



高中生体育素养提升智能指导系统开发与实验研究

黄筱君, 虞丽娟, 王嘉庆, 夏俊, 赵军民, 王杰

Development and Experimental Research on Intelligent Guidance System for High School Students' Physical Literacy Improvement

引用本文:

黄筱君, 虞丽娟, 王嘉庆, 等. 高中生体育素养提升智能指导系统开发与实验研究[J]. 上体育大学学报, 2022, 46(6): 61-71.

HUANG Xiaojun, YU Lijuan, WANG Jiaqing, et al. Development and Experimental Research on Intelligent Guidance System for High School Students' Physical Literacy Improvement[J]. *Journal of Shanghai University of Sport*, 2022, 46(6): 61-71.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.16099/j.sus.2022.03.07.0001>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

[高中生“阳光长跑”无氧阈心率强度控制干预效果](#)

Intervention Effect of Anoxic Threshold Heart Rate Intensity Control in Senior High School Students' "Sunshine Long Distance Running"
上海体育学院学报. 2020, 44(3): 84-94

[制度变迁视域下学生体育素养评价体系的公共政策历史逻辑和实践意义](#)

Historical Logic of Public Policy of Physical Literacy Assessment System and Its Practice Value for Students in the View of Institution Change
上海体育学院学报. 2021, 45(7): 67-75

[《澳大利亚体育素养标准》的框架体系、特征与启示](#)

Framework, Interpretation and Enlightenment of *Australian Physical Literacy Standard*
上海体育学院学报. 2020, 44(7): 50-58, 68

[基于AQI的中小学体育活动设计及实施建议](#)

Designs and Strategies of Physical Activities for Primary and Secondary School Students Based on AQI
上海体育学院学报. 2017, 41(1): 89-94

[中国儿童青少年体育素养测评体系的产生背景、构建应用及未来发展](#)

Background, Application and Future Development of Chinese Assessment and Evaluation of Physical Literacy for Children and Adolescents
上海体育学院学报. 2021, 45(3): 19-26

[我国城市体育智能治理系统构建与改革路径](#)

Construction and Reform Path of Urban Sports Intelligent Governance System in China
上海体育学院学报. 2021, 45(9): 12-28, 39



关注微信公众号，获得更多资讯信息

原创成果

高中生体育素养提升智能指导系统开发与实验研究

黄筱君¹,虞丽娟²,王嘉庆³,夏俊¹,赵军民⁴,王杰⁵

(1. 上海体育学院运动科学学院,上海 200438; 2. 上海市政协,上海 200041; 3. 上海大学市北附属中学 体育部,上海 200072; 4. 上海交通大学 体育系,上海 200240; 5. 上海体育学院 体育教育训练学院,上海 200438)

摘要: 在解决高中生体育素养大数据知识表示问题的基础上,构建集多源数据采集、智能分类、个性化指导、智能监测、反馈与优化为一体的体育素养提升智能指导系统,形成高中生运动科学指导的闭环。实践应用结果显示,高中生体育素养提升智能指导系统实现了学生的智能分类、运动指导方案的个性化推送与动态优化、运动状态的实时监测与反馈,可有效改善体育素养薄弱高中生的体质水平、体育技能、体育行为,为高中生体育素养提升提供新的解决方案。

关键词: 高中生;体育素养;运动指导;智能化;个性化

中图分类号: G807 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5498(2022)06-0061-11 **DOI:** [10.16099/j.sus.2022.03.07.0001](https://doi.org/10.16099/j.sus.2022.03.07.0001)

1 研究背景

2016 年,《国务院办公厅关于强化学校体育 促进学生身心健康全面发展的意见》^[1] 提出全面提高学生体育素养,开展运动项目教学,提高学生专项运动能力,运用现代化手段对体育课进行监控。体育素养相关概念及测评体系研究开始引起国内学者的关注。陈思同等^[2] 结合国内外相关研究,将体育素养界定为人类在生命过程中获得利于全人生存发展的运动要素的综合。国内部分学者开始借鉴国外成熟的体育素养评价和测评体系,并结合我国国情制定中国特色的学生体育素养测评体系,形成以体育意识、体育知识、体育行为、体育技能和体质水平为主要维度的青少年体育素养测评体系^[3]。

上海市作为国家教育改革综合示范区,率先启动了体育素养研究,大致分为 4 个阶段:第一阶段为体育素养测评的策划与建设阶段;第二阶段为体育素养评价的试点与推行阶段;第三阶段为体育素养指数提升的运动指导阶段;第四阶段为体育素养数据分析与智

慧服务阶段。前 2 个阶段主要实施以学生体育素养评价代替学生体质健康评价的改革,构建相对科学、系统的学生体育素养评价体系,并在上海进行试点应用,实现上海市学生体育素养指数 80 分的目标^[4]。第三阶段通过实施教学方法改革,实现学生体育素养的整体提升,达到体育素养指数 85 分的目标。目前较多学者以营养处方、损伤康复处方、心理指导及运动处方为主开展研究^[5],并依据不同学生体质健康状况推荐合适的运动处方,达到健康促进的目的^[6]。为达到更好的运动干预效果,部分学者提出体能训练与运动技能相结合的综合性运动干预方案^[7],并通过实验验证其有效性^[8]。虽然大部分运动干预手段对学生体质健康发挥着重要作用,但指导者与被干预对象间缺少交互,处方执行情况得不到及时反馈,过程缺乏精准运动指导,未充分考虑被干预对象的个性化特征。相关研究也开发了学生体质健康促进系统^[9]、运动处方专家系统^[10],但其干预的依据是学生的体质健康数据,未考虑学生的体育行为、体育技能等数据,未形成运动干预闭环。此外,体

收稿日期: 2022-03-07; 修回日期: 2022-05-24

基金项目: 上海市科委项目(20080502700)

第一作者简介: 黄筱君 (ORCID: 0000-0003-0137-5958),男,上海人,上海体育学院博士研究生;研究方向: 体育教育训练学, E-mail: sarangheyosky@yeah.net

通信作者简介: 王杰 (ORCID: 0000-0003-3242-7853),男,山西汾阳人,上海体育学院副教授,博士;研究方向: 信息技术在体育中的应用, E-mail: wangjie@sus.edu.cn

育素养指数排名后10%的学生尚未受到学者们的关注,该类学生的体育素养一级和二级指标得分往往低于60分,且常常被贴上肥胖、近视、无体育技能、每日活动量较少等“标签”,往往是学校和家长关注的重点。对体育素养指数较低的学生进行运动指导以提升其素养成为提高全市体育素养指数的关键点。

上海“十四五”规划提出全面推进教育数字化转型,建成信息数据库与系统平台,为全民健身提供运动指导^[11]。学生体育素养提升第四阶段的任务正是在教育数字化背景下提出的,其目标是实现学生体育素养提升的智慧化服务。但目前学生体质健康数据仍采取人工测试和表格上传的方式,数据准确性和上传即时性无法保障^[12]。部分研究^[13]探讨了基于“互联网+”和可穿戴设备的学生运动锻炼状态监控,证实了信息技术对学生体质健康的提升有较大帮助,但缺乏学生基础数据的支撑,未形成真正意义上的学生体质健康大数据。本文在知识表示的基础上,将海量的学生体育素养数据、知识库数据、规则库数据等转换成计算机可识别的语言,将学生数据与大数据平台相连,从而全方位诊断、分析学生的运动状态,最大化发挥体育素养大数据的价值,为学校体育发展提供新路径^[14]。

综上所述,学生体育素养提升相关研究主要集中在运动处方和指导方案的制定、学生体质健康提升的运动干预、学生运动过程的监测、大数据平台构建等单一方面,未针对学生体育素养提升形成闭环系统。基于教育数字化转型的时代背景,本文以智能系统理论和信息技术为支持,构建集数据采集、智能分类、个性化指导、智能监测、反馈与优化为一体的高中生体育素养提升智能指导系统,解决高中生运动过程数据自动采集、运动状态智能分析与评估、运动指导方案智能优选与自动推送等问题,从而提升运动处方执行的综合效能,实现学生体育素养提升的目标,为上海市开展群体性学生运动干预提供方法支撑。

2 高中生体育素养提升智能指导系统架构

2.1 系统技术架构

高中生体育素养提升智能指导系统技术架构可分为基础设施层、数据资源层、智能支撑层、应用层、用户层,如图1所示。

2.1.1 基础设施层

基础设施层在搭建存储、计算、网络等硬件环境

的基础上,基于虚拟技术进行资源监控、负载调控、存储优化,实现系统效能的最大化,同时通过防火墙、网关及相关软件保障系统的安全运行。

2.1.2 数据资源层

数据资源层构建涉及学生体育素养智能测试和监测等相关结构化和非结构化数据的体育素养数据湖,主要实现数据采集、数据处理分析、数据反馈和数据管理的功能。

(1)数据采集。①基于移动终端和可穿戴设备采集的实时和每日运动数据,通过建立行为数据平台,完成对学生日常运动行为数据、体育锻炼评价数据的收集和存储。②使用智能化测试设备对学生体育素养等相关阶段性数据进行采集,构建完整的数据库,并以年度为周期进行统计。

(2)数据处理分析。对不同来源、渠道、格式的原始数据进行汇聚归类、清洗与转换。同时,定位敏感信息并对数据进行漂白、变形和去隐私化等一系列脱敏操作,构建形成体育素养数据库。利用数据统计和比对分析等手段,帮助学生、教师等用户了解体育素养指数、数据特征及分布规律,为匹配合适的分类类型和指导方案提供依据。

(3)数据反馈。将不同时段监测和采集的数据进行处理与分析,通过5G技术将实时数据反馈到学生运动手环,每日数据通过移动应用反馈给学生和家长,主要包括对偏离既定目标值的预警反馈、日常数据的信息反馈和评价反馈、阶段性体育素养指数的反馈。

(4)数据管理。主要对数据的表结构信息、读写记录、权限归属和业务属性等信息进行收集和管理,通过在线应用程序接口(API)提供各种场景的数据共享服务,建立访问、存储、内容和运维四位一体的安全保障体系。

2.1.3 智能支撑层

支撑引擎是高中生体育素养提升智能指导系统的重要基础,包括检索引擎、数据分析引擎、知识表示引擎、智能推荐引擎等。①检索引擎。建立关键字及目录搜索引擎,用户可以通过关键字搜索调取与该关键字相关的所有案例信息;结合目录架构和搜索引擎,用户可以通过可视化界面进行知识信息的查询。②数据分析引擎。基于学生体育素养、运动状态采集的数据,提供数据分析引擎,为数据挖掘分析、结果输出、自动生成评估报告及可视化展示提供支撑。③知识表示引擎。



图1 高中生体育素养提升智能指导系统架构

Figure 1 Framework of intelligent guidance system for improving high school students' physical literacy

知识表示引擎将大量不同的结构化和非结构化数据表示成具有相同格式、规则统一的能够让计算机存储和识别的知识,从而提升系统的计算效率。④智能推荐引擎。在知识表示的基础上实现学生运动项目的推荐与运动指导方案的匹配:根据用户的个人信息、运动偏好等,智能推荐适合的运动项目;根据学生人群分类和运动状态监测结果,智能推荐学生个性化运动指导方案。

2.1.4 应用层

以 Web Service 为基础,提供基于互联网的“分类、指导、反馈、优化”一体的高中生体育素养提升服务。①人群分类系统智能化采集学生体育素养等指标并存入数据库,以知识表示的方式将分类指标表示为计算机可识别的语言,根据既定的分类规则对学生人群进行智能化、自动化分类和管理。②个性化运动指导系统将运动指导的内容和方案通过知识表示、推荐算法与人群分类进行个性化指导方案匹配,并呈现给

学生用户。③监测反馈与优化系统对学生运动过程进行监控和反馈,包括智能手环每日监测、数据分析与加工、数据预警与反馈、运动指导方案优化。

2.1.5 用户层

智能指导系统对各类用户群体开放使用,面向教育部门、科研人员、学校、学生和家长提供不同的用户服务。①教育部门。提供全体学生体育素养各维度整体数据汇聚总量、历年数据汇聚发展趋势,以及数据服务开展情况、数据使用效率,实现青少年体育素养的动态监测、综合评价、趋势预测。②学校。提供本校学生的体育素养总体情况分析,以及本校学生与市、区级整体水平的比对分析。通过体育教育过程的记录与监测,实现基于大数据的体育素养评价、发展趋势预测、群体分析和智能干预,促进学校青少年体育素养和体育教育效能的提升。③学生和家长。建立一生一档,全程动态记录体育素养的过程性和结果性评价数据,

实现学生体育素养大数据分析,并提供基于移动应用的个性化运动指导方案智能推送,培养学生的主动健康意识,形成日常体育锻炼习惯,提高学生体育素养水平。④科研人员。提供面向群体和个体的体育素养数据支持,为科研人员开展学生体育素养科研工作提供服务支撑,促进学生体育素养领域的研究发展。

2.2 高中生体育素养提升智能指导系统功能

高中生体育素养提升智能指导系统的功能包括高中生人群分类、个性化运动指导、运动监测反馈与优化等。

2.2.1 高中生人群分类

高中生人群分类功能包括高中生人群分类及学生体育素养评价。人群分类主要依据分类规则以及体育素养的二级和三级指标数据进行学生的分类,其中分类规则事先由人工设定。学生体育素养评价基于知识表示和评价规则对学生进行体育素养特征刻画,其中评价规则也由人工进行预先设定。

2.2.2 个性化运动指导

个性化运动指导功能包括运动项目推荐和运动指导方案匹配。运动项目推荐采用针对高中生个人运动偏好、学习经历和参与经历的混合评分的用户协同过滤推荐算法,准确推荐学生喜欢的运动项目。运动指导方案匹配将个性化运动指导方案与基于体育素养的学生人群分类进行适配,保证不同类别学生运动指导方案的个性化和科学化,做到因材施教。

2.2.3 运动监测反馈与优化

运动监测反馈与优化功能包括运动状态监测、

运动状态反馈和运动指导方案优化。①运动状态监测。使用自主开发的运动手环采集动态数据,包括心率、运动步数、睡眠时长等数据;使用自主开发的移动应用采集每日运动的主观疲劳感觉、运动评分等数据;使用智能化设备采集体育素养数据。该功能实现了各类运动数据的自动采集、流转和存储。②运动状态反馈。对采集到的实时数据、每日数据、阶段性运动数据进行处理与分析比对,通过系统服务器发送指令到移动应用和运动手环对学生运动状态进行预警和反馈,以警示和鼓励学生。③运动指导方案优化。根据学习效果、运动状态、体育素养等相关数据的反馈结果对学生指导方案进行动态调整和优化,主要解决2个问题:①“查缺补漏”,部分学生达不到预期学习效果,需要在课后“补漏”学习,系统会自动推送“补漏”方案;②“升级”,部分学生经过一段时间的运动干预后,体育素养指数发生了变化,根据分类规则判断其分类群体已经发生了变化,需要生成新的个性化运动指导方案并进行新一轮的指导、监测与反馈。

2.3 高中生体育素养提升智能指导系统运行

高中生体育素养提升智能指导系统在数据库、知识库、规则库等基础资源的支撑下,通过分析学生体育素养大数据,对学生进行科学分类、运动项目推荐,生成体能训练与体育技能相结合的运动指导方案,并基于平台进行推送,同时对学生进行运动监测、实施效果反馈、指导方案优化与再推送,形成高中生体育素养提升运动指导的闭环。系统运行流程如图2所示。

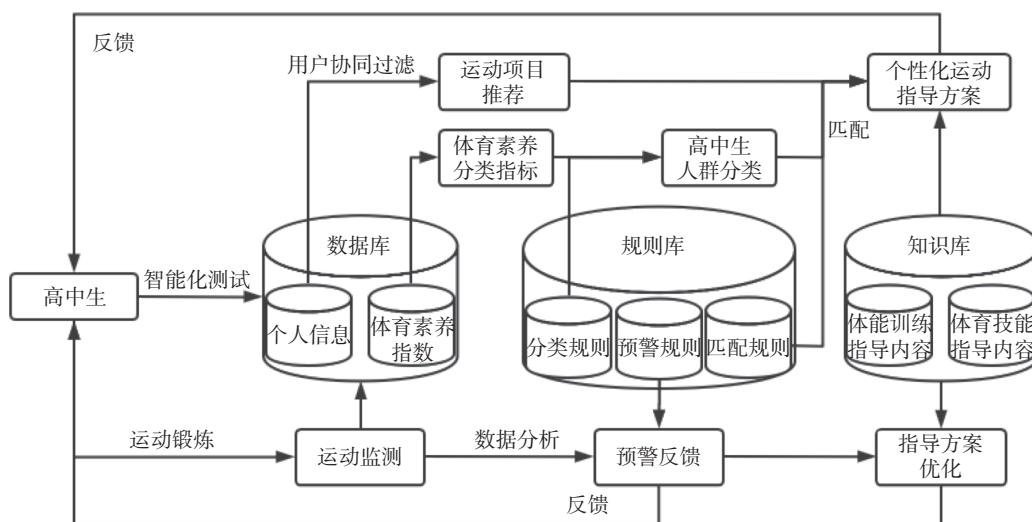


图2 高中生体育素养提升智能指导系统运行流程

Figure 2 Operation process of intelligent guidance system for improving high school students' physical literacy

2.3.1 数据基础资源

高中生体育素养提升智能指导系统包括数据库、规则库、知识库等数据基础资源。数据库管理和存储学生的原始数据,规则库基于机器自动生成,用于管理和存储分类规则、预警规则和匹配规则等,知识库用于管理和存储体能训练和体育技能训练的指导内容。

数据库是智能指导系统的关键,存储学生每年成长的所有数据:学生的基本信息以及兴趣爱好、运动习惯、伤病史等;体育素养指数中各个维度的成绩和运动监测数据,包括每次体育素养测试原始成绩和相对应的百分制成绩,这是数据库存储的主要数据;学生运动过程性数据,如每日中高强度运动时间、睡眠时间等。同时,数据库需保证数据信息的完整和准确,以便系统快速获取相关数据进行人群分类和运动项目推荐等。

知识库是运动指导的基础,存储基于专家知识的运动指导内容,包括体能训练内容、体育技能训练内容、学习课时和相应的练习方法等,以确保高中生个性化运动指导内容的科学性和有效性。在知识库的基础上,依据学生不同的不同水平,匹配不同的运动负荷、运动周期、注意事项等,满足不同类型学生的需求,形成完整、多样的个性化运动指导方案。

规则库存储限制性的条件规则,将信息表示成计算机可接受的符号描述知识和表示知识^[15]。本系统主要使用产生式知识表示法,符合人们的正向思维过程,其基本结构为: IF……, THEN……。IF是前件(antecedent),即条件部分;THEN是后件(consequence),即结果部分。规则库内含分类规则、预警规则、匹配规则:分类规则适用于学生人群分类中所选取的分类指标和分类规则比对,自动地将学生分到相应的类型;预警规则用于对运动监测数据与设置的各类数据预警值、规则进行比对,将异常数据反馈给学生;匹配规则用于将不同的运动指导方案与高中生人群类别进行匹配,生成符合学生类型特征的个性化运动指导方案。

2.3.2 高中生人群分类

高中生体育素养提升的前提是对学生特征的准确分析和精准定位,这对学生的科学分类提出了较高要求。本文提出了“自上而下、由粗到精”的分类思路。

(1)体育素养二级指标分类。高中生人群分类指标选取体育素养、体质水平、体育技能、体育行为。体育知识和体育意识为体育素养的二级指标,以理论考试评定学生成绩,可根据自身理论知识进行习题练习

以提高成绩,因此,体育知识和体育意识不作为高中生人群分类指标。另外,近些年高中生中出现了部分伤病、慢性病等患者,本文将该类伤疾病人群考虑在内。综上,高中生体育素养分类指标选取体育素养、体质水平、体育技能、体育行为和伤疾病。

高中生人群分类使用产生式规则表示,其知识表示为 STUDENT={C, SL, PF, MSS, BPA, DOI}, 其中,C 为学生唯一表示的学籍号,SL 为体育素养,PF 为体质水平,MSS 为体育技能,BPA 为体育行为,DOI 为伤疾病。由于分数是区间数据,需要设置数据的上限和下限,分数不会为负数,下限为 0,体质水平成绩有附加分,上限为 120,其余指标上限为 100。SL={Good, Middle, Weak}, Good ∈ [80, 100], Middle ∈ [60, 80], Weak ∈ [0, 60], 分类系统中分别对应学生体育素养优良(G)、及格(M)、不及格(W)。PF={Good, Middle, Weak}, Good ∈ [80, 120], Middle ∈ [60, 80], Weak ∈ [0, 60], 分类系统中分别对应学生体质水平优良(G)、及格(M)、不及格(W)。MSS={EVE, Level 0, Level 1, Level 2, Level 3}, 分类系统中分别对应学生参与测试的运动项目、无运动技能(0)、1 级、2 级、3 级。BPA={Good, Weak}, Good ∈ [60, 100], Weak ∈ [0, 60], 分类系统中分别对应学生体育行为及格(G)、不及格(W)。DOI={Disease or Injury, None}, 分类系统中分别对应学生有伤疾病(D)和无伤疾病(N)。

依照上述基于体育素养的高中生人群分类标准,可自动将高中生分为 73 类(表 1),患有伤疾病学生分为一类且不考虑其他分类指标(NaN),每类使用标志代码储存在系统中,可自动、直观地呈现学生的类型,便于有针对性地对各类学生进行个性化运动指导。

表 1 高中生体育素养提升人群分类
Table 1 Classification of physical literacy of high school students

| 分类ID | 伤疾病 | 体育素养 | 体育行为 | 体质水平 | 体育技能 | 分类标志 |
|------|-----|------|------|------|------|-------|
| 1 | D | NaN | NaN | NaN | NaN | DNaN |
| 2 | N | G | G | G | 3 | NGGG3 |
| 3 | N | G | G | G | 2 | NGGG2 |
| 4 | N | G | G | G | 1 | NGGG1 |
| * | * | * | * | * | * | * |
| 71 | N | W | W | W | 2 | NWWW2 |
| 72 | N | W | W | W | 1 | NWWW1 |
| 73 | N | W | W | W | 0 | NWWW0 |

注: *表示省略的分类。

(2)体育素养三级指标分类。高中生人群的三级指标分类主要考虑体育素养中体质水平和体育技能2个指标的三级分类指标。体质水平成绩参照《国家学生体质健康标准》(以下简称《标准》),包括身体素质、身体机能、身体形态。身体形态以身体质量指数(BMI)表示,计算公式为 $BMI = \text{体质量(kg)} / \text{身高}^2 (\text{m}^2)$ 。身体素质通过5项测试衡量,包括50 m跑、800 m跑(女)/1000 m跑(男)、立定跳远、坐位体前屈、1 min仰卧起坐(女)/引体向上(男),每个测试项目根据实际测试成绩赋予一个分值。身体机能以肺活量评价其心肺功能,这在评价心肺耐力的800 m跑/1000 m跑中已涵盖,故在体质水平三级指标分类中不予考虑。

基于体质水平的高中生人群分类指标知识表示为 $\text{STUDENT_PF} = \{\text{SR}, \text{LR}, \text{SLJ}, \text{SAR}, \text{SPU}, \text{BMI}\}$, 其中, SR为50 m跑, LR为800 m跑/1000 m跑, SLJ为立定跳远, SAR为坐位体前屈, SPU为1 min仰卧起坐/引体向上, BMI为身体质量指数。体质水平中身体素质成绩评分参照《标准》,设置数据的下限为0,上限为100。使用产生式规则推理得出,以50 m跑为例, $\text{SR} = \{\text{Good}, \text{Weak}\}$, $\text{Good} \in [60, 100]$, $\text{Weak} \in [0, 60]$, 分类系统中分别对应学生及格(G)和不及格(W)。 $\text{BMI} = \{\text{Fat}, \text{Slim}, \text{Normal}\}$, 不同年龄和性别的值不同, 分类系统中分别对应学生身体形态超重肥胖(F)、偏瘦(S)和正常(N)。由于学生身体素质和身体形态的差异性,每项成绩大不相同,可将学生分成96类(表2)。

表2 高生体质水平分类

Table 2 Classification of physical fitness of high school students

| 分类ID | BMI | SR | LR | SLJ | SAR | SPU | 分类标志 |
|------|-----|----|----|-----|-----|-----|---------|
| 1 | F | G | G | G | G | G | FGGGGG |
| 2 | F | G | G | G | G | W | FGGGGW |
| 3 | F | G | G | G | W | G | FGGGWG |
| 4 | F | G | G | G | W | W | FGGGWW |
| * | * | * | * | * | * | * | * |
| 94 | N | W | W | W | G | W | NWWWWG |
| 95 | N | W | W | W | W | G | NWWWWWG |
| 96 | N | W | W | W | W | W | NWWWWW |

注: *表示省略的分类。

体育技能分类参照《青少年运动技能等级标准》,每个等级成绩评定由若干考核科目或考核技术组成。以足球运动为例,足球运动技能测试项目为快速运球、

传接球、运球绕障碍、射门完成的总时间。基于体育技能的高中生人群分类知识表示为 $\text{STUDENT_MSS} = \{\text{SJ1}, \text{SJ2}, \text{SJ3}, \text{SJ4}\}$, 其中, SJ1为快速运球, SJ2为传接球, SJ3为运球绕障碍, SJ4为射门。所有成绩以百分制设置下限为0,上限为100。以技术一为例, $\text{SJ1} = \{\text{Good}, \text{Weak}\}$, $\text{Weak} \in [0, 60]$, $\text{Good} \in [60, 100]$, 分类系统中分别对应学生该项目良好(G)、薄弱(W)。由于学生差异性,每项技术评分略有不同,可分成16类(表3)。

表3 高生体育技能分类

Table 3 Classification of sports skill of high school students

| 分类ID | 技术一 | 技术二 | 技术三 | 技术四 | 分类标志 |
|------|-----|-----|-----|-----|------|
| 1 | G | G | G | G | GGGG |
| 2 | G | G | G | W | GGGW |
| 3 | G | G | W | G | GGWG |
| 4 | G | G | W | W | GGWW |
| * | * | * | * | * | * |
| 14 | W | W | G | W | WWGW |
| 15 | W | W | W | G | WWWG |
| 16 | W | W | W | W | WWWW |

注: *表示省略的分类。

2.3.3 高生个性化运动指导

高中生个性化运动指导包含运动项目推荐、体育技能与体能训练运动指导方案的生成。运动项目推荐基于混合评分矩阵与用户协同过滤推荐算法。体育技能与体能训练指导方案基于学生分类及相应项目的练习流程进行设计。

(1)运动项目推荐。《上海市体育发展“十四五”规划》^[16]要求青少年掌握至少2项运动技能,科学且合理地选择运动项目,对学生通过体育技能测试至关重要。传统用户协同过滤推荐算法只考虑学生的运动兴趣,无法满足学生项目推荐的要求。

用户协同过滤推荐算法是一种经典的用户-项目推荐算法,应用最为广泛。本文以此为框架构建运动项目推荐方式^[17],提出将学习矩阵和参与矩阵纳入评分矩阵计算,形成基于兴趣矩阵、学习矩阵和参与矩阵3个联合矩阵的协同过滤推荐方式。评分矩阵rate为:

$$\text{rate} = w_1 X_1 + w_2 X_2 + (1 - w_1 - w_2) X_3 \quad (1)$$

其中, w_1 、 w_2 是权重因子,考虑到兴趣的重要作用,兴

趣矩阵分配权重占 0.5, 学习因素体现学生体育技能的学习经历, 因此也比较重要, 分配权重占 0.35, 参与运动的经历矩阵分配权重占 0.15。设定 $w_1 = 0.5$, $w_2 = 0.35$, 最终评分矩阵为:

$$\text{rate} = 0.5X_1 + 0.35X_2 + 0.15X_3 \quad (2)$$

根据此评分矩阵进行协同过滤推荐^[18], rate 矩阵的形式为:

$$\text{rate} = \begin{bmatrix} r_{1,1} & \cdots & r_{1,n} \\ \vdots & & \vdots \\ r_{m,1} & \cdots & r_{m,n} \end{bmatrix} \quad (3)$$

利用 Jaccard 算法计算学生评分矩阵的相似度:

$$\text{sim}(a, b) = \frac{|N(a) \cap N(b)|}{|N(a) \cup N(b)|} \quad (4)$$

其中, $N(a)$ 代表学生 a 的运动项目评分, $N(b)$ 代表学生 b 的运动项目评分^[19]。

评分相似的学生具有相同的运动偏好, 这是基于学生的协同过滤算法的基本假设^[20]。其原理是 2 个学生运动偏好相似, 其中一名学生适合的运动项目, 另一名学生也有可能适合。

协同过滤算法可分为三部分: ①根据评分矩阵计算目标学生(待推荐学生 a)和其他学生之间的相似度; ②找出与目标学生相似度最高的前 k 个学生 N_k ; ③根据前 k 个学生评分集合 N_k 对于所有运动项目的评分, 预测目标学生对于运动项目的评分。预测评分计算公式^[21]如下:

$$P_{a,i} = \frac{1}{k} \sum_{b \in N_k \cap N(i)} \text{sim}(a, b) \text{rate}_{bi} \quad (5)$$

至此得到了新学生对于运动项目的评价矩阵 P , 可以按照评分对所有运动项目进行排序, 将评分较高的运动项目推荐给相应的学生, 经验证, 此算法具有非常好的推荐效果。

(2) 体育技能指导方案。针对不同高中生体育技能的差异, 推荐个性化的体育技能指导方案。高中生体育技能指导方案的知识表示为 $\text{Plan_MSS} = \{\text{EVE}, \text{OBJ}, \text{NUM}, \text{CON}, \text{PUR}, \text{ITS}, \text{TIM}, \text{ITM}, \text{FRE}, \text{PER}, \text{ATT}\}$, 其中, EVE 为运动项目(学生运动技能学习项目), OBJ 为适用对象(未通过运动技能等级测试的高中生), NUM 为方案编号(每个方案有特定编号), CON 为训练内容(针对每项运动制订的训练计划), PUR 为运动目的(提升某项体育技能并通过等级考试), ITS 为运动强度($60\% \sim 80\% \text{HR}_{\max}$ 的中高强度),

TIM 为运动量(持续运动时间或组数), ITM 为间歇时间(组间休息时间), FRE 为运动频率(每周运动的次数), PER 为运动周期(系统推荐的学习课时), ATT 为注意事项(运动中各环节的注意点)。

由于每个学生的运动能力不同, 体育技能各项技术水平和成绩有所差异, 因此指导方案中的学习课时略有不同。以足球运动技能等级测试 1~3 级标准为例, 其包含快速运球、传接球、运球绕障碍、射门 4 个技术动作。体育技能运动周期是 4 个技术学习课时的综合, $\text{PER_MSS} = \{\text{SJ1}_n, \text{SJ2}_n, \text{SJ3}_n, \text{SJ4}_n\}, n \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ 。以技术一为例: 对于运动技能等级测试科目或技术动作评分合格的学生 ($\text{SJ1} \in [60, 100]$), 系统推荐方案 SJ11、SJ13、SJ15, 分别对应 1~3 级; 对于运动技能等级测试科目或技术动作评分不合格的学生 ($\text{SJ1} \in [0, 60]$), 系统推荐方案 SJ12、SJ14、SJ16。

(3) 体能训练指导方案。高中生体能训练指导方案包含《标准》中身体素质测试项目所对应的力量、速度、速度力量、柔韧、耐力素质、身体形态等训练内容, 以改善身体形态为优先原则, 循序渐进地发展各薄弱项身体素质, 例如, 超重肥胖高中生优先进行有氧耐力训练, 偏瘦学生优先进行力量训练。

高中生体能训练指导方案的知识表示为 $\text{Plan_PF} = \{\text{PUR}, \text{OBJ}, \text{NUM}, \text{CON}, \text{ITS}, \text{TIM}, \text{ITM}, \text{FRE}, \text{PER}, \text{ATT}\}$, 其中, PUR 为运动目的(体质水平成绩的提升), OBJ 为适用对象(全市高中生), NUM 为方案编号, CON 为训练内容, ITS 为运动强度($60\% \sim 80\% \text{HR}_{\max}$ 的中高强度), TIM 为运动量, ITM 为间歇时间, FRE 为运动频率, PER 为运动周期(通常为 8~16 周), ATT 为注意事项。

由于每名学生的身体素质和测试成绩不尽相同, 因此在制定指导方案时, 不同的学生采用不同的体能训练运动量和频率。其知识表示为 $\text{TIM_PF} = \{\text{SPU}_n, \text{SR}_n, \text{LR}_n, \text{SAR}_n, \text{SLJ}_n\}, n \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$, 其中, SPU 为力量训练, SR 为速度训练, LR 为耐力训练, SAR 为柔韧训练, SLJ 为速度力量训练。方案 1 为体质水平优良、单项及格, 方案 2 为体质水平及格、单项及格, 方案 3 为体质水平及格或优良、单项不及格, 方案 4 为体质水平不及格、单项及格, 方案 5 为体质水平不及格、单项不及格。以改善身体形态为优先原则, 超重肥胖高中生优先进行有氧耐力训练, 即体能训练指导方案为 LR5 和其他 4 项体能训练指导方案的综合; 偏瘦学

生优先进行力量训练,即体能训练指导方案为SPU5和其他4项体能训练指导方案的综合。每项身体素质对应5类指导方案,高中生体能训练指导方案共计3125类。

(4)个性化运动指导方案匹配。将高中生人群分类与体育技能、体能训练指导方案进行匹配,假设第 k 条规则的条件项为 Z_{1bk} 、 Z_{2bk} …… Z_{nbk} ,结论为 X_k ,CF为0.8,则高中生个性化运动指导方案规则的知识表示^[22]:

$$Y_k : \text{OR}_{a=1}^n (\text{AND}_{b=1}^m Z_{abk}) \rightarrow X_k (\text{FM}, \text{CF}) \quad (6)$$

其中, $a>1$, $b>1$, $k=1, 2, \dots, r$, Y_k 表示第 k 条规则, X_k 表示第 k 条规则的结论, Z_{abk} 表示第 k 条规则的条件项,FM表示来源,CF表示置信度。

以高二年级男生为例,由产生式规则推得高中生某人群分类的知识表示如下: IF C=00001, AND SL=55, AND DOI=NONE, AND PF=50, AND EVE=FOOTBALL, AND LEVEL=0, AND BPA=40, THEN STUDENT=NWWW0, 即该高二男生群体体育素养与体质水平薄弱、运动少、无技能(FM=体育素养); IF STUDENT=NWWW0, AND PF=50, AND SR=70, AND SLJ=30, AND SPU=0, AND SAR=60, AND LR=20, AND BMI=30.1, THEN STUDENT_PF=FMWWMW, 即该高二超重肥胖男生群体体质水平低(力量、耐力和速度力量素质弱,速度、柔韧素质中等,FM=体质水平); IF STUDENT=NWWW0, AND EVE=FOOTBALL, AND LEVEL=0, AND SJ1=30, AND SJ2=30, AND SJ3=40, AND SJ4=40, THEN STUDENT_MSS=WWWW, 即该高二男生群体无足球技能且4项技术均弱(FM=体育技能)。

已知高中生人群智能分类,可以直接由产生式规则推得高中生个性化运动指导方案,其知识表示如下: IF STUDENT=NWWW0, AND STUDENT_PF=FMWWMW, AND STUDENT_MSS=WWWW, THEN PLAN_PF=SR4, SLJ5, SPU5, SAR4, LR5, AND PLAN_MSS=SJ12, SJ22, SJ32, SJ42(FM=个性化运动指导方案)。

2.3.4 高中生运动监测反馈与优化

高中生运动智能监测反馈由运动手环、移动应用、智能化测试设备和系统服务器四部分共同完成。反馈机制包括获取监测数据、监测数据与预警值比

对、计算数据偏差、实施反馈。

(1)实时运动数据监测反馈。主要在运动期间使用运动手环对心率、体温、血压进行反馈,保证运动中各项指标在安全区间内,体温预警值为37.5℃,心率预警值为≤50%HR_{max}或≥90%HR_{max},血压预警值为收缩压≥140 mmHg或舒张压≥90 mmHg。

(2)每日运动数据监测反馈。通过运动手环采集运动数据,分析中高强度运动时间、运动步数、睡眠时间等。中高强度运动时间预警值为60 min/d,运动步数预警值为9000步/d,睡眠时间预警值为8 h。此外,每日运动数据反馈也包括高中生和教师的主动反馈。高中生通过移动应用,填写一日三餐的摄入食物名称和质量,系统服务器计算每天摄入热量值(kcal);并对主观疲劳感觉进行反馈,预警值为RPE<10、RPE>17。教师使用移动应用对学生体能训练、体育技能学习中各个技术进行评分。学生体能训练和体育技能评分预警值为60分,当学生评分低于60分时,移动应用界面会附上课后运动指导方案。

(3)阶段性运动数据监测反馈。主要针对高中生接受一段时间的科学运动指导后最新的体育素养指数、体质水平成绩、体育技能成绩、体育行为成绩、体育意识成绩、体育知识成绩等进行反馈,每项成绩与上一次成绩比对,通过移动应用呈现。

(4)高中生运动指导方案优化。包括阶段性的个性化运动指导方案优化和课后运动指导方案调整。阶段性的个性化运动指导方案优化指学生经过一段时间的运动干预,体育素养指数发生变化而进行新的高中生人群分类,针对新的人群类别,系统自动适配对应的体能训练和体育技能的个性化运动指导方案,使学生循环递进,不断挑战新目标,达到体育素养指数85分的目标。课后运动指导方案调整指教师依据每个课次学生运动锻炼表现,使用系统服务对其进行评价反馈。基于对学生体育技能和身体素质的评价,系统服务器自动识别、推送课后运动指导方案,包括某项体育技能和体能训练的指导内容和教学视频,学生需要在课后完成运动锻炼并在移动应用中“打卡”和上传训练视频。

3 高中生体育素养提升智能指导系统的应用

3.1 对象选取

为验证高中生体育素养提升智能指导系统的可行性,以上海市学生体育素养数据为基础,在上海市中心

城区随机抽取1所公办高中的高二年级学生共382名,选择其中体育素养指数后10%的学生38名作为调查与测试对象,发放《高中生日常运动情况》问卷进行调查,并通过用户协同过滤算法推荐合适的运动项目。经高中生人群智能分类系统筛选出分类特征相似的12名男生,进行青少年足球运动技能等级1级测试。该类学生的特点为体育素养不及格、体质水平不及格、体育技能不及格、体育行为不及格、BMI超重或肥胖、年龄为15~17岁、近3个月内无运动损伤和重大疾病,运动项目推荐为足球运动。该类高中生人群分类标志为“NWWWW0”,即体育素养弱的超重或肥胖男生,平时运动较少、体质弱、无足球运动技能。在实验前告知受试者及其家长实验内容和方案,并签署知情同意书。

3.2 运动指导方案设计

在日常体育课中对12名学生实施智能指导系统支持下的运动干预,考虑到该类学生无足球体育技能、身体形态超重或肥胖,运动指导方案采用足球运动技能学习结合有氧运动的方式,其余身体素质的体能训练指导方案由学生课后自行完成。体育课程内容:准备部分(8 min)以训练球性、球感为主;基本部分(67 min)包括足球运动技能学习(55 min)和有氧运动(12 min);结束部分(5 min)进行全身拉伸放松。每节课的运动强度参照教学要求规定,平均心率控制在140~160次/min^[23]。学生佩戴运动手环,对运动锻炼过程中的心率、中高强度运动时间、运动步数、睡眠时间进行实时监测和预警反馈。另外,学生使用移动应

用在运动锻炼后填写主观疲劳感觉量表。教师在每次课后使用移动应用对学生进行体能训练和体育技能评分,对低于预警值的学生发送课后指导方案,并要求学生课后完成且进行视频打卡。

受试者在实验前后进行体育素养测试,且在熟悉所有测试过程并练习后开始测试,以确保结果准确。受试者具有统一的锻炼时间,运动指导的时间为8周,每周2次,每次80 min。技能学习部分均由专业足球教练员设计与教学,除生病、急性损伤等特殊情况外不可缺席。同时,学校将本期足球运动技能学习效果作为体育成绩考核标准之一。

3.3 智能指导系统对高中生体育素养的提升效果

智能指导系统下个性化运动指导对高中生体质水平的提升效果明显(表4)。BMI、1 000 m跑成绩的提高最明显,且存在显著性差异($P<0.01$),肺活量、50 m跑、立定跳远成绩的提高也存在显著性差异($P<0.05$),坐位体前屈和引体向上成绩虽然有所提高但不存在显著性差异($P>0.05$)。坐位体前屈反映髋关节柔韧性,超重或肥胖高中生因体内脂肪堆积较多造成髋关节活动受限,8周个性化运动指导虽对柔韧性有所改善,但显著性提高需要更多时间。引体向上成绩的提高不明显,因为超重肥胖学生自身体质量较大,导致相对力量较小,成绩的提升需要加强自身力量、减轻体质量。智能指导系统下个性化运动指导方案可实现“对症下药”,同时通过运动手环的监测与反馈,引起学生的警觉,不断督促学生在运动锻炼时保持较长时间的中高强度运动。

表4 智能指导系统对高中生体质水平的提升效果($M\pm SD$)

Table 4 The improvement effect of intelligent guidance system on high school students' physical fitness

| 类别 | 身高/cm | 体质量/kg | BMI | 肺活量/mL | 50 m跑/s | 1 000 m跑/s | 坐位体前屈/cm | 引体向上/个 | 立定跳远/cm |
|-----|-------------|-------------|--------------|------------------|------------|----------------|-----------|-----------|---------------|
| 实验前 | 176.00±5.79 | 94.25±14.73 | 30.43±3.96 | 4 105.07±567.21 | 8.13±1.17 | 349.79±52.84 | 3.05±4.40 | 0.5±0.87 | 186.36±25.12 |
| 实验后 | 176.74±6.36 | 93.37±14.90 | 29.89±4.04** | 4 289.71±635.86* | 7.69±0.59* | 307.83±46.64** | 4.50±5.64 | 1.33±1.75 | 194.57±25.57* |

注:实验前后存在显著性差异,*表示 $P<0.05$,**表示 $P<0.01$ 。

在智能指导系统下个性化运动指导对高中生体育知识和体育意识的提升效果不明显($P>0.05$),对体育行为(平均每日中高强度运动时间)和体育技能(足球运动技能等级测试完成时间)的提升效果明显($P<0.01$)(表5)。体育知识包括体育营养、保健、安全等方面,其提高需要通过相应的传授和讲解,依靠运动指导无法大幅提升体育知识的综合成绩。体育意识指学生自主参

与体育活动的意识,可在运动中不断增强^[24]。学生体育行为(每日中高强度运动时间)的提高需要长时间进行中高强度的运动锻炼,8周的个性化运动指导虽然短期内改善了学生的体育行为,但距离达到每日60 min中高强度运动时间仍有差距。反馈是除练习外对运动技能学习影响最大的因素^[25],指导系统实现了学生体育技能学习的智能反馈,显著提升了其体育技能水平。

表 5 智能指导系统对高中生体育技能、体育知识、体育意识及体育行为的提升效果($M\pm SD$)

Table 5 The improvement effect of intelligent guidance system on high school students' sports skill, knowledge, awareness and behavior

| 类别 | 体育技能/s | 体育知识/分 | 体育意识/分 | 体育行为/min |
|-----|--------------|-------------|-------------|--------------|
| 实验前 | 26.72±6.62 | 88.14±13.50 | 79.64±14.48 | 26.84±7.24 |
| 实验后 | 16.20±1.94** | 91.00±10.70 | 83.21±11.02 | 37.95±5.66** |

注:实验前后存在显著性差异,*表示 $P<0.05$,**表示 $P<0.01$ 。

4 结论

本文基于基础设施层、数据资源层、智能支撑层、应用层、用户层的技术架构,使用知识表示的方式将大数据转换成计算机可识别和处理的内容,开发了高中生体育素养提升智能指导系统。该系统实现了基于体育素养指数的学生人群科学分类、学生运动指导方案的个性化精选及推送等功能,有助于“因材施教”和“对症下药”。该系统可自动监测学生运动状态,智能分析学生的运动量及强度,实现学生运动状态的实时预警与反馈及运动指导方案的优化,可有效提升高中生的体育素养水平。建议教育部门延伸“学生体育素养大数据平台”的功能,构建体能与技能相融合的运动指导方案库,使用智能指导系统对高中生进行运动指导,切实提升学生的体育素养水平。

作者贡献声明:

黄筱君:撰写、修改论文;
虞丽娟:提出论文主题,指导论文;
王嘉庆、赵军民:设计实验,采集统计数据;
夏俊:调研文献,指导论文;
王杰:提出论文主题,设计论文框架。

参考文献

- [1] 国务院办公厅关于强化学校体育促进学生身心健康全面发展的意见 [EB/OL]. [2022-02-06]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-05/06/content_5070778.htm
- [2] 陈思同,刘阳,唐炎,等.对我国体育素养概念的理解:基
于对Physical Literacy的解读 [J]. 体育科学, 2017, 37(6):
41-51
- [3] 刘阳,陈思同,唐炎,等.中国儿童青少年体育素养测评体系的产生背景、构建应用及未来发展 [J]. 上海体育学院学报, 2021, 45(3): 19-26
- [4] 上海教育.上海市学生体育素养评价体系发布 [EB/OL]. [2022-02-08]. http://edu.sh.gov.cn/xwzx_bsxw/20210608/42545861ae1f4f4ca8f350ad7b3c39e1.html
- [5] 杨敬暖,刘元田.科学健身与健康促进指导系统方案设计研究 [J]. 山东体育科技, 2014, 36(3): 100-103
- [6] 胡世平.基于机器学习的大学生体质健康的运动处方智能推荐研究 [D]. 成都: 西华大学, 2021: 57
- [7] 于少勇,马江依雯.以运动技能和体能提升为核心的大学体育教学分析与实践 [J]. 体育世界(学术版), 2018(6): 187-188
- [8] 杨树叶,刘立清.跆拳道有氧训练对儿童有氧适能影响的研究 [J]. 广州体育学院学报, 2016, 36(4): 109-113
- [9] 彭晓红.大学生体质健康促进系统的设计研究 [D]. 武汉: 武汉体育学院, 2021: 45-61
- [10] 蒋立兵,刘小乐.大学生肥胖测量诊断与运动处方专家系统设计 [J]. 南京体育学院学报(自然科学版), 2012, 11(5): 31-33, 55
- [11] 上海市人民政府办公厅关于印发《上海市全面推进城市数字化转型“十四五”规划》的通知 [EB/OL]. [2022-02-25]. <https://www.shanghai.gov.cn/nw12344/20211027/6517c7fd7b804553a37c1165f0ff6ee4.html>
- [12] 毛振明,叶玲,丁天翠,等.“三精准”视域下新时代学校体育大面积大幅度提升学生体质干预策略研究 [J]. 天津体育学院学报, 2022, 37(2): 125-130
- [13] 尹忠根,杨宗友,李采丰.基于“互联网+”的大学体育课内外健康数据一体化实践研究 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2020, 45(4): 108-114
- [14] 张丽军,孙有平.大数据时代青少年体质健康促进的现实困境、路径探寻与未来展望 [J]. 沈阳体育学院学报, 2020, 39(4): 1-8
- [15] VILORIA A, LEZAMA O B P. An intelligent approach for the design and development of a personalized system of knowledge representation [J]. Procedia Computer Science, 2019, 151: 1225-1230
- [16] 上海市人民政府办公厅关于印发《上海市体育发展“十四五”规划》的通知 [EB/OL]. [2022-02-17]. <https://www.shanghai.gov.cn/hfbf2021/20210913/9293b6c37cae415aa87ec159f517d79a.html>
- [17] 何明,孙望,肖润,等.一种融合聚类与用户兴趣偏好的协同过滤推荐算法 [J]. 计算机科学, 2017, 44(S2): 391-396
- [18] 王永贵,刘凯奇.一种优化聚类的协同过滤推荐算法 [J]. 计算机工程与应用, 2020, 56(15): 66-73
- [19] 蒋明,方圆.Jaccard改进算法在用户实体行为分析分组异常检测中的应用 [J]. 计算机应用与软件, 2022, 39(2): 337-340, 349

- [20] 王聪英. 基于协同过滤的个性化推荐算法[D]. 焦作: 河南理工大学, 2020: 13-17
- [21] 麻天, 余本国, 张静, 等. 基于混合聚类与融合用户兴趣的协同过滤推荐算法[J]. 电子技术应用, 2022, 48(4): 29-33
- [22] 孟宪明. 基于数据挖掘的隔网对抗项目技战术智能决策支持系统研究[D]. 上海: 同济大学, 2010: 18-30
- [23] 刘晋. 体育课堂教学中如何达到适宜的运动负荷[J]. 中国学校体育, 2016(10): 17-19
- [24] 刘海燕. 我国部分城市中小学生体育素养特征研究[J]. 沈阳体育学院学报, 2016, 35(1): 103-108
- [25] 李乐. 运动技能学习过程中的社会反馈与自我反馈的相互作用研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2013: 1

Development and Experimental Research on Intelligent Guidance System for High School Students' Physical Literacy Improvement

HUANG Xiaojun¹, YU Lijuan², WANG Jiaqing³, XIA Jun¹, ZHAO Junmin⁴, WANG Jie⁵

Abstract: The big data knowledge representation of high school students' physical literacy is solved, an intelligent guidance system is constructed for physical literacy improvement that integrates multi-source data collection, intelligent classification, personalized guidance, feedback and optimization, and the closed loop of scientific guidance for high school students is realized. The practical application shows that this system realizes the smart classification of students, pushes and optimizes personalized sports guidance program, and monitors real-time exercise status. It is proved that the system effectively improves high school students with weak physical literacy in the physical fitness, sports skills and sports behavior, providing a new solution to high school students' physical literacy improvement.

Keywords: high school student; physical literacy; exercise guidance; intelligence; individualization

Authors' addresses: 1. School of Kinesiology, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China; 2. Shanghai CPPCC, Shanghai 200041, China; 3. Department of Physical Education, Shibei Affiliated Middle School of Shanghai University, Shanghai 200072, China; 4. Department of Physical Education, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China; 5. School of Physical Education and Training, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China