福建省生态公益林碳汇经济效益影响因子研究^{* 1}

陈钦

(福建农林大学 经济与管理学院, 福州 350002)

摘要: 根据对福建省6个样本县进行样地调查及其农户访谈式问卷调查的资料, 首先应用因子分析法对影响福建省生态公益林碳汇效益的主要因子进行分析, 然后将碳汇效益与主要因子进行逐步多元回归分析。结果表明: 坡度、林龄、树种、蓄积量、碳汇量、重置成本、降水量、碳汇价格是影响福建省生态公益林碳汇效益的主要因子; 碳汇价格、蓄积量和重置成本对福建省生态公益林碳汇效益影响显著; 碳汇价格、蓄积量与碳汇效益呈正相关, 重置成本与碳汇效益呈负相关。

关键词: 生态公益林; 碳汇; 经济效益; 影响因子

中图分类号: F307.20 文献标识码: A 文章编号: 1005-9709(2012)01-0042-04

Studying on Impact Factors of Carbon Sequestration Economics Benefits of Non-commercial Forest in Fujian Province

CHEN Qin

(Economics and Management College of Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002 China)

Abstract: According to samples plots and farmer interview questionnaire investigation data of 6 counties in Fujian province, the application of the factor analysis method analyze main factors of carbon sequestration benefits of non-commercial forest in Fujian province that include age, slope, trees, accumulation, carbon sequestration, replacement cost, precipitation, carbon price. Through stepwise regression analysis of carbon sequestration benefits and the main factor, the conclusion is that carbon price, accumulation and replacement cost significantly impact forest carbon sequestration benefits of non-commercial forest in Fujian province. Between carbon price, accumulation with carbon sequestration benefits is positively related, and between replacement cost with carbon sequestration benefits is negatively correlated.

Key words: non-commercial forest; carbon sequestration; economics benefits; impact factors

随着中国碳汇交易市场的发展和逐步健全, 森林碳汇效益的经济价值将会日益凸显。这已引起广大专家学者的广泛关注。1997年北京林业大学袁嘉祖教授对中国森林碳汇功能的成本效益进行了分析, 求得中国储存二氧化碳的社会经济效益为11.18美元/t^[1]; 2005年湖南省林业厅胡长青引用1997年薛达元研究成果“中国造林成本”、2002年何丽莎研究成果“香港森林保育效益”和施溯筠研究成果“长白山区森林固定二氧化碳价值”作为单位价格, 分别计算了湖南省森林生态系统碳汇经济价值^[2]; 2007年中南林业科技大学黄方用造林成本和瑞典碳税作为单位价值, 计算出湖南不同森林类型的碳汇(经济)价值, 并且把它作为森林碳汇的经济效益^[3]; 2008年李忠伟工程师用碳税作为单价(按照瑞典碳税每吨碳150美元)计算了广东樟木头林场桉树不同林龄的碳汇价值^[4]; 2008年李建华构建了森林可认证减排量成本价格模型, 并指出森林可认证减排量成本价格受交易成本、立地条件、造林面积、造林密度等影响, 其中交易成本对森林可认证减排量的价格影响比较大, 尤其对于造林规模较小的林业碳汇项目可能使其成本价格过高而无法运行, 造林面积对于森林可认证减排量的价格有很大的影响^[5]。至今未见对生态公益林碳汇经济效益的影响因子进行研究的报道。福建省生态公益林面积所占比例较

* 收稿日期: 2012-01-16

基金项目: 科技部国家软科学研究课题(2010GX5D217)、福建农林大学博士后研究计划资助项目(011847)

作者简介: 陈钦(1968-), 男, 福建永泰人, 教授, 博士生导师, 博士, 主要研究方向为森林生态经济和林业财务会计, (电话) 13950417965, (E-mail) chq3568@tom.com。

大, 所以有必要研究福建省生态公益林的碳汇经济效益, 而了解和掌握影响福建省生态公益林碳汇经济效益的因子, 对福建省生态公益林碳汇经济效益研究具有重要意义。

1 材料与方 法

1.1 数据来源

由于林木生长受到纬度的影响比较大, 为了增强可比性和准确性, 本研究按照纬度进行分层抽样。按照分层抽样方法在北纬 25.6°~26.6°之间 (1 个纬度, 共涉及 24 个县) 抽取永泰县、福清市和梅列区 3 个样本县 (区); 在北纬 26.7°~27.7°之间 (1 个纬度, 共涉及 19 个县) 抽取将乐县, 邵武市和霞浦县 3 个样本县 (市)。在每个样本县 (市、区) 各选取 15 个成熟林样地 (立地条件好、中、差各 5 块), 对样地进行实地调查、对农户进行访谈式问卷调查, 共调查了 90 个成熟林样地及其所有者 90 个农户。还有一些指标数据是来源于地方林业局官方公布的数据及相关资料、统计年鉴等。

1.2 因子假设

假设影响生态公益林碳汇效益的因子有: 降水量、海拔、坡度、树种、碳汇量、林龄、蓄积量、重置成本和碳汇价格。降水量属于自然气候条件, 是树木生长的基本条件, 直接影响林木生长, 进而影响森林的碳汇量; 海拔、坡度等自然环境因素影响森林的分布、生长。不同树种生长速度不同, 碳含量不同, 影响林木的碳汇量, 进而影响其碳汇收入和碳汇效益。林龄的大小对树木的碳汇量影响大, 从幼林龄到成熟林, 单位面积或单株树木碳汇量逐渐增加。蓄积量是林木生长质量的直接反映, 直接影响森林的碳汇量, 进而影响其碳汇效益的大小。重置成本和碳汇价格直接影响农户生态公益林的碳汇效益。

1.3 研究方法

应用因子分析法和多元回归分析法进行计量分析。因子分析方法的起源源于 20 世纪初 Karl Pearson 和 Charles Spearman 等人关于智力测试的统计分析。该方法最初应用的范围侧重于人类行为的研究, 以后逐渐扩展到社会学、气象学、政治学、医学、地理学及管理学领域。它主要是通过数学坐标轴转换, 把原来相关的指标转换成不相关的指标。因子分析中运用最多的是主成分分析方法, 通过转换, 用少数新指标代替原来的众多指标, 其特点是不但对指标综合性强, 显示变量之间的相互关系, 而且可突出主导因素。国内的学者如姜霞、张瑞瑞、臧良震等运用因子分析法进行了分析, 并取得了良好的评价结果^[6-8]。

1.3.1 生态公益林碳汇经济效益因子分析的方法

选取 9 个可能对生态公益林碳汇效益有影响且可加以计量的指标, 即 P_1 (重置成本)、 P_2 (碳汇价格)、 P_3 (单位面积碳汇量)、 P_4 (降水量)、 P_5 (海拔高度)、 P_6 (单位面积蓄积量)、 P_7 (树种)、 P_8 (林龄)、 P_9 (坡度), 进行实地调查, 并对调查获取的数据进行 KMO 测度和巴特利特球体检验, 然后采用主成分分析法提取主因子。在具体分析过程中, 采用方差最大化正交旋转法 (Varimax Method) 进行转轴。这样使公因子符合系数向更大或更小的方向变化, 使得对公因子的命名和解释更加容易。采用 SPSS17.0 统计软件对所收集的影响因子数据进行因子分析。

1.3.2 生态公益林碳汇经济效益影响因子分析的方法

多元线性回归分析是一元回归分析方法的发展和推广, 是指通过对一个因变量与两个或两个以上的自变量的相关分析, 建立分析和预测模型的方法。当自变量与待估计参数之间存在线性关系时, 称为多元线性回归分析。多元线性回归分析的优点是可以定量地描述某一现象和某些因素间的线性依存关系, 而且将各自变量的已知值代入回归方程便可求得因变量的估计值 (预测值), 从而可以有效地预测某种现象的发生和发展。多元线性回归模型的一般形式为:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \cdots + \beta_j X_{ji} + \cdots + \beta_k X_{ki} + \mu_i$$

其中 Y 为因变量 (福建省生态公益林碳汇经济效益); X_{ki} 为自变量 (9 个影响生态公益林碳汇经济效益的因子指标); k 为解释变量的数目; $i = 1, 2, \cdots, n$; β_j 为回归系数, $j = 1, 2, \cdots, k$; μ_i 为随机误差。

通过最小二乘法可计算出模型中的各参数值。通过最小二乘法建立起来的线性回归模型, 需进行一

系列的统计意义上的检验。其中 F 检验是对回归方程的显著性检验, t 检验是对回归方程的变量的显著性检验。在显著性水平 α 下, 当 $F > F_{\alpha}(k, n-k-1)$ 时, 认为回归模型有意义, 回归方程检验通过; 当 $|t| > t_{\alpha/2}(n-k-1)$ 时, 说明解释变量通过了变量显著性检验。

为了进一步分析生态公益林碳汇效益中起主要影响作用的因子, 可以通过进一步测度几个因子各自对生态公益林碳汇效益的解释能力。将生态公益林碳汇效益作为因变量 Y ; 根据因子分析的结果, 选取载荷较大的 8 个因子作为自变量, 分别为 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 、 P_6 、 P_7 、 P_8 、 P_9 , 运用 SPSS17.0 统计软件进行逐步多元回归分析。

2 结果与分析

2.1 生态公益林碳汇经济效益的因子分析

取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) 度量值小于 0.5, 不适合做因子分析; 巴特利特 (Bartlett) 检验结果的判断标准是其近似卡方 (χ^2) 统计值的显著性概率 ($Sig.$) 小于 0.05。计算结果表明: 取样足够度的 KMO 度量值为 0.573, 大于 0.5, 适合进行因子分析; 巴特利特球体检验的 χ^2 统计值为 198.490, $Sig.$ 为 0.000, 远小于 0.05, 说明数据具有相关性。

因子分析是通过采用主成分分析法来提取主因子。采用主成分分析法总共提取了 9 个主成分, 即 9 个主因子, 福建省生态公益林碳汇经济效益影响因子的方差解释如表 1 所示。根据特征值大于 1 的方法来确定因子数

表 1 方差解释表
Table 1 Total variance explained

主成份	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差/%	累积/%	合计	方差/%	累积/%	合计	方差/%	累积/%
1	2.893	32.142	32.142	2.893	32.142	32.142	2.121	23.571	23.571
2	1.369	15.207	47.349	1.369	15.207	47.349	2.109	23.433	47.003
3	1.116	12.406	59.755	1.116	12.406	59.755	1.100	12.220	59.223
4	1.015	11.277	71.032	1.015	11.277	71.032	1.063	11.809	71.032
5	0.893	9.927	80.959	/	/	/	/	/	/
6	0.794	8.823	89.782	/	/	/	/	/	/
7	0.576	6.395	96.177	/	/	/	/	/	/
8	0.257	2.854	99.030	/	/	/	/	/	/
9	0.087	0.970	100.000	/	/	/	/	/	/

量。某一因子的特征值代表与该因子有关的方差的大小, 因此只保留特征值大于 1 的因子^[9]。前 4 个因子的特征值分别为 2.893、1.369、1.116 和 1.015, 均大于 1, 因此确定为 4 个主因子。4 个主因子的方差为其占总体方差的比例, 也就是 4 个主因子的权数, 即 4 个主因子各自的贡献率水平。4 个主因子的贡献率依次分别为 23.571%、23.433%、12.220%、11.809%; 其累积贡献率达到了 71.032%, 说明取 4 个因子时可以使主成分保持原始数据信息总量的比例达到 71% 以上。

采用具有 Kaiser 标准化的正交旋转法对提取的主因子进行旋转后的因子载荷矩阵如表 2 所示。第一个主因子 F_1 主要是由 P_9 、 P_8 和 P_7 这 3 个指标所决定的, 即坡度、林龄和树种, 这 3 个指标在主因子 F_1 上的载荷均在 0.657 以上, 而且主因子 F_1 的方差贡献率最高, 说明 F_1 是生态公益林碳汇效益的主要影响因子, 即坡度、林龄和树种与碳汇效益息息相关。第二个主因子 F_2 载荷较大的指标是 P_6 和 P_3 , 即单位面积蓄积量和单位面积碳汇量, 这 2 个指标在主因子 F_2 上的载荷在 0.852 以上。第三个主因子 F_3 主要由 P_1 和 P_5 所决定, 即重置成本和海拔高度, 其载荷值分别为 0.886 和 0.515。第四个主因子 F_4 主要由 P_4 和 P_2 所决定, 即降水量和碳汇价格的载荷值大于其他指标的载荷值, 其中降水量的载荷值达到 0.867, 说明 F_4 在很大程度上解释了自变量降水量的变化。

表 2 旋转后的因子载荷矩阵
Table 2 Component matrix

因子	成份			
	F_1	F_2	F_3	F_4
P_9	0.775	-0.010	-0.027	-0.031
P_8	0.767	0.372	-0.076	-0.007
P_7	0.657	0.453	0.029	-0.112
P_6	0.078	0.887	0.093	-0.009
P_3	0.385	0.852	0.083	0.015
P_1	-0.146	0.205	0.886	-0.076
P_5	0.463	-0.454	0.515	0.060
P_4	0.140	0.026	0.064	0.867
P_2	-0.305	-0.047	-0.149	0.537

2.2 生态公益林碳汇经济效益影响因子的多元回归分析

经过逐步多元回归分析, 模型 1 和 2 没有通过检验, 模型 3 通过检验, 模型 3 的回归结果表明: 回归模型的复相关系数 R 值、确定系数 R^2 值以及调整后的确定系数 R^2 值分别为 0.859、0.738 和 0.729, 标准估计的误差为 2.439, 表明实际值较接近估计值, 模型的拟合优度 $R^2 = 0.738$, 较接近 1, 说明回归模型的拟合优度较好。

回归方差分析结果表明: F 值为 74.155, $Sig.$ 值为 0.000。其 $Sig.$ 值即为显著性 P 值, 由 P 值 = 0.000 可知回归方程十分显著, 回归方程通过显著性检验。这说明多元统计回归模型的拟合优度是显著的, 有 99.9% 以上的概率表明各自变量均对因变量 Y 产生显著的线性影响。

以 P_1 (重置成本)、 P_2 (碳汇价格)、 P_6 (单位面积蓄积量) 为自变量 (X), 以生态公益林碳汇经济效益为因变量 (Y), 通过 SPSS17.0 软件运行, 回归系数及其显著性检验结果如表 3 所示。自变量碳汇价格 (P_2)、单位面积蓄积量 (P_6)、重置成本 (P_1) 的统计

表 3 回归系数及其显著性检验表
Table 3 Regression coefficients and its significant inspection

变量	非标准化系数		标准系数 试用版	t	$Sig.$	共线性统计量	
	B	标准误差				容差	VIF
常量	-92.393	188.542	/	-0.490	0.625	/	/
P_2	1.395	0.113	0.711	12.314	0.000	0.994	1.006
P_6	44.435	7.454	0.343	5.962	0.000	1.000	1.000
P_1	-1.118	0.220	-0.294	-5.085	0.000	0.994	1.006

量 t 值分别为 12.314、5.962 和 -5.085, 对应的统计量 $P_{\text{值}}$ 均为 0.000, 回归系数 b 分别为 1.395、44.435 和 -1.118。这说明自变量 P_2 、 P_6 、 P_1 对因变量 Y 的解释能力显著, 即碳汇价格、单位面积蓄积量和重置成本对生态公益林碳汇效益具有显著的影响作用。也就是说, 碳汇价格越高、单位面积蓄积量越高、重置成本越低, 生态公益林碳汇效益越高。

经验判断方法: 当 $0 < VIF < 10$, 不存在多重共线性; 当 $10 \leq VIF < 100$, 存在较强的多重共线性; 当 $VIF \geq 100$, 存在严重多重共线性。共线性统计量计算结果 (表 3) 表明: 自变量 P_2 、 P_6 和 P_1 的 VIF 统计量均明显小于 10, 说明回归模型不存在多重共线性。

3 结论

第一, 根据因子分析结果, 坡度、林龄和树种在主因子 F_1 上载荷值分别为 0.775、0.767、0.657; 单位面积蓄积量和单位面积碳汇量在主因子 F_2 上载荷值分别为 0.887 和 0.852; 重置成本在主因子 F_3 上载荷值为 0.886; 降水量和碳汇价格在主因子 F_4 上载荷值分别为 0.867 和 0.537。由此可见, 影响福建省生态公益林碳汇效益的主要因子包括: 坡度、林龄、树种、单位面积蓄积量、单位面积碳汇量、重置成本、降水量、碳汇价格。

第二, 多元回归分析结果表明: 碳汇价格、单位面积蓄积量和重置成本对福建省生态公益林碳汇效益影响显著, 其中碳汇价格和单位面积蓄积量与碳汇效益呈正相关, 重置成本与碳汇效益呈负相关。

参考文献:

- [1] 袁嘉祖, 范晓明. 中国森林碳汇功能的成本效益分析 [J]. 河北林果研究, 1997 (1): 20-24.
- [2] 胡长青, 桂小杰, 徐永新. 湖南省森林生态系统碳汇经济价值初探 [J]. 湖南林业科技, 2005, 32 (3): 1-6.
- [3] 黄方. 湖南主要森林类型碳汇功能及其经济价值评价 [J]. 广东林业科学, 2007 (1): 58-62.
- [4] 李忠伟. 桉树人工林的固碳放氧功能和价值分析——以樟木头林场为例 [J]. 桉树科技, 2008 (1): 12-15.
- [5] 李建华. 碳汇林的交易机制、监测及成本价格研究 [D]. 南京林业大学, 2008: 91-93.
- [6] 姜霞, 李兰英, 吴英俊, 等. 因子分析法在生态公益林社会影响评价中的应用——以浙江省临安市、遂昌县为例 [J]. 林业经济问题, 2009, 29 (6): 42-46.
- [7] 张瑞瑞; 朱永法. 嘉善县木材加工业竞争力评价研究 [J]. 林业经济问题, 2011, 31 (3): 23-28.
- [8] 臧良震, 陈方, 郭小年. 纸业上市公司营运资金结构对成长能力的影响 [J]. 林业经济问题, 2011, 31 (3): 73-76.
- [9] 郭志刚. 社会统计分析方法——SPSS 软件应用 [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1999: 87-114.