

# 基于 BRT 的森林旅游地游客碳补偿意愿及其影响因素分析

——以明月山国家森林公园为例

刘 照<sup>1,3,4</sup>, 王立国<sup>1,2,3,4\*</sup>, 程时雨<sup>1,3,4</sup>, 黄婧轩<sup>1,3,4</sup>

(1. 江西农业大学 国土学院, 江西 南昌 330045; 2. 江西省鄱阳湖流域农业资源与生态重点实验室, 江西 南昌 330045;  
3. 江西农业大学 乡村旅游发展研究中心, 江西 南昌 330045; 4. 南昌市乡村旅游发展研究中心, 江西 南昌 330045)

**摘 要:**在全球气候变化日益加剧, 极端气候频繁, 倡导低碳经济的背景下, 碳补偿的展开将带来生态、经济、社会等多重效益, 作为利益相关者之一的游客, 其行为意愿对于碳补偿市场的发展起着重要作用。基于对 255 位江西省明月山国家森林公园游客的有效问卷调查及访谈, 运用描述性统计及增强回归树模型, 分析游客碳补偿意愿及其影响因素。结果表明, 职业、文化程度、气候变化感知度、是否知道森林具有固碳作用、对森林碳汇及其交易渠道的了解程度、是否认为旅游碳排放减少有利于生态环境等因素与森林旅游地游客碳补偿参与意愿具有显著的相关性。

**关键词:**碳补偿; 游客; 影响因素; 增强回归树(BRT); 明月山国家森林公园

**中图分类号:**S718.59      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2019)02-0267-06

## The Willingness to Carbon Compensation and Its Influencing Factors of the Tourists in Forest Tourism Destination Based on Boosted Regression Tree ——A Case Study of Yuemingshan National Forest Park

LIU Zhao<sup>1,3,4</sup>, WANG Li-guo<sup>1,2,3,4\*</sup>, CHENG Shi-yu<sup>1,3,4</sup>, HUANG Jing-xuan<sup>1,3,4</sup>

(1. College of Land and Resources, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, Jiangxi, China;

2. Key Laboratory of Agricultural Resources and Ecology of Poyang Lake Basin, Jiangxi Province, Nanchang 330045, Jiangxi, China;

3. Rural Tourism Development Research Center of Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, Jiangxi, China;

4. Nanchang Rural Tourism Development Research Center, Nanchang 330045, Jiangxi, China)

**Abstract:** Under the background of the increasingly intensifying global climate change, frequent occurrence of extreme climate, and advocacy of a low-carbon economy, carbon compensation will bring about multiple ecological, economic, and social benefits. As one of the stakeholders, the willingness of the tourists will be of great importance for the development of carbon compensation market. This study was based on a questionnaire survey and interviews with 255 visitors from the Mingyue Mountain National Forest Park in Jiangxi Province. Descriptive statistics and boosted regression tree model were used to analyze the willingness to carbon compensation and its influencing factors of the tourists. It was found that following factors were significantly correlated to the willingness of the forest tourists to participate carbon compensation, including the occupation, education level, degree of perception of climate change, knowledge on carbon fixation function of forests, degree of the understanding on carbon offset and their trading channels, whether it was considered that tourism carbon emission reduction was beneficial to the ecological environment.

**Key words:** carbon offset; tourist; influencing factor; boosted regression tree; Mingyue Mountain National Forest Park

收稿日期: 2018-03-28 修回日期: 2018-04-08

基金项目: 国家自然科学基金项目“森林旅游核心利益主体的相关碳补偿行为及其影响因素——以江西省为例”(41361035); 国家旅游局旅游业青年专家培养专项课题(TYETP201319)。

作者简介: 刘 照, 女, 在读硕士, 研究方向: 森林生态旅游。E-mail: 13097211967@163.com

\* 通信作者: 王立国, 男, 在读博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向: 旅游生态和乡村旅游。E-mail: 1105921262@qq.com

随着国际社会对全球气候变化问题的关注以及《京都议定书》、“马拉喀什协定”、“哥本哈根协议”等多次谈判所签署重要文件的出台,“低碳”已成为当今社会的热门话题。作为能有效缓解全球气候变暖的环保行为——碳补偿(carbon offset),通过计算某行为活动直接或间接制造的二氧化碳排放量,折算出抵消这些二氧化碳所需的经济成本,然后由个人付款给专门机构,由他们通过植树或其他环保项目抵消相应的二氧化碳量<sup>[1-4]</sup>,更是受到广泛关注。为了推动碳补偿的展开,《中国碳平衡交易框架研究》提出要建立全国各省碳源-碳汇的平衡账户,利用区域间碳源/汇的差异,形成合理的交易价格,使生态服务从无偿走向有偿,并提出要建立“国家碳补偿制度”<sup>[5]</sup>。在企业层面上,一些企业将生产的产品贴上“碳足迹”标签,标示该产品生命周期的碳排放<sup>[6]</sup>。从个人角度而言,个人碳补偿成为近年来民众自发的一种环保行为<sup>[7]</sup>。

近年来,国内学者也从不同角度展开了对碳补偿的研究,主要集中在碳补偿机制的构建<sup>[8]</sup>、碳补偿市场现状分析<sup>[9-10]</sup>、以及基于区域碳平衡测算的生态补偿<sup>[11-12]</sup>等方面,而有关于碳补偿利益相关者方面的研究,多集中于发展碳汇林对林农的影响,对于游客的研究并不多,森林旅游地游客碳补偿方面的研究更是寥寥无几。在森林公园旅游中,作为碳排放实施主体的游客对碳补偿具有不可推卸的责任。因此,通过对明月山国家森林公园的游客开展了森林碳补偿意愿相关的调查,采用 R 软件,利用增强回归树(BRT)模型对影响游客碳补偿参与意愿的

因素进行分析。这既为提升游客乃至整个社会群体的森林碳补偿参与度提供理论支撑,也为完善森林碳汇市场供求机制提供对策参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源与样本统计特征描述

1.1.1 数据来源 明月山国家森林公园,位于江西省宜春市城西南 31 km 处,面积 130 多 km<sup>2</sup>,是以“奇峰险壑、温泉飞瀑、珍稀动植物和禅宗文化”为主要特色,集“生态游览、休闲度假、科普教育和宗教旅游”为一体的山岳型风景名胜区<sup>[13]</sup>。1994 年被国家林业部批准为国家级森林公园,2015 年被国家旅游局评为 5A 级景区。明月山森林公园游客量由 2013 年的 220 万人次增长到 2015 年的 400 多万人次,国内的游客来源中,除了本省的游客,大多都来自上海、浙江、湖北、湖南、安徽及福建几个省市。

本调查于 2016 年 7 月 10 日至 15 日和 8 月 20 日至 25 日,分别在明月山的潭下景区、太平山景区、仰山景区、玉京山景区、塘家山景区进行了 2 次调查问卷,共发放问卷 260 份,最终收回问卷 255 份,有效问卷 255 份,问卷回收率为 98%。

#### 1.1.2 样本统计特征描述

1.1.2.1 样本人口学特征 本次调查选取性别、年龄、文化程度、职业、个人年收入 5 个变量来描述样本的人口学特征。男性稍多于女性,占 58.4%;年龄集中在 15~44 岁,占被调查者的 75.2%;受教育程度以大专本科为主;年均收入多在 8 万元以下;所在单位性质以企业为主,占 40%。

表 1 样本人口学特征

Table 1 Demographic characteristics of the samples

项目	指标	频数	比例/%	项目	指标	频数	比例/%
性别	女	106	41.6	职业	商业、服务业人员	55	21.6
	男	149	58.4		公务员等政府人员	13	5.1
年龄	14 岁以下	4	1.6		科研教育等事业单位人员	17	6.7
	15~29 岁	109	42.7		公司职员	47	18.4
	30~44 岁	83	32.5		无固定职业	10	3.9
	45~59 岁	47	18.4		离退休人员	9	3.5
	60 岁以上	12	4.7		其他	1	0.4
文化程度	小学	22	8.6	个人年收入	<2 万元	80	31.4
	初、高中或中专	96	37.6		2.0~3.99 万元	55	21.6
	大专或大学本科	122	47.8		4.0~7.99 万元	75	29.4
	研究生以上	15	5.9		8.0~11.99 万元	26	10.2
职业	工人或农民	37	14.5		≥12 万元	19	7.5
	学生	66	25.9				

1.1.2.2 对气候变化的感知及旅游碳排放认知度 在此次调查中发现,有 90.6% 的游客感觉当前的

空气越来越差;当问及“二氧化碳是否为导致气候不正常的主要原因”时,被调查游客基本都认同二氧化

碳是导致气候不正常的原因,不认同的只占 7.8%;80.2%的被调查游客认为气候异常会给旅游业带来不利影响,同时,有 82%的被调查游客也认为发展旅游业会带来很大的碳排放;对于自己的旅游碳排放是否会对气候变化产生不利影响,虽有大多数的被调查游客表示会有不利影响,但仍有 22%的游客不认同自己的旅游碳排放会对气候变化产生不利影响。92.9%的被调查游客在一定程度上认为减少旅游碳排放是有利于生态环境的恢复。

1.1.2.3 对森林碳汇及碳补偿的认知水平 调查结果显示,知道森林具有固碳作用的游客占总被调查游客的 51.4%,可知,游客对森林的固碳作用有一定的认知;但被问及碳汇交易的相关知识时,其了解程度却十分有限,“知道相关概念及运作模式”和“非常了解”的人只有 10.6%,有 83.9%的人只是有所耳闻或不了解,甚至是从未听说过;经过调查人员对森林碳汇及碳补偿相关知识的解释之后,八成左右的被调查游客认同碳补偿是有利于减少旅游碳排放的;同时,对于“碳补偿是否有利于森林的经营管理”这一问题,有 14.1%的人不清楚或不同意,其他游客都表示实施碳补偿是有利于森林的经营管理的。

1.1.2.4 参与碳补偿意愿及认可的碳补偿方式 统计结果显示,有 76.5%被调查游客表示愿意参与到碳补偿中。在问及“会选择哪些方式参与碳补偿时”,大部分游客更倾向于从现有的旅游收入中支付费用进行碳补偿或者支付额外的费用请专业人员造林护林吸收二氧化碳(表 2),而不太愿意舍弃休闲娱乐的机会和花费私人时间进行碳补偿。由此也可看出,随着社会经济的发展,人们生活水平的提高,人们乐意通过买卖的方式来抵消自己在旅游中产生的碳排放。

表 2 游客参与碳补偿方式的选择

Table 2 Tourists participation in the choice of carbon offset

游客参与方式	响应		个案百分比/%
	N	百分比/%	
减少旅游活动	89	21.7	35.3
自己亲自去植树造林吸收二氧化碳	82	20.0	32.5
额外支付费用,请专业人员造林护林吸收二氧化碳	126	30.7	50.0
从现有旅游收入中支付费用进行碳补偿	110	26.8	43.7
其他	4	1.0	1.6
总计	411	100.0	163.1

## 1.2 研究方法 with 变量说明

### 1.2.1 研究方法 增强回归树(boosted regression

trees)模型,是基于分类回归树算法(CART)的一种自学方法,该方法通过不断地随机选择和自学习方法产生多重回归树,能够很好地提高模型的稳定性和预测性;运算的过程中通过多次迭代随机抽取一定量的数据,分析自变量的影响程度,剩余数据对拟合结果进行交叉检验,最后生成多重回归树并取均值输出<sup>[14-18]</sup>。BRT 方法相比较传统的线性或非线性回归模型而言,提高了模型的稳定性和精度,得出自变量对因变量影响的相互关系和贡献率,在处理不同数据格式时具有很大的灵活性,同时,输出的因变量与自变量的关系直观、易理解,很多学者利用该模型进行计量分析<sup>[19-20]</sup>。

1.2.2 变量的选取及说明 针对游客碳补偿意愿的回归分析,以“森林旅游地游客是否愿意参与碳补偿”为因变量。在自变量选择方面,参考相应文献,综合考虑其内在因素与外在条件<sup>[21]</sup>。选取了气候变化感知度、旅游碳排放认知度、森林碳汇及碳补偿认知水平以及个人变量 4 大类的 15 个影响因素,经过相关数据处理后,通过 BRT 模型对游客碳补偿的意愿进行分析,得出游客碳补偿意愿主要影响因素的具体影响程度及影响方向。

## 2 结果与分析

本文利用 Elith 编写的 BRT 方程包进行增强回归树分析<sup>[14]</sup>。设置 BRT 的参数为:决策树复杂性  $tc=5$ ,学习概率  $lr=0.0001$ ,分割比率(bag. fraction)=0.5。每次抽取 50%的数据进行分析,50%的数据用于训练,进行 5 次交叉验证。构建了分别由 7 550 棵决策树构成游客参与碳补偿影响因素模型。主要因子的影响力大小如表 3、图 1。图中百分率表示的是因子的贡献率,曲线是影响因子的影响力变化,表示随着影响因子取值的变动,其对游客参与碳补偿意愿的影响力变化。其中边际效应值  $>0$  为正相关, $<0$  为负相关<sup>[16-20,22]</sup>。

由图 1 可知,从影响的贡献率来看,影响因素的贡献率最大的是游客的职业(X4),最小的是游客的性别(X1);从主成分角度来看,职业(X4)、气候异常对旅游业影响的认知(X8)、文化程度(X3)、对森林固碳作用的认知(X12)、对旅游碳排放与生态环境关系的认知(X11)、森林碳汇及其交易渠道的认知(X13),这 6 个因素是影响游客参与碳补偿行为的主要原因,累计贡献率达 74.6%;从指标类型来看,个人变量(37.3%) $>$ 气候变化感知度(17.1%) $>$ 森林碳汇及碳补偿认知(13%) $>$ 旅游碳排放认知度(7.2%)。各因素对游客参与碳补偿意愿的影响趋势如下详细解析。

表 3 变量赋值及相关解释

Table 3 Variable assignments and related explanations

变量类型	变量名称	赋值及变量定义
因变量	Y 是否愿意参与碳补偿	是=1;否=0
个人变量	X1 性别	男;女
	X2 年龄	14 岁以下=1;15~29 岁=2;30~44 岁=3;45~59 岁=4;60 岁以上=5
	X3 文化程度	小学及以下=小;初中、高中或中专=高;大专或大学本科=大;研究生及以上=研
	X4 职业	工人或农民=A;学生=B;商业、服务业人员=C;公务员等政府人员=D;科研教育等事业单位人员=E;公司职员=F;无固定职业者=E;离退休人员=F;其他=I
	X5 个人年收入	<2 万元=1;2.0~3.99 万元=2;4.0~7.99 万元=3;8.0~11.99 万元=4;≥12 万元=5
气候变化感知度	X6 感觉当前的空气越来越差	不清楚=0;完全不同意=1;基本不同意=2;基本同意=3;同意=4;非常同意=5
	X7 二氧化碳是导致气候不正常的主要原因	不清楚=0;完全不同意=1;基本不同意=2;基本同意=3;同意=4;非常同意=5
	X8 气候异常会给旅游业带来不利影响	不清楚=0;完全不同意=1;基本不同意=2;基本同意=3;同意=4;非常同意=5
旅游碳排放认知度	X9 发展旅游业也会带来很大的碳排放	不清楚=0;完全不同意=1;基本不同意=2;基本同意=3;同意=4;非常同意=5
	X10 自己的旅游碳排放会对气候变化产生不利影响	不清楚=0;完全不同意=1;基本不同意=2;基本同意=3;同意=4;非常同意=5
	X11 旅游碳排放的减少,有利于生态环境	不清楚=0;完全不同意=1;基本不同意=2;基本同意=3;同意=4;非常同意=5
森林碳汇及碳补偿认知水平	X12 是否知道森林具有固碳作用	不清楚=0;完全不同意=1;基本不同意=2;基本同意=3;同意=4;非常同意=5
	X13 了解森林碳汇及其交易渠道	不清楚=0;完全不同意=1;基本不同意=2;基本同意=3;同意=4;非常同意=5
	X14 碳补偿有利于减少旅游碳排放	不清楚=0;完全不同意=1;基本不同意=2;基本同意=3;同意=4;非常同意=5
	X15 碳补偿有助于森林的经营管理	不清楚=0;完全不同意=1;基本不同意=2;基本同意=3;同意=4;非常同意=5

## 2.1 个人变量对碳补偿参与意愿的影响

在游客个人变量的 5 个影响因子中,职业和文化程度与游客碳补偿意愿呈显著相关关系。由图 1 可知,游客职业的影响最为显著,其贡献率达 27.1%,从散点分布可看出,工人或农民、无固定职业者、退休人员的边际效应力在 $-0.3\sim 0$ ,呈负相关关系,这些游客一般是学历相对较低或者与社会接触较少,所了解的事物少,因此对碳补偿的关心度及参与度也就相对较差;而学生是学习新知识、新思想的群体,更易于学习、领悟碳补偿的意义,也就更愿意参与到碳补偿中;商业人员、服务业人员、公务员、科研教育人员、公司职员等与社会接触较多,接触新鲜事物的机会也多,对社会发展的关注度相对较高,因此对于碳补偿意愿的影响力自然是呈正相关。游客的文化程度与其参与碳补偿的意愿呈正相关关系,即受教育程度越高,越愿意参与碳补偿,说明文化水平决定了人对事物的看法与态度,文化程度越高,对新事物、新观念的接受程度也越快,对森林碳补偿也相对了解。

## 2.2 气候变化的感知度对碳补偿参与意愿的影响

气候变化感知度这一类影响因子中,气候异常会给旅游业带来不利影响的贡献率为 17.1%,且与游客的碳补偿意愿呈显著正相关关系,即游客越意识到气候异常会对旅游业有不利影响,越愿意参与到碳补偿中,说明游客深知气候对旅游业的不利影响也将会影响到自身的旅游活动,进而也就更愿意参与到碳补偿中,为旅游业的可持续发展尽一份力所能及的力量。

## 2.3 旅游碳排放的认知度对碳补偿参与意愿的影响

在旅游碳排放认知度中,旅游碳排放的减少,有利于生态环境和游客参与碳补偿意愿有着显著相关性,其贡献率为 7.2%,且呈正相关。游客对旅游碳排放的相关知识越了解,越愿意参与碳补偿。因此,若让更多的游客知晓旅游碳排放的减少会有利于生态化境的变好,也会有更多的人参与到碳补偿的行动中。

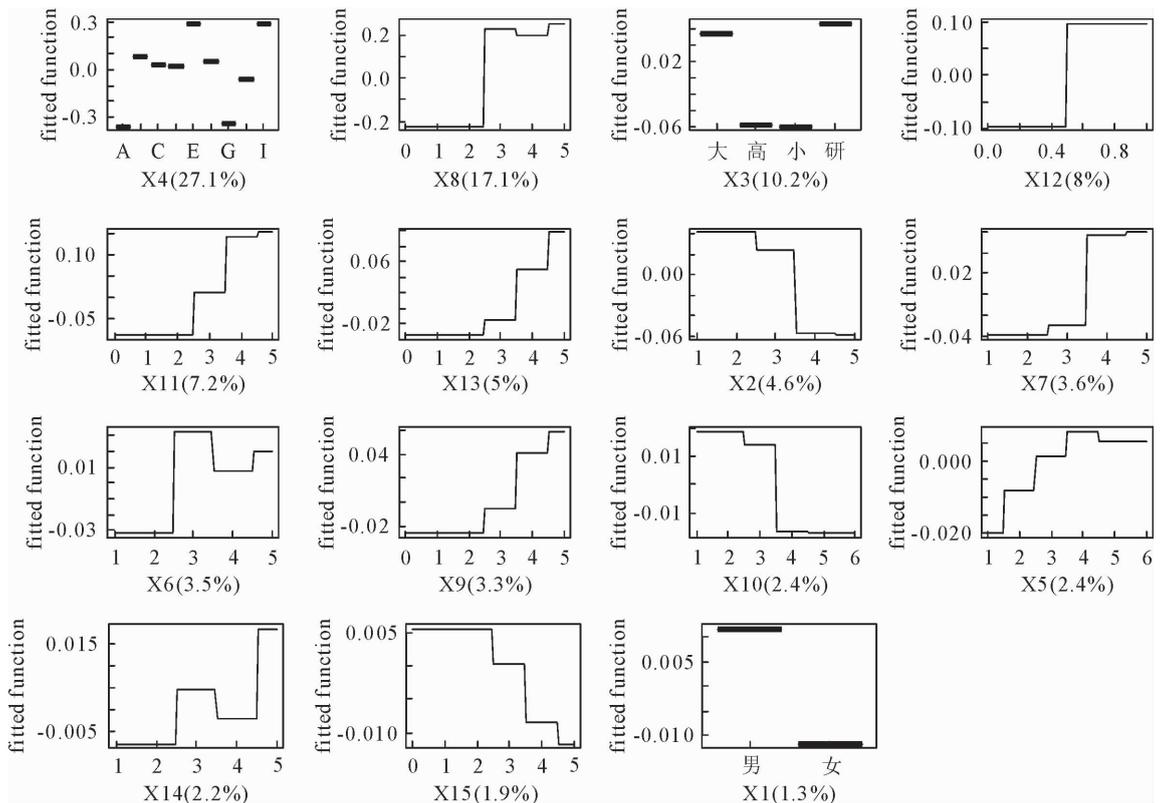


图 1 影响游客碳补偿意愿因子的影响力及边际效应

Fig. 1 The influence and marginal effects of the willingness factor of tourists' carbon offset

## 2.4 森林碳汇及碳补偿认知水平对碳补偿参与意愿的影响

从图 1 可知,“是否知道森林具有固碳作用”和“了解森林碳汇及其交易渠道”贡献率分别为 8% 和 5%,从图中折线的趋势也可看出都呈正相关,即认知水平越高,越愿意参与碳补偿。游客对森林碳汇及碳补偿的认知水平决定了游客对其的理解与判断,决定了他们对碳补偿价值的评判与消费态度,进而影响其参与态度;另外,公众对森林碳汇的交易渠道越了解,参与意愿越强烈,说明森林碳汇交易平台的建设对碳补偿的参与度起着重要作用。

## 3 结论与讨论

基于明月山国家森林公园 225 份游客数据,构建了森林旅游地游客碳补偿的影响指标体系,采用 BRT 模型分析各变量对游客行为决策影响的规律性,结果表明:1)总体上看,森林旅游地游客的碳补偿参与意愿较强,虽说对于森林碳汇及碳补偿方面的认识不深,但通过一定的了解后,3/4 以上的被调查游客还是愿意参与碳补偿。2)与游客碳补偿参与意愿呈显著相关关系的 6 个因素,按贡献率排列依次为职业(27.1%)>气候异常对旅游业影响的认知(17.1%)>文化程度(10.3%)>森林固碳作用的认知(8%)>旅游碳排放与生态环境关系的认知

(7.2%)>森林碳汇及其交易渠道的认知(5%)。

目前,碳补偿还是比较新的概念,通过研究发现熟知碳补偿相关概念的游客不到 20%,这很大程度上影响了游客碳补偿的参与度。因此政府及相关管理机构有必要通过媒体、社区、学校等渠道和平台,将碳补偿的相关知识传递给大众,加强大众有关碳补偿的科普教育,提升大众对碳补偿认知度。另外,我国并没有制定碳补偿标准,如在一次旅行过程中碳补偿的支付标准是什么、支付给什么组织、用什么方式支付,碳补偿额的流向等一系列问题,都还有待解决。因此,政府要落实相应的碳补偿准则,才能更好的推动碳补偿市场的发展。

企业作为第三方平台,在市场作用下,可构建碳补偿网络体系,让碳补偿信息公开化、操作方便化,使游客能更好地参与到碳补偿中。另外,也可通过市场基金提升旅游者参与碳补偿的积极性,游客通过自愿游客通过自愿购买基金、彩票、债券的形式参与碳补偿,既保护环境又能满足其自身利益。

游客是产生旅游碳排放的主体,即碳补偿的主体,理应为其碳排放支付补偿,但还有部分游客表示没有参与碳补偿的意愿,而职业和受教育程度是其意愿选择的主要影响因素。基于此,游客还需要不断的提高自身素养,多关注社会发展、生态环境等与自身息息相关的事,主动加入到低碳出行、植树种

草、环保义工等有利于增加生态系统碳吸收能力的活动中。树立碳补偿意识,提升碳补偿支付意愿,以推动碳补偿市场的构建,也为生态环境的保护尽一份力。

### 参考文献:

- [1] BENTO A M, KANBUR R, LEARD B. Designing efficient markets for carbon offsets with distributional constraints[J]. *Journal of Environmental Economics & Management*, 2015, 70:51-71.
- [2] 张琰,崔枫,吴霜霜,等.航空旅行者碳补偿支付意愿影响因素研究——基于计划行为理论与规范激活理论的综合研究框架[J]. *干旱区资源与环境*, 2017, 31(11):9-14.  
ZHANG Y, CUI F, WU S S, *et al.* Analysis of the factors impacting on air travelers' willingness to pay for carbon offsets: based on theory of planned behavior and theory of norm-activation[J]. *Journal of Arid Land Resources & Environment*, 2017, 31(11):9-14. (in Chinese)
- [3] 张奥佳.典型利益相关者视阈下五台山景区旅游碳补偿研究[D].太原:山西财经大学, 2017.
- [4] 丁文广,吴洋,牛贺文,等.中国林业 CDM 项目发展现状及前景研究[J]. *西北林学院学报*, 2012, 27(1):265-268.  
DING W G, WU Y, NIU H W, *et al.* An analysis on the current development situation and the prospect of Chinese CDM program[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2012, 27(1):265-268. (in Chinese)
- [5] 赵荣钦,刘英,李宇翔,等.区域碳补偿研究综述:机制、模式及政策建议[J]. *地域研究与开发*, 2015, 34(5):116-120.  
ZHAO R Q, LIU Y, LI Y X, *et al.* Overview of regional carbon compensation: mechanism, pattern and policy suggestions[J]. *Areal Research & Development*, 2015, 34(5):116-120. (in Chinese)
- [6] 嵇欣.碳排放交易体系的政策灵活性:国际经验及启示[J]. *中国环境管理*, 2016, 8(5):90-95.
- [7] 杨帆,赵仕通,曾维忠.自愿市场视角下城市居民森林碳汇购买意愿的影响因素分析——基于 347 位成都市民的调查[J]. *西北林学院学报*, 2015, 30(2):287-292.  
YANG F, ZHAO S T, ZENG W Z, *et al.* Factors influencing citizens' willingness to purchase forest carbon sinks under the voluntary market perspective: based on a survey of 347 citizens in Chengdu [J]. *Journal of Northwest Forestry University*. 2015, 30(2):287-292. (in Chinese)
- [8] 琚皖琴.基于跨省域能源合作项目的横向碳补偿机制研究[D].杭州:浙江工业大学, 2016.
- [9] 宗计川.中国区域碳排放权交易市场建设研究[J]. *中国市场*, 2012(11):24-28.
- [10] 黄彦.低碳经济时代下的森林碳汇问题研究[J]. *西北林学院学报*, 2012, 27(3):260-268.  
HUANG Y. Forest carbon sink towards low carbon economy [J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2012, 27(3):260-268. (in Chinese)
- [11] 余光辉,耿建军,周佩纯,等.基于碳平衡的区域生态补偿量化研究——以长株潭绿心昭山示范区为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2012, 21(4):454-458.  
YU G H, GENG J J, ZHOU P C, *et al.* Quantitative research of regional ecological compensation based on carbon balance——take Zhaoshan demonstration area of Changzhutan green heart as an example[J]. *Resources & Environment in the Yangtze Basin*, 2012, 21(4):454-458. (in Chinese)
- [12] 孙贤斌,傅先兰,倪建华,等.安徽省会经济圈碳排放强度与生态补偿研究[J]. *地域研究与开发*, 2012, 31(1):135-138.
- [13] 舒莉芬.明月山风景区营销渠道管理研究[D].南昌:南昌大学, 2013.
- [14] ELITH J, LEATHWICK J R, HASTIE T. A working guide to boosted regression trees[J]. *Journal of Animal Ecology*, 2008, 77(4):802-813.
- [15] PRASAD A M, IVERSON L R, LIAW A. Newer classification and regression tree techniques: bagging and random forests for ecological prediction[J]. *Ecosystems*, 2006, 9(2):181-199.
- [16] 蔡文华,杨健,刘志华,等.黑龙江省大兴安岭林区火烧迹地森林更新及其影响因子[J]. *生态学报*, 2012, 32(11):3303-3312.  
CAI W H, YANG J, LIU Z H, *et al.* Controls of post-fire tree recruitment in Great Xingan Mountains in Heilongjiang Province[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(11):3303-3312. (in Chinese)
- [17] 谢晓文.森林旅游地餐饮经营者的碳补偿意愿及其影响因素[D].南昌:江西农业大学, 2017.
- [18] 陈梦娇,陈美球,鲁燕飞,等.鄱阳湖区农户农业面源污染认知及其影响因素分析[J]. *土地经济研究*, 2016(1):85-97.  
CHEN M J, CHEN M Q, LU Y F, *et al.* On cognition of farmers' agricultural non-point source pollution and its influential factors[J]. *Journal of Land Economics*, 2016(1):85-97. (in Chinese)
- [19] 李春林,刘森,胡远满,等.基于增强回归树和 Logistic 回归的城市扩展驱动力分析[J]. *生态学报*, 2014, 34(3):727-737.  
LI C L, LIU M, HU Y M, *et al.* Driving forces analysis of urban expansion based on boosted regression trees and Logistic regression[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34(3):727-737. (in Chinese)
- [20] 葛跃,王明新,孙向武,等.基于增强回归树的城市 PM<sub>2.5</sub> 日均值变化分析:以常州为例[J]. *环境科学*, 2017, 38(2):485-494.  
GE Y, WANG M X, SUN X W, *et al.* Variation analysis of daily PM<sub>2.5</sub> concentrations based on boosted regression tree: a case study in Changzhou[J]. *Environmental Science*, 2017, 38(2):485-494. (in Chinese)
- [21] 王立国.碳补偿视角的森林旅游利益相关者决策行为研究[D].南昌:江西农业大学, 2012.
- [22] 王迪,王明新,钱中平,季彩亚.基于超效率 SBM 和 BRT 的农业生态文明建设效率分析[J]. *中国农业资源与区划*, 2017, 38(11):94-101.