

基于人工神经网络的人体体质综合评价模型的建立

王坦¹ 傅水根² 吴平东¹ 陈嘉健²

(1. 北京理工大学机械与车辆工程学院,北京 100081; 2. 清华大学基础工业训练中心,北京 100084)

摘要 人体体质各测试指标与人体综合体质之间存在着复杂的非线性关系,为了客观准确的评价人体体质的综合水平,选取体质各测试指标作为输入,基于体质研究专家经验的体质综合评价结果为期望输出,引入人工神经网络BP网络模型建立了体质综合评价模型。实际应用结果表明,所建立的体质综合评价模型拟合精度高,评价效果好,能较真实地反映人体体质的综合水平。

关键词 人体体质; 体质综合评价模型; 人工神经网络

中图分类号 TB 18

文章编号 1007-4333(2004)01-0077-04

文献标识码 A

Study on comprehensive evaluation model of human body constitution based on artificial nerve network

Wang Tan¹, Fu Shuigen², Wu Pingdong¹, Chen Jiajian²

(1. Department of Mechanism and Vehicle Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;

2. Training Center of Basic Industries, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract BP network model of the artificial nerve network was introduced to do the quantitative research to the comprehensive evaluation of human body constitution. In view of complicated and nonlinear relation between constitution items and body comprehensive constitution, the constitution items were taken as the input and the expert's comprehensive evaluation of human body constitution was taken as a desired output for modeling the comprehensive evaluation of human body constitution. The modeling result indicated that the BP network model not only has high precision of fit, but also has good prediction effect. BP network model can really reflect the comprehensive constitution of human body. A new approach for the quantitative research of the comprehensive evaluation for human body constitution was provided.

Key words human body constitution; comprehensive evaluation model of constitution; artificial nerve network

体质综合评价是指在对人体体质各项指标进行定量描述的基础上,对人体体质状况所进行的全面综合判断^[1]。随着社会经济的发展和科学技术的日益进步,国家对国民体质总体水平日益关心和重视,人们对改善自身体质状况、提高健康水平和生活质量的要求也愈加强烈。对体质综合评价方法进行研究,对体质做出科学、客观、准确的综合评价具有现实意义。

笔者在进行体质测试方面的研究中发现,国内外现有的体质综合评价方法存在评价结果不够客观,准确性差等问题。为此,本研究提出了基于人工

神经网络的体质综合评价模型。

1 现有体质综合评价方法存在的问题

依据“中国国民体质监测系统”进行体质综合评定时,只是将评价体质的各项指标的测试结果(评分)进行简单相加,将总分与评分标准(表1)进行对比得出评价结果。现行的体质综合评价方法存在着不可忽视的问题,现举例说明如下。表2为一受试者各项指标的测试成绩。从总分(满分为60分)看,该受试者综合体质成绩为良好。而对各单项成绩进行分析后发现:人体几个重要指标的测试成绩,即反

收稿日期: 2003-02-26

作者简介: 王坦,博士,主要从事机械电子工程研究。

映小脑平衡能力的闭眼单脚站立成绩、反映心脏功能的台阶试验成绩和反映大脑反应速度的反应时成绩均为3分,说明该受试者的实际综合体质并不是良好。显然,如果仅仅是将各项指标的测试成绩进行简单相加作为体质综合评价的依据是不科学的。

表1 现行的体质综合评价等级

Table 1 The grade of the constitution comprehensive evaluation

等级	优	良	中	合格	差
分数(满分60)	54~60	48~53	42~47	36~42	36以下

表2 一受试者体质测试成绩

Table 2 The testing results of the constitution

序号	测试项目	结果	成绩
1	身高,体重/(cm,kg)	175.5,66	5
2	坐位体前屈/cm	17.2	4
3	握力/N	560	5
4	背肌力/N	1450	5
5	纵跳高度/cm	55.1	4
6	闭眼单足站立时间/s	25	3
7	俯卧撑(仰卧起坐)/个	23	4
8	往返跑时间/s	12.4	4
9	肺活量/mL	4550	5
10	台阶试验指数	45.5	3
11	简单反应时/s	0.39	3
12	综合反应时/s	0.28	3
	总分		48
	等级		良

从现行的评分等级标准可以看出,在综合评价中反映体质的各项指标所占权重相同,但实际上各指标对人的工作、学习、心理健康、身体健康等的影响程度是不同的,权重亦应有所不同。因此如果只是将各项指标的测试结果进行简单相加来对体质进行综合评价,是不科学的。

将体质各项指标的评分结果简单相加,进行综合体质评价的方法,称之为体质综合评价的简单求和法。目前还有一种体质综合评价的方法,即针对简单求和法存在的弱点,适当考虑各指标的权重进行体质综合评价,称之为体质综合评价的加权求和法。所谓指标的权重,是指指标的相对重要程度,它是根据各项指标在反映体质综合素质方面所起作用的大小,来确定其在体质综合评价中所占有的比例^[2]。权重的确定原则是,让受先天遗传因素影响

较大的形态类指标享有较小的权重,适当削减它们在综合评价中的价值和地位;而让那些通过后天环境、营养、锻炼可以明显改善其状况的机能类和运动能力类指标享有较大的权重,适当提高它们在综合评价中的价值和地位。权重比例的设计目前主要有2种方案:

方案1 运动能力和素质类指标 机能类指标 形态类指标 = 4 3 3

方案2 运动能力和素质类指标 机能类指标 形态类指标 = 5 3 2

加权求和法虽将体质指标中的形态指标、机能指标、运动能力和素质指标区别对待,较之将各种指标等量齐观虽然有所进步,但同一类指标仍具有相同的权值,比如,运动能力和素质类指标中的反应时和握力具有相同的权值。在现代社会,一般认为反映衰老程度的反应时应该比反映手、臂部肌肉力量的握力更重要一些。因此,将同类指标同等看待仍然是不够科学的。

2 基于人工神经网络的体质综合评价方法

国家规定的各项评价指标,虽然已经考虑了影响人体综合素质的各个方面,但是各项指标的影响程度是不同的,即各测试指标对综合体质影响的权重不一,且与综合身体素质之间存在着复杂的非线性关系。人工神经网络技术是解决复杂非线性映射的首选方法。为此,考虑采用人工神经网络BP(back propagation)网络模型来建立一个更为科学合理的“体质综合评价模型”。

2.1 人工神经网络BP网络模型

BP神经网络模型是人工神经网络的重要模型之一,应用非常广泛。如果把BP网络看成一个从输入到输出的映射,则这个映射是一个高度非线性的映射。如果网络的输入层神经元个数为 n ,输出层神经元个数为 m ,则该网络是从 R^n 到 R^m 的映射,即有: $G: R^n \rightarrow R^m$ 。

BP网络模型的反向传播算法实质是将一输入/输出问题转变为一个非线性优化问题,即以网络连接权矩阵为变量,误差函数 $E(k)$ 为目标的多元极小值问题。BP反向传播算法主要包含2个过程:一是由学习样本、网络权值从输入层、隐含层、输出层逐次算出各层节点的输出;二是反过来由期望输出与计算输出偏差构成误差函数 $E(k)$ 。本研究采用梯度下降法调节网络权值,即 $w_{k+1} = w_k$

+ $(-\partial E/\partial K)$ 使误差函数 $E(K_{k+1})$ 减小。2 个过程反复交替,直到收敛为止^[3,4]。

2.2 体质综合评价的 BP 网络模型的建立

体质各项测试指标的测试结果(采用清华大学研制的“体质测试系统”对清华大学 500 名学生进行体质测试得出)作为 BP 网络模型的输入变量 X , 体质综合评价成绩作为期望输出变量 Y , 即采用输入层节点数 $n=12$, 输出层节点数 $m=1$, 隐含层节点数 $r=12$ 的三层 BP 网络模型。网络模型结构见图 1。

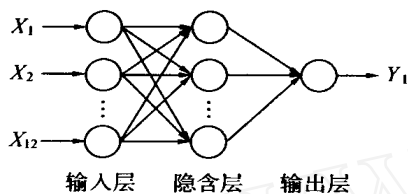


图 1 BP 网络模型结构简图

Fig. 1 The structure of BP network model

具体的体质测试指标为:身高/体重 (X_1), 肺活量 (X_2), 台阶试验 (X_3), 坐位体前屈 (X_4), 握力

(X_5), 纵跳高度 (X_6), 往返跑时间 (X_7), 仰卧起坐/俯卧撑 (X_8), 背肌力 (X_9), 闭眼单脚站立 (X_{10}), 简单反应时 (X_{11}), 综合反应时 (X_{12}) 等。各测试指标的测试数据依据“中国国民体质监测系统”中的评分标准进行评分, 以此作为 BP 神经网络的输入变量。

BP 网络模型的期望输出值应是受试者体质综合评价的“真值”, 经过分析, 并向体质研究专家咨询, 决定由专家评定受试者的体质综合成绩, 以该成绩作为网络的期望输出值 Y_1 。

该 BP 网络模型的训练应是一个大样本的训练, 在训练中使用的数据越多越全面, 则其中所蕴含的事物本身的规律性就越强, 利用神经网络从中所抽取的函数关系就越具有普遍性, 因而就越准确。本研究选取 500 名在校学生作为样本进行测试, 其中男同学 350 人, 女同学 150 人。测试数据分学习样本和检验样本。学习样本用来建立网络模型, 检验样本对网络模型进行检验。对男、女同学分别建立网络模型。学习样本和检验样本的部分数据见表 3。

表 3 学习样本和检验样本部分数据

Table 3 The part data of study sample and test sample

样本	序号	身高 体重	肺活量	台阶 试验	体前屈	握力	纵跳 高度	往返跑	俯卧撑	背肌力	单脚 站立	简单 反应时	综合反 应时	专家 评价
学习样本	1	5	4	3	2	3	3	4	5	2	2	3	3	37
	2	5	3	4	2	3	5	5	3	2	1	3	3	38
	3	5	3	2	2	3	4	4	4	2	5	3	1	36
	4	5	4	3	3	1	3	3	3	1	5	2	3	37
	5	5	2	3	1	1	1	2	4	1	2	2	3	25
	6	3	4	2	2	2	3	3	2	1	2	3	3	30
	7	5	5	1	4	3	4	4	3	1	2	3	3	36
	8	5	5	1	2	3	5	3	4	2	5	3	3	40
	9	3	5	3	3	3	4	4	3	2	2	3	1	35
	10	3	2	3	3	3	4	4	4	1	5	3	3	36
	11	3	2	2	2	3	3	2	3	3	2	5	3	30
	12	5	3	4	4	4	3	5	4	3	2	4	3	44
检验样本	13	3	3	2	3	1	4	4	3	1	2	2	3	32
	14	3	3	3	1	3	4	3	3	2	2	3	4	35
	15	1	4	2	3	3	4	3	5	3	1	3	3	35
	16	5	4	3	4	2	3	3	4	1	2	1	3	34

注: 体质研究专家评定的体质综合成绩。

BP 网络模型中的学习速率 在 $(0, 1)$ 内取值, 初始权值在 $(-1, 1)$ 之间随机产生, 误差水平 为网络训练收敛的条件。网络训练的结束条件以训练次数来决定, 训练次数以网络的计算精度不再提高为

主要依据。

BP 网络训练完成后需用检验样本数据对其评价精度进行检验, 部分检验结果见表 4。BP 网络模型评价值与专家评价值的相对误差的最大值为

2.4%,平均值为0.7%。结果表明所建立的体质综合评价BP网络模型满足使用要求,且具有较高的

表4 部分检验样本数据对BP网络模型的检验结果

Table 4 The test result of part data of test samples for BP network model

序号	身高 体重	肺活量	台阶 试验	体前屈	握力	纵跳 高度	往返跑	俯卧撑	背肌力	单脚 站立	简单 反应时	综合 反应时	专家 评价	网络 评价	相对误 差 / %
1	3	3	2	3	1	4	4	3	1	2	2	3	32.0	31.9	0.3
2	3	3	3	1	3	4	3	3	2	2	3	4	35.0	35.1	0.3
3	1	4	2	3	3	4	3	5	3	1	3	3	35.0	35.5	1.4
4	5	4	3	4	2	3	3	4	1	2	1	3	34.0	33.5	1.5

注:将体质各项指标的评分结果作为输入,利用建立的人工神经网络模型而得到的体质综合评价值;将网络模型评价值与专家评价值进行计算比较而得到的相对误差。

3 体质综合评价模型的实际应用

体质综合评价BP网络模型建立完成后,在实际的体质测试中进行了应用,并与体质综合评价的简单求和法、加权求和法进行了对比分析,数据见表5。

表5 3种体质综合评价结果与专家评价结果的对比

Table 5 The comparison of evaluation value of the three kinds of constitution comprehensive evaluation method and the constitution expert

评价方法	男		女	
	相对误差 平均值/ %	标准差/ %	相对误差 平均值/ %	标准差/ %
简单求和法	4.5	2.6	5.6	3.4
加权求和法	2.7	1.6	3.5	2.5
BP网络模型法	0.8	0.5	0.9	0.6

注:在100个测试样本的基础上计算得到

从表5可知,BP网络模型法的评价结果与专家评价值的相对误差平均值和标准差均小于其他2种

评价精度。

方法,说明BP网络模型法的评价精度较高。

4 结束语

1) 应用人工神经网络技术建立了体质综合评价的BP网络模型,应用结果表明,该方法的评价精度较高。

2) 依据体质研究专家经验评分建立的体质综合评价模型,从模糊理论的意义,解决了体质各测试指标对体质综合评价结果影响权重的合理分配问题。

参 考 文 献

- [1] 邢文华,赵秋蓉. 体育测量评价[M]. 北京:人民体育出版社,2000. 303~305
- [2] 陈骏良. 体育测量与评价[M]. 北京:北京人民体育出版社,1991. 285~293
- [3] 焦季成. 神经网络系统理论[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1991. 34~36
- [4] 赵振宇. 模糊理论和神经网络的基础与应用[M]. 北京:清华大学出版社,1997. 103~104