

省域农村发展可持续性评价的BP法

后立胜,蔡运龙,罗定贵  
(北京大学环境学院资源环境与地理系,北京 100871)

摘要: 可持续发展是当今研究的一个热点问题,与此密切关联的对可持续性状态进行评价的方法也层出不穷;然而,迄今为止,可持续发展方面的研究中,还没有一种评价体系和预测方法,能得到普遍应用和认可。拟运用BP算法的良好的预测功能,以27个省区的反映各省农村可持续性发展状况的16项指标作为输入变量,以赋值量化的可持续性状况作为训练目标,进行网络训练;之后,根据训练好的网络,对未参与训练的其它4个省区的农村发展可持续性状况进行预测;最后,将预测的结果与该省区已知的农村可持续发展状况进行比较和评价。本方法尝试的结果表明,BP法能较好地用在对省域农村发展可持续性进行预测和评价上。

关键词: 农村可持续发展;BP法;评价;尝试

中图分类号: F320.3      文献标识码: A      文章编号: 1005-3409(2005)04-0119-03

An Attempt to Assess the Sustainability of Chinese Agricultural and Rural Development by Using the Method of Back-propagation Neural Network

HOU Li-sheng, CAI Yun-long, LU O Ding-gui  
(Department of Resources and Environmental Geosciences, School  
of Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

**Abstract:** Sustainable development is a hot problem of present science research, there are many assessing methods on sustainability. Nevertheless, up to now, the studies have not gotten a universal accepted model on sustainable assessment or prediction. It is an attempt to assess the sustainability of Chinese agricultural and rural development by using the method of back-propagation neural network (BP). As to each province, 16 indexes reflecting agricultural and rural development are regarded as its input variables, and the quantitative index of sustainability is regarded as its training target. 27 provinces from 31 provinces of China (except Taiwan) are thrown in for the BP-network training. Then, the trained BP-network can be used to predict the sustainable value of other 4 provinces that are not the participant for foregoing training. Finally, after comparing the predicting value with its known value, it is put forth that the BP method would a good attempt to assess or predict the sustainability of agricultural and rural development.

**Key words:** sustainable agricultural and rural development; back-propagation neural network; assessment; method attempt

反向传播神经网络, 又称BP模型, 由Rumelhart, Hinton和Williams于1985年提出, 是人工神经网络最常用的模型之一。BP模型由输入层、隐含层和输出层组成, 其中隐含层可以是一层或多层。各层次的神经元之间互相连接, 同层次内的神经元之间没有连接。1989年Funashi和Hecht-Nielsen分别证明了随着隐层单元的增加, 三层神经网络所实现的映射可以一致逼近紧集上的连续函数, 或按 $L_2$ 的范数逼近紧集上平方可积的函数, 揭示了三层神经网络丰富的实现映射能力<sup>[1, 2]</sup>。BP模型中, 除输入层神经元节点无激活函数外, 隐含层和输出层神经元节点均有某种激活函数作为传递函数, 较好地实现了BP网络输入和输出的非线性映射问题<sup>[3]</sup>。采用BP算法的多层网络是目前应用最多的ANN模型之一<sup>[4]</sup>,

80% ~ 90% 的人工神经网络模型是采用BP网络或它的变形。BP网络是前向网络的核心, 体现了人工神经网络模型最精华部分; 其理论依据坚实、推导过程严谨、物理概念清晰、通用性强。由于这些优点, 误差反传(BP)算法至今仍是多层前向神经网络的最主要的训练算法<sup>[5]</sup>。BP网广泛运用于函数逼近、模式识别、分类、预测及数据压缩等方面。

可持续发展是当今研究的一个热点问题, 与此密切关联的对可持续性状态进行评价的方法也层出不穷; 然而, 迄今为止, 可持续发展方面的研究中, 还没有一种评价体系和预测方法, 能得到普遍应用和认可。因此, 采用何种方法来界定和判断研究区域状况是否处于可持续性的发展状态, 也是研究中的一个难点问题。本文拟运用BP算法的预测功能, 在对已知样本(即

\* 收稿日期: 2005-04-26  
基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40335046)  
作者简介: 后立胜(1971-), 男, 江西进贤人, 博士生, 研究方向为资源管理与区域开发。

若干省区)的数据首先进行网络训练;之后根据训练好的网络,对未知省区的农村可持续发展状况进行模拟预测;最后根据预测结果,评价判断该省区农村发展的可持续性态势。

1 方法原理及数据准备

本文所采用的BP算法中,输入变量是反映各省农村可持续性发展状况的16项指标,亦即:乡村工业GDP产值、耕地占农业用地的比率、农村人均国内生产总值、农村居民人均纯收入、农用化肥量、各省支援农村生产支出、农业占财政支出比率、农村恩格系数、人均耕地面积、总人口数、专业技术人员数、农村城镇中农业人口的比重、省非农业人口的增

长率、第一产业比重、农用机械总动力、公路里程数。16个变量的指标数据(见表1)的采集主要依据是:新中国50年统计资料汇编,2000年中国统计年鉴、中国农业年鉴、中国农村统计年鉴、中国人口统计年鉴、中国环境年鉴和中国科技统计年鉴,1999~2001年中国可持续发展战略报告<sup>[6]</sup>,中国农村经济区划<sup>[7]</sup>,等。各省农村可持续发展状况,是根据笔者所参与的国家自然科学基金资助项目No.49871037和No.90102004的研究成果而确定的,详见参考文献[8]。BP算法中的训练目标,是通过可对可持续性发展情况的强弱依次赋值而来。可持续发展的赋值标准及其各省市区的农村可持续发展情况及其赋值结果,分别列于表2和表3中。

表1 中国内陆各省市农村发展基本数据

省市	乡村工业 GDP产值 /亿元	耕地占 农业用 地/%	人均国内生 产总值/ (元·人 <sup>-1</sup> )	农村居民人 均纯收入 (元·人 <sup>-1</sup> )	农用化 肥/万t	支援农村 生产支出	农业占财 政支出/%	农村恩 格系数	人均耕地 (hm <sup>2</sup> ·人 <sup>-1</sup> )	总人口数 /万	专业技 术人员数	农业人口 比重 (1998)	省非农人 口增长率	一产比 重/%	农用机 械总动力 (万kW)	公路里 程/km
北京	649	72	19846	4227	19	78727	0.04	45	0.03	1257	136	72	0	4	410	1825
天津	640	86	15976	3411	15	16269	0.03	51	0.05	959	55	76	1.2	5	482	8844
河北	1950	70	6932	2442	270	71160	0.06	50	0.10	6614	154	86	2.6	18	6623	58162
山西	651	69	4727	1773	86	58079	0.08	57	0.12	3204	83	76	2.4	11	1655	52807
内蒙古	428	36	5350	2003	73	60257	0.11	56	0.22	2362	72	51	2.5	27	1242	63824
辽宁	1796	55	10086	2501	114	122136	0.06	55	0.10	4171	152	73	1.2	13	1237	45020
吉林	552	42	6341	2260	113	26206	0.06	55	0.16	2658	98	62	0.6	25	897	34516
黑龙江	1400	52	7660	2166	126	59135	0.09	55	0.25	3792	124	56	1.8	13	1560	49928
上海	1759	86	30805	5409	15	66622	0.03	42	0.02	1474	82	77	1.2	2	151	4231
江苏	3388	85	10665	3495	333	138949	0.07	49	0.07	7213	169	77	2.6	13	2768	27749
浙江	2630	30	12037	3948	91	90948	0.08	49	0.03	4475	110	82	4.9	12	1913	40266
安徽	1136	62	4707	1900	254	67570	0.07	57	0.07	6237	105	85	2.7	26	2766	40857
福建	1269	20	10797	3092	118	78246	0.07	55	0.03	3316	83	86	2.8	18	839	50202
江西	613	27	4661	2130	113	50822	0.08	59	0.05	4231	85	76	2.3	24	853	36918
山东	3252	83	8673	2550	407	118580	0.07	54	0.07	8883	228	84	0.4	16	6097	67847
河南	1789	84	4894	1948	383	77311	0.06	55	0.07	9387	175	81	3.4	25	5343	60330
湖北	1692	53	6514	2217	271	68725	0.06	56	0.05	5938	121	79	- 4.7	17	1364	55389
湖南	1097	40	5105	2128	180	70045	0.07	59	0.05	6532	129	83	3.1	23	2007	60416
广东	3706	27	11728	3629	170	213502	0.06	52	0.03	7273	186	82	2.1	12	1735	95610
广西	579	37	4148	2048	156	75743	0.08	58	0.05	4713	90	85	1.8	28	1375	51378
海南	59	31	6383	2088	22	17871	0.08	63	0.01	762	16	77	3.6	37	192	17124
重庆	492	66	4826	1737	71	14218	0.03	66	0.05	8550	61	82	2.7	25	1607	89318
四川	1294	38	4452	1843	205	20497	0.02	62	0.05	3710	160	89	2.8	29	555	33973
贵州	284	61	2475	1363	64	80785	0.17	70	0.06	4192	57	80	2.8	22	1255	1E+ 05
云南	680	35	4452	1438	105	49356	0.04	62	0.09	256	85	57	0	32	100	22475
西藏	10	29	4262	1310	3	17030	70.69	66	0.05	3075	4	83	- 0.3	19	559	28086
陕西	487	45	4101	1456	124	73192	0.08	53	0.09	3618	93	82	3.1	18	1011	43212
甘肃	328	40	3668	1357	63	37438	0.08	58	0.11	2543	50	69	2.6	21	970	36212
青海	70	20	4662	1467	7	12667	0.08	66	0.05	510	14	50	1.8	17	242	18268
宁夏	81	75	4473	1754	29	18140	0.11	56	0.17	543	16	64	3.6	19.9	378	10015
新疆	318	11	6470	1473	86	30765	0.08	48	0.03	1774	67	46	2.5	23	814	33484

注:人均耕地为1998年数据。

表2 不同可持续发展状况的赋值

可持续发展状况	较强可持续发展区	可持续发展区	弱可持续发展区	弱不可持续发展区	不可持续发展区	强不可持续发展区
赋值	6	5	4	3	2	1

本次研究中,在对原始样本进行训练时,选取了31个省市市区中的27个。然后,将没有参加训练的上海、江西、湖南和贵州四省市数据,用训练好了的网络来预测和评价其各自的

农村可持续性发展情况。之后,再将模拟预测出来的结果,与四省对应的已知可持续性赋值进行比较;从而检测网络模型的预测效果,判断所构建网络的是否合理和有效。

2 网络构建与训练

2.1 BP网络构建

本网络采用两层网络结构,其中隐含层节点数为20个,输出节点数为1。网络中第一层采用正切S型的传递函数,第

二层采用线性传递函数。所有的训练函数为 Levenberg - Marquardt 的BP 算法训练函数。所创建的前向神经网络net

表3 中国内陆各省市农村可持续发展状况及其赋值

省(市)	北京	天津	河北	山西	内蒙古	辽宁	吉林	黑龙江	上海	江苏	浙江	安徽	福建	江西	山东
可持续性状况	较强可	较强可	弱可	不可	弱不可	可	弱可	弱可	较强可	较强可	较强可	弱不可	可	弱不可	可
可持续性赋值	6	6	4	2	3	5	4	4	6	6	6	3	5	3	5
河南	湖北	湖南	广东	广西	海南	重庆	四川	贵州	云南	西藏	陕西	甘肃	青海	宁夏	新疆
弱可	弱可	弱可	较强可	弱可	可	强不可	弱不可	强不可	弱不可	强不可	不可	强不可	强不可	强不可	弱不可
4	4	4	6	4	5	1	3	1	3	1	2	1	1	1	3

net = newff ( minmax ( x ), [ 20, 1 ], { ⑦tansig ⑦purelin⑦, ④trainlm ④

网络结构图如下:

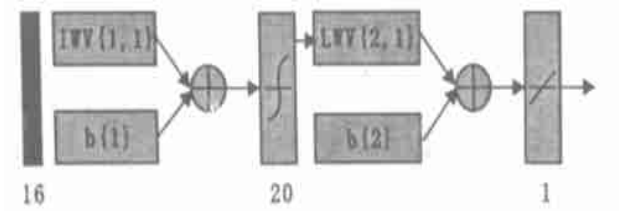


图1 BP 网络结构图示

2.2 参数设置及训练

网络训练参数设置以 Matlab 语言表达如下:

```
net.trainParam.show = 50;
net.trainParam.max_fail= 5;
net.trainParam.mem_reduc= 1;
net.trainParam.epochs= 2000;
net.trainParam.goal= 0.1。
```

上述网络训练是在 MATLAB6.5 软件的 NNT OOL 工具箱中进行的,网络训练到2000步结束时,误差mse 为0.11,稍大于0.1。

3 模拟预测与讨论

(1) 根据训练好的网络,分别将上海、江西、湖南和贵州各省市的数据输入,进行模拟,计算出相应的表征可持续性的数值。从表4可以看出,尽管训练误差离设定的0.1有差距,但是,模拟预测的效果还是较好的。可见,本BP 算法模型设计是比较成功的。

(2) 从预测的较好效果来看,本次方法试验中,选取的16项指标能较好地反映出所在地区的农村可持续发展状况。

(3) 从本次方法试验表明,在部分地区的农村发展的可持续性状况为已知的情况下,可以运用人工神经网络中的BP 法

参考文献:

[ 1 ] Hecht- Nielsen R.Theory of the back-propagation neural network[ J].IJCNN,1989,(1):593- 606.

[ 2 ] 夏国清,边信黔.基于鲁棒误差函数的BP 算法[ J].哈尔滨工程大学学报,1998,19(3):33- 37.

[ 3 ] 周玲,孙军,袁宇波,等.混合激活函数对BP 算法收敛速度的影响[ J].河海大学学报,1999,27(5):107- 108.

[ 4 ] 金钰,李书涛.人工神经网络BP 网的应用[ J].北京理工大学学报,1998,18(6):789- 791.

[ 5 ] 王科俊,金鸿章,李国斌,等.BP 算法执行过程中的平台现象及其减少方法的研究[ J].哈尔滨工程大学学报,1997,18(5):40- 48.

[ 6 ] 中国科学院可持续发展研究组.中国可持续发展战略报告[R].北京:科学出版社,1999,2000,2001.

[ 7 ] 郭焕成,李晶宜.中国农村经济区划——中国农村经济区域发展研究[M].北京:科学出版社,1999.

[ 8 ] 许学工,后立胜,林辉平.基于比较优势的中国农业可持续发展区划[ J].地理学报,2002,57(4):451- 458.

对另外一些地区进行可持续性发展状况进行预测和评价。

表4 运用BP 网算法对未知区的模拟预测结果

省市	上海	江西	湖南	贵州
已知赋值	6	3	4	1
BP 法预测结果	5.44	3.47	3.69	0.55
误差率/ %	- 9	16	- 8	- 45

(4) 由于可持续性是个难于量化和定性的指标,因此,如果将可持续性简单划分为较强可持续发展、可持续发展和较弱可持续发展的话,用本模型来预测的效果将更为理想。笔者将这种三分法的所对应可持续性赋值范围及其可持续性发展态势,表述为表5的内容。

表5 可持续发展的三分法、所对应的可持续性赋值及其可持续性发展态势

分类	较强可持续发展	可持续发展	较弱可持续发展
可持续性赋值	> 4.9	4.9- 1.9	< 1.9
可持续发展态势	可持续发展正态	可持续发展边缘态	可持续发展负态

4 不足与思考

(1) 可持续发展的指标确定和评价是当前该方面研究的一个热点和难点,本文仅仅是一种尝试。

(2) 在网络的训练过程中,笔者反复进行过多次训练,发现:尽管训练步数达2000,但是误差仍达不到0.1;然而,尽管如此,预测的效果却还是比较好的。其中的原因应该与网络设计比较好有关,同时说明按照表2对作为训练目标的农村发展可持续性所进行的赋值是合理的,而且其较好的弹性使预测的误差较小。

(3) 鉴于笔者对于人工神经网络知识的掌握水平,在对BP 网的运用、理解以及解释等方面上,本文还存在诸多问题和不足,恳请有关专家学者们指正。