

两种统计分析模型在 CVM 应用中的比较研究

李华生¹, 徐 慧², 彭补拙¹

(1. 南京大学城市与资源学系, 江苏 南京 210093; 2. 河海大学水资源环境学院, 江苏 南京 210098)

摘要: 学术界普遍认为条件价值法 (CVM) 是生物多样性非使用价值评估的唯一方法, 但其中存在许多问题需进一步完善。针对条件价值法评估结果的准确性和有效性问题, 以安徽省鹞落坪国家级自然保护区为例, 通过将以往一贯采用的单纯随机抽样评估模型与分层随机抽样评估模型结果的分析比较, 认为分层抽样评估模型可在一定程度上提高评估结果准确性和有效性。

关 键 词: 条件价值法; 单纯随机抽样; 分层随机抽样; 鹞落坪自然保护区

中图分类号: F062.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2007)01-0115-06

目前, 条件价值法被认为是评估自然保护区环境及生物资源非使用价值的唯一方法^[1]。由于该方法调查研究程序非常复杂, 牵涉到人的心理、社会、经济等许多方面, 因此, 仍然存在很多问题需要解决, 其中包括如何提高评估结果的准确性和有效性, 如何克服或者降低各种各样的偏差等等。为了提高条件价值法评估结果的准确性和有效性, 本文根据统计学的基本原理, 提出自然保护区的分层随机抽样统计方法, 并以鹞落坪自然保护区为例, 将条件价值法一贯采用的单纯随机抽样分析模型估算的结果与分层随机抽样的结果进行比较, 结果表明, 后者可在一定程度上提高评估结果的准确性和有效性。

1 条件价值法的两种不同统计分析模型

1.1 单纯随机抽样的统计分析模型

在现有的条件价值法研究中, 普遍采用单纯随机抽样的统计分析模型^[2-4]。该模型基本原理是总体均值的无偏估计量为样本均值, 即被评估对象的非使用价值可用调查样本的平均支付意愿值与相关群体总人数的乘积来计算, 用公式表示为:

$$T(WTP) = M(WTP) \times N$$

其中, $T(WTP)$ 为被评估对象的非使用价值 (万元), $M(WTP)$ 为调查对象的平均支付意愿 (元/

人), N 为相关总体的总人数 (万人)。

平均支付意愿值的大小 $M(WTP)$ 通过问卷调查获得, 其精确度取决于问卷的设计、调查方式、范围、样本数量的多少等因素。调查的有效性越高, WTP 越接近真实值, 偏差越小。相关群体的大小 (N) 与自然保护区存在价值的概念有关。理论上, 只要自然保护区存在, 就有存在价值, 存在价值受益对象的范围为全人类, 具有全球性特点。而总人数的大小直接决定总评价结果, 在相同的平均 WTP 下, 群体范围越大, 则总价值越高; 反之亦然。

该方法计算方便, 简单明了。但它在估计总体平均 WTP 时忽略了人均 WTP 的区域差异和空间分布特征, 对最终评估结果的准确性和有效性有一定影响。鉴于此, 本文采用分层随机抽样统计分析模型分析条件价值法的评估结果, 并与单纯随机抽样统计分析模型的评估结果进行了比较。

1.2 分层随机抽样的统计分析模型

1.2.1 分层随机抽样的统计分析模型

分层随机抽样是将总体的 N 个单位按其某一标志划分为互不重叠的若干个层, 再分别从各层中独立地随机抽取一定数量的单位构成样本, 用来推断总体参数的方法^[5]。该方法利用已知总体有关标志的信息, 把调查对象依其差别类型分别划入各层后再随机抽样。

在分层随机抽样中, 为了提高估计的精确度,

收稿日期: 2005-08-12 修订日期: 2005-12-23
基金项目: 国家计委“大别山水源涵养林区生态承载力与区域协调协调发展研究”、国家自然科学基金重点项目 (49831070) 资助。
作者简介: 李华生 (1962-), 男, 江苏东台人, 博士研究生, 主要研究方向为自然资源与环境。E-mail: waston-lh@163.com

利用已知的总体层权数 W_h , 用分层的样本均值 $\bar{y}_{st}$ 作为总体均值 $\bar{Y}$ 的估计量, 即:

$$\bar{y}_{st} = \bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{h=1}^L N_h \bar{y}_h = \sum_{h=1}^L W_h \bar{y}_h$$

式中, N 为总体数目, h 为分层数目, N_h 为各分层总体数目, $\bar{y}_h$ 为各样本层的平均数, W_h 为总体层权数, $W_h = \frac{N_h}{N}$ 。在具体抽样时, 每个层中抽取的都是一个单纯随机样本, $\bar{y}_{st}$ 是总体均值 $\bar{Y}$ 的无偏估计量 (下标 st 表示分层随机抽样)。

总体总值的无偏估计量为: $\hat{T}_{st} = N \times \bar{y}_{st}$

总体均值和总值的 $100(1 - \alpha)\%$ 置信区间分别为: $\bar{y}_{st} \pm t \times s(\bar{y}_{st})$ 和 $N \bar{y}_{st} \pm t \times N \times s(\bar{y}_{st})$; 其中, t 值在 $n \geq 30$ 时等于 $z_{\alpha/2\sigma}$

1.2.2 区域分层随机抽样的统计分析模型

分层随机抽样条件价值法的关键是确定抽样的层次, 即依据什么参数进行分层。抽样调查的目的是获得被调查者的 WTP。影响人均 WTP 的因素很多, 比如被调查者的年龄、职业、收入水平、受教育程度、生物多样性保护的意识高低等等。在实际操作中, 可将这些因素对人均 WTP 影响的大小, 即重要性程度进行排序作为分层的依据。

理论上, 分层随机抽样的总体为全世界的人群。在全球范围内, 按照不同级别的指标将全球分为不同等级不同层次的区域, 分别在每个区域内进行调查。假设按某一指标将全球分为 L 个次一级区域, 分别估算自然保护区在每个区域的平均支付意愿值 $M(WTP)_h$, 总 WTP 为各个区域的分总 WTP 之和。每个次一级区域仍可再进一步划分, 其总 WTP 则为各个次一级区域的分总 WTP 之和。依此类推, 直到其最小划分级别为止, 最小划分级别由调查方案根据具体要求确定。

但事实上, 由于人力、物力、财力以及被评价自然保护区的影响范围、调查的必要性等原因, 一般不可能为了评价自然保护区的存在价值而展开全球性的抽样调查, 因此, 要获得全球各地的人均 WTP 几乎是不可能的, 保护区在全球范围内的总 WTP 也难以获得。事实上, 对存在价值的评估是对存在价值的部分评估, 通常与一定区域范围内的相关人口相联系。自然保护区对某个地区相关人口的存在价值取决于保护区影响的辐射范围, 此范围可作为抽样调查的区域范围。

无论如何, 条件价值法的抽样范围必须落实到

一定地域内的人群。据研究, 人均 WTP 受社会经济发展水平的影响较大^[6, 7]。从需求方面来说, 在不同的社会经济发展水平下, 人类对于环境资源所提供的各种生态服务功能的消费需求也有所不同^[8]。中国按照行政区域进行管理以及同一行政区域内部社会经济发展水平较为一致, 个体的社会经济行为特征也较为相似。因此, 在制定问卷调查方案时, 以被调查对象所在的行政区域或者自然地理区域为一级指标, 将调查样本的范围划分为次一级层次。在次一级层次内, 再按照二级指标进行划分, 这样, 总样本被分为不同等级的层次, 可按照分层随机抽样的统计分析模型进行分析统计。本文将这种以统计学上分层随机抽样法为原理, 以地理空间上互不重叠的行政区域作为分层的依据, 对自然保护区非使用价值进行评估的方法称为区域分层随机抽样条件价值法。

在对总体进行分层时要注意地理空间的不可重复性。每层的行政区划的级别应保持一致, 否则容易出现区域的重复或者空缺现象。在实际研究中选择哪一层次作为划分区域层次的级别, 应根据研究目的、要求以及被评价对象的具体情况决定。如对国家级自然保护区而言, 在全国范围内应以省级或者一定的自然区域作为分层标志; 对省级自然保护区而言, 以县和地区作为分层标志。

根据分层随机抽样的原理, 区域分层随机抽样的样本平均值可通过下式估算, 即:

$$M(WTP)_{st} = \sum_{h=1}^L W_h M(WTP)_h \quad (1)$$

其中, $M(WTP)_{st}$ 为总体的平均支付意愿值的估计值, $M(WTP)_h$ 各分层总体的平均支付意愿值, W_h 为分层的权重, h 为各分区的编号, 为 $1, 2, \dots, L$, L 为分层的最大数目。由于事先无法确定反馈率的大小, 因此区域分层抽样法大多为不等比例抽样。

总 WTP 为总体的平均支付意愿值的估计值与总体人数的乘积, 即:

$$T(WTP) = N \times M(WTP)_{st} \quad (2)$$

确定了某个区域以后, 群体的总量则为一个固定值。通过调查区域层次的个人支付意愿值, 可以得到个人值的空间分布特征。由于受到一系列社会、经济、人文等背景因素的影响, 具有很大的不确定性, 反过来通过它也能在一定程度上反映出一个地区的经济发展水平、居民环境保护意识的强弱等等。

1.2.3 分层随机抽样法的操作步骤

分层随机抽样条件价值法的操作步骤分为 5 步: 确定调查的总体范围; 确定各级分层依据; 根据分层依据将总体分成内部特征较为一致的不同层次; 在每一层内分别进行问卷调查, 按照单纯随机抽样的模型进行统计分析; 将每一层的结果在总体层次进行分层统计分析得出最终评估结果(图 1)。

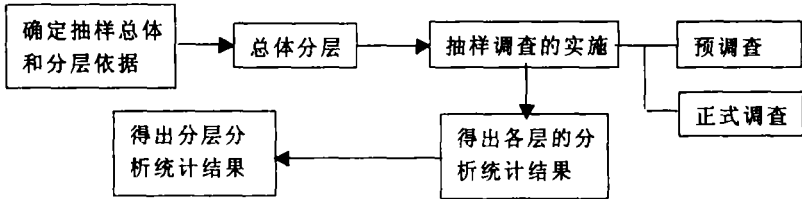


图 1 分层随机抽样的操作步骤
Fig 1 Steps of stratified random sampling

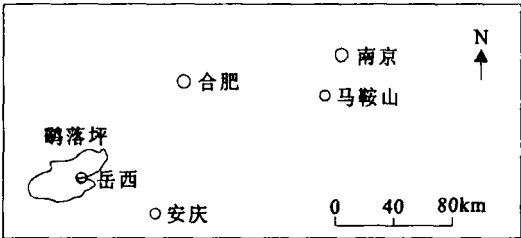


图 2 鹞落坪国家级自然保护区地理位置
Fig 2 Location of Yaohoping National Nature Reserve

生态系统,可作为大别山中低山地带具有代表性的植被类型;该区动植物区系复杂,生物资源丰富,保存了一批珍稀、古老孑遗物种,于 1999 年被批准纳入中国生物圈保护区网络。该保护区的非使用价值在保护区的总经济价值中占有重要地位。

2.2 问卷调查

为了能更好地反映分层随机抽样统计与单纯随机抽样统计方法的区别,考虑到鹞落坪自然保护区距合肥和南京两个省会城市距离均较远的区位特点,本研究确定的调查样本的总体范围为安徽省及其邻近省份江苏省的城乡从业人员。根据样本数对变异系数、精确度的影响及其显著水平的测试分析,权威专家认为对于用作决策的价值评估,最小反馈样本容量应在 600 以上^[6]。按照这一标准,假设问卷调查的反馈率为 73%,则调查样本数应不少于 800 人。

本次调查共发放问卷 1 050 份,回收总有效问

2 案例研究

2.1 研究区概况

鹞落坪国家级自然保护区位于大别山主峰分水岭的主段,行政上隶属于安徽省安庆市岳西县的包家乡,保护区范围与乡域范围一致,总面积为 123 km²(图 2)。该保护区保存着大别山区中少见的大面积天然次生林和典型的凉亚热带山地森林

卷 789 份,样本的反馈率为 75%。其中,安徽省样本层发放 450 份,回收有效问卷 327 份,样本的反馈率为 72.7%;江苏省样本层发放 600 份,回收有效问卷 462 份,样本的反馈率为 77%。

采用 SPSS 软件对问卷调查的原始数据进行处理。

2.3 基于单纯随机抽样统计分析模型的评估结果

根据单纯随机抽样统计分析原理,总样本的 WTP 绝对中位数为 50 元/a 最接近累计频数中位数的是 47.3% 和 64.3%,其对应的 WTP 值分别为 30 元/a 和 50 元/a 通过计算得到累计频数中位数为 47.8 元/a 绝对中位数为 20 元/a(表 1)。若以累计频数中位数代表抽样群体的人均 WTP,则为 47.8 元/a 若以代表抽样群体的人均 WTP 值,则为 20 元/a。

根据单纯随机抽样的统计分析模型,若以城乡从业人员计,城乡从业人员数为城镇从业人员数和乡村从业人员数之和。据 2002 年中国统计年鉴^[9],安徽省 2001 年底城乡从业人员为 3 372.9 万人;江苏省 2001 年底城乡从业人员为 3 558.8 万人,江苏和安徽的城乡从业人员共为 6 931.7 万人,鹞落坪自然保护区的非使用价值为 331 335.3 万元/a。

2.4 基于分层随机抽样统计分析模型的评估结果

2.4.1 安徽省样本层

表 2 是安徽省调查样本的 WTP 的绝对频数、相对频数的分布。从表中可看出,样本的绝对中位

表 1 总样本各投标点上投标人数
频数、相对频数分布表

Table 1 Absolute and relative frequencies at each bidding spot of the total samples

WTP 支付值 (元 /a)	绝对频数 (人次)	相对频数 (%)	有效相对 频数 (%)	累计相对 频数 (%)
0 01	2	0 8	1 0	1 0
1 00	16	6 1	7 7	8 7
3 00	3	1 1	1 4	10 1
5 00	5	1 9	2 4	12 6
10 00	42	16 0	20 3	32 9
20 00	28	10 6	13 5	46 4
30 00	2	0 8	1 0	47 3
50 00	35	13 3	16 9	64 3
60 00	2	0 8	1 0	65 2
80 00	2	0 8	1 0	66 2
100 00	43	16 3	20 8	87 0
200 00	12	4 6	5 8	92 8
300 00	3	1 1	1 4	94 2
400 00	1	0 4	. 5	94 7
500 00	8	3 0	3 9	98 6
600 00	2	0 8	1 0	99 5
800 00	1	0 4	0 5	100 0
合计	207	78 7	100 0	

表 2 安徽省样本各投标点上投标人数
频数、相对频数分布表

Table 2 Absolute and relative frequencies at each bidding spot of the samples in Anhui Province

WTP 支付值 (元 /a)	绝对频数 (人次)	相对频数 (%)	有效相对 频数 (%)	累计相对 频数 (%)
0 01	6	1 8	2 3	2 3
1 00	27	8 3	10 5	12 8
3 00	3	0 9	1 2	14 0
5 00	9	2 8	3 5	17 4
10 00	57	17 4	22 1	39 5
20 00	36	11 0	14 0	53 5
30 00	3	0 9	1 2	54 7
50 00	30	9 2	11 6	66 3
60 00	3	0 9	1 2	67 4
80 00	6	1 8	2 3	69 8
100 00	42	12 8	16 3	86 0
200 00	18	5 5	7 0	93 0
300 00	6	1 8	2 3	95 3
500 00	9	2 8	3 5	98 8
600 00	3	0 9	1 2	100 0
合计	258	78 9	100 0	

数为 20元 /a 最接近累计相对频数 50% 是 39. 5% 和 53 5%, 其对应的 WTP 值分别为 10元 /a 和 20元 /a 经计算得到累计频度中位数为 14 4元 /a 以累计频度中位数代表抽样群体的人均 WTP, 安徽省样本的人均 WTP 为 14 4元 /a

2 4 2 江苏省样本层

表 3是江苏省调查样本的支付意愿值的绝对频数、相对频数的分布。从表中可以看出, 样本的绝对中位数为 50元 /a 最接近累计相对频数 50% 的是 42 1%和 62 8%, 其对应的 WTP 值分别为 30元 /a 和 50元 /a 通过计算得到累计频度中位数为 42元 /a 因此江苏省调查样本的人均 WTP 为 42元 /a

表 3 江苏省样本各投标点上投标
人数频数、相对频数分布表

Table 1 Absolute and relative frequencies at each bidding spot of the samples in Jiangsu Province

WTP 支付值 (元 /a)	绝对频数 (人次)	相对频数 (%)	有效相对 频数 (%)	累计相对 频数 (%)
1 00	7	4 5	5 8	5 8
3 00	2	1 3	1 7	7 4
5 00	2	1 3	1 7	9 1
10 00	23	14 9	19 0	28 1
20 00	16	10 4	13 2	41 3
30 00	1	0 6	0 8	42 1
50 00	25	16 2	20 7	62 8
60 00	1	0 6	0 8	63 6
100 00	29	18 8	24 0	87 6
200 00	6	3 9	5 0	92 6
300 00	1	0 6	0 8	93 4
400 00	1	0 6	0 8	94 2
500 00	6	3 2	4 1	98 3
600 00	9	0 6	0 8	99 2
800 00	3	0 6	0 8	100 0
合计	121	78 6	100 0	

2 4 3 分层随机抽样的评估结果

根据分层随机抽样的统计分析模型, 鹞落坪自然保护区的总非使用价值为:

$$T(WTP) = \sum_{h=1}^L M(WTP)_h \times N_h =$$
$$3\ 372\ 9 \times 14\ 4 + 3\ 558\ 8 \times 42 =$$
$$198\ 039\ 36(\text{万元 /a})$$

平均 WTP 为: $M(WTP)_{st} = \sum_{h=1}^L W_h M(WTP)_h =$

$$3372\ 9/6931\ 7 \times 14\ 4 + 3558\ 8/6931\ 7 \times 42 =$$
$$28\ 6[\text{元 /}(\text{人} \cdot \text{a})]$$

可见, 由分层随机抽样统计分析模型估算得到的总非使用价值为 198 039 36万元 /a 平均 WTP 为 28 6元 / (人 · a)。

3 两种统计分析模型评估结果的比较

表 4和图 3分别采样表、图形式表示了两种统

计分析模型的评估出的人均 WTP和总 WTP。从中可见,无论是人均 WTP, 还是总 WTP, 本研究均是分层随机抽样统计分析模型的评估结果远远小于单纯随机抽样统计分析模型评估的结果, 前者仅为后者的 60%。这种差异产生的根源在于两种模型对人均 WTP的评估方法不同。单纯随机抽样统计分析模型评估出的人均 WTP是在获得调查样本的数据之后, 根据总样本的累计频度中位数确定的, 其结果只有一个样本总体; 而分层随机抽样模型的人均 WTP是将各个层次的累计频度中位数加权平均后得到的, 是各层样本中位数的加权平均

数。分层随机抽样方法的累计频度中位数受各分层的中位数和分层总体数目的百分比的影响, 也就是说, 分层总体数的百分比越大, 则该层的中位数对整个结果的影响越大, 反之亦然。分层随机抽样比单纯随机抽样的结果更接近于真实值, 表明分层的统计方法具有较高的准确性和有效性。

表 4 两种模型的评估结果

Table 4 Outcome of simple and stratified sampling models

统计分析模型类型	人均 WTP(元 /人)	总 WTP(万元 /a)
单纯随机抽样	47.8	331 335.3
分层随机抽样	28.6	198 039.36

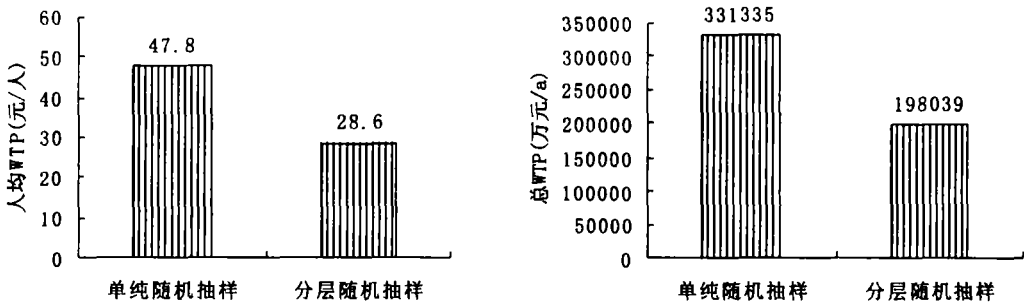


图 3 单纯随机抽样与分层随机抽样统计分析模型的评估结果比较

Fig 3 Comparison of the outcome of simple and stratified sampling models

4 结论与讨论

1) 根据对鹞落坪自然保护区的研究, 运用单纯随机抽样统计分析模型评估得到的结果均比分层随机抽样统计分析模型评估得到的结果高, 有高估的可能。

2) 与单纯随机抽样分析方法相比, 分层随机抽样的统计分析模型有两个优点: 一是在确定调查总体范围后, 可以根据一定的标志对总体进行分层, 得到每个层次的样本容量; 二是从统计学原理看, 分层随机抽样法的统计分析模型对总体均值的估计更准确、更有效。因为分层抽取的样本单位在总体中分布得更均匀、更合理, 降低了出现极端数值的可能性, 而且划入各层的单位之间的差异程度相对减少, 使每一层随机抽取的样本单位对该层的代表性得到了提高。此外, 还可以节约调查费用。

3) 区域分层随机抽样条件价值法有效地解决了抽样总体范围难以确定的问题, 同时通过采用分层抽样技术, 使得总体的平均 WTP得到更准确的评估, 从而提高了评估结果的准确性和有效性。随着分层级别的增加研究结果必将越来越接近真

实值。

4) 区域分层随机抽样条件价值法的关键是确定各级分层依据以及分层的级别。本研究以国家级自然保护区作为对象, 以省域作为分级的一级依据, 并且考虑到所研究保护区的区位特点, 确定了安徽省和江苏省作为调查的区域。无论是研究的级别还是研究的调查范围还有待进一步完善。

5) 条件价值法带来的误差问题一直是该方法研究焦点之一。本文在安徽与江苏两区域调查人均 WTP相差近两倍, 固然与江苏消费水平远高于安徽有关^[10], 也不排除调查误差。

参考文献:

[1] 郭中伟, 李典谟. 生物多样性经济价值评估的基本方法 [J]. 生物多样性, 1999 7(1): 60~ 67.

[2] Green D, Jacowitz K E, Kahneman D, et al. Referendum contingent valuation, anchoring and willingness to pay for public goods [J]. Resources and Energy Economics 1998, 20(2): 85~ 116

[3] Loomis J, Kent P, Strange L, et al. Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey [J]. Ecological Economics 2000 33(1): 103-117

[4] 薛达元. 生物多样性的经济价值评估——长白山自然保护区案例研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997

[5] 张小蒂, 李晓钟. 应用统计学导论[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1998

[6] Mitchell Carson. Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method[M]. Washington D. C.: Resources for the Future, 1989

[7] Bishop R., Champ P., Mullarkey D. Contingent valuation[A]. In: Brummley D. (ed.). A Handbook of Environmental Economics[M]. Oxford: Blackwell, 1995

[8] 李双成, 郑 度, 张镭铨. 环境与生态系统资本价值评估的区域范式[J]. 地理科学, 2002, 22(3): 270~ 275.

[9] 国家统计局(编). 中国统计年鉴 2002[M]. 北京: 中国统计出版社, 2002

[10] 向清成. 国居民消费水平的地域差异[J]. 地理科学, 2002, 22(3): 276~ 281

Comparison of Two Statistical Models in Contingent Valuation Method

LI Hua-Sheng¹, XU Hui², PENG Bu-Zhuo¹

(1. Urban and Resources Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093; 2. College of Water Resources and Environment, Hohai University, Nanjing, Jiangsu 210098)

Abstract Although the Contingent Valuation Method (CVM) is considered as an only method to evaluate the non-use value of biodiversity and other environmental resources by scholars abroad and at home, there still exist some indefinite factors such as the accuracy and availability of the valuing outcome and various error etc. To improve the accuracy and availability of the outcome of the method, the authors raise another statistical model, i.e., stratified random sampling model, and compare it with simple random sampling model which is usually used. The case study was chosen in Yaoluoping National Nature Reserve which preserves plants and animals of sub-tropical zone in China. On the basis of the statistic data of questionnaire in Jiangsu and Anhui provinces, the two statistical models are applied and compared in this paper. The mean WTP (willingness to pay) of Anhui and Jiangsu province is 14.2 yuan (RMB) and 42 yuan according to the outcome of the questionnaire. The mean WTP of the simple random sampling method is 47.8 yuan per person while that of stratified random sampling method is 28.6 yuan per person, so the total WTP of the two methods is $331\,335 \times 10^6$ yuan/a and 198\,039 million yuan/a respectively. The result indicates that the outcome of the stratified random sampling method is 60% of that of the simple random sampling method, and the former can improve the accuracy and availability of the outcome comparing with that of simple random sampling method to some degree. The authors show that the stratified random sampling method is an alternative approach though it has some deficiencies initiated from CVM method itself.

Key words Contingent Valuation Method (CVM); simple random sampling model; stratified random sampling model; Yaoluoping National Nature Reserve