、25%;高中以上学历的受访者的支付率明显高于低学历人群。

(4)了解程度。倾向于“了解”的人群占66%，“不太了解”和“完全不了解”的受访者分别占28%和6%，支付率随了解程度的提高呈比较明显的上升趋势。

(5)游玩次数。调查人群中超过一半的受访者表示未去过三江平原湿地,而有多次游玩经历的人群仅占23%;通过各群组的比较,支付率与游玩次数整体呈现正相关。

## 4 实证结果及分析

### 4.1 参与者与抗议者的属性平均值异同的检验

首先对162个抗议性样本与余下765个非抗议性样本的社会属性进行独立样本平均值异同的检验。各属性平均值异同的检验,依据该变量的方差是否相同而有不同的检验公式(方差相等的原假设均未被拒绝)。检验结果如表4所示。

检验结果表明,抗议性样本与非抗议性样本在性别、年龄、收入等因素有显著差异,这表明抗议者

表4 样本均值的比较

Table 4 Comparison of sample average

变量	平均值		F值	T值
	非抗议性样本 (样本数=765)	抗议性样本 (样本数=162)		
性别(SEX)	0.511	0.635	56.787**	2.903**
年龄(AGE)	2.905	3.226	1.182	3.424**
教育(EDU)	3.593	3.795	7.093**	2.330*
收入(INC)	3.426	3.996	2.791*	2.807**
了解程度(ACK)	2.982	2.871	1.370	-1.291
游玩次数(TIM)	0.882	0.594	2.904*	-3.274**

注: \*、\*\*分别表示在5%、1%的水平下显著。

与非抗议者是两个显著不同的群体,原来的样本虽然是随机选择的,但并不表示删除抗议性样本后仍符合随机抽样条件。如果删除抗议性样本,会导致抽样偏差。

### 4.2 参与方程的模型构建与结果分析

表5为参与方程的参数估计结果,可得到参与方程的表达式为:

$$D_i = -0.117EDU + 0.059INC - 0.187ACK - 0.151TIM + \mu_i \quad (13)$$

参与方程的参数估计结果显示,受教育程度、了解程度、游玩次数对参与程度的影响最大,且为负相关。受教育程度高、对三江平原湿地现状比较了解的受访者倾向于抗议支付,这可能是因为这类群体对社会结构、政府职能、企业排污现状更为了解,因而更容易产生对政府或排污企业不满的抗议性情绪。而游玩次数多的群体会因为已经为景区支付较多的旅游费用而倾向于拒绝再支付其他费用。可见受访者的认知程度和意识水平是影响参与程度的关键因素。

收入水平对参与程度的提高有一定的积极作用,但显著水平在1%以上,这表明经济因素并不是影响参与决策的决定性因素。此外,调查显示年收入在万元以上的群体的支付比例高于低收入群体,这表明高收入群体的社会责任感相对较高。性别、年龄不显著,故未纳入参与方程。

### 4.3 支付方程的模型构建与结果分析

表6为支付方程的参数估计结果,可得到支付方程的表达式为:

$$Y_i^* = -220616AGE + 26.805EDU + 17.34INC + 26.422ACK + 45.265TIM + \varepsilon_i \quad (14)$$

支付方程的结果表明,支付意愿会随受教育程

表5 参与方程参数估计结果

Table 5 Parameter estimation of participation hurdle

变量	系数	标准差	Z统计量	P值
SEX	0.203	0.104	1.956	0.050
AGE	-0.038	0.043	-0.881	0.378
EDU	-0.117	0.037	-3.176	0.002**
INC	0.059	0.024	2.479	0.013*
ACK	-0.187	0.049	-3.846	0.001**
TIM	-0.151	0.051	-2.952	0.003**

注: \*、\*\*分别表示在5%、1%的水平下显著。

2016年5月

表6 支付方程参数估计结果

Table 6 Parameter estimation of payment hurdle

变量	系数	标准差	Z统计量	P值
SEX	-32.860	23.611	-1.392	0.164
AGE	-22.616	9.246	-2.446	0.014*
EDU	26.805	7.855	3.413	0.001**
INC	17.340	5.442	3.186	0.001**
ACK	26.422	10.393	2.542	0.011*
TIM	45.265	11.963	3.784	0.000**

注: \*、\*\*分别表示在5%、1%的水平下显著。

度、收入程度、游玩次数的提高而显著增加。受教育程度高的受访者往往有更高的环境意识和社会责任感,所以倾向于支付更高的金额。游玩次数多的受访者对三江平原湿地的感情较深,且对于三江平原的现状更为了解,他们显然更希望三江平原湿地得到更好的保护与治理,因而支付意愿更强烈。收入变量对支付意愿影响较为显著,可见经济因素是影响支付意愿的决定性因素。

年龄、了解程度在5%的显著水平上对支付意愿分别有负向和正向的影响。年轻人往往社会责任感更强,而老年群体对于经济支付比较谨慎,这可能是年龄变量的负向作用的原因。了解程度会对支付决策产生积极影响,但显著性比在参与方程较弱。性别依然是不显著变量,故未纳入支付方程。

通过对比两栏结果,发现受教育程度、了解程度、游玩次数、性别表现出了不同的影响方向,而收入、了解程度、年龄在两方程的显著性有差异。这些变量对两决策过程的影响程度和方式不同,可见参与和决策是两种不同的机制,二者在影响因素上存在差异。

#### 4.4 平均WTP的计算

二分式WTP的计算可以借助生存函数实现。生存函数 $S(T)$ 表示在面对投标值 $T$ 时受访者持有更高的支付意愿的概率。生存函数可表达为:

$$\begin{aligned} S(T) &= P(Y_i^* \geq T) = P(\beta X_i + \varepsilon_i \geq T) \\ &= \phi\left(\frac{\beta X_i - T}{\sigma}\right) \end{aligned} \quad (15)$$

则有:

$$WTP_{mean} = \int_0^{T_{max}} S(T) dT = \int_0^{T_{max}} \phi\left(\frac{\beta X_i - T}{\sigma}\right) dT \quad (16)$$

带入各影响因素的均值,取积分上限为本次调

研所采用的最大投标值 $T_{max} = 200$ 元,得到黑龙江省居民对三江平原湿地生态保护价值的平均支付意愿为127.93元/(人·年)。

若使用Tobit模型,将所有零值归为真实零观察值,得到平均WTP为102.52元/(人·年)。若使用支付意愿函数模型,需删除所有零值,以余下的样本计算得到平均WTP为134.58元/(人·年)<sup>[22]</sup>。

## 5 结论与讨论

### 5.1 结论

针对当前二分式CVM研究中零观察值处理的问题,以“参与-支付”两阶段模式解释受访者决策行为,构建双栏模型,将六类观察值纳入CVM数据分析中,提高了WTP计算结果的准确性。本文主要结论如下:

(1)CVM调查中部分受访者拒绝支付的原因是某些抗议性情绪的产生,导致抗议性支付的主要因素是受访者的认知程度和社会意识水平,经济因素不是影响抗议与否的主要因素。抗议性样本与非抗议性样本的社会属性差异显著,若删除抗议性样本会导致抽样偏差。

(2)采用双栏模型的两“栏”分别解释参与决策和支付决策,参与程度和支付意愿均与属性变量显著相关,但属性变量在两方程中的作用存在差异,这表明参与和支付是两种不同的机制。只有正确区分参与和支付决策才能更好的解释受访者在假想市场中的决策行为。

(3)对三江平原湿地生态保护价值进行实证分析,得到黑龙江居民对三江平原湿地生态保护价值的平均支付意愿为127.93元/(人·年),低于支付意愿函数模型的计算结果134.58元/(人·年),高于Tobit模型的计算结果102.52元/(人·年)。该结果符合理论预期,证实了双栏模型相较于传统模型计算结果的准确性。

### 5.2 讨论

(1)拒绝支付原因选择“其它”的30位受访者大多填写了“已支付较多其他费用”(10人)或“对资金去向表示怀疑”(11人)等原因,今后的CVM问卷中应考虑增设以上两点选项供受访者选择。

(2)CVM零观察值问题的处理有赖于对受访者



决策行为的解释和量化<sup>[38]</sup>,双栏模型通过引入参与决策放宽了对决策行为的解释<sup>[42]</sup>。本研究证实参与和支付是两种不同的机制,需同时纳入CVM分析以提高估计结果的准确性。

(3)由于Cragg提出双栏模型时假设模型中的两个过程相互独立<sup>[14]</sup>,因此本研究也作此假设,即受访者的两阶段决策过程是彼此独立的。然而,有时参与决策和支付决策是相关的<sup>[43]</sup>,此时若沿用原始双栏模型,会产生不一致的情况<sup>[40]</sup>,因此在模型构建中考虑两过程的相关性,可以提高模型的有效性。两过程的相关性问题有待今后进一步验证和讨论。

(4)CVM中零支付比例公认的范围为20%–35%,本研究的零支付率为33.7%,表明居民对支付环保费用的抗议程度较高,其主要原因为资金去向不明确、对政府工作不满、已支付其他费用等。因此,相关部门应加大宣传力度,提高公民环保意识。政府部门应提高办事效率,多为群众办实事,一切从群众利益出发。

(5)据第六次全国人口普查的数据公报<sup>[44]</sup>,2010年末黑龙江总人口为3833.4万人,将平均支付意愿与人口数相乘,得到总支付意愿为49.01亿元/年。即2010年三江平原湿地生态保护价值为49.01亿元/年。

**致谢:**感谢黑龙江省林业厅及洪河国家级自然保护区管理局、三江国家级自然保护区管理局、兴凯湖国家级自然保护区管理局在实地调研中提供的支持与帮助。

## 参考文献(References):

- [1] 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.[Zhang Z Q, Xu Z M, Cheng G D. Development and application of contingent valuation method[J]. *Advance in Earth Sciences*, 2003, 18(3):454–463.]
- [2] 欧阳志云,王如松,赵景柱.生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J].应用生态学报,1999,10(5):635–640. [Ouyang Z Y, Wang R S, Zhao J Z. Ecosystem services and their economic valuation[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, 10(5): 635–640.]
- [3] Bishop R C, Heberlein T A. Measuring values of extramarket goods: Are indirect measures biased?[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 1979, 61(5):926–930.
- [4] Arrow K, Solow R, Portney P, et al. Report of the NOAA panel on contingent valuation[J]. *Federal Register*, 1993, 58(3):48–56.
- [5] Cameron T A. A new paradigm for valuing non-market goods using referendum data: Maximum likelihood estimation by censored logistic regression[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 1988, 15(3):355–379.
- [6] Cameron T A, James M D. Estimating willingness to pay from survey data: An alternative pre-test-market evaluation procedure [J]. *Journal of Marketing Research*, 1987, 24(4):389–395.
- [7] Tobin J. Estimation of relationships for limited dependent variables [J]. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1958, 26(1):24–36.
- [8] Halstead J M, Lindsay B E, Brown C M. Use of the Tobit model in contingent valuation: Experimental evidence from the Pemigewasset Wilderness Area[J]. *Journal of Environmental Management*, 1991, 33(1):79–89.
- [9] Bowker J M, Newman D H, Warren R J, et al. Estimating the economic value of lethal versus nonlethal deer control in suburban communities[J]. *Society & Natural Resources*, 2003, 16(2):143–158.
- [10] Cho S H, Newman D H, Bowker J M. Measuring rural homeowners' willingness to pay for land conservation easements [J]. *Forest Policy and Economics*, 2005, 7(5):757–770.
- [11] Yang J, Zou L, Lin T, et al. Public willingness to pay for CO<sub>2</sub> mitigation and the determinants under climate change: A case study of Suzhou, China[J]. *Journal of Environmental Management*, 2014, 146:1–8.
- [12] Dalmau Matarrodona E. Alternative approaches to obtain optimal bid values in contingent valuation studies and to model protest zeros. Estimating the determinants of individuals' willingness to pay for home care services in day case surgery[J]. *Health Economics*, 2001, 10(2):101–118.
- [13] Kotchen M J, Reiling S D. Environmental attitudes, motivations, and contingent valuation of nonuse values: A case study involving endangered species[J]. *Ecological Economics*, 2000, 32(1):93–107.
- [14] Cragg J. Some statistical models for limited dependent variables with application to the demand for durable goods[J]. *Econometrica*, 1971, 39(5):829–844.
- [15] Demoussis M, Mihalopoulos V. Adult equivalent scales revisited [J]. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 2001, 33(1):135–146.
- [16] Nichola T. The decision to adopt and the intensity of adoption of technology: A double hurdle model application in the adoption of a sorghum hybrid[J]. *Journal for Studies in Economic and Eco-*



2016年5月

- nometrics*, 1996, 20: 49–57.
- [17] Goodwin B K, Offenbach L, Cable T T, et al. Discrete/continuous contingent valuation of private hunting access in Kansas[J]. *Journal of Environmental Management*, 1993, 39(1): 1–12.
- [18] Alvarez-Farizo B, Hanley N, Wright R E, et al. Estimating the benefits of agri-environmental policy: Econometric issues in open-ended contingent valuation studies[J]. *Journal of Environmental Planning and Management*, 1999, 42(1): 23–43.
- [19] Hammitt J K, Zhou Y. The economic value of air-pollution-related health risks in China: A contingent valuation study[J]. *Environmental & Resource Economics*, 2006, 33(3): 399–423.
- [20] Martinez-Espineira R. A box-cox double-hurdle model of wildlife valuation: The citizen's perspective[J]. *Ecological Economics*, 2006, 58(1): 192–208.
- [21] Saz-Salazar S D, Rausell-Köster P. A double-hurdle model of urban green areas valuation: Dealing with zero responses[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2008, 84(3): 241–251.
- [22] Lucchetti R, Pigini C. A simple and effective misspecification test for the double-hurdle model[J]. *Economics Letters*, 2014, 123(1): 75–78.
- [23] Oseni M. Assessing the consumers' willingness to adopt a prepayment metering system in Nigeria[J]. *Energy Policy*, 2015, 86: 154–165.
- [24] Akcura E. Mandatory versus voluntary payment for green electricity[J]. *Ecological Economics*, 2015, 116: 84–94.
- [25] 刘振乾, 刘红玉, 吕宪国. 三江平原湿地生态脆弱性研究[J]. 应用生态学报, 2001, 12(2): 241–244. [Liu Z Q, Liu H Y, Lv X G. Ecological fragility of wetlands in Sanjiang Plain[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 12(2): 241–244.]
- [26] 刘兴士, 马学慧. 三江平原大面积开荒对自然环境影响及区域生态环境保护[J]. 地理科学, 2002, 20(1): 14–19. [Liu X T, Ma X H. Influence of large-scale reclamation on natural environment and regional environmental protection in the Sanjiang Plain[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2002, 20(1): 14–19.]
- [27] 敖长林, 陈瑾婷, 焦扬, 等. 生态保护价值的距离衰减性—以三江平原湿地为例[J]. 生态学报, 2013, 33(16): 5109–5117. [Ao C L, Chen J T, Jiao Y, et al. The effect of distance on the ecological conservation value: A case study of Sanjiang Plain Wetland[J]. *Acta Ecologica*, 2013, 33(16): 5109–5117.]
- [28] 敖长林, 王静, 高琴, 等. CVM数据分析中的半参数模型及实证研究[J]. 系统工程理论与实践, 2014, 34(9): 2332–2338. [Ao C L, Wang J, Gao Q, et al. The semi-parametric model and empirical research in CVM[J]. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 2014, 34(9): 2332–2338.]
- [29] 敖长林, 李一军, 冯磊. 基于CVM的三江平原湿地非使用价值评估[J]. 生态学报, 2010, 30(23): 6470–6477. [Ao C L, Li Y J, Feng L. Evaluating the non-use value of Sanjiang wetland based on contingent valuation method[J]. *Acta Ecologica*, 2010, 30(23): 6470–6477.]
- [30] Amigues J P, Boulatoff C, Desaignes B, et al. The benefits and costs of riparian analysis habitat preservation: A willingness to accept/willingness to pay contingent valuation approach[J]. *Ecological Economics*, 2002, 43(1): 17–31.
- [31] Mitchell R C, Carson R T. Using surveys to value public goods: The contingent valuation method[J]. *Land Economics*, 1990, 66(1): 107–109.
- [32] 张志强, 徐中民, 龙爱华, 等. 黑河流域张掖市生态系统服务恢复价值评估研究—连续型和离散型条件价值评估方法的比较应用[J]. 自然资源学报, 2004, 19(2): 230–239. [Zhang Z Q, Xu Z M, Long A H, et al. Measuring the economic value of restoring ecosystem services in Zhangye city of Heihe river basin—Comparison and application of continuous and discrete contingent valuation survey[J]. *Journal of Natural Resources*, 2004, 19(2): 230–239.]
- [33] 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. [Yang K, Zhao J. Study on the ecosystem services value of urban river using contingent valuation method and bias analysis of the results[J]. *Acta Ecologica*, 2005, 25(6): 1391–1396.]
- [34] 杨开忠, 白墨, 李莹, 等. 关于意愿调查价值评估法在我国环境领域应用的可行性探讨—以北京市居民支付意愿研究为例[J]. 地球科学进展, 2002, 17(3): 420–425. [Yang K Z, Bai M, Li Y, et al. The feasibility of contingent valuation method in economic valuation of environment in China: A case study of the residents' willingness to pay in Beijing[J]. *Advance In Earth Sciences*, 2002, 17(3): 420–425.]
- [35] 江冲, 金建君, 李论. 基于CVM的耕地资源保护非市场价值研究—以浙江省温岭市为例[J]. 资源科学, 2011, 33(10): 1955–1961. [Jiang C, Jin J J, Li L. Non-market valuation of cultivated land protection using CVM: A case study of Wenling City[J]. *Resources Science*, 2011, 33(10): 1955–1961.]
- [36] Strazzer E, Genius M, Scarpa R, et al. The effect of protest votes on the estimates of WTP for use values of recreational sites[J]. *Environmental and Resource Economics*, 2003, 25(4): 461–476.
- [37] Cho S, Yen S T, Bowker J M, et al. Modeling willingness to pay for land conservation easements: Treatment of zero and protest bids and application and policy implications[J]. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 2008, 40(1): 267–285.
- [38] Ready R C, Buzby J C, Hu D. Differences between continuous and discrete contingent value estimates[J]. *Land Economics*, 1996, 72(3): 397–411.
- [39] 吴珮瑛, 郑婉方, 苏明达. 复档式决策过程模型之建构—条件评估法中抗议性答覆之处理[J]. 农业与经济, 2004, (33): 1–29. [Wu P Y, Zheng W F, Su M D. The construction of multi-hurdle

- model of decision process—handling of the protest response in the contingent valuation method[J]. *Agriculture and Economy*, 2004, (33):1–29.]
- [40] Reiser B, Shechter M. Incorporating zero values in the economic valuation of environmental program benefits[J]. *Environmetrics*, 1999, 10(1):87–101.
- [41] Blackwell R, Miniard P, Engel J. *Consumer Behavior* (9th edition) [M]. Melbourne: Harcourt Education, 2001.
- [42] Gao X, Wailes E, Cramer G. Double-hurdle model with bivariate normal errors: An application to U.S. rice demand[J]. *Rice Demand Journal of Agricultural and Applied Economics*, 1995, 27(2):363–376.
- [43] Jones A. A double-hurdle model of cigarette consumption[J]. *Journal of Applied Econometrics*, 1989, 4(1):23–39.
- [44] 国家统计局. 2010年第六次全国人口普查主要数据公报(第2号)[EB/OL]. (2011-04-29)[2015-12-21]. [http://www.gov.cn/gzdt/2011-04/29/content\\_1854891.htm](http://www.gov.cn/gzdt/2011-04/29/content_1854891.htm). [State Statistical Bureau. Bulletin of the Sixth National Population Census Major Data in 2010 (Second)[EB/OL]. (2011-04-29)[2015-12-21]. [http://www.gov.cn/gzdt/2011-04/29/content\\_1854891.htm](http://www.gov.cn/gzdt/2011-04/29/content_1854891.htm).]

## Ecological value evaluation of the Sanjiang Plain Wetland based on the Double-Hurdle Model

AO Changlin, DONG Yuning, JIAO Yang, ZHANG Kun, DONG Lina

(Department of Management Science and Engineering, College of Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** The Contingent Valuation Method is a kind of non-market valuation method that combines social investigation and statistical analysis. The Contingent Valuation Method is the most popular and influential valuation method among various non-market valuation methods and has been widely used in the evaluation of non-use value of environment and resources. Data derived from the Contingent Valuation Method usually contains zero observations. The Willingness-To-Pay (WTP) function model and Tobit mode do not deal with zero observations adequately and this reduces the accuracy of estimations. Focusing on the issue of zero observations, we constructed a double-hurdle model of WTP to fit zero observations into CVM data analysis. Using the ecological protection value of the Sanjiang Plain Wetland as an example, we determined that the mean WTP of citizens in Heilongjiang Province is 127.93 CNY a year per person; the result of WTP function model is 134.58 CNY a year per person; and the result of Tobit model is 102.52 CNY a year per person. The estimation result is lower than that of the WTP function model and higher than the Tobit model, the ecological value of the Sanjiang Plain Wetland in 2010 is 4.90 billion CNY per year. The results verify that the Double-Hurdle Model can avoid overestimating WTP lead by deleting zero observations and the underestimate caused by classifying all zero observations as genuine zero observations. By comparing two hurdles, we found that factors such as income, level of acknowledgment and times of visits act differently in the two hurdles. Participation and payment are two kinds of mechanisms that need to be treated accordingly. This study offers a reference for future CVM research dealing with zero observations.

**Key words:** Contingent Valuation Method (CVM); zero observations; Double-Hurdle Model; Sanjiang Plain Wetland