



数智赋能体育创新应用与发展

——第14届国际体育计算机科学研讨会综述

孔祥申,储向童,高 晗,张 辉*

摘要:第14届国际体育计算机科学研讨会于2023年9月27日—30日在浙江大学教育学院成功举行,汇聚了来自德国、奥地利、西班牙、瑞士、土耳其、爱尔兰、韩国、日本、新加坡、澳大利亚和中国的35所大学和科研机构,近百名专家、学者和学生,共同探索体育科学与计算机科学等多学科的交叉研究。会议精选了67篇论文、5个主旨报告和2个工作坊,包括体育领域中的机器学习、计算机视觉、数据挖掘、模式识别、数据库、大数据、建模与预测、传感器,以及球类、田径、跆拳道、射箭等比赛数据和运动表现分析等主题。这些研究为体育科学领域带来了崭新的见解,展现了多学科、跨领域合作研究的重要性及发展潜力。

关键词:国际体育计算机科学研讨会;机器学习;计算机视觉;数据挖掘;模式识别;虚拟现实;建模与预测;运动表现分析

中图分类号:G80-05 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2023)06-0020-07

DOI:10.12064/ssr.2023102101

The Innovative Application and Development of Digital Intelligence Empowers Sports

--Overview of the 14th International Symposium on Computer Science in Sport

KONG Xiangshen, CHU Xiangtong, GAO Han, ZHANG Hui*

(Department of Sport Science, College of Education, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

Abstract: The 14th International Symposium on Computer Science in Sport was successfully held in College of Education, Zhejiang University from September 27 to 30, 2023. Nearly a hundred experts, scholars, and students from 35 universities and research institutions in Germany, Austria, Spain, Switzerland, Turkey, Ireland, South Korea, Japan, Singapore, Australia, and China brought together to explore interdisciplinary research in sports science and computer science. The conference featured 67 selected papers, 5 keynote presentations, and 2 workshops encompassing various cross-disciplinary areas in sports science, computer science, and related fields. These areas included machine learning, computer vision, data mining, pattern recognition, databases, big data, modeling and prediction, sensors, and the analysis of game data and sports performance such as ball games, athletics, taekwondo, archery, and more. These research endeavors have provided fresh insights and solutions to the field of sports science, demonstrating the importance and potential for interdisciplinary and cross-disciplinary collaborative research.

Keywords: International Symposium on Computer Science in Sport; machine learning; computer vision; data mining; pattern recognition; virtual reality; modeling and prediction; sports performance analysis

1 国际体育计算机科学研讨会简介

国际体育计算机科学研讨会是由国际体育计算机科学协会(International Association of Computer Science in Sport, IACSS)主办的每两年一次的学术

大会,旨在促进体育学科与计算机相关学科的交叉融合与发展,为相关领域的专家、学者和学生分享与展示体育领域中计算机及相关科学与技术应用的最新研究成果,提供一个高质量的全球性平台。

第1届国际体育计算机科学研讨会于1997年

收稿日期:2023-10-21

基金项目:浙江大学教育基金会沈善洪基金;中央高校基本科研业务费专项资金;浙江大学教育学院数字体育与健康研究所。

第一作者简介:孔祥申,男,硕士研究生。主要研究方向:篮球比赛数据分析理论与方法。E-mail:22103053@zju.edu.cn。

*通信作者简介:张辉,男,博士,教授,博士生导师。主要研究方向:体育比赛数据分析。E-mail:zhang_hui@zju.edu.cn。

作者单位:浙江大学 教育学院 体育学系,浙江 杭州,310058。



在德国科隆召开,其后分别在维也纳(1999年)、卡迪夫(2001年)、巴塞罗那(2003年)、赫瓦尔(2005年)、卡尔加里(2007年)、堪培拉(2009年)、上海(2011年)、伊斯坦布尔(2013年)、拉夫堡(2015年)、康斯坦茨(2017年)、莫斯科(2019年)、维也纳(2022年,因为疫情推迟一年)成功举行,并出版了 *Advances in Intelligent Systems and Computing* 系列丛书的会议论文集,标志着全球范围内计算机及相关学科的理论与技术 在体育领域的研究、应用与实践取得了长足的进步与发展。

2023年9月27日—30日,第14届国际体育计算机科学研讨会在浙江大学教育学院举办。来自35所大学和科研机构的近百名专家、学者和学生进行学术交流与互动,通过主旨演讲、专题报告和工作坊等多种形式,分享了最新研究成果、创新想法和实践经验,为推动国际体育计算机科学领域的发展贡献了重要的思想。

2 计算机科学与体育科学的融合和发展

本次研讨会聚焦机器学习、计算机视觉、数据挖掘、虚拟现实(Virtual Reality, VR)、大数据等技术在体育领域应用的核心前沿议题,与会者分享在运动训练与竞赛、体育教育与健康、器材装备与创新等多个领域所取得的最新成果与应用,探讨目前所面临的新的挑战,提出了未来研究的方向和实际应用的建议。

2.1 机器学习在体育领域的应用与跨学科合作

机器学习技术被广泛应用于比赛分析、事件预测、视频分割、运动损伤预警以及学生健康分析等领域。李岳森和 Daniel Link 讨论了足球比赛阶段识别问题,提出了一个基于战术意图的知识驱动阶段模型。该模型假定控球行动与3种战术意图相关,即保持控球、侵入对手空间、得分,并进一步定义了6种比赛阶段类型,包括维护(maintenance)、建立(build up)、推进(progression)、反击(counter attack)、持续威胁(sustained threat)和完成射门(finishing)。该研究采用机器学习模型,利用时空特征和德甲比赛的数据更细致地识别比赛阶段,提高教练和球队分析师的工作效率,根据战术意图来描述球队的比赛风格。

Steffen Lang 等工作涉及足球比赛的短期事件预测,利用连续时空数据和各种关键绩效指标预测比赛中的事件。该研究采用5种不同的机器学习模型(逻辑回归、朴素贝叶斯、支持向量机、神经网络和K近邻),以德国足球甲级联赛的102场比赛作为样本,发现在比赛中预测进球是困难的。冯新淇讨

论了运动员表现分析和运动表现预测问题,整合了基于元宇宙的VR和增强现实(Augmented Reality, AR)技术,以收集运动员更真实的身体和心理数据,以此提出了一种具有注意机制的深度学习模型预测运动员的表现。

于波等设计了一种乒乓球自动分割有效回合的方法,利用动作识别模块和关键帧辨别模块识别视频流的特定关键帧。基于这些关键帧,设计了自动分割模块,将有效帧组合成比赛录像的分段有效回合。该方法对精确度、召回率和F1分数指标进行评估以证明有效性,并展示了其具有较高的实用性。

魏梦力等介绍了基于机器学习技术的运动损伤预警模型。该模型侧重于特征工程、模型构建和模型性能,包括人口统计信息、身体素质、训练负荷、伤害史、锻炼时长、睡眠、个体遗传信息等。模型主要采用监督学习算法,并建立表现评价指标。研究强调需要统一评估和优化标准,以提高运动损伤预警模型的准确性。

宋泓霖等通过在线问卷对1069名接受过14年校园足球教育的中国本科生进行调查,采用机器学习模型评估影响。研究发现,校园足球对学生身体健康的影响并没有达到预期的目的,其原因可能是校园足球实施并不科学,也没有得到社会支持。

Martin Lames 在主旨演讲中深入探讨了机器学习在运动表现分析中的关键作用。体育比赛会生成海量数据,包括视频图像数据、动作数据和位置数据等,机器学习在处理比赛数据和提高运动表现分析理论与实践中有着巨大潜力。机器学习在运动表现分析中的应用可分为3个类别:①机器学习作为一项工具,将已有的机器学习方法嵌入运动表现分析,例如,通过视频图像模式识别监测球员位置,有助于提高运动表现分析的准确性和效率。②比赛数据被用作机器学习基础研究的案例,研究人员探索机器学习在基础研究中的潜力,例如,有许多关于体育数据改进预测方法的机器学习研究,巧妙利用体育比赛难以预测的特性。③机器学习支持下的运动表现分析,机器学习可以在运动表现分析的日常工作中提供帮助,例如,体育比赛自动标注,创造新的运动表现分析方法等。

Martin Lames 认为,机器学习应用类别的深入理解对于研究人员和用户至关重要,不能将机器学习从不相关领域或简单应用到运动表现分析中。作者强调跨学科合作的重要性,计算机专家和体育科学专家需要相互理解彼此领域的特点,在运动表现分析和机器学习领域都需要高水平的专业知识与技



能,建立跨学科研究小组,融合计算机专业和体育科学专家的知识,共同应对体育运动中的挑战。

2.2 计算机视觉在体育运动中的广泛应用与技术创新

计算机视觉在体育运动中已经得到了广泛应用,通过计算机视觉,能够更准确地追踪运动员的动作、分析比赛录像、评估运动技巧和提供实时反馈。John Komar 等探讨羽毛球和网球运动的无标记动作捕捉的准确性,利用人体和骨骼关键点检测算法,并通过动态球场校准后,收集的数据可用于比赛中的原始运动学分析和自动事件检测。该研究表明,计算机视觉技术可以提供相当准确的3D坐标,在羽毛球、网球比赛中自动检测分析的球员运动学数据具有可使用的准确度。王圣等开发了一种基于深度学习的算法跟踪网球运动员的运动轨迹,旨在视频增强和战术分析。该算法利用卷积神经网络和动态轮廓建模,在跟踪球员方面取得了高度准确的结果,证明其在网球视频增强、技术分析和比赛评论方面的有效性。

李青汶等主要针对以事件为中心的视频摘要开展研究,旨在从视频内容中提取重要片段。其所提出的边界感知的摘要剪辑提取框架可提高边界检测的精度,同时保持剪辑的完整性。引入一种新的基于距离的重要性信号,并探索了视频摘要的各种信息类型。刘文明等介绍了一种可准确高效进行体育视频分类的双分支神经网络方法。该方法侧重于解决传统手工特征和标准卷积神经网络的局限性,其应用关键帧采样、降噪算法和双分支神经网络提取细粒度特征,提高了高速运动和低分辨率视频等具有挑战性的场景中的分类性能。

Seiji Hirose 分享了一种将人类专业知识与人工智能(Artificial Intelligence, AI)相结合的新颖方法,旨在利用裁判和滑冰运动员的注视数据评估花样滑冰跳跃的质量。该研究创建了预测模型减少歧义,并提高表现评估的准确性,通过观察裁判和滑冰运动员的眼球运动和注视信息,提高了预测花样滑冰跳跃执行等级分数的准确性。其研究结果表明,将不同专家的信息约简能力集成到预测模型中的有效性。Takashi Fukushima 等报告了计算机视觉技术(特别是OpenPose模型)在跆拳道表现分析中的应用,收集了运动学数据和视频片段分析跆拳道选手的各个关节的角度,验证了该技术在评估跆拳道运动员表现方面的用途,揭示了世界级和大师级运动员之间髋部角度的差异。

2.3 数字技术与VR 迎来体育教育的新变革

数字技术与VR正在引领体育教育领域的革新,重新塑造学习和锻炼的方式。这一变革不仅扩展了体育教育的边界,还提供了更丰富、个性化和高度互动的体验,为体育教师和学生带来了前所未有的机会和挑战。Naoki Suzuki 分析了体育教育领域中技术变革的潜力,提出了重新定义体育教育的观点,分享了实现高质量体育教育的新技术整合。他介绍了2021年日本小学和初中推出的GIGA学校概念,即为每个学生提供连接网络的平板电脑。例如,捕获和分析视频、静态图像以及总结学习内容,从根本上改变教育方式。他认为,目前平板电脑的使用还没有充分发挥数字设备在教学中的潜力,应利用平板电脑改变教师与学生之间的沟通,为体育教育中的协作提供新的机会。

Naoki Suzuki 通过一系列案例展示了技术如何释放数字设备的潜力,从而引领体育教学和训练中的创新学习、教学实践和评估。凸显了整合真实和虚拟空间以促进体育教育中进一步学习的成果与挑战,培养超越课堂协作的多方相关参与者。另外,还演示了如何利用可视化技术展示复杂信息,以便学生深入学习。在这些实际案例中,强调需要以学生为中心的“新问题——解决学习”的教学方法。

Arnold Baca 等讨论了排球环境中的智能教育资源(Smart Education Resources in Volleyball Environment, SERVE)项目,通过开发数字学习材料促进排球教学。数字学习材料内容基于多媒体和互动,对所有人免费开放。该研究探讨了欧洲学校和俱乐部体育教育和培训中数字平台、工具和应用程序的整合,数字工具可以增强学习动力、传授知识并支持技能学习。然而,研究也发现,数字工具也可能与体育锻炼产生冲突,且教师和教练通常没有接受数字工具的技术和教育使用方面的培训。

Juliana Exel 等介绍了使用低成本的VR解决方案,来改善运动体验和情绪状态。通过使用改进的Google Cardboard VR解决方案,参与者可以在360°VR户外模拟骑行中进行锻炼。研究表明,通过VR进行锻炼可以降低感知的运动强度和产生更积极的情绪状态,展示了低成本VR解决方案可实现增强锻炼心理和促进身体活动的潜力。

张立等调查了我国为促进数字体育发展而制定的政策,凸显了我国对数字体育在全民健身和健康促进背景下,对技术创新和进步驱动力的认可。这些政策涵盖了数字技术在体育领域的各个方面,例如,



建立全民健身信息服务网络、升级数字化训练基地、建设智慧体育场馆、推广新型体育、发展体育消费和多产业融合。这项研究强调在政策指导下,数字技术在体育和健身方面的核心作用。

2.4 智能传感器进一步拓宽了体育科学研究新领域

智能传感器的广泛应用不仅丰富了体育科学研究领域,还为运动训练、康复医疗等研究提供了新的机遇和前景。王健翔等为了探索人体下肢在各种环境下的运动策略,集成了惯性传感器、飞行时间传感器与深度相机,采用双倒立摆模型和误差状态卡尔曼滤波算法将运动学参数与外界环境信息融合,通过点云配准算法将运动学信息配准到外界环境中。实验结果表明该研究能够在空间中映射下肢运动学参数,为人体姿势控制研究提供了全新的工具。Ben Lane 等使用有限元建模预测跑鞋在脚着地时的中底剪切变形问题,发现跑步时的有限元模型可以确定不同鞋底的剪切变形,表明该模型具有优化工具的潜力。

Patrick Blauberger 和 Martin Lames 围绕直道跑和弯道跑的地面接触时间(Ground Contact Time, GCT),使用惯性测量单元进行数据采集与处理,监测 GCT 的实时变化。研究结果显示,在 400 m 比赛中,内脚的 GCT 比外脚长,且内、外脚的差异为 1.3%。尽管弯道跑 GCT 的绝对值没有增加,但两只脚之间的差异增加了,弯道跑期间的差异总高于直道跑。这项研究为田径训练贡献了新的观点,而新型传感技术和特定检测算法的应用使得连续评估 GCT 成为可能。Thibault Delumeau 等使用装有传感器的乒乓球拍研究运动员的握拍特征,发现加速度测量对球员和击球的识别起着关键作用,而压力测量有助于识别个体球员的技术特征。

手部运动学信息的获取对康复、生物力学和人工交互领域至关重要,主要涉及指尖压力和手指手势。仲亮和彭玉鑫设计了一种柔性的双模感应系统,包括一个压力传感器阵列和两个惯性测量单元,分别用于感测指尖压力和手指手势。双模感应系统以 97% 的高准确率分类识别 10 种手势,具有广泛的应用潜力。

2.5 运动中的数据挖掘和模式识别应用

通过数据挖掘和模式识别技术,揭示隐藏在数据中的关联和规律,为运动员提供个性化的建议,协助教练制定更有效的训练计划。吴江等认为多元事件序列是乒、羽、网等运动项目中常见的数据结构,

大量现有算法致力于从海量序列中找到频繁出现的子序列,即特征模式,并以此描绘运动员的技战术特点。但此类算法难以整合专家丰富的领域知识与分析经验,导致挖掘结果常常缺少实际分析价值。该研究提出了一种新颖的交互式挖掘流程,允许专家用自然语言表达分析需求,驱动算法挖掘快速找到更具有分析价值的技战术特征模式。

王星等使用大语言模型预测篮球比赛中进攻球员和球的轨迹。使用预先训练的多智能体 Transformer 模型捕获篮球比赛期间球员之间复杂的交互模式,预测球员和球的轨迹。该模型在 2015—2016 赛季 NBA 比赛的大型数据集上进行了训练,成功识别了金州勇士队使用的重复进攻战术,例如“电梯”和“旋风”。该研究在识别进攻性比赛模式方面表现出了良好的前景,展示了模式识别在理解运动动态方面的价值。

Manuel Bassek 等利用球员位置数据自动检测手球的防守队形,该研究使用手球比赛的位置数据和模板匹配算法对队形进行分类,通过比较队形模式和理想队形模式,自动检测手球比赛防守队形。

Hayri Ertan 发现高水平、中级和初学的射箭手在靶上的命中分布模式不同。高水平射箭手具有高准确度和高一一致性,中级射箭手具有低准确度和高一一致性,初学者是低准确度和低一致性。赵养清和张辉分析了 2012 年伦敦、2016 年里约、2020 东京奥运会的射箭比赛以及 2021 年 Yankton 世界射箭锦标赛和 2021 年 Antalya 欧洲大奖赛超过一万次的射箭数据,发现优秀反曲弓运动员射箭比赛中存在着动量“Momentum”或“热手”现象,揭示了“成功孕育成功”机制的有力证据,强调了心理和表现因素对射箭成绩的影响。该研究还探讨了运动员性别、比赛状态和比赛类型对射箭表现的影响。

2.6 数据管理、大数据分析和健康领域的交叉研究

数据管理和大数据分析在体育运动和体育健康中发挥关键作用,对运动队、学校以及体育锻炼人群相关决策或政策的制定提供有力支持。Robert Rein 认为传统的统计推断方法很难应对现代数据集规模所带来的挑战,体育科学中不断扩大的数据集需要更先进的分析方法。讨论了经典假设检验和 P 值解释的局限性,建议采用预测推演方法,强调使用统计技术和算法分析大量数据以做出预测,更符合从业者的需求和实际应用。此外,还探讨了模型拟合和验证的重要性,这是体育科学研究中经常被忽视的方面,



这种方法强调实际意义而不是统计意义,为体育科研人员和从业者提供了进一步调查和决策的宝贵见解。

随着体能测试在中国的普及,保持数据质量和可用性至关重要。高峰和董东探讨了审核国家学生体质标准(National Students Physical Fitness Standard, NSPFS)测试数据的独特性,开发了NSPFS测试数据的数据审核工具箱,构建了注重完整性、一致性、有效性和合理性的审计指标体系,通过基于相对比例的扩展隔离算法的异常值检测算法,准确检测异常值。此外还解释了DataAudit@NSPFS的软件架构,检测异常值和增强NSPFS测试管理数据可信度。

甘晓梅和于可红探讨了30年来区域经济发展与中国青少年心肺健康之间的联系,确定了经济增长与中国青少年心肺健康之间关系的地理模式。研究显示区域经济发展与中国青少年心肺健康之间的关系存在不同模式,如“U”形关系和负线性关系,这些发现凸显了区域经济增长与青少年身体健康之间的复杂关系,强调了区域对青少年健康的影响。

Aleksandr Samoylov等分享了医疗保健和运动医学领域的数字孪生概念。重点关注运动员数字档案的开发,强调了对运动员数字档案的需求,即职业运动员的健康参数、心理生理数据、运动成绩、病史的全面数字表示。它可以用于预测疾病发展、监测心理和生理状态以及识别过度训练风险。

2.7 体育视频分析中的交互式可视化创新

在体育视频分析领域,交互式可视化创新提供了更深入、个性化和互动性强的方式,帮助教练员和研究人员更好地理解比赛和运动员表现。同时还可以根据需求深入研究比赛录像、诊断技术和分析战术,实时与数据互动,更好地观察比赛的动态和关键时刻。

谢潇认为比赛视频提供了运动员表现和球队策略的丰富信息,体育数据分析在很大程度上依赖于对体育视频的处理和分析。虽然机器学习技术能够用于提取视频中的技术属性和构建统计模型,但由于比赛视频的复杂性和动态性,完全自动化的分析仍存在局限性。分析人员通常需要与模型进行交互,以确保数据的准确性,并获得有意义的结果。

在计算机辅助设计与图形学全国重点实验室,谢潇介绍了如何整合AI、数据挖掘和可视化技术,以实现复杂体育视频的交互式分析,并通过大屏幕展示了乒乓球、足球、篮球和羽毛球等多个研究案例,以证明人类知识和机器智能的结合可以有效促进体育比赛数据收集、数据分析、模拟推演等任务。

3 科学技术促进运动表现分析的快速发展与挑战

在过去的十年里,运动表现分析是体育科学发展最快的领域之一,这主要归因于计算机及相关技术的飞速进步,为运动表现分析提供了前所未有的机会和工具。

3.1 运动科学中的建模与预测分析

建模与预测分析往往有助于提高运动员的表现、改进训练方法、优化战术策略,以及作出更明智的决策。Donal Kelly和Colm O'Riordan研究了进化计算(特别是遗传算法)在团队追逐自行车赛中的应用,该项工作围绕团队追逐自行车比赛策略的制定展开。该研究包括了空气动力学阻力、领先换位、功率应用、疲劳和恢复的模型,并利用遗传算法寻找最佳策略。该研究的结果展示了针对不同骑手安排的各种有效策略。

有2篇利用广义线性混合模型的研究,分别讨论了FIFA世界杯比赛表现的宏观影响因素和NBA球员选秀的影响因素。其中,樊牧等通过分析1994—2022年参加FIFA世界杯的68个国家和地区相关数据,发现:①国家的经济水平显著影响世界杯表现,而人类发展指数对其产生负面影响。②世界杯表现受足球传统的“特征价值”(例如举办世界杯、举办世界杯经验和世界杯获胜)强烈影响。相反,参与足球的历史(包括FIFA和洲际足球协会的会员年限、职业联赛、国家队和协会的历史)不会显著影响世界杯表现。③国家的综合体育实力极大地影响国家队的世界杯表现。孔祥申和张辉收集了2000—2022年的23个NBA选秀年度数据,包括球员的位置、年龄、国籍、教育水平、身体特征(身高、体重、臂展等)、动态体能(速度、敏捷性和力量)和大学比赛统计数据(平均得分、平均上场时间、首发率和效率值)等。该项研究表明,球员的体能特征、大学表现以及成长潜力都是NBA选秀的重要因素。

陈出琦等运用WNBA2016—2017赛季204场常规赛12支球队的143名球员的人体测量数据和比赛统计数据,采用多元线性回归模型阐明球员特征、表现指标和上场时间的关系。柳瑞芝和Martin以2020东京奥运会的105场男子乒乓球单打比赛和106场女子乒乓球单打比赛为样本,采用双重移动平均线模型,通过比较双重移动平均线的实际观察值和预期值的分布差异,以及二者的峰度差异,评估比赛中瞬时实力的波动情况。该研究表明,乒乓球比赛中瞬时实力表现存在大幅度的随机波动,因此在评估运动员的



比赛表现时,需要考虑这种随机波动的特性。同时,作者还认为该现象也存在于其他比赛项目中,应成为今后理论和实际比赛表现分析的常规工作部分。

储向童和张辉采用博弈论的方法分析优秀女子乒乓球运动员的战术决策,将运动员在单个回合中的战术行为视为序贯博弈并进行建模。该研究对2019年的57场重要比赛进行了分析,并采用了极小化极大值算法,以找到乒乓球项目中发球、接发球和相持3个阶段运动员直接得分率最高的战术。研究结果显示,这些战术与优秀女子运动员的常用战术具有一致性,这表明博弈现象的存在以及最优策略求解的有效性。

3.2 足球比赛数据分析

足球比赛数据分析一直是运动表现分析领域的热点之一。马润青等在基于期望进球模型的基础上,提出了衡量球员组织和参与进攻程度的指标(xGChain和xGBuildup),并分析了2022年卡塔尔世界杯球队的进攻表现。研究发现,梅西是最有威胁的球员,他不仅具有出色的终结比赛的能力,而且为球队发起进攻做出了贡献。吉鲁和姆巴佩是法国队进攻成功的关键,而楚阿梅尼、格里兹曼和齐耶赫等人在组织进攻中发挥了重要作用。

杨辰毓妍和Otto Kolbinger使用2017—2018英超联赛所有的380场比赛数据,比较了排名较高和排名较低的球队在传球网络的传递性和密度方面的差异。该项研究表明,排名较高的球队比排名较低的球队有更多连接紧密的传球网络,但主客场比赛的传球网络差异较小。

李希澳和韩博将新的FIFA技术和战术指标与标准指标相结合,以确定2022年卡塔尔世界杯的关键成功因素。揭示在平衡比赛中,防守行为对于获胜概率的贡献大于进攻和组织行为。接球动作减少代表球队较少将接球作为主要策略,而是通过反击表现出球队的直接进攻,这被证明比控球进攻更有效。马榕和崔一雄使用OPTA Sports提供的2022年卡塔尔世界杯所有32支球队的比赛数据,共提取了69 820次传球(55 888次成功和13 932次失败)。发现在中场传球时,渐进传球的准确率最高。通常容易被拦截的是在防守区域进行的渐进传球。成功的渐进传球在进攻区域具有最高的预期威胁值,在防守区域最低。

除此之外,本次会议上有许多中国学者关注中国足协超级联赛(以下简称“中超联赛”)。例如,蒋进颖等指出,中超联赛球员的最大速度、可达区域半径和

来自对手的空间压力的差异会在不同的比赛状态下显著影响空间质量,更高的空间质量有助于射正,从而提高球队的获胜概率。胡建杨和张绍良以2021年中超联赛的数据为例,将时空信息与时空动作矩阵和卷积神经网络模型相结合,引入新颖的足球比赛结果预测方法,在量化、评估球队和球员表现方面取得了令人鼓舞的结果。成芮弘等认为跑动是球员在比赛中最主要的外部负荷体能表现之一,相关的研究还仅停留在不同位置球员的跑动差异,但即使同一位置球员也有不同的比赛风格类型。跑动需求还会受到球员比赛风格的影响,跑动特点与球员的职责属性密切相关。这一研究将会给主教练和体能教练提供综合而多元的方法评价球队球员的体能表现。

伍伽乐和崔一雄探讨进攻控球中与射门相关的关键因素。该研究选用中超联赛2016—2019赛季22支球队960场比赛中的45 454个进攻控球(被定义为从球队自己的防守三区开始,并在进攻三区结束)片段作为样本,分析了6个表现因素(事件数量、持续时间、球员数量、起止动作间距离、球的横向移动距离、是否结束于禁区)在进攻控球中对射门机会的影响。结果发现除持续时间外其他因素均有影响,其中是否结束于禁区的影响最大。

3.3 拍类运动数据分析

拍类运动数据分析可以帮助运动员改进技术、优化战术,提高比赛表现,并提供个性化的指导和建议,是现代拍类运动训练领域不可或缺的有效工具。宋泓霖等尝试探索一种新的方式理解和分析乒乓球比赛。该研究将双三段法和四段法相融合,采用SHAP与LSTM-BPNN算法对2019—2022年100场男子单打乒乓球比赛进行了诊断和分析。研究结果表明,LSTM-BPNN在模型性能上优于极端梯度提升算法和反向神经网络模型。通过SHAP来解释模型的重要特征发现,比赛结束阶段的接抢段和发抢段效果对比赛获胜概率有重要影响。

杨青等选取了2019—2021年世界前50名选手的258场比赛作为样本,采用多元回归分析获取标准回归系数和比赛模拟,使用总决定系数评估击球效果(Stoke Effectiveness, SE)对比赛结果的重要程度。发现男、女运动员每种击球效果的重要程度差异较小;第一、第三拍(SE₁),第二、第四拍(SE₂),第五拍及之后(SE₃),第六拍及之后击球(SE₄)的重要程度分别约占25%、35%、22%和16%(误差为2%)。

陈志灏等运用辛普森均匀性指数,探讨了中国乒超联赛的竞争平衡问题。研究发现,在2012—2013赛



季比赛系统改革后,男、女运动员的竞争平衡显著下降。对于男子运动员,中等水平球队的竞争平衡显著高于强队和弱队,强队的竞争平衡高于弱队。对于女子运动员,中等水平球队的竞争平衡显著高于强队。

刘静等探讨优秀网球运动员比赛制胜分的击球模式。该项研究基于2022年澳大利亚网球公开赛的数据,发现运动员倾向于在底线附近获得制胜分,当击球靠近双打边线时,更倾向于使用直线击球,尤其是反手直线击球表现出色。另外,通过K均值聚类分为深区和非深区的制胜分的击球技巧展现出两种不同的分布。叶柔利和刘文明的研究发现,在网球比赛中,采用两个纯策略纳什均衡的发球比采用一个或零个更有益,强调了采用两个纯策略纳什均衡发球对比赛结果的影响,以及在实际比赛中使用多种发球战术组合的重要性。

罗娅和沈乐君引入全新的分析视角,首先通过三维球轨迹重建方法获得了比赛中运动员击打羽毛球的三维时空信息。其次,通过数学和统计方法分析男子单打运动员击球点与网的距离和击球点高度与网之间的关系对击球结果的影响。

沈乐君等还验证了“羽毛球双打与单打的杀球在战术上是不相同的”与“攻封配合是双打比赛最有力的得分手段”两个假设。并提出了4个评价指标(直接得分率、创造得分率、封网机会、收益)和5个杀球变量(击球点高度、出手速度、击球点到底线距离、球体飞行时间和轨迹终点高度)。另外,对46场女双比赛的统计分析发现,球体飞行时间是最重要的参数。

3.4 其他项目的比赛数据分析

李木子等为了探索CBA不同节奏比赛的关键表现指标(Key Performance Indicators, KPI),以2021—2022赛季CBA联赛的814场比赛为样本,采用K均值聚类算法将比赛分为了快节奏组、慢节奏组和混合组。在此基础上,引入C5.0决策树构建不同组别的决策树模型。结果发现,所构建的决策树模型的预测准确率较高,混合组为93%,快节奏组为91.43%,慢节奏组为94.38%。3个组别的KPI有所不同,其中2分命中率和防守篮板是不同组别共同的KPI。与世界高水平联赛相比,2分球对CBA联赛的重要性要高于NBA,但失误、助攻与罚球等指标对获胜结果的影响并不明显。

Soongyu Kwon等收集了韩国职业棒球官方网站和统计网站Statiz的2020—2022赛季的赛伯统计

击打指标、投球指标和球队表现数据,使用SPSS 22.0进行相关性分析,通过R编程语言进行数据可视化。发现击打指标中的整体攻击指数和加权上垒率与球队排名之间存在相关性,而进场内安打率和纯长打率对球队表现的影响较小。在投球指标中,每局被上垒数与球队排名之间的相关性最大,而独立投球效力指标、三振/四坏和相对联盟平均成绩与球队表现关系不大。

李尚滨等研究了排球“短、平、慢”的发球战术,这种战术与现代排球主流的高速扁平发球不同,常常让对手难以预料。该研究建立了数字仿真模型(包括排球弹道模型和球员模型),采用蒙特卡洛模拟方法生成了在典型情况下接发球过程的模拟数据集,研究运动员个体差异对战术有效性的影响,分析发球技术参数与战术有效性之间的耦合关系,探讨发球策略与战术之间的关系和规律,预测不同情况下不同战术的效果。

3.5 竞技体育中的科技与AI关键问题

Sam Robertson分析了竞技体育中科技和AI关键问题,认为竞技体育是科技和AI应用发展最快的领域之一,强调科技和AI在竞技体育中的动态性,对体育组织和俱乐部提出了具有启发性的问题,即面对这一不断演化的背景,需要认真思考科技和AI在竞技体育中带来的挑战和机会,以确保其能在不断变化的环境中获得成功并持续保持竞争优势。

竞技体育中的科技与AI关键问题涵盖了多个领域,包括如何制定体育组织和俱乐部的科技以及AI战略,以确保科学技术的有效利用,使运动员的表现达到最佳水平。另外,要考虑如何确保相关人员具备相应能力应对技术发展所带来的挑战。此外,还讨论了科技和AI在竞技体育应用中存在着潜在的伦理和数据隐私风险等。

4 结束语

第14届国际体育计算机科学研讨会圆满结束,与会者在体育运动领域中广泛应用机器学习、计算机视觉、数据挖掘、模式识别、数据库、大数据、可视化、传感器、AR、模型与预测和运动表现分析等理论与技术,取得了丰硕的研究成果,并将在未来几年内产生深远的影响。

(责任编辑:黄笑炎)