



基于 PSO - BP 神经网络的大学生体质健康评价模型

An Assessment Model of College Students' Physical Health Based on PSO - BP Neural Network

徐方超 陈雨琦 孙 凤 郭 辉 张一民

Xu Fangchao ,Chen Yuqi ,Sun Feng ,Guo Hui ,Zhang Yimin

摘 要: 为了更加客观全面准确地评价大学生体质健康水平,本文分析了现行大学生体质健康评价体系,探索制定新的大学生体质健康评价指标和评价模型,引入体脂率、台阶试验、握力等三个指标建立新的评价指标体系,运用 PSO - BP 神经网络模型确定指标权重。结果显示,基于 PSO - BP 神经网络建立的大学生体质健康评价模型误差小,评价结果准确,可以较真实地反映大学生体质健康水平。

关键词: 大学生; 体质健康水平; 评价指标; PSO - BP 神经网络; 评价模型

Abstract: This paper presents an analysis of the current assessment system of college students' physical health, and proposes new indicators and new model for the assessment of college students' physical health, for the purpose of a more objective, comprehensive and accurate assessment of the physical health level of college students. A new assessment indicator system was established, consisting of the three indicators: body fat rate, bench test, and grip strength. PSO - BP neural network model was used to determine the weight of indicators. The findings show that the college students' physical health assessment model based on PSO - BP neural network has little error, and produces accurate assessment results, and it can mirror the physical health level of college students.

Keywords: College Students; Physical Health Level; Assessment Indicators; PSO - BP Neural Network; Assessment Model

中图分类号: G804.49 文献标识码: A 文章编号: 1005 - 0256(2022) 07 - 0130 - 4

doi: 10. 19379/j. cnki. issn. 1005 - 0256. 2022. 07. 036

纵观国家大学生体质健康评价制度的发展,从新中国成立初期首倡的“劳卫制”到 20 世纪 80 年代的《国家体育锻炼标准条例》^[1],再到 21 世纪正在实行的《国家学生体质健康标准》,以及结合《国家学生体质健康标准》开展的“阳光体育运动”,无一不反映出国家积极采取各项措施改善大学生体质健康状况,持续建设和完善评价体系。2020 年《关于深化体教融合 促进青少年健康发展的意见》(简称《意见》)印发,指出教育部门要会同体育、卫生健康部门加强对学校体育教学、课余训练、竞赛、学生体质健康监测的评估、指导和监督。《关于全面加强和改进新时代学校体育工作的意见》中强调,完善学生体质健康档案。国家不断修订体质健康标准和颁发体育文件,其目的是为了不断增强大学生体质健康水平。但现如今,受多方因素影响,大学生体质健康水平仍不理想。创建更加科学、客观、可行的体质健康评价体系显得尤为重要。

综上,本研究在现行《国家学生体质健康评价标准》的基础上,引入体脂率、台阶试验、握力等三个测试指标构建新的评价指标体系,运用 PSO - BP 神经网络建立新的大学生体质健康评价模型,从而反映出各项体测指标对体质健康的影响程度。

1 新的评价指标体系

1.1 新的评价指标选取

1.1.1 增加身体形态指标——体脂率

新的评价指标体系中采用“BMI”和“体脂率”这两个指标共同评价大学生的身体形态。

研究表明^[3],BMI 主要反映个体全身性胖瘦,单独采用 BMI 指标评价大学生超重和肥胖,可能会因为个体的身体状况不同产生较大的偏倚。研究表明^[4],过高的体脂率会导致人

体心血管疾病的发生。目前用 BMI 指标判断大学生身体肥胖率的准确性有限,有时甚至无法准确区分大腿肌肉和腹部脂肪,可能将一些肌肉发达的年轻人误判为肥胖。此外,研究证实^[5],BMI 与体脂率在判断大学生身体形态时具有一定的互补性。

1.1.2 增加身体机能指标——台阶试验

新的评价指标体系中采用“肺活量”和“台阶试验”这两个指标共同评价大学生身体机能水平。

身体机能测试主要是对大学生的心肺功能进行检测。研究证实^[6],最大摄氧量可以较好地反映心肺功能情况,最大摄氧量测试方法有直接法和间接法。直接法多采用逐级递增运动负荷的形式,虽然结果相对准确,但测试仪器大且昂贵。间接法是测试者做一定时间内的亚极限运动,通过心率以及其他检测指标来推算最大摄氧量,更具备适用性。间接法中的台阶试验是经典的定量负荷试验,且具有成本低、简单易行、便于操作的优势^[7]。肺活量代表了静态时的最大吸氧量,与台阶试验相结合共同检测大学生在不同状态下的摄氧量,可以达到对心肺功能的全面检测。

1.1.3 增加身体素质指标——握力

新的评价指标体系中加入“握力”同现行指标共同评价大

基金项目: 国家重点研发计划(项目编号: NO. 2020YFC2006701)

第一作者简介: 徐方超(1979 -),男,满族,辽宁沈阳人,讲师,博士,研究方向: 体育装备、工业工程。

作者单位: 沈阳工业大学机械工程学院 辽宁 沈阳 110870

School of Mechanical Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang 110870, Liaoning, China.



学生身体素质水平。

《国家学生体质健康标准》中的立定跳远反映大学生的下肢肌肉综合力量状况,坐位体前屈反映大学生的身体柔韧度^[8],引体向上反映男大学生的肌肉臂力、上肢背部肌肉力量和下肢腰腹背部肌肉力量^[9],仰卧起坐反映女大学生的腰腹背部肌肉力量,50m跑反映大学生加速度快跑运动的综合素质^[10],1000米跑(男)/800米跑(女)反映大学生的心肺耐力状况。

根据学校体测数据结果,男大学生引体向上成绩得零分的现象非常常见,这不利于对男大学生上肢力量有效数据的采集^[11]。测试握力指标的仪器简便,测试过程方便、安全,不受场地限制,而且避免了引体向上完成度不高造成的区分度低的问题,具有较高的信度。握力主要是测量人体前臂肌腱的发育水平,而男生做引体向上时运用的是上臂肌腱的力量,女生做仰卧起坐运用的是腰部、腹部及背部肌肉的力量。因此握力指标与引体向上、仰卧起坐指标的相关程度较小,可以与引体向上、仰卧起坐共同检测男、女大学生的力量水平。

1.2 新的评价指标体系

基于现行《国家学生体质健康标准》,增加体脂率、台阶试验、握力等三个体质健康测试指标构建了新的评价指标体系,如表1所示。

表1 新的评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
大学生体质健康评价指标体系	身体形态	BMI
		体脂率
		肺活量
	身体机能	台阶试验
		坐位体前屈
		立定跳远
	身体素质	引体向上(男)/仰卧起坐(女)
		1000米跑(男)/800米跑(女)
		50米跑
		握力

2 基于 PSO-BP 神经网络建立大学生体质健康评价模型

原评价指标体系中指标权重比例为,身体形态:身体机能:身体素质=15:15:70,引入体脂率、台阶试验、握力后的新评价指标体系需要重新确定指标权重。由于新评价指标体系中的十项体质健康指标及指标间具有模糊性、非线性关系等特点,采用层次分析等方法无法准确地确定各指标权重^[12]。而人工神经网络能够通过模糊学习来解决复杂的非线性问题^[13],从而反映出大学生体质健康各项评价指标的重要程度,最终确定各指标权重并给出综合评价结果。

2.1 测试数据的采集

本研究以沈阳工业大学沈阳校区为测试点,以大一至大四的本科同学为测试对象,参加体质健康检测的男生有130人,女生有135人,共有265人,年龄为19~22岁。

新评价指标体系共包含10个体测项目,其中体重指数、肺活量、立定跳远、坐位体前屈、引体向上(男)/仰卧起坐(女)、50m跑、1000米跑(男)/800米跑(女)这7项测试指标继续沿用现行《国家学生体质健康标准》实施细则进行测试和评分;体脂率依照世界卫生组织肥胖标准为其打分;台阶试验与握力采用《国民体质测定标准》进行测试,之后根据国民体质评定标准进行打分。

2.2 PSO-BP 神经网络评价模型的建立

BP神经网络模型是目前最为普遍的多层误差前反馈人工

神经网络模型之一,由输入层、输出层和隐含层依次排列构成,每一层都包含无数个节点,每个节点都能够形成一个单独的神元。但是BP神经网络收敛速度慢,极易陷入局部极值点,并且对网络初始权值、自身的学习速率和动量等参数极为敏感,这些参数需要不断的训练才能逐步固定,而过度的训练会导致过拟合现象,从而影响网络的泛化能力。

PSO作为一种群体理论的优化工具与BP神经网络结合,来优化神经网络的权值和阈值,能够改善BP神经网络的性能。PSO算法通过种群中粒子间的合作与竞争产生的群体智能指导优化搜索。优化后的算法收敛速度快、鲁棒性高、全局搜索能力强,效率提高^[14]。

本研究将大学生体质健康各项指标测试分数作为PSO-BP神经网络的输入变量值,以相关专家打分的均值作为PSO-BP神经网络的期望输出值。

PSO-BP神经网络的输入层为大学生体质健康十项指标的分数,所以节点数为10;PSO-BP神经网络的输出层为体质健康综合评价分数,所以节点数为1;隐含层节点数运用经验公式计算为9。PSO-BP神经网络中的相关网络参数设置包括迭代次数500,学习速度设定为0.1,设置准确度设定为0.0001,网络训练过程采用L-M算法,网络模型结构见图1。

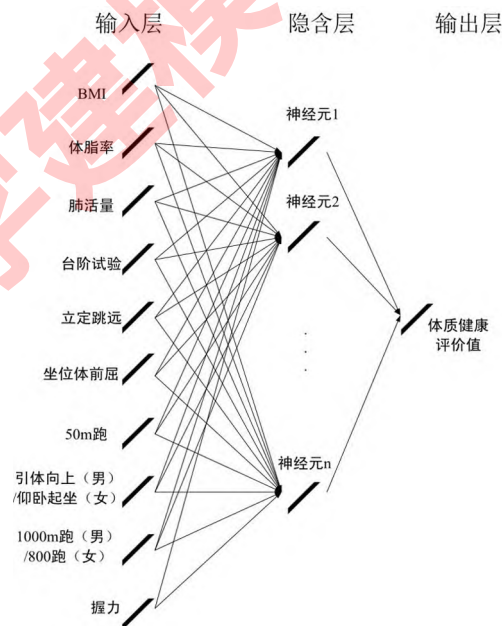


图1 男女生 PSO-BP 神经网络模型结构图

2.3 PSO-BP 神经网络评价模型的应用

设计的PSO-BP神经网络为3层,为了避免输出饱和的现象,选用mapminmax函数对各项体质健康指标测试结果的数据进行归一化处理,随机抽取男生100人和女生105人作为PSO-BP神经网络的训练样本,剩余男生30人和女生30人作为PSO-BP神经网络的验证样本。对男、女大学生分别建立PSO-BP神经网络评价模型,训练样本和检验样本的部分数据如表2。

采用PSO-BP神经网络模型对男生30组、女生20组样本进行检验,网络模型训练过程的拟合情况用相关系数R表示,相关系数R越接近1表明网络拟合情况越好。男、女学生模型评价后的值与专家评价值拟合关系如图2、3所示。男、女学生PSO-BP神经网络输出值与专家评价值对应的相关系数分别为0.99909、0.99889,表明模型拟合度好,准确率较高。

表2 训练样本和测试样本部分评分数据(单位:分)

样本	序号	BMI	体脂率	肺活量	台阶试验	引体向上	坐位体前屈	握力	立定跳远	50 米跑	1000 米跑	专家评价
训练样本	1	80	80	78	69	60	0	89	74	90	62	70.6
	2	100	100	95	90	0	100	80	66	78	78	81.7
	3	100	80	80	91	0	66	46	62	78	76	71.3
	4	100	100	80	59	0	50	16	40	74	62	61.2
	5	100	80	64	65	0	62	35	0	68	40	54.8
	6	80	80	80	30	0	74	52	70	85	70	63.4
	7	80	80	74	74	60	60	69	72	100	90	77.1
	8	100	80	74	30	60	80	34	68	74	66	66.1
	9	80	80	100	56	0	64	88	0	76	66	64.5
	10	100	100	62	64	30	68	44	20	78	76	66.7
测试样本	1	80	60	80	50	0	76	85	0	72	62	59.4
	2	100	80	62	31	60	80	85	68	100	80	74.8
	3	100	80	78	24	0	62	24	64	80	70	59.9
	4	60	60	85	62	0	72	80	50	76	64	63

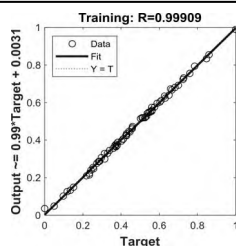


图2 男生 PSO-BP 神经网络模型拟合图

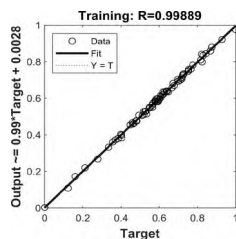


图3 女生 PSO-BP 神经网络模型拟合图

运用 PSO-BP 神经网络模型对检验样本进行评价,部分检验样本评价结果如表3所示。将 PSO-BP 神经网络评价值与专家打分值对比结果如表4所示,从表中可以看出相对误差最高为2.01%,平均相对误差为0.52%。结果表明 PSO-BP 神经网络模型评价准确度较好,满足使用要求。

表3 PSO-BP 网络模型对部分样本的检验结果(单位:分)

序号	1	2	3	4	5
BMI	100	100	80	100	80
体脂率	100	80	80	80	100
肺活量	100	85	85	80	78
台阶试验	90	95	79	43	35
引体向上	0	0	40	20	10
坐位体前屈	68	72	85	68	85
握力	65	63	59	42	18
立定跳远	10	68	78	68	72
50 米跑	85	74	74	100	78
1000 米跑	64	70	74	80	70
专家评价	72.5	74.1	74.3	69.7	63.2
BP 评价	72.2	73.9	74.6	69.2	62.6
相对误差/%	0.4	0.3	0.4	0.69	0.93

表4 PSO-BP 模型评价男女生体质健康结果

性别	最大相对误差/%	平均相对误差/%
男生	2.01	0.61
女生	1.68	0.43

PSO-BP 神经网络经过多次训练,得到了男女生各体质健康指标的权值如表5所示。结果表明,对男生体质健康综合评价影响最大的五个指标是台阶试验、BMI、握力、1000m

跑、体脂率;对女生体质健康综合评价影响最大的五个指标是 BMI、台阶试验、800 米跑、握力、体脂率。

表5 男女生各个体质健康指标权值

男生		女生	
指标	权值	指标	权值
台阶试验	0.123	BMI	0.126
BMI	0.120	台阶试验	0.122
握力	0.112	800m 跑	0.114
1000m 跑	0.109	握力	0.108
体脂率	0.107	体脂率	0.105
50m 跑	0.103	肺活量	0.102
肺活量	0.098	50m 跑	0.095
立定跳远	0.086	仰卧起坐	0.082
坐位体前屈	0.075	立定跳远	0.077
引体向上	0.067	坐位体前屈	0.069

3 结论

- 在现行《国家学生体质健康评价标准》的基础上,通过引入体脂率、台阶试验、握力等三个测试指标,构建了新的评价指标体系,提高了对肥胖、心肺功能和上肢力量水平的检测程度。
- 运用 PSO-BP 神经网络评价模型确定了新评价指标体系中各指标的权重,本研究所增加的体脂率、台阶试验、握力三项指标的权重在男女生十项测试指标中都位列前五,进一步表明了增加此三项指标的科学性。
- 依据体育界专家的评分数据建立 PSO-BP 神经网络评价模型,测试结果表明,该模型的拟合度高,评价准确度较好,为评价大学生体质健康提供了新的思路与方法。

参考文献:

- 尹小俊,杜建强,季浏等.中国大学生体质健康变化趋势的研究[J].北京体育大学学报,2012,35(09):79-84.
- Li Chao, Li Hongjuan, Wang Ronghui, et al. Physical Activity, Motor Skills And Physical Fitness Within China Adolescents: 781 [J]. Medicine & Science in Sports & Exercise 2021, 53(08): 20-26.
- 刘卫,李丰祥.大学生身体成分特征与运动能力及体质健康的关系[J].体育学刊,2004,21(06):52-55.
- 田奕欣,亢玉婷,曹雪等.中国及各省份人群不同肥胖指标心血管疾病负担比较[J].中国心血管病研究,2021,19(12):1139-1146.
- 张强,周绍西,闫雪皎等.体质指数和体脂脂肪率评价成年人肥胖的比较[J].卫生研究,2019,48(04):573-576.
- 梁月红.普通大学生心肺功能水平现状研究[J].高教探索,2017(51):163-164.
- 王明年,崔鹏,于丽等.基于台阶试验的相对最大摄氧量与人员疏散能力关系研究[J/OL].现代隧道技术:1-7[2021-12-29].
- 马玲,张文霞,谢小莲等.宁夏地区2000—2014年大学生下肢力量与柔韧性变化趋势[J].中国学校卫生,2019,40(10):1536-1541.



- [9] 王乐军, 陶海峰, 乔敏洁, 等. 不同训练方法提高大学生引体向上成绩的效果比较及机制[J]. 医用生物力学, 2021, 36(S1): 118.
- [10] 刘海云. 20 米折返跑与 800/1000 米跑评价中学生心肺耐力的比较研究[D]. 北京体育大学, 2019.
- [11] 舒文博, 周鹤, 赖秋荣, 等. 广西在校男大学生引体向上能力与上肢成分的相关性[J]. 中国学校卫生, 2020, 41(01): 96-99.
- [12] 邓国华, 陈冬林, 姚梦迪. 基于 AHP-线性分配法的企业云计算

投资决策[J]. 统计与决策, 2018, 34(05): 176-179.

- [13] Guo Cuixiang, Suo Junwu, Xu Chunguang, et al. Data Analysis of Physical Fitness Monitoring Based on Mathematical Models [J]. Mathematical Problems in Engineering, 2021, 20(21): 37-42.
- [14] 樊睿. 基于 PSO-BP 神经网络的大型地震应急物资需求预测研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2020.

(上接第 111 页)

中的最好成绩, 利用运动成绩均值及标准差划分竞技水平^[1], 即 $mean - 1/2std$ 、 $(mean - 1/2std, mean + 1/2std)$ 、 $mean + 1/2std$ 分别为高、中、低组, 男女各组间成绩呈显著性差异 ($P < 0.05$)。采用单因素方差分析与 LSD 事后多重比较检验竞技水平对速度攀岩反应时的影响。

表 9 不同竞技水平运动员的反应时多重比较结果

性别	分组	成绩	反应时
男子	高	5.401 ± 0.132	0.151 ± 0.040
	中	5.760 ± 0.045	0.197 ± 0.040*
	低	6.110 ± 0.184	0.211 ± 0.057*
女子	高	7.196 ± 0.140	0.246 ± 0.051
	中	7.723 ± 0.175	0.241 ± 0.059
	低	8.456 ± 0.478	0.299 ± 0.040*

注 “*”表明与组 1 差距显著。

结果发现, 运动员竞技水平越高, 反应时越快, 这一现象在男子运动员中更为显著 ($P < 0.05$)。在百米跑中同样存在不同竞技等级水平运动员之间反应时的显著差距, 原因是训练改善了百米跑起跑技术和蹬力达到阈值的时间^[1]。随着不同竞技水平的运动员能够施予起跑器最大压力值增大, 相应的起跑反应时加快, 且各组别没有前反应时的差异, 同时起跑技术练习也被认为能够进一步加快起跑反应时^[14]。与百米跑项目相似, 速度攀岩项目出现这一情况的原因在于优秀速度攀岩运动员具备更高的下肢爆发力, 在预备阶段重心下降较小, 并能够充分利用岩壁支撑和上肢加速^[15]。表明优秀运动员在下肢力量和技术上的优势帮助他们提升了反应时, 造成了不同竞技水平运动员间的反应时差异。

4 结论与建议

4.1 结论

4.1.1 在速度攀岩成绩上, 我国速度攀岩项目的整体成绩处于国际前列, 顶尖男子运动员的成绩与国外顶尖选手持平, 顶尖女子运动员的成绩超过了国外顶尖水平, 但我国女子速度攀岩运动员之间存在较大的竞技能力差距。在速度攀岩反应时上, 我国男子运动员的整体反应时与国外男子运动员较为接近, 女子运动员的整体反应时显著快于国外女子运动员。

4.1.2 速度攀岩反应时表现出逐年缓慢提升、在成绩中占比较高、与成绩呈弱相关的特性。

4.1.3 男子速度攀岩运动员的反应时显著快于女子速度攀岩运动员。

4.1.4 采用新起步技术的男子运动员反应时快于采用旧起步技术的男子运动员, 但在女子运动员之间几乎没有差异。

4.1.5 由于赛制不同而引起的战术与心理影响, 预赛反应时显著慢于决赛, 但在决赛各轮次反应时没有显著差异。

4.1.6 较高水平速度攀岩运动员的反应时显著快于较低水平速度攀岩运动员, 反应时随竞技水平的提高而加快。

4.2 建议

4.2.1 由于反应时在总运动成绩中的占比较高, 且反应时仍有较大的提升空间, 因此, 在专项训练中应增设反应时的专门训练, 对起步技术与注意力等心理学指标分别进行专门练习。

4.2.2 建议技术水平和身体素质达到较高水平的运动员应积极改用新起步技术以取得攀爬轨迹与起步反应时优势。

4.2.3 在训练中, 模拟在不同轮次、面对不同水平对手的比赛场景, 强化运动员对起步节奏的把控能力, 提高攀爬的成功率。

参考文献:

- [1] 姜宏斌. 田径短跨项目起跑反应时与运动成绩关联的研究[J]. 首都体育学院学报, 2016, 28(05): 469-475+480.
- [2] KRAWCZYK M, OZIMEK M. Somatic traits and motor skill abilities in top-class professional speed climbers compared to recreational climbers[J]. Antropomotoryka, Journal of Kinesiology and Exercise Science, 2014, 66(24): 25-32.
- [3] KRAWCZYK M, OZIMEK M, POCIECHA M. Poziom wybranych zdolności kondycyjnych i ich związek z wynikiem sportowym we wspinaczce na czas[J]. Trening sportowy I: planowanie - kontrola - sterowanie, 2015, 65-76.
- [4] OZIMEK M, KRAWCZYK M, ROKOWSKI R, et al. Evaluation of the level of anaerobic power and its effect on speed climbing performance in elite climbers[J]. 2018, 3(25): 149-158.
- [5] 郭峰, 王健壮, 张宁. 我国优秀速度攀岩运动员专项攀爬过程的能量代谢和上下肢肌肉表面肌电分析[J]. 沈阳体育学院学报, 2018, 37(06): 92-97+103.
- [6] 袁兆瑞. 世界优秀男子速度攀岩运动员全程速度变化的比较研究[D]. 陕西师范大学, 2017.
- [7] 朱旭红. 国外优秀男子百米起跑反应时与成绩的研究[J]. 成都体育学院学报, 2005, 31(01): 47-49.
- [8] 李岳兵, 陈红华. 不同年龄组别短跑运动员起跑反应时的对比研究[J]. 吉林体育学院学报, 2009, 25(03): 31-32.
- [9] 彭召方, 袁玲, 邓菊会, et al. 2019 年世界攀岩锦标赛速度决赛中国队失利分析及备战东京奥运会的对策[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2021, 46(02): 135-141.
- [10] THIBAUT V, GUILLAUME M, BERTHELOT G, et al. Women and men in sport performance: the gender gap has not evolved since 1983[J]. Journal of sports science & medicine, 2010, 9(2): 214.
- [11] Shunko A, Kravchuk T. Competitive modelling in speed climbing[C]//BIO Web of Conferences. EDP Sciences, 2020, 26: 00051.
- [12] 任未多, 王小铭, 肖云. 动作反应过程中速度——准确性权衡的研究[J]. 心理科学, 1993, 16(05): 36-39+23.
- [13] CIUCUREL M M. The relation between anxiety, reaction time and performance before and after sport competitions[J]. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2012, 33: 885-889.
- [14] 柴国荣, 高连峰. 世界优秀 100m 运动员起跑反应时研究[J]. 北京体育大学学报, 2012, 35(04): 122-124.
- [15] 蔡勇, 武文强, 周兴龙, et al. 速度攀岩运动员出发动作的生物力学分析[J]. 天津体育学院学报, 2017, 32(03): 256-260.