

doi: 10.16104/j.issn.1673-1891.2023.01.016

基于 GA-SVM 的个性化体育训练效果评估模型研究

汤传德

(安徽警官职业学院信息管理系, 安徽 合肥 230001)

摘要:针对当前模型在评估个性化体育训练效果过程中未考虑合理选择评估参数,导致个性化体育训练效果评估模型运行时间增加,造成效果评估精度和效率较低的问题,提出了基于 GA-SVM 的个性化体育训练效果评估模型。首先根据个性化体育训练效果评估指标选取原则,基于图论和矩阵工具,筛选评估指标,并针对所选评估指标进行类别和量纲统一化处理;然后利用 GA(遗传算法)选取 SVM(支持向量机)评估模型参数最优值,优化 SVM 评估模型;最后利用 MATLAB 仿真软件对基于 GA-SVM 的个性化体育训练效果评估模型进行了仿真测试。仿真结果表明:所构建的基于 GA-SVM 的评估模型的相对误差为 0.04%,所用时间为 1.9 s,模型评估相对误差较小,模型评估所用时间较短,能够有效提高模型评估效率和精度。

关键词:GA; SVM; 个性化体育训练; 训练效果; 指标选择; 指标处理; 效果评估模型

中图分类号:TP18; G808.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2023)01-0105-05

Research on Effect Evaluation Model of Personalized Physical Training Based on GA-SVM

TANG Chuande

(Department of information management, Anhui Vocational College of Police Officers,
Hefei, Anhui 230001, China)

Abstract: Aiming at the problem that the current model does not consider the reasonable selection of the evaluation parameters of the personalized sports training effect in the evaluation of the personalized sports training effect, which leads to the increase of the running time of the personalized sports training effect evaluation model and the low accuracy and efficiency of the effect evaluation, a GA-SVM based personalized sports training effect evaluation model is proposed. First of all, according to the principle of selecting evaluation indicators for personalized sports training effect, based on graph theory and matrix tools, the evaluation indicators are selected, and the classification and dimension of the selected evaluation indicators are unified; Then, GA (genetic algorithm) is used to select the optimal value of SVM (support vector machine) evaluation model parameters to optimize the SVM evaluation model; Finally, using MATLAB simulation software, the evaluation model of personalized sports training effect based on GA-SVM is simulated and tested. The simulation results show that the relative error of the evaluation model based on GA-SVM is 0.04%, the time is 1.9 s, the relative error of model evaluation is small, and the time for model evaluation is short, which can effectively improve the efficiency and accuracy of model evaluation.

Keywords: GA; SVM; personalized physical training; training effect; index selection; index processing; effect evaluation model

0 引言

当前学校体育训练方式大多采用集中授课,这

种训练方式在节约教师人力资源的同时,能够方便管理学生,但是这种训练方式容易忽略学生的多样化,导致训练缺乏针对性^[1]。因此,近年来兴起一种

收稿日期:2022-08-09

基金项目:2022 年安徽省高等学校科学研究项目(哲学社会科学)重点项目(2022AH052937);2022 年安徽省高等学校科学研究项目自然科学基金重点项目(2022AH052940);2022 年安徽省高校优秀青年人才支持计划重点项目(gxy-qZD2022136)。

作者简介:汤传德(1985—),男,安徽泗县人,副教授,硕士,主要研究方向:警察体育,运动训练。

新的体育训练模式,即个性化体育训练。体育教师根据每名学生的具体身体状况,为每个人或者相似身体素质的学生群体制定个性化体育训练项目^[2]。然而,该方法的实施覆盖面并不广,因此,为推广个性化体育训练模式,有效改善体育训练方式,促进个性化体育训练的完善和发展,从而提高体育训练效果,对体育训练效果进行评估具有重要意义。

相关领域学者对体育训练效果评估进行了研究,并取得了一定的研究成果。岳琪等^[3]提出了基于改进 GA-BP 神经网络的高校教学质量评估模型。利用熵值法得到教学质量评估体系的指标权重,并计算初始评估结果,然后采用改进遗传算法优化 BP 神经网络参数,构建了高校教学质量评估模型。该模型的收敛速度较高,但模型的评估相对误差较大。衡祥安等^[4]基于数据分析的军人战斗体能训练与评估模型,通过分析战斗体能训练与评估概念,选取军校学员作为对象,选取训练数据作为样本,采用不同训练数据的分析和挖掘结果,构建体能训练与评估模型。该模型具有一定的有效性,但模型的评估精度较低。张芳芳^[5]提出了基于赋值法的体育教学质量综合评估模型。利用层次分析法,建立体育教学质量评估因素层次结构模型,获取评估因素判断矩阵,并进行一致性检验,得到评估因素权重集。在此基础上,采用综合赋值法,结合贝叶斯分类器,构建体育教学质量综合评估模型。该模型具有较好的综合评估效果,但该模型存在评估效率较低的问题。

针对上述问题,提出了基于 GA-SVM 的个性化体育训练效果评估模型。以支持向量机(Support Vector Machine, SVM)为基础,利用遗传算法(Genetic Algorithm, GA)对其进行改进,构建基于 GA-SVM 的个性化体育训练效果评估模型,以期为个性化体育训练效果评估提供可靠且运行快速的评估模型。

1 基于 GA-SVM 的体育训练效果评估模型设计

个性化体育训练使得学生锻炼更具有针对性,但是由于它是个性化教育和体育训练的结合,其效果如何有待进一步分析。因此,设计一个基于 GA-SVM 的个性化体育训练效果评估模型以评估个性化体育训练效果。该模型设计主要分为 3 部分:首先筛选评估指标,然后针对这些评估指标进行类别和量纲统一化处理,最后构建基于 GA-SVM 的评估模型。下面针对这 3 部分进行具体分析。

1.1 个性化体育训练效果评估指标选取

评估指标选取越合理,评估模型的评估结果越准确。影响个性化体育训练效果的因素有很多,因此指标类型多样,但是有的指标功能出现部分重叠,有的指标功能对评估对象的贡献力很小,有的指标则是起到间接影响作用,也就是影响指标^[6]。上述这些指标的存在不仅不会提高评估全面性,反而会增加计算量,起到干扰的作用,因此选择合适的评估指标至关重要。个性化体育训练效果评估指标选择分为 2 个阶段,即初选和筛选。

1.1.1 评估指标初选

基于指标选取原则,即全面性原则、代表性原则、易获性原则和系统性原则,初步拟定个性化体育训练效果评估指标。这一步尽可能选出所有可能影响个性化体育训练效果的因素^[7]。

1.1.2 评估指标筛选

对 1.1.1 初选得到的评估指标进行再次选择,以规范指标,精简指标,提升评估精度,减少评估模型计算量。本研究基于图论与矩阵工具来进行筛选^[8]。具体过程如下。

步骤 1: 基于个性化体育训练效果评估初选指标,组成评估指标集合 S 。

$$S = \{s_n | n = 1, 2, \dots, N\} \quad (1)$$

式中: s_n 为第 n 个个性化体育训练效果评估指标; N 为指标数量。

步骤 2: 绘制关联关系有向图。从评估指标集合 S 中随机选择 2 个指标,记为 s_i, s_j ; 当二者之间存在直接影响关系时,则二者之间标记一条直线,且箭头由影响指标指向被影响指标。按照上述流程遍历所有评估指标,绘制出所有个性化体育训练效果评估指标之间的关联关系有向图。

步骤 3: 基于分析结果绘制影响关系有向图,即确定关联关系有向图中两两指标之间的影响程度 K ,并在影响关系有向图中标记出来。影响程度三标度法如表 1 所示。

表 1 影响程度三标度法

指标 s_i 对 s_j 的影响程度	标度值 $K_{s_i \rightarrow s_j}$
强	3
中	2
弱	1

步骤 4: 基于步骤 3 建立指标直接影响矩阵 X 。

$$X = \begin{bmatrix} x_{s_i s_j} \end{bmatrix}_{N \times N} \quad (2)$$

式中: $x_{s_i s_j}$ 表示评估指标 s_i 与 s_j 标度值的乘积。

步骤 5: 根据评估指标 s_i 对评估指标 s_j 是否直接影响, 对矩阵 X 中的 $x_{s_i s_j}$ 进行赋值。赋值公式如式 (3) 所示。

$$\begin{cases} x_{s_i s_j} = K_{s_i \rightarrow s_j}(s_i, s_j \in \{1, 2, \dots, N\}, s_i \neq s_j), \text{Yes} \\ x_{s_i s_j} = 0, \text{No} \end{cases} \quad (3)$$

式中: Yes 表示评估指标 s_i 对评估指标 s_j 有直接影响; No 表示评估指标 s_i 对评估指标 s_j 没有直接影响^[9]。

步骤 6: 计算综合影响矩阵 Z 。计算公式如式 (4) 所示。

$$Z = F(H - F)^{-1} = [z_{s_i s_j}]_{N \times N} \quad (4)$$

式中: F 表示规范后的 X ; H 表示单位矩阵; $z_{s_i s_j}$ 表示 Z 中的阵子^[10], 其中,

$$F = [f_{s_i s_j}]_{N \times N} \quad (5)$$

$$f_{s_i s_j} = \frac{x_{s_i s_j}}{\max \left\{ \sum_{s_j} x_{s_i s_j} \mid 1 \leq n \leq N \right\}} \quad (6)$$

步骤 7: 计算评估指标 s_i 的影响度 ξ_{s_i} 和评估指标 s_j 的被影响度 ζ_{s_j} ^[11], 计算公式分别如式 (7) 和 (8) 所示。

$$\xi_{s_i} = \sum_{s_j} z_{s_i s_j} \quad (7)$$

$$\zeta_{s_j} = \sum_{s_i} z_{s_i s_j} \quad (8)$$

步骤 8: 计算评估指标的中心度 C_{s_i} 和原因度 R_{s_i} 。计算公式分别如式 (9) 和 (10) 所示。

$$C_{s_i} = \xi_{s_i} + \zeta_{s_j} (\forall s_i) \quad (9)$$

$$R_{s_i} = \xi_{s_i} - \zeta_{s_j} (\forall s_i) \quad (10)$$

步骤 9: 将满足中心度 $C_{s_i} \geq 1.0$ 和原因度 $\|R_{s_i}\| \geq 0.8$ 的指标作为评估模型的指标^[12]。

经过上述 2 轮选取, 选出的个性化体育训练效果评估指标既减少了干扰项, 同时留下的指标更为典型, 能在一定程度上提高评估模型的精度^[13]。

1.2 个性化体育训练效果评估指标处理

选出的评估指标类型不同、量纲不同, 使得在后期评估模型进行等级分类时, 无法进行处理, 因此还需要对指标进行处理^[14], 处理的内容包括类型统一和量纲统一。

1.2.1 类型统一

以极大型指标作为基础标准, 将其他几类指标 (极小型指标、居中型指标、居间型指标) 转换为极大型指标形式^[15]。

极小型指标 $s_{小}$ 转换公式如式 (11) 所示。

$$s_{小} = T - s \quad (11)$$

居中型指标 $s_{中}$ 转换公式如式 (12) 所示。

$$s_{中} = \begin{cases} \frac{2(s-t)}{T-t}, t \leq s \leq \frac{s-t}{2} \\ \frac{2(T-s)}{T-t}, \frac{s-t}{2} \leq s \leq T \end{cases} \quad (12)$$

区间型指标 $s_{间}$ 转换公式如式 (13) 所示。

$$s_{间} = \begin{cases} 1 - \frac{x_1 - s}{\max(x_1 - t, T - x_2)}, s < x_1 \\ 1, x_1 \leq s \leq x_2 \\ 1 - \frac{s - x}{\max(x_1 - t, T - x_2)}, s > x_2 \end{cases} \quad (13)$$

式 (11)~(13) 中: T, t 分别代表原始评估指标 s 的上、下限; $[x_1, x_2]$ 为 s 的稳定区间^[16]。

1.2.2 量纲统一

量纲是评估指标的基本属性。类型的不同带有不同的属性, 需要将指标带有的量纲去除, 统一指标属性。去量纲化的公式如式 (14) 所示。

$$s' = \frac{s - \bar{s}}{p} \quad (14)$$

式中: s' 表示去量纲化后的评估指标; s 表示原始评估指标; \bar{s}, p 分别表示原始评估指标的平均值和标准差。

1.3 基于 GA-SVM 的评估模型建立

将 1.2 处理后的评估指标作为评估模型的输入样本, 通过样本的表现在评估模型分类处理下得出相应的等级划分类别, 即完成个性化体育训练效果评估。构建的评估模型依据为 SVM 算法^[17], 该算法分类评估过程如下:

步骤 1: 假设训练样本为 $s_i \in R^n (i = 1, 2, \dots, n)$, 其中, R 为样本集合; n 为样本数量。对应的输出结果为 $y_m, m=1$ 和 $m=-1$ 分别表示合格和不合格。

步骤 2: 将最优分类超平面通过式 (15) 最优分类问题描述出来。

$$\begin{cases} \min e = \frac{\sum_{i=1}^n a_i y_m K - \sum_{i=1}^n a_i}{2} \\ \text{s.t.} \sum_{i=1}^n a_i y_m = 0 \\ 0 \leq a_i \leq Q, i = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (15)$$

式中: a_i 表示 Lagrange 乘子; K 表示核函数; Q 表示惩罚因子。

步骤 3: 选择一个核函数和惩罚因子, 求解公式 (15), 得到最优分类问题求解结果 e 。

步骤 4: 根据 e 计算最优决策平面的偏移量 b 。计算公式如式(16)所示。

$$b = e - \sum_{i=1}^n a_i y_m K \quad (16)$$

步骤 5: 基于构建分类评估模型 $f(s)$, 其描述如式(17)所示。

$$f(s) = \text{sgn} \left\{ \sum_{i=1}^n y_m e K + \lambda \right\} \quad (17)$$

式中: λ 为分类评估系数。

根据模型输出结果, 统计所有体育训练合格人数和不合格人数, 以此划分效果等级。训练结果等级划分如表 2 所示。

表 2 训练结果等级划分

等级	合格人数占总人数的比例	效果
1	>70%	好
2	>60%~70%	较好
3	>50%~60%	一般
4	>40%~50%	较差
5	≤40%	差

通过表 2 训练结果等级划分, 评估个性化体育训练整体效果。

对于 SVM 来说, a_i 越靠近 Q , 评估模型的广适性越差, 但是 a_i 越靠近 0, 无分类的可能性增大, 因此, 在 $0 \sim Q$ 区间选出一个较为合适的值非常关键。在这里通过 GA 来进行求取, 利用 GA 对其进行改进, 优化基于单一 SVM 评估模型的评估性能。GA 求取过程如图 1 所示。

计算适应度最大的参数值作为向量机评估模型最优参数^[18-20], 公式如式(18)所示。

$$Q_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n \log \left(1 + \left(\frac{x_\gamma - x_i}{f(x)} \right)^2 \right)}{\log(p1p2p3)} \quad (18)$$

式中: Q_{\max} 为适应度最大值; γ 为迭代次数; x_γ 为前一次迭代值; x_i 为下一次迭代值; $f(x)$ 为遗传操作函数; $p1$ 、 $p2$ 和 $p3$ 分别为选择概率、交叉概率和变异概率。

通过上述以 SVM 为基础, 然后利用 GA 对其进行改进, 构建优化后的个性化体育训练效果评估模型, 实现个性化体育训练效果评估, 为个性化体育训练效果研究提供更可靠的依据。

2 仿真测试与分析

为了验证基于 GA-SVM 的个性化体育训练效

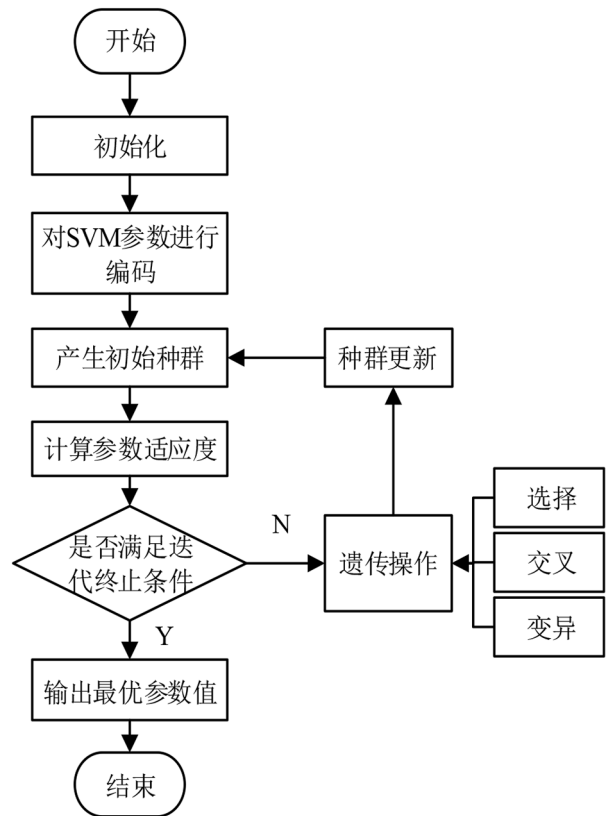


图 1 GA 求取 SVM 评估模型最优参数流程

果评估模型的有效性, 以 MATLAB 仿真软件为实验平台, 分别采用本文方法、文献[3]方法、文献[4]方法和文献[5]方法, 模拟对比不同方法的评估精度和效率。

2.1 样本集分布

使用 UCI 数据库中的 6 个数据集作为样本数据, 进行仿真实验测试, 这 6 个数据集分布情况如表 3 所示。

表 3 仿真测试数据集分布情况

数据集	样本数	属性个数	类别数
1	450	8	2
2	520	6	2
3	350	7	2
4	400	4	2
5	300	3	2
6	280	5	2

将表 3 中样本的 80% 作为评估模型的训练样本, 以剩余 20% 样本作为评估模型的测试样本。

2.2 仿真评估模型相关参数设置

基于 GA-SVM 的评估模型建立流程, 利用 MATLAB 仿真软件中的 Sumlimk 模块库和 SVM 工具

箱,构建所研究的基于 GA-SVM 的个性化体育训练效果评估模型。其中,所研究评估模型的初始化参数设置如表 4 所示。

表 4 初始化参数设置

初始化参数	取值
支持向量机核函数	径向基函数 RBF
惩罚因子	0~100
宽度	0~1
正则化系数	$10^{-9} \sim 10^3$
a_i 优化后	0.562
初始种群规模	100
选择概率	0.15
交叉概率	0.40
变异概率	0.10
训练精度	<0.10

2.3 模型评估精度对比分析

为了验证模型评估精度,将相对误差作为模型评估精度的评价指标,其相对误差越小,表明方法模型评估精度越高。以 80% 训练样本作为模型输入,对本文方法、文献[3]方法、文献[4]方法和文献[5]方法的评估模型进行模型训练,得到不同方法的模型评估精度对比结果如图 2 所示。

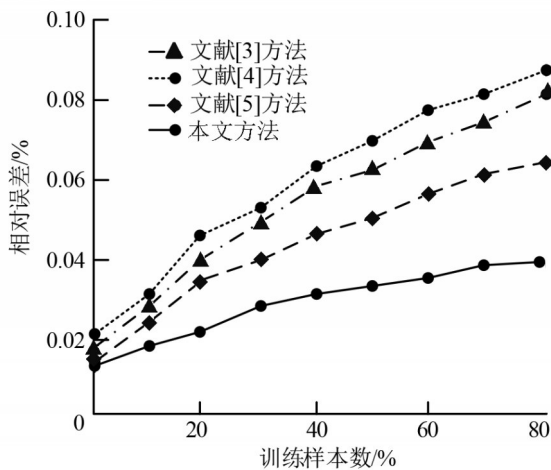


图 2 不同方法的模型评估精度对比结果

从图 2 可以看出,随着模型训练样本数量的增加,不同方法的模型评估相对误差随之增加。当模型训练样本数量为 80% 时,文献[3]方法的模型评估相对误差为 0.081%,文献[4]方法的模型评估相对误差为 0.088%,文献[5]方法的模型评估相对误差为 0.065%,而本文方法的模型评估相对误差仅为 0.040%。由此可知,本文方法的模型评估相对误差

较小,能够有效提高模型评估精度。

2.4 模型评估时间对比分析

为了进一步验证模型评估效率,将模型评估所用时间作为模型评估效率的评价指标,其模型评估所用时间越短,表明方法模型评估效率越高。分别以 10% 和 20% 测试样本作为模型输入,对本文方法、文献[3]方法、文献[4]方法和文献[5]方法的评估模型进行模型测试,得到不同方法的模型评估效率对比结果,如图 3 所示。

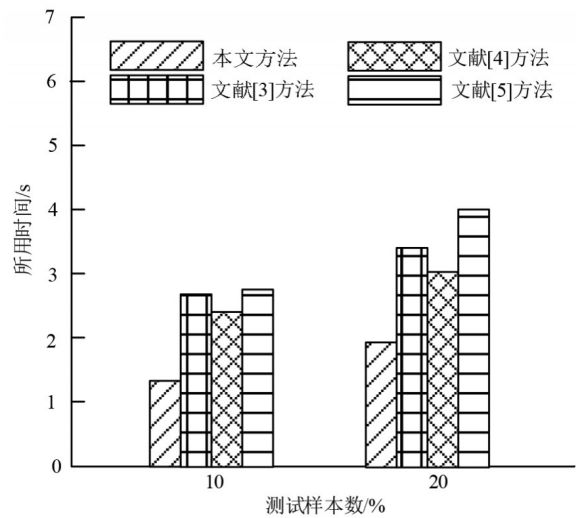


图 3 不同方法的模型评估效率对比结果

从图 3 可以看出,随着测试样本数量的增加,不同方法的模型评估所用时间随之增加。当测试样本数量为 20% 时,文献[3]方法的模型评估所用时间为 3.4 s,文献[4]方法的模型评估所用时间为 3.0 s,文献[5]方法的模型评估所用时间为 4.0 s,而本文方法的模型评估所用时间仅为 1.9 s。由此可知,本文方法的模型评估所用时间较短,能够有效提高模型评估效率。

3 结语

为了有效提高个性化体育训练效果评估精度和效率,提出了基于 GA-SVM 的个性化体育训练效果评估模型。该模型根据选取原则 2 次筛选评估指标,并进行类别和量纲统一化处理,合理选择个性化体育训练效果评估指标,从而有效减小了模型评估相对误差,提高了模型评估精度。通过 GA 优化 SVM 参数,构建个性化体育训练效果评估模型,使得训练效果评估迭代次数大大减少,提升了评估模型的运行效率,确保了评估模型的应用效果,具有广泛的应用前景。

(下转第 119 页)