

旅游环境承载力预警系统研究

——以青岛市为例

王乃春¹, 臧一哲²

(1. 青岛大学 国际教育合作学院, 山东 青岛 266061; 2. 橡胶谷集团有限公司 战略中心, 山东 青岛 266045)

摘要:由旅游资源环境、旅游生态环境、旅游社会经济环境和旅游心理环境组成的旅游地环境承载力指标体系是旅游环境承载力预警系统的构建基础。运用 MATLAB 中的 BP 神经网络模型对青岛市旅游环境承载力预警系统进行评价分析, 研究发现, 可根据旅游地环境系统的类型确定警界区间, 预警值域后发布预警状态, 以预控对策中设定的对策方案排除警患, 以及实现旅游环境承载力的合理分布。未来青岛市应优化旅游产业结构, 激发游客旅游动机, 提高旅游吸引力; 而在理论研究上, 则应加强模型构建、系统仿真与计量分析等方法和跨学科视角在旅游环境承载力评价、预测与预警研究中的应用等。

关键词:旅游环境承载力; 预警系统; BP 神经网络

中图分类号: F590

文献标志码: A

文章编号: 1008-7699(2015)06-0057-08

一、引言

2013年4月第十二届全国人民代表大会常务委员会第二次会议通过的《旅游法》,对旅游环境承载力问题做出了明确规定:景区接待旅游者不得超过景区主管部门核定的最大承载量。旅游者数量可能达到最大承载量时,景区应当提前公告并同时向当地人民政府报告,景区和当地人民政府应当及时采取疏导、分流等措施。旅游承载力是指在某一旅游资源的空间范围或区域内,在保持自然生态环境不受影响(或保持稳定)的条件下,旅游资源的物质和空间规模所能容纳的最大旅游活动量或游客数量,体现了旅游资源在某一时点上吸纳游客的最大能力,一旦超过这个容量,就会使旅游活动的质量和旅游地环境受到影响乃至破坏。^[1]预警(Early-Warning)则是一种确定系统某种状态偏离预警线的状态并发出预警信号的过程,^[2]预警系统(Early-Warning Systems,简称“EWSs”)是确定预警状态、发出监控信号的信息系统,并由明确警义、寻找警源、分析警兆、预报警度4个阶段构成。^[3]旅游环境承载力预警系统是一个由众多因素构成的复杂系统,以可持续发展理论为指导,反映旅游环境承载力的各项指标及其权重并对其进行评价分析,确定旅游环境系统的变化趋势及变化阈值,以防御旅游地环境系统运行与发展中偏离可持续发展轨道或出现经济、社会发展与资源环境严重冲突而建立的报警和排警的复合系统。^[4]因此,对于旅游目的地旅游环境承载力预警系统的研究,在促进旅游目的地可持续发展,提高游客满意度,推动我国旅游业与经济、环境、社会整体和长远发展方面具有重要作用。

目前,国内外对旅游环境承载力预警系统的研究刚刚起步,相关研究成果较为匮乏。通过梳理国外环境预警系统相关的研究发现针对极端事件的预警系统均能体现短期预测的功能,从而减少了许多悲惨

收稿日期:2015-02-01

作者简介:王乃春(1981-),女,山东青岛人,青岛大学讲师,管理学博士;臧一哲(1984-),女,山东烟台人,管理学博士。

的灾难发生；^[5]针对突发事件的预警系统相对于针对极端事件的预警系统能够提供较长的预警周期。^[6]我国研究人员基于生态视角对旅游活动所引致的生态恶化及环境问题进行探讨，提出旅游环境承载力预警系统的主要目的是为了探求旅游环境超载现象的本质特征、基本成因和发展规律，^[7]对旅游环境超载状况或存在状态的时空特征进行预报，对因旅游环境区域承载差异过大而引发的重大旅游社会、经济与生态环境问题提前发出警报，并做出有效的防范与调控。^[8]从旅游环境承载力预警系统的含义和功能出发，构建了旅游环境承载力预警系统的指标体系，探讨了旅游环境承载力预警系统的运作流程，并提出了建立和完善旅游环境承载力预警系统的配套措施。^[9,10]在旅游环境承载力预警系统应用上，借鉴宏观经济预警的基本理论和分析框架，利用 BP 神经网络模型、指数平滑法等对旅游地旅游环境承载力现状进行分析与预测，确定警度，划分警限，并有针对性地提出了管理对策。^[11,12]

青岛市作为我国东部沿海城市之一，有着丰富的旅游资源，随着各旅游景区和景点的旅游者人数骤增，多处景点超出了旅游地最大旅游环境承载力，出现了服务质量严重下降、环境资源破坏严重、交通和安全高度紧张等严峻局面。这一系列问题催生了旅游管理部门、旅游企业和游客对旅游预警的强烈需求。本文构建了旅游环境承载力预警系统，并采用 BP 神经网络方法对预警指标进行评价分析，根据确定的警界区间发布预警状态，最后对照预控对策中设定的对策方案排除警患。在旅游环境承载力预警系统运行过程中，旅游环境承载力观测指标采用极值法进行标准化处理，使用熵值法确定旅游环境承载力指标权重，运用 BP 神经网络分析预测旅游环境承载状态，使预警过程克服了决策中的主观片面性。^[13]尤其是在运用 MATLAB 实现 BP 神经网络对旅游环境承载力情况进行评价时，只要根据实际情况确定模型中的网络结构，将标准化处理后的数据输入即可，避免了人为确定评价指标权重可能导致的结果失真，使预警系统更可靠有效。^[14]

二、旅游环境承载力预警系统

旅游环境承载力预警系统是指旅游地在可能出现旅游超载现象之前，通过构建合理的指标体系，采用科学的方法，从时间和空间多维尺度上对旅游地未来一段时期内的旅游承载力的变化做出预测和警示，从而使旅游环境承载力各要素之间维持平衡，使之既满足旅游者的旅游需求又不对旅游环境造成破坏。本文基于现有相关研究成果，以旅游可持续发展为目标，构建了包括旅游资源环境、旅游生态环境、旅游社会经济环境和旅游心理环境 4 个子系统的旅游环境承载力预警指标体系，并采用 BP 神经网络方法对旅游环境承载力进行评价，根据旅游地环境系统的类型确定了警界区间，结合确定的预警值域对旅游地旅游环境承载力状态做出响应。旅游环境承载力预警系统具体运行流程见图 1。

(一) 旅游环境承载力预警指标体系的构建

1. 指标选择与数据来源

预警指标是指反应预警对象状态或发展趋势的统计指标。本文基于青岛旅游资源特点、资源空间和生态环境的承载能力以及地区经济、社会变化对旅游发展的影响作用，对复杂的旅游环境承载力因素进行细化，构建了旅游环境承载力预警指标体系

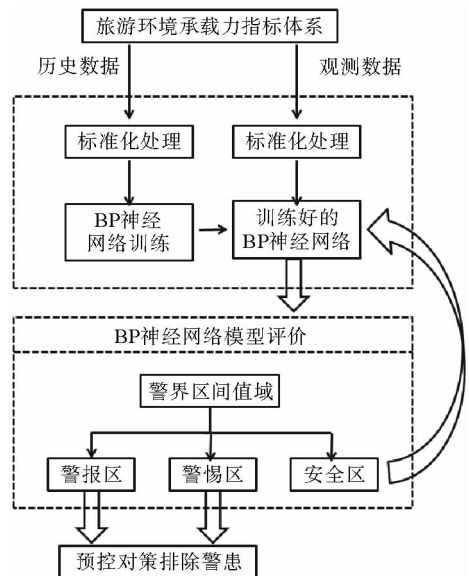


图 1 旅游环境承载力预警系统运行流程

(见表 1)。该指标体系共有 3 个层次:目标层、准则层和指标层。目标层由旅游资源环境、旅游生态环境、旅游社会经济环境和旅游心理环境 4 个承载子系统组成,共包含 16 个指标层指标。其中,旅游资源环境承载指标是包含资源和环境要素的综合承载力概念,是旅游可持续发展的基础和出发点;旅游生态环境承载指标则用来客观描述旅游地的生态环境状况以及旅游活动对旅游地生态环境的影响情况;旅游社会经济承载指标主要反映青岛从经济和社会环境两方面对旅游发展的支撑能力;旅游心理承载指标则反映了青岛当地居民和旅游者对旅游发展的承载能力。

表 1 旅游环境承载力预警指标体系及其权重

目标层	准则层	准则层权重	指标层	指标层权重
旅 游 环 境 承 载 力	旅游资源环境承载力	0.127 423	X ₁ 海水浴场适游度	0.003 381
			X ₂ 4A 级以上景区个数	0.117 920
			X ₃ 旅游资源知名度	0.006 122
	旅游生态环境承载力	0.361 139	X ₄ 滨海旅游度假区环境质量	0.004 430
			X ₅ 固体排放物	0.018 748
			X ₆ 废水排放量	0.000 356
			X ₇ 废气排放量	0.024 825
			X ₈ 绿化覆盖率	0.312 780
	旅游社会经济环境承载力	0.113 930	X ₉ 人均国内生产总值	0.038 262
			X ₁₀ 人均可支配收入	0.030 593
			X ₁₁ 旅游业收入占 GDP 比重	0.001 581
			X ₁₂ 星级饭店个数	0.021 056
			X ₁₃ 交通周转量	0.022 438
			X ₁₄ 游居比	0.023 699
	旅游心理环境承载力	0.397 509	X ₁₅ 游客密度	0.027 708
			X ₁₆ 旅游人次年递增率	0.346 101

本文所用指标数据主要来源于 2001—2011 年的《青岛市统计年鉴》和《中国城市统计年鉴》,其中旅游资源知名度是综合考虑了青岛市景区的星级分类情况和历年旅游人数而获得。海水浴场适游度和滨海旅游度假区环境质量等环境指标数据主要来源于《青岛市海洋环境质量公报》(2001-2011 年)。游居比 = 旅游者总人数/当地居民总人口,这一数值可以反映当地居民心理承受能力的变化;游客密度 = 旅游者总人数/旅游地面积,这一数值反映旅游者心理承受能力的变化。

2. 评价指标权重的确定

对旅游环境承载力预警系统所包含的 4 个准则层的 16 个指标数据,主要采用极值法进行标准化处理,并用熵值法计算出各预警指标的权重,以反映各指标对旅游环境承载力信号的强弱程度,具体见表 1。

加权平均法计算旅游环境承载指数: $E_i = \sum_{j=1}^4 \omega_j \cdot \sum_{j=1}^n \omega_{ij} \cdot z_{ij}$

上式中, E_i 为旅游环境承载综合指数, ω_j 为子系统层各评价指标的权重, ω_{ij} 为评价指标层各指标权重, z_{ij} 为评价指标层各指标的标准化值, n 为相应子系统层包含的指标个数。

(二) 确定预警警界区间

旅游环境承载力警界区间是预警分析的核心和焦点。基于青岛市旅游环境供给与需求的综合平衡,本文将旅游环境承载力预警警界指数区间以非等间距的方式划分为五个区间(见表 2)。旅游环境承载指

数表达式为： $TECI = TECQ / TECC$ ，其中 $TECI$ 为旅游环境承载指数、 $TECQ$ 为旅游环境承载量、 $TECC$ 为旅游环境承载力。

表 2 旅游环境承载指数警界区间表

旅游环境承载指数	[0, 0.01]	[0.01, 0.02]	[0.02, 0.04]	[0.04, 0.06]	[0.06, 0.10]
预警级别	强度超载	轻度超载	适载	弱载	超弱载
警界区域	警报区		安全区		警惕区

不同的警界区间对应不同的预控对策或应对思路。如警报区表示旅游地处于强度超载状态，旅游对于环境的影响可能是无法挽回的、毁灭性的，应及时准确地向外界发出警示信息，减少因游客超载引起的旅游资源破坏，同时最大限度地杜绝各地游客利益受损害的现象发生；安全区则表示旅游地旅游环境承载力处于理想状态，旅游资源得到有效利用，旅游实现可持续发展；警惕区表示旅游地处于超弱载状态，旅游资源利用率不高，应及时采取目的地市场营销战略吸引更多的游客，提高旅游资源的利用率。

(三) BP 神经网络方法

BP(Back-Propagation, 简称“BP”)神经网络，即反向传播神经网络，由 D. Rumelhart 和 McClelland 于 1985 年提出。BP 神经网络能学习和存贮大量的输入-输出模式映射关系，而无须事前揭示描述这种映射关系的数学方程；还可通过反向传播来不断调整网络的权值和阈值，使网络的误差平方和最小，这在一定程度上提高了结果的客观性和准确性。同时，BP 神经网络是一个前向的多层网络，一般由输入层、隐层、输出层构成，其中隐层分为一层或多层；同层的各神经元之间互不连接，相邻层的神经元则通过权值连接。在 BP 神经网络算法中，可对组成前向多层网络的各人工神经元之间的连接权值进行调整，使该神经网络能将输入给它的信息变换成所期望的输出信息。在正向传播过程中，信息由输入层经隐层处理并传向输出层，其间各层的激发函数一般选用 Sigmoid 函数。

设神经网络有 n 个输入神经元， m 个输出神经元和 p 个隐层神经元，则神经元的输出为：

$$x_i^1 = \sigma(\sum_{j=1}^n w_{ij}^0 x_j + w_{i0}^0), i=1, 2, \dots, p$$

输出层神经元的输出为： $y_i = \sum_{j=1}^p w_{ij}^1 x_j^1 + w_{i0}^1, i=1, 2, \dots, m$

激励函数采用对数 sigmoid 函数： $\sigma(x) = 1 / (1 + e^{-x})$ ，其中， w_{ij}^0 代表相互两层神经元之间的权值。

理论上，对于一个三层和三层以上的 BP 网络，只要隐层神经元数目足够多，该网络就能以任意精度逼近一个非线性函数。鉴于此，本文采用 3 层 BP 神经网络对青岛市旅游环境承载力预警指标数据进行分析预测(见图 2)。其中输入层神经元是经过标准化处理的旅游环境承载力观测指标，输出层神经元是旅游环境承载力预警系统的输出，即旅游环境承载状态。旅游环境承载力预警 BP 神经网络模型有 1 个输出层神经元，分别对应于超弱载、弱载、适载、轻度超载和强度超载。

(四) 基于 MATLAB 的 BP 神经网络应用

本文采用 MATLAB7.10 中神经网络工具箱中的 BP 神经网络训练函数作为青岛市旅游环境承载力预警系统的评价工具。在使用之前还需要对网络进行训练以便使网络的输出不断地接近期望的输出。BP 神经网络各层之间一般采用 Sigmoid 函数来激发，输入数据的值要求在 0~1 之间以避免 Sigmoid 函数的饱和区。因此，需要对不同量纲或数量级的样本数据进行标准化处理(见表 3)。

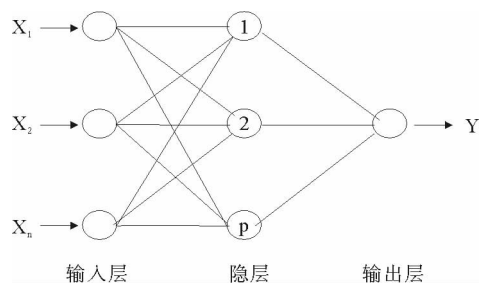


图 2 BP 神经网络拓扑结构

表3 标准化处理后的BP网络训练样本

序号	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉
1	0.100 63	0.035 71	0.080 12	0.109 56	0.149 35	0.103 44	0.145 52	0.000 27	0.045 81
2	0.103 14	0.035 71	0.083 71	0.111 89	0.138 62	0.098 30	0.147 44	0.000 28	0.052 53
3	0.100 63	0.035 71	0.086 35	0.093 24	0.121 68	0.101 42	0.139 10	0.000 29	0.060 97
4	0.109 43	0.035 71	0.088 84	0.095 57	0.111 65	0.101 40	0.114 43	0.000 32	0.077 67
5	0.105 66	0.071 43	0.093 62	0.104 90	0.100 18	0.103 22	0.100 67	0.000 38	0.086 48
6	0.096 86	0.089 29	0.096 61	0.116 55	0.094 52	0.105 22	0.086 83	0.190 67	0.101 35
7	0.108 18	0.107 14	0.101 88	0.067 60	0.081 47	0.098 98	0.073 13	0.183 91	0.118 30
8	0.088 05	0.125 00	0.119 34	0.090 91	0.077 09	0.100 13	0.072 25	0.201 86	0.136 20
9	0.115 72	0.178 57	0.116 95	0.109 56	0.062 81	0.097 30	0.059 42	0.211 00	0.149 19
10	0.071 70	0.285 71	0.132 59	0.100 23	0.062 62	0.090 60	0.061 23	0.211 00	0.171 49
序号	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	Y	
1	0.057 23	0.092 89	0.056 65	0.064 81	0.154 13	0.160 19	0.029 93	0.011 23	
2	0.057 17	0.103 07	0.063 73	0.070 43	0.131 14	0.149 45	0.029 85	0.010 90	
3	0.066 04	0.079 89	0.073 96	0.069 42	0.143 62	0.130 18	0.548 62	0.082 04	
4	0.072 69	0.099 93	0.074 74	0.083 65	0.111 36	0.112 03	0.017 79	0.008 37	
5	0.084 69	0.098 98	0.097 56	0.088 00	0.099 05	0.098 32	0.039 39	0.011 58	
6	0.100 48	0.105 41	0.103 07	0.090 56	0.089 87	0.088 20	0.047 79	0.034 30	
7	0.117 05	0.110 19	0.132 18	0.092 77	0.075 77	0.073 52	0.027 47	0.030 64	
8	0.134 15	0.098 48	0.132 97	0.141 49	0.073 87	0.071 34	0.179 69	0.054 10	
9	0.146 63	0.104 74	0.142 41	0.145 49	0.064 14	0.061 82	0.035 66	0.035 89	
10	0.163 87	0.106 40	0.122 74	0.153 38	0.057 05	0.054 94	0.043 81	0.038 60	

首先定义输入样本节点 X 和输出节点 Y。根据表 3 所示,输入样本 X 为 16 个,输出节点 Y 为 1 个。利用 MATLAB7.10 神经网络工具箱中的函数 newff 对网络进行训练:

```
net=newff(input_train,output_train,5);
net.trainParam.show = 20;% 训练显示间隔
net.trainParam.lr = 0.05;% 学习步长- traingd,traingdm
%net.trainParam.mc = 0.7;% 动量项系数 - traingdm,traingdx
net.trainParam.goal = 0.00000001;%
net.trainParam.epochs = 1000;% 最大训练次数
%-----
% 训练
net=train(net,input_train,output_train);
output1=sim(net,input_train);
至此,训练结束,结果见图 3。
```

三、实证分析——以青岛市为例

根据相应的评价指标体系,由加权平均法计算旅游环境承载指数,分别测算出青岛市旅游环境承载

指数及各子系统承载指数,结果见图 4。由此可知,2000—2010 年间,青岛市旅游环境承载指数呈现波动上升趋势,2001-2002 年保持平稳,2003 年增长速度最快并达到最高点,2004 年快速下降后出现小幅波动,继 2008 年出现快速上升后又快速下滑,2010 年呈现平稳上升态势。

从各子系统承载状况变化趋势来看,旅游资源环境承载指数与旅游社会经济环境承载指数均呈现稳步上升的趋势,青岛市集聚了山东半岛大部分旅游资源,截止到 2010 年,4A 级以上景区个数达到 12 个,海水浴场适游度一直处于优秀水平。同时,构成青岛市旅游社会经济环境承载子系统的人均国内生产总值、人均可支配收入、星级饭店个数、交通周转量和旅游业产业地位指数逐年提高。旅游生态环境承载指数在 2001-2005 年间呈现平稳降低的势态,表明青岛市对废水、废气和废物的处理是非常重视的,有效保护了滨海旅游资源,同时绿化覆盖率和环境质量也均处于理想状态。需要注意的是

2005 年旅游环境生态指数出现快速上升,2006-2010 年保持平稳上升趋势,说明青岛近岸海域出现严重污染并伴有逐步恶劣的趋势,相关部门应加强环境保护,严格控制污染以保护青岛市旅游生态环境。旅游心理环境承载指数则在 2001-2002 年保持平稳状态,在 2003 年和 2008 年呈现快速上升趋势,并在 2003 年达到最高点 0.078 26,构成旅游心理环境承载子系统的游居比、游客密度和旅游人次年递增率反映的是居民和旅游者的心理承受能力,在 2004 年、2007 年和 2009 年青岛市旅游心理环境承载指数呈现急速下降趋势,表明居民和旅游者都对旅游活动在心理上产生了不满的情绪,应通过措施合理分流游客并控制旅游人数,以保证游客的旅游质量和居民对旅游业的支持。

表 4 2001-2012 年青岛市旅游环境承载力预警评价结果

方法	年份	训练值	拟合值	预警级别	警界区域
基于 MATLAB7.10 的 BP 神经网络评价结果	2001	0.011 23	0.014 80	轻度超载	安全区
	2002	0.010 90	0.006 68	强度超载	警报区
	2003	0.082 04	0.080 94	超弱载	警惕区
	2004	0.008 37	0.002 95	强度超载	警报区
	2005	0.011 58	0.011 89	轻度超载	安全区
	2006	0.034 30	0.034 23	适载	安全区
	2007	0.030 64	0.030 10	适载	安全区
	2008	0.054 10	0.053 99	弱载	安全区
	2009	0.035 89	0.035 94	适载	安全区
	2010	0.038 60	0.035 92	适载	安全区
	2011	0.014 53	0.014 35	轻度超载	安全区
	2012	0.009 22	0.008 95	强度超载	警报区

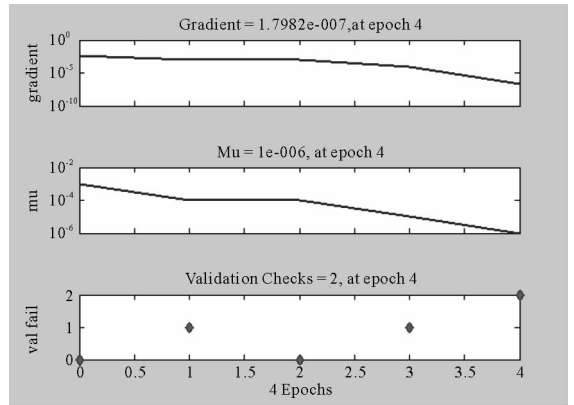


图 3 BP 神经网络学习结构图

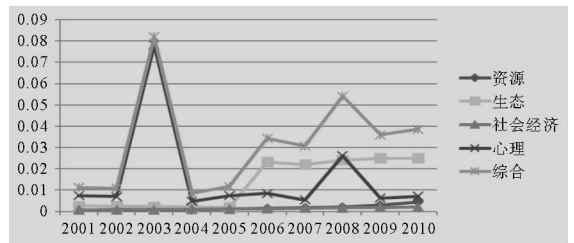


图 4 2001-2010 年青岛市旅游环境承载指数

将 2001-2012 年青岛旅游环境承载力观测指标进行标准化处理,经 BP 神经网络运行 4 次后,得到样本拟合结果(见表 4 和图 5),样本拟合误差为 7.92。由图 5 可知,应用 BP 神经网络对旅游环境承载力预警指标进行分析预测,样本拟合程度较好。

分析得出,2001-2002 年青岛市凭借丰富多样的旅游资源,吸引了大量游客,青岛旅游环境承载状态处于轻度超载和强度超载,此时应向外界及时准确地发布预警信号,以引导分流游客防止游客滞留等现象的出现。2003 年 SARS 疫情,使青岛旅游业受到重创,旅游环境承载状态呈超弱载。但是 SARS 疫情只是短时间内压制了旅游需求,需求总量并未降低。因此,2004-2005 年疫情解除后,旅游需求迅速反弹,青岛市旅游环境承载状态又回到了 2003 年前的状态。受全球经济危机的影响,2008 年青岛市旅游环境承载状态出现弱载,此时青岛市旅游业应积极推出营销战略,提高景点对游客的吸引力,从而提高旅游资源的使用效率。2011 年和 2012 年青岛市旅游环境承载状态分别出现轻度超载和强度超载,使得资源、能源、空间、交通、环境等各个方面都面临着巨大压力,超载运行在降低游览质量的同时还会破坏旅游资源环境,甚至进一步导致旅游生态环境系统失衡。此时,应及时向外界发布预警信号,在时间和空间上对旅游者的数量加以限制。

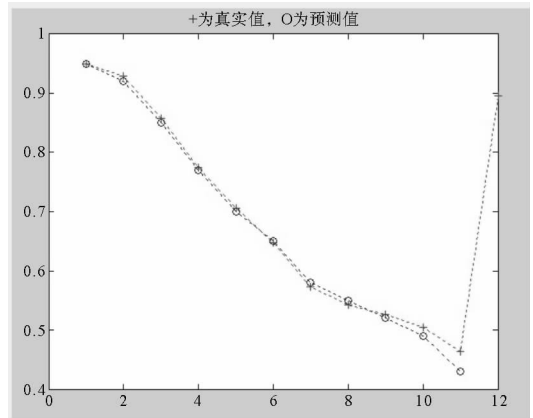


图 5 BP 神经网络拟合图

四、结论

本文依据旅游资源环境、旅游生态环境、旅游社会经济环境、旅游心理环境组成的旅游地旅游环境承载力指标体系,构建了一个相对完整的旅游环境承载力预警系统,对滨海旅游环境进行有效的调控,可使滨海旅游环境系统沿着可持续发展的轨道运行,对进一步优化滨海旅游业空间发展格局,推动滨海旅游业向健康友好型及可持续方向发展也具有重要的现实指导意义。具体而言,青岛市地处沿海地区,生态环境相对脆弱,旅游环境承载系统构成要素复杂,旅游环境承载状态呈现波动性上升趋势。青岛市应从可持续发展的角度出发,加强对旅游资源要素的合理配置,优化旅游产业结构;打造良好的旅游生态环境,激发游客旅游动机,提高旅游吸引力;科学调控宏观经济走向,促进旅游业与社会经济和谐发展;保障居民对旅游业的支持和游客满意度。

对青岛市旅游环境承载力动态预警研究、加强旅游环境承载力监测预警系统建设等方面亟须进一步深入。在理论体系架构上,可以借鉴成熟学科和交叉学科的相关理论,建立完善旅游环境承载力预警概念、模型、研究方法等体系;在研究技术与方法上,要加强模型构建、系统仿真与计量分析等方法和跨学科视角在旅游环境承载力评价、预测与预警研究中的应用等。本文的旅游环境承载力指标及其权重体系是根据青岛市旅游资源的特点建立的,因此在运用这套指标和权重构建该类型的旅游地旅游环境承载力预警系统时,需对其进行适当的调整和修正。

参考文献:

- [1]杨向阳,罗信远,刘文颖,等. 旅游承载力管理途径探讨[J]. 科技和产业,2008(2):40-43.
- [2]COX J, ABEKU T A. Early warning systems for malaria in Africa: from blueprint to practice[J]. Trends in Parasitology, 2007 (23):243-246.

- [3] BERG, A., BORENSZTEIN, E., PATTILLO, C. Assessing early warning systems: how have they worked in practice? [J]. IMF Working Paper, 2004.
- [4] 杨松艳. 海岛旅游环境承载力及其预警研究——以山东长岛为例[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
- [5] SORNETTE, D. Predictability of catastrophic events: material rupture, earthquakes, turbulence, financial crashes, and human birth[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2002(99): 2522-3252.
- [6] WEBSTER, P. J., JIAN, J., HOPSON, T. M., HOYOS, C. D., AGUDELO, P. A., CHANG, H.-R., CURRY, J. A., GROSSMAN, R. L., PALMER, T. N., SUBBIAH, A. R. Extended-range probabilistic forecasts of Ganges and Brahmaputra floods in Bangladesh[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2010(91): 1493-1514.
- [7] 董成森, 陈端吕. 武陵源风景区生态承载力预警[J]. 生态学报, 2007(11): 4766-4776.
- [8] 刘佳, 刘宁, 杨坤, 赵金金. 我国旅游环境承载力预警研究综述与展望[J]. 中国海洋大学学报: 社会科学版, 2012(1): 45-50.
- [9] 曾琳. 旅游环境承载力预警系统的构建及其分析[J]. 燕山大学学报, 2006(5): 463-467.
- [10] 翁钢民, 赵黎明, 杨秀平. 旅游景区环境承载力预警系统研究[J]. 中国地质大学学报: 社会科学版, 2005(4): 54-58.
- [11] 祝喜, 王静, 吴郭泉. 旅游安全预警指标构建及应用研究[J]. 技术经济与管理研究, 2010(3): 133-136.
- [12] 张彦, 尚雪梅, 马明建. 旅游环境承载力预警系统研究——以集发观光园为例[J]. 科技信息, 2010(11): 27-32.
- [13] 楼文高. BP神经网络模型在水环境质量综合评价应用中的一些问题[J]. 水产学报, 2002(1): 90-96.
- [14] 柳松青. MATLAB神经网络BP网络研究与应用[J]. 计算机工程与设计, 2003(11): 81-85.

Research on the Early Warning System of Tourism Environmental Bearing Capacity

—A Case Study of Qingdao City

WANG Naichun¹, ZANG Yizhe²

(1. School of International Cooperation of Education, Qingdao University, Qingdao 266100, China;

2. Strategy Center, Rubber Valley Group, Qingdao 266045, China)

Abstract: Tourism environment carrying capacity index system, composed of the tourism resources and the environment, tourism ecological environment, tourism socio-economic environment and tourism psychological environment, is the foundation of tourism environmental carrying capacity of early warning systems. By evaluation and analysis based on the Qingdao city's tourism environmental bearing capacity of early warning system using BP neural network model in MATLAB, it is found that alarm danger can be got rid of by determining the warning interval according the type of tourism environment systems, the warning state after the releasing of warning range, and the countermeasure scheme set in the preventive control, in order to realize the rational distribution of the tourism environmental carrying capacity.

Key words: tourism environmental bearing capacity; early warning system; BP neural network

(责任编辑: 魏霄)