

文章编号: 2095-6991(2017)02-0025-05

# 西南地区农作物经济可持续发展评价及预测

——以湘西州茶产业为例

李金虎, 戴厚平, 彭思江, 马 瑜

(吉首大学 数学与统计学院, 湖南 吉首 416000)

**摘要:**针对西南地区农作物经济可持续发展的实际问题,选取合理的评价指标,构建基于数据包络分析方法的农作物经济可持续发展评价模型.首先,运用数据包络对每年的数据进行绩效评价,再采用神经网络对茶叶发展水平进行等级量化.最后,建立 GM(1,1) 预测模型,预测未来若干年评价体系中各指标的数据,对农作物经济未来工作进行引导.以湘西州茶产业为例,实证分析了茶叶经济可持续发展的评价及预测,提出了合理化建议.

**关键词:**数据包络分析;BP 神经网络;灰色预测;茶叶经济

中图分类号:O212 文献标志码:A

DOI:10.13804/j.cnki.2095-6991.2017.02.005

## 0 引言

西南地区主要包括四川盆地、秦巴山地、云贵高原等地形单元,山峦迭嶂,气候比较柔和,湿度较大,多云雾,是农业集中发展的区域.为促进该区产业的进一步发展,搭上西部大开发的快车,对具有浓厚第一产业特色的西南地区来说,研究西南地区农作物经济的可持续发展至关重要.

在文献[1]中选取光照条件、云雾、降雨量等进行 SWOT 分析信阳毛尖特点以便达到可持续发展的指标选取;文献[2]中基于旅游等五个因素建立多元线性回归模型分析湘西茶产业发展;文献[3]中基于经济、社会、环境多方面应用 GIS 和模糊评价法对福建茶业发展和谐性进行了分析;文献[4]中采用层次分析和 BP 神经网络建立城市区域火灾风险评估模型.根据参考文献已有的指标特点,我们把环境及基础设施作为输入指标,经济方面作为输出指标.即年平均气温(℃),年日照总数(小时),年降水量(毫米),公路里程(公里)为输入,游客人次(万),茶叶种植面积(万亩),社会消费品总额(亿元),社会投资(亿元),农业总产值(亿元),茶叶产量(吨)为输出建立评价体系.利用神经网络量化发展,对湘西州茶产业发展进行分析及预测,为经济可持续发展提供参考.同时,给西南地区农作物经济发展、产业链的拉动提供

了指导意义.

## 1 农作物经济可持续发展分析方法

本文在评估度量多重信息的情况下,提出了一种基于数据包络分析—BP 神经网络量化指标方法,对西南地区农作物进行可持续发展评价及预测,以期解决农作物经济可持续发展中遇到的问题.首先采用数据包络分析我们所选取的十个指标的相对效率,然后运用 BP 神经网络算法进行量化计算,得到茶产业发展水平,分析湘西州茶产业经济发展现状,最后进行灰色预测,得到未来五年发展潜力,并提出保持可持续发展的合理化意见.

### 1.1 数据包络分析

数据包络分析(DEA)是使用数学规划模型比较决策单元之间的相对效率,对决策单元的规模有效性和技术有效性同时进行评价.我们把茶叶经济可持续发展系统的某一时间段视作 DEA 中的一个决策单元,它具有特定的输入输出,在将输入转化为输出的过程中,可以通过  $C^2R$  模型得到每个决策单元的综合效率,下面为模型的方程:

$$\begin{aligned} & \max \frac{u^T Y_{j_0}}{v^T X_{j_0}} \\ \text{s. t. } & \begin{cases} \frac{u^T Y_j}{v^T X_j} \geq 1, j = 1, 2, \dots, n, \\ u \geq 0, v \geq 0, u \neq 0, v \neq 0. \end{cases} \end{aligned}$$

收稿日期:2016-11-25

基金项目:湖南省大学生研究学习和创新性实验计划项目(湘教通[2016]283号)

作者简介:戴厚平(1979-),男,湖南隆回人,讲师,博士,主要从事微分方程数值解和数学建模等研究. E-mail: daihouping@163.com.

模型的线性形式:

$$\begin{aligned} & \min \theta, \\ \text{s. t. } & \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j \leq \theta X_{j_0}, \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j \geq Y_{j_0}, \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n. \end{cases} \end{aligned}$$

其中:输入  $X_{ij} = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T$ ,  
 输出  $Y_{ij} = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T$ ,  
 输入权值向量  $v = (v_1, v_2, \dots, v_s)^T$ ,  
 输出权值向量  $u = (u_1, u_2, \dots, u_m)^T$ ,  
 $\lambda$  为权重,  $\theta$  为相对效率.

通过数据包络分析,得到每年茶产业资源配置的相对效率,然后进行决策调整,使资源得到充分利用.

### 1.2 BP 神经网络

数据包络分析了茶产业的资源配置问题,但是没有进行产业发展水平的说明,而形象的发展水平是政府部门进行行业调整、业绩说明的重要参数,量化茶产业发展水平对于我们来说是非常必要的.因此,我们采用 BP 算法对茶产业发展水平进行等级量化,典型的 BP 神经网络主要由神经元及神经元之间的连接权组成,可分为输入层  $X$ 、隐含层  $Z$  和输出层  $Y$ .在正向传播过程中输入信息从输入层经隐含层逐层处理,并传向输出层,每一层神经元的状态只影响下一层神经元的状态,如果在输出层不能得到有效输出,则转入反向传播,即误差信号沿原来的连接通路返回,把网络学习时输出层出现的与“事实”不符的误差,归结为连接层中各节点间连接权及阈值的“过错”,通过把输出层节点的误差逐层向输入层逆向传播以“分摊”给各连接节点,从而可算出各连接节点的参考误差,并据此对各连接权进行相应的调整,使无效的网络映射到有效的网络单元格上.

BP 网络通常有一个或多个隐含层,该层中的

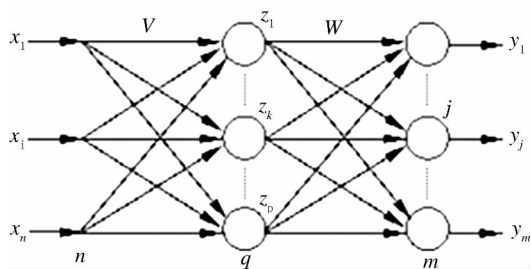


图 1 神经网络结构

神经元均采用 Sigmoid 型传递函数,由于对线性和非线性问题都能很好地适应,因此应用最为广泛,其函数形式如下所示:

$$f(\text{net}) = \frac{1}{1 + \exp(-\text{net})}$$

通过反复计算输出层节点输出  $c_j$  与期望输出值  $c_j^{(k)}$  的误差,使误差  $E_{AV}$  变得足够小.

$$E_{AV} = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^n (c_j^{(k)} - c_j)^2,$$

$E_{AV}$  为学习的目标函数.

### 1.3 GM(1,1) 预测模型

为了给我们未来工作进行引导,还需要对未来进行预测.根据数据包络建立评价体系,建立 GM(1,1) 预测模型.已知参数数据

$$X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n)),$$

利用该数据建立模型的步骤如下:

步骤一 做一阶累加,形成数据序列

$$X^{(1)}(k) = \sum_{m=1}^k X^{(0)}(m) \quad (k = 2, \dots, n),$$

则相应的灰微分方程为

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = u,$$

其中: $a$  称为发展灰数, $u$  称为内生控制灰数.

步骤二 求解参数  $a, u$ .

对微分方程进行离散化的关于  $a, u$  的超定方程组:

$$X^{(1)}(k+1) = (1-a)X^{(1)}(k) - u,$$

利用最小二乘法求超定方程,得

$$[a, u]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y_n,$$

$$B = \begin{bmatrix} \frac{1}{2}[X^{(1)}(1) + X^{(0)}(2)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ \frac{1}{2}[X^{(1)}(n-1) + X^{(1)}(n)] & 1 \end{bmatrix},$$

$$Y = \begin{bmatrix} X^{(0)}(2) \\ X^{(0)}(3) \\ \vdots \\ X^{(0)}(n) \end{bmatrix}.$$

步骤三 建立生成数据序列模型.

将上面求得的参数代入上述的灰微分方程,求解微分方程得到的灰色预测 GM(1,1) 模型为:

$$\begin{aligned} X^{(1)}(k+1) &= \left[ X^{(0)} - \frac{u}{a} \right] e^{-au} + \frac{u}{a}, \\ &k = 1, 2, \dots, n. \end{aligned}$$

步骤四 建立原始数据序列模型,利用

MATLAB 软件运算得到预测值.

## 2 以湘西州茶产业为例进行经济可持续发展实证分析

### 2.1 DEA 相对效率评价

为了对西南地区农作物经济可持续发展进行

研究,我们这里以湘西州茶叶经济发展为例,通过年鉴查找到茶叶经济发展评价的十个指标数据,如表 1 所列,评价相对效率用  $\theta$  表示,得到如表 2 所列结果.

在表 3 中,2004—2009 年 DEA 无效,说明我们需要调整资源的配置.例如在 2004 年,增加茶

表 1 2004—2015 年湘西州茶叶经济可持续发展评价指标数据表

	年平均气温	年日照总数	年降水量	公路里程	游客人次	茶叶种植面积	消费品总额	社会投资	农业总产值	茶叶产量
2004	17.3	1 434.9	1 419.3	5 550	431.2	0.59	46.9	56.8	42.8	618
2005	17	1 136.5	1112.8	5 956	550	0.8	53.4	69.9	44.5	637
2006	17.9	1 108	1108	6 391	655.8	1.3	61.9	84.6	64.4	656
2007	18.6	1 230	1657	6 461	793.5	1.7	72.5	101.92	60	721
2008	17.2	1 052	1437	6 462	852.6	2.42	86.3	131	65	807
2009	16.5	1 010	1287	6 513	1 060.31	3.22	102.3	188.8	69	1 109
2010	17	1 149.5	1254	6 513	1 255.56	8.67	119	208.51	81.8	1 231
2011	17.6	1 089	1158	12 255	1 486.26	13.1	140	213.27	90.9	1 486
2012	16.2	987	1397	12 258	1 884.68	18.8	160.1	232.4	98.9	1 715
2013	16.7	960	1587	12 576	2 322.8	22.4	183.1	271.5	104.5	1 800
2014	17.2	1 429	1447	12 572	2 810.7	24.4	206.5	303	173.7	2 100
2015	16.7	946	2209.5	12 587	3 565	26.4	227	370.9	180.6	4 380

表 2 DEA 方法的相对有效评价结果

年份	$\theta$	结论	年份	$\theta$	结论
2004	0.614 0	无效	2010	1.000 0	有效
2005	0.609 4	无效	2011	1.000 0	有效
2006	0.872 1	无效	2012	1.000 0	有效
2007	0.739 4	无效	2013	1.000 0	有效
2008	0.839 7	无效	2014	1.000 0	有效
2009	0.973 3	无效	2015	1.000 0	有效

表 3 经济结构评价模型的训练样本输出

年份	量化值	等级	年份	量化值	等级
2004	0.1094	一	2009	0.8453	四
2005	0.1000	一	2010	0.9000	四
2006	0.6380	四	2011	0.9000	五
2007	0.3663	二	2012	0.9000	五
2008	0.5717	三	2013	0.9000	五

叶的种植面积、吸收更多的社会投资,使资源得到充分的利用.

### 2.2 BP 神经网络量化发展

为了进一步对茶产业的发展水平进行研究,量化茶产业发展速度,我们通过训练完成网络对

样本的学习,把表 3 中无效的相对效率进行映射.在此运用 MATLAB 对湘西州茶叶经济结构可持续发展的评价模型进行学习训练,把 2004—2013 年数据作为样本输入、输出,进行了学习训练,通过训练 1000 次后,总体误差为 0.002,量化结果如表 4 所列.

湘西州一直以来把茶文化、茶产业建设放在重要位置,从 2005 年开始,国家对茶叶企业实行 QS 认证,进一步促进了茶叶精制企业厂房和设备改造工作的开展,使得湘西茶产业进入快速发展年,2007 年有所放缓,2008 年《出口茶叶质量安全控制规范》体系形成.与此同时,为适应我国茶叶市场变化需要,国内已经形成比较完善的茶业批发市场网络,为茶叶的生产和销售构建十分有效的销售通路,使得茶叶发展有着向上的势头,茶产业进入发展期.因此,从表 3 来看,我们建立的指标体系模型是符合湘西州茶叶经济发展的.将表 2 中 2014 年和 2015 年 2 个样本的相应指标值输入模型,输出结果如表 4 所列.

综合以上,我们可以得到利用数据包络建立的评价体系是符合湘西州茶叶经济发展的.同时,我们还可以得到用 BP 神经网络建立的茶叶经济

表 4 检测样本的输出数据

年份	量化值	等级
2014	0.900 0	五
2015	1.000 0	五

结构可持续发展水平的评价模型具有合理性、正确性。

### 2.3 GM(1,1)预测未来五年茶叶发展

结合当地资源优势,早规划、快发展,需要我们对未来有良好的认知,建立预测模型,得到预测数据,进行早期安排.利用数据包络建立的评价体系,带入表 1 中 2004—2015 年各指标的数据,对

2009—2015 年的预测值进行 GM(1,1)模型后验差如表 5 所列.

表 5 GM(1,1)模型后验差

	年平均气温	年日照总数	年降水量	公路里程	游客人次
后验差	0.320 81	0.129 24	0.187 73	0.144 18	0.500 68
	茶叶种植面积	消费品总额	社会投资	农业总产值	茶叶产量
后验差	0.390 71	0.228 95	0.343 63	0.231 53	0.484 55

从表 5 中可得,该模型精度较高,可以进行较为准确的预测和预报.记 2009 年为第一年,输入

表 6 2016—2020 年湘西州茶叶经济持续发展的各指标的预测数据

年份	年平均气温	年日照总数	年降水量	公路里程	游客人次	茶叶种植面积	消费品总额	社会投资	农业总产值	茶叶产量
2016	16.68	990.96	2 223.64	14 641.00	4 328.31	34.01	261.48	402.61	219.10	4 651.70
2017	16.62	960.26	2 102.18	15 729.75	5 346.61	40.59	296.42	456.47	263.69	6 173.54
2018	16.56	989.55	1 815.62	16 899.46	6 604.49	48.44	336.03	517.54	317.35	8 193.26
2019	16.49	988.85	2 168.31	18 156.16	8 158.30	57.80	380.93	586.77	381.94	10 873.75
2020	16.43	1 088.15	2 565.18	19 506.30	10 077.68	68.98	431.83	665.26	459.67	14 431.17

表 1 中 2009—2015 年各指标的数据,得到 2016—2020 年茶产业可持续发展的各指标的年数据预测值,如表 6 所列.把表 6 的数据代入 BP 神经网络发展水平评价模型,得到 2016 至 2020 年湘西州茶叶经济的评价等级,如表 7 所列.

表 7 2016—2020 年湘西州茶叶经济发展水平

年份	量化值	等级
2016	1.000	五
2017	1.000	五
2018	1.000	五
2019	1.000	五
2020	1.000	五

通过对湘西州 2004—2015 年 10 个相关茶叶经济指标的数据分析,建立起湘西州茶叶经济的评价指标体系,进行分析可知自 2010 年以来,湘西州茶业进入快速发展轨道,茶叶产量、种植面积、茶农收入逐年增加,茶叶发展速度保持稳中求进、积极向上的势头.

## 3 结语

通过对湘西州茶叶经济发展效益与水平的研究,客观地评价整个湘西州茶业的发展状况,包括

自然环境方面、社会环境方面和经济环境方面三方面的内容,使人们了解了湘西州茶业的发展现状和发展过程中存在的问题,为政府制定该产业的中长期可持续发展战略、各种中长期可持续发展规划提供客观依据,同时,茶产业作为农作物经济的一种,对湘西州茶产业的研究也可以运用到西南地区农作物经济发展的实证研究.因此,给出以下几点建议:

(1)建设科学灌溉田,规划合理堆肥期.湘西地区淡水资源分布不均,茶叶种植多位于山区,饮水问题相对于突出,合理地利用水资源,建设净水池收集雨水,采用节水灌溉技术,尽可能地减少农业用水;合理安排堆肥,做好茶树保暖,采用套种牧草、放养蚯蚓、养蜂的复合生态模式,合理规划行距,提高茶树的采光面积,提高茶叶产量.

(2)大力建设乡村公路,循环开发山里地带.建设乡村公路基础设施,保证茶叶生产—销售的便利,对于未开发的山林地区,合理开发,遵循可持续发展的理念,不能为了产量肆意破坏山林地貌,走有规划、可持续发展的道路.

(3)积极招商引资,推动茶庄旅游发展.把旅游资源与茶文化资源相结合,大力发展茶乡风情游、茶园生态观光游、茶叶古城文化游,吸收外来

商客投资茶产业,吸引越来越多的游客前来观光旅游,带动湘西地区的经济发展。

#### 参考文献:

- [1] 扶晓,鲁成银,王云梅. 信阳茶叶经济与产业发展研究[D]. 北京:中国农业科学院,2009.
- [2] 马成林,吴才聪,张书慧,等. 基于数据包络分析和人工神经网络的变量施肥决策方法研究[J]. 农业工程学报,2004,20(2):152-155.
- [3] 陈凌文. 基于GIS和模糊评价法的福建茶业发展和谐性分析及优化模式构建[D]. 福州:福建农林大学,2007.
- [4] 丁文波,王剑平. 基于BP神经网络的城市区域火灾风险评估[J]. 云南大学学报:自然科学版,2009(S2):232-235.
- [5] KAUPPINEN T. Data Envelopment Analysis as a tool for the exploration phase of mining[J]. Computers & Geosciences, 2016(93):96-102.
- [6] 赵国杰,吴孟铎. 用DEA方法评价城市发展的可持续性[J]. 洛阳师范学院学报,2002(2):132-134.
- [7] 李志刚,郭丰恺. 基于DEA方法的区域可持续发展能力评价研究[J]. 绿色经济学报,2007(10):67-84.
- [8] SUN W, XU Y. Financial security evaluation of the electric power industry in China based on a back propagation neural network optimized by genetic algorithm[J]. Energy, 2016(101):366-379.
- [9] 曹焕光. 人工神经网络原理[M]. 北京:气象出版社,1992.
- [10] 李赛君,雷雨,段继华,等. 湘西自治州茶叶产业SWOT分析及发展对策探讨[J]. 湖南农业科学学报,2015(11):110-113.
- [11] 司守奎,孙玺菁. 数学建模算法与应用[M]. 北京:国防工业出版社,2015.
- [12] 徐国祥. 统计预测与决策[M]. 上海:上海财经大学出版社,2015.

[责任编辑:赵慧霞]

## The Evaluation and Prediction for Crops Sustainable Development in Southwest Area of China

——Taking Tea Industry in Xiangxi Autonomous Prefecture as an Example

LI Jin-hu, DAI Hou-ping, PENG Si-jiang, MA Yu

(College of Mathematics and Statistics, Jishou University, Jishou 416000, Hunan, China)

**Abstract:** Aiming at the practical problems in crops sustainable development in southwest area of China, a series of reasonable evaluation indexes are selected and data envelopment analysis (DEA) method is employed in this paper. First, the DEA is applied to the data of each year for performance evaluation. Second, the tea development level is quantified by Back-Propagation neural network model. Third, the GM(1,1) prediction model is built for predicting the data of each index in the evaluation system and guiding economic crops in the future years. Taking tea industry in Xiangxi Autonomous Prefecture as an example, the sustainable development of the tea industry in Xiangxi Autonomous Prefecture is analyzed and reasonable suggestions are proposed.

**Key words:** DEA; Back-Propagation neural network; grey prediction; tea economy