

# 基于 CiteSpace 的国际体育人工智能研究的前沿热点与演化分析

路来冰

(河南工学院 体育部, 河南 新乡 453003)

**摘要:**以 1995 年以来 Web of Science 数据库有关“体育人工智能”主题的 325 篇文献为数据来源, 利用 CiteSpace V 软件进行可视化处理和分析, 梳理了近 25 年体育人工智能研究的国家与学科分布、研究热点以及演化趋势, 分析了对体育人工智能的研究脉络, 并探讨了体育人工智能领域的进展和发展方向。认为: ①体育人工智能研究地区分布较广, 其中美国、中国和德国处于领先地位; ②体育人工智能研究涉及多个学科, 主要运用和借鉴了计算机科学、工程学、神经科学、物理学、心理学等学科的研究方法和理论视角; ③体育人工智能研究的热点主要为基于计算机视觉技术的神经网络分析预测模型研究、基于计算机深度学习的智能训练反馈系统研究、高效智能穿戴设备等。

**关键词:**人工智能; 体育; 计算机视觉; 神经网络; 深度学习; 智能训练; 智能穿戴设备

**中图分类号:** G80-05

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1008-3596 (2020) 02-0037-08

人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 是一门在计算机科学、控制论、信息论、系统科学、哲学等多种学科基础上发展起来的, 能够模拟、延伸、扩展人类智能的学科<sup>[1]</sup>。1956 年是人工智能元年, 在著名的达特茅斯会议上, 信息时代的伟大先知香农见证了“人工智能”学科的诞生<sup>[2]</sup>。人工智能源于模仿人类的行为和能力, 如思考和学习。它涉及所谓的“智能代理”, 即机器同样能够获得、模拟和利用知识, 并具备分析能力和专业技能来实际问题<sup>[3]</sup>。人工智能以软硬件为基础, 是计算机科学中的一个分支, 同时自身主要有三大分支即认知 AI (Cognitive AI)、机器学习 AI (Machine Learn AI) 和深度学习 (Deep Learning)。

人工智能是人类进入信息产业革命时代达到的认识和改造客观世界能力的高峰。随着科技的发展, 在国际体育领域的训练手段中

越来越多地运用了人工智能的辅助手段, 如基于人工神经网络的计算机视觉识别的单一目标跟踪分析和集体运动项目技战术分析系统、技术动作评测和基于深度学习的智能训练反馈系统、运动营养配比和身体疾病识别分析系统、体育赛事成绩预测系统、运动智能穿戴设备等方面。我国体育领域对于人工智能的研究起步较晚, 多集中在计算机视觉识别的单一目标跟踪分析、体育赛事成绩预测和运动智能穿戴设备领域, 且研究不够精细化与系统化。因此分析国际体育界对于人工智能的研究情况, 可以进一步完善国内相关学者的研究框架, 丰富研究视角, 取长补短, 使自身研究层次更加丰富、方法更加科学、视野更加开阔。同时抓住时代契机, 加快人工智能体育研究与运用, 早日实现我国由体育大国迈进体育强国的目标。

**收稿日期:** 2019-09-22

**基金项目:** 国家社会科学基金项目 (18BTY126); 河南省教育科学“十三五”规划课题 (2019-JKGHYB-0241)

**作者简介:** 路来冰 (1989—), 男, 河南新乡人, 讲师, 硕士, 研究方向为体育人类学、人工智能。

**文本信息:** 路来冰. 基于 CiteSpace 的国际体育人工智能研究的前沿热点与演化分析[J]. 河北体育学院学报, 2020, 34 (2): 37-44.



视化图谱。时区分割选择 1995—2019 年，单个时间分区的长度设为 2 年。设置主题词来源为标题、摘要和关键词；阈值为“Top N per slice”，节点

类型选择关键词，算法选择关键路径算法，最终析出了由 117 个节点和 223 条连线组成的体育人工智能研究热点知识图谱（图 3）。

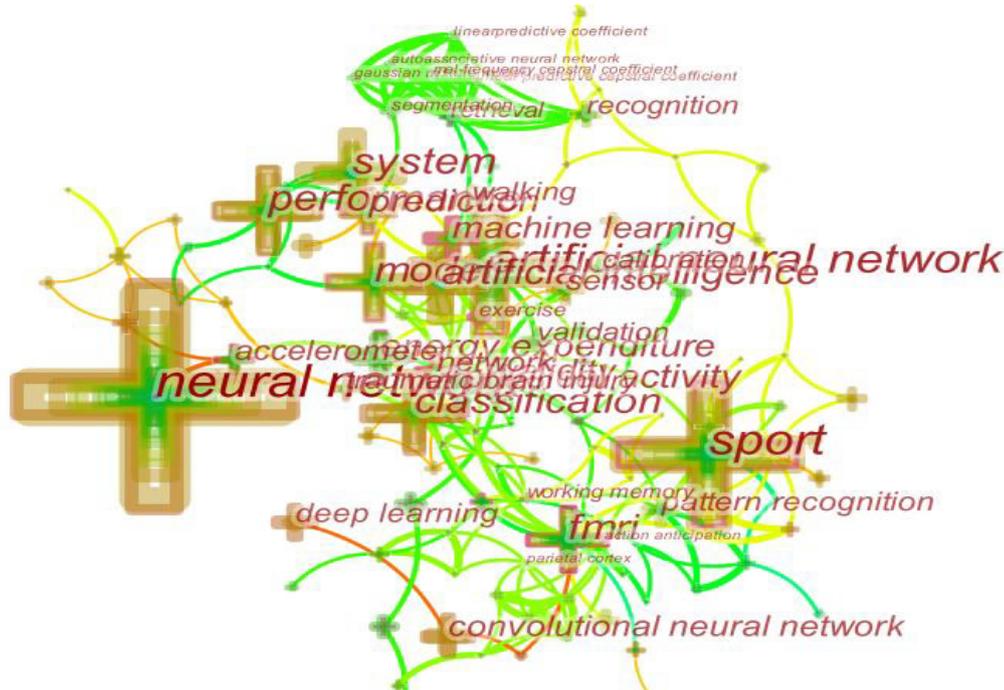


图 3 体育人工智能研究热点图

进一步合并汇总，整理出部分高频和高中心性关键词表（表 1）。在图谱中，某节点和标注词字号越大，即在体育人工智能研究领域此关键词出现得越频繁。而节点之间的连线越粗，表明关键词的联系越紧密，同时连线颜色的差异对应的是关键词第一次共现的时间<sup>[8]</sup>，如从关键词 FRMI（功能性磁共振成像）、Machine Learning（机器学习）、Convolutional Neural Network（卷积神经网络）的连线可以看出这些研究方向是体育人工智能的新兴领域。同时，从表 1 可以看出，高频关键词排在前列的为 Neural Network（神经

网络）、Artificial Neural Network（人工神经网络）、Performance（表现）、System（系统）等，表明体育运动中人工网络系统的应用是目前体育人工智能领域研究的热点话题，尤其是运动的表现反馈和预测。中心性值排名靠前的关键词 Exercise（活动）、Machine Learning（机器学习）、Network（网络）、FRMI（功能性磁共振成像）则进一步反映了目前体育人工智能的研究仍是建立在计算机科学、工程学、生物力学等学科基础上的，说明与其他学科融合发展是体育人工智能研究和发展的方向。

表 1 体育人工智能高频及高中心性关键词一览表（前 15 位）

序号	高频关键词	频次	高中心性关键词	中心性
1	Neural Network 神经网络	57	Exercise（体力或脑力）活动	0.62
2	Sport 体育运动	37	Machine Learning 机器学习	0.46
3	Artificial Neural Network 人工神经网络	31	Network 网络	0.45
4	Performance 表现	23	FRMI 功能性磁共振成像	0.39
5	System 系统	22	Physical Activity 体育活动	0.34
6	Classification 分类	21	Sport 体育运动	0.30
7	Model 模型	21	Validity 效度	0.29
8	FRMI 功能性磁共振成像	19	Activity Recognition 活动识别	0.28
9	Artificial Intelligence 人工智能	19	Energy Expenditure 能量消耗	0.23
10	Physical Activity 体育活动	16	Cortex 大脑皮层	0.22
11	Energy Expenditure 能量消耗	14	Action Anticipation 行为预测	0.21
12	Prediction 预测	13	Working Memory 工作记忆	0.20
13	Validity 效度	11	Retrieval 恢复	0.19
14	Machine Learning 机器学习	11	Meta-analysis Mate 分析	0.17
15	Convolutional Neural Network 卷积神经网络	10	Brain Activation 大脑思维	0.17

### 3.2 体育人工智能研究热点时区分析

为了更加清晰地梳理国际体育人工智能研究热点的发展脉络,以关键词和主题词作为网络节点,以“Time Zone”作为可视化制图结果,得到1995年以来体育人工智能研究热点变化的时区图(图4)。可知,国际体育人工智能研究的热点已由发展初期的Neural Network(神经网络)、Artificial Intelligence(人工智能)向Convolutional



图4 体育人工智能研究热点时区图

Neural Network(卷积神经网络)、Deep Learning(深度学习)等过渡,学科深度不断加强,应用效果不断完善。

### 4 体育人工智能研究演化分析

算法选择“Pathfinder”(关键路径算法)并进行聚类,同时以LSI(潜语义索引算法)对施引文献的标题提取聚类命名,得到文献共被引网络图谱(图5)。高中心性节点文献是体育人工智能研究的枢纽和桥梁,具有重要的地位<sup>[9]</sup>。其中Mean Silhouette=0.399 1,其值在-1~1之间且较为接近1,说明次聚类主题明晰,文章内容联系紧密,聚类结果合理。依据图5中的聚类特征,结合聚类标题的研究方向,本研究将体育人工智能领域92个聚类中的主要聚类#0、#5、#8作为知识群G1,#10作为知识群G2,#9作为知识群G3。对每个知识群中的代表文献信息进行梳理阐述,以更加客观地反映出国际体育人工智能领域的演化进程。

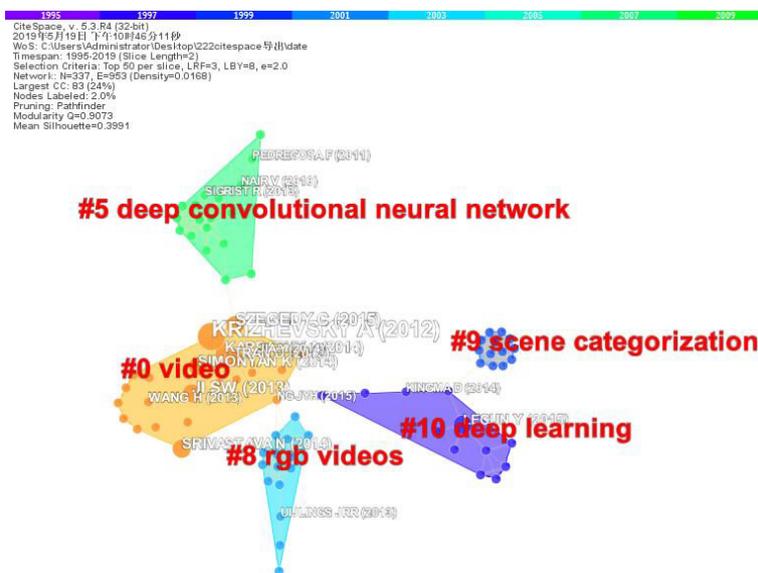


图5 本研究文献共引网络图谱

#### 4.1 知识群G1:基于计算机视觉技术的神经网络分析和预测研究

从共引网络图谱可以看出,近25年间,利用神经网络对运动录像的技术分析和预测是目前国际体育人工智能研究的主要方向。神经网络分为生物神经网络和人工神经网络,前者一般指生物的大脑神经元、细胞和触点等组成的网络,而人工神经网络是从信息处理角度对人脑神经元网

络进行抽象处理,建立某种简单模型,按不同的连接方式组成不同的网络。计算机视觉技术是用摄影机和电脑代替人眼对目标进行识别、跟踪和测量,并进一步进行图形处理,能够在训练辅助反馈中发挥重要作用。在体育运动的技战术分析和成绩预测中,研究者可以在计算机视觉技术基础上建立人工神经网络分析模型进行智能化和自动化分析。例如,Iyer等<sup>[10]</sup>通过搜集1985—

2006 年英国板球运动员的比赛录像数据建立神经网络预测模型，并对参加 2007 年板球世界杯的运动员的赛前表现进行了分析预测，最终与世界杯上球员实际表现基本吻合，证明神经网络确实可以为队员选择提供有价值的决策支持。Boris<sup>[11]</sup>结合高尔夫运动的特点建立科学的人工神经网络模型，使球体撞击时球面路径的预测结果达到了 87% 的准确率，同时还建立了基于多个参与者的高尔夫球数据集的推理模型。在对团体运动的战术分析研究中，德国科隆体育大学教授 Memmert 等<sup>[12]</sup>运用一种升级版人工神经网络的拱形结构对一场足球比赛中 22 名球员的大约 13 5000 个数据集进行收集和分析，寻找出了针对不同场上情况的高效战术模式。Hassan 等<sup>[13]</sup>通过运用神经网络模型对欧洲 U18 手球锦标赛中 723 个动作进行注释分析，实现了对球员跑动位置数据的准确预测。Matthias 等<sup>[14]</sup>通过在前期比赛中运用智能视频跟踪系统记录 10 名篮球运动员的比赛数据，并利用动态可控神经网络

进行分类和评价，通过分析上半场赛况，计算出了下半场最合理的技战术方案。

卷积神经网络被称为“平移不变的人工神经网络”，其具有表征学习能力，能够按其阶层结构对输入信息进行平移不变分类，是一类包含卷积计算且具有深度结构的前馈神经网络，是深度学习的代表算法之一（图 6）<sup>[15]</sup>。体育比赛中的运动员视频跟踪需要计算机视觉技术作为基础，因此卷积神经网络作为一种强有力的图像识别模型在体育比赛分析中的应用也越来越广泛。例如 Jian 等<sup>[16]</sup>运用卷积神经网络模型，提取出了训练视频中的深层关键帧，进而对职业举重运动员训练中的竞技姿态进行监督和分析，有针对性地完善技术动作，提高了训练效率使训练更加科学。Minhas 等<sup>[17]</sup>提出了一种基于 AlexNet 卷积神经网络的运动视频镜头分类方法，对体育视频中运动员技术分析的准确度达到了 94.07%，并已运用在板球和足球的视频分析领域。

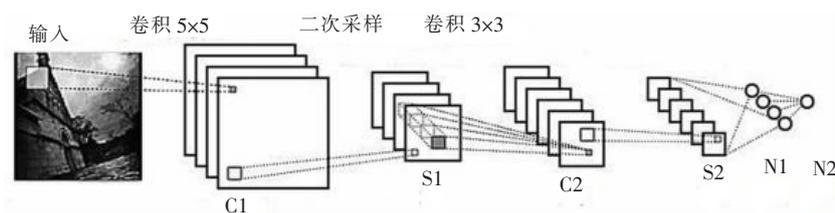


图 6 卷积神经网络的基本结构<sup>[15]</sup>

#### 4.2 知识群 G2：基于计算机深度学习的人工智能训练反馈系统研究

围绕生理机能指标、技术动作指标的智能训练反馈研究是目前人工智能训练反馈系统研究的重点方向。在生理机能指标反馈研究方面，Cooper<sup>[18]</sup>通过采集轮椅竞速运动员在一个赛季中的心率数据，分析了有氧训练、力量训练与运动表现之间的关系。Novatchkov<sup>[19]</sup>提出了一种模式识别技术，在力量训练器械中加装旋转编码器，用于评估运动员在器械练习过程中的肌肉力量和动作位移的机体适应情况，使专业教练能更准确地分析运动员成绩，优化整体训练效果。近年来，运动场上的猝死案例持续增加，Chang<sup>[20]</sup>认为传统的 ECG 心电图检测对于运动员心脏功能的检查存在漏洞，运用人工智能的深度学习能力和结合神经网络的分析能力可以提高对运动员心脏功能检查的针对性、准确性。在技术动

作的反馈方面，Baca 等<sup>[21]</sup>通过运用计算机视频分析射击运动员在架枪到发枪过程中枪头的晃动轨迹并建立分析模型，得出了顶级运动员与一般运动员的模型差异，有助于科学制定训练计划提高竞赛成绩（图 7）。Baca<sup>[22]</sup>还介绍了一种具有内置无线功能的教练终端反馈系统，通过划艇上的传感器获取运动员心率、桨频、触水角度和划桨推力等数据，给教练的决策提供实时反馈。Novatchkov 等<sup>[19,23]</sup>运用神经网络等智能建模方法，将旋转编码器安装在负重训练器械上，可以使运动员在进行力量训练时对自身运动技术进行自动评估，并提供科学有效的反馈。Najafi 等<sup>[24]</sup>通过在高尔夫运动员身上布置陀螺仪，并建立双连杆训练反馈模型对运动员挥杆过程中的身体重心轨迹进行分析，结论显示其相较于传统的基于摄像机技术的运动分析，能够提供更多的 3D 分析视角，对身体重心和挥杆质量的评估更

准确。除此之外，人工智能训练反馈模型在网  
球<sup>[25]</sup>、人体步态<sup>[26]</sup>等领域训练和矫正方面也有

良好的应用效果。

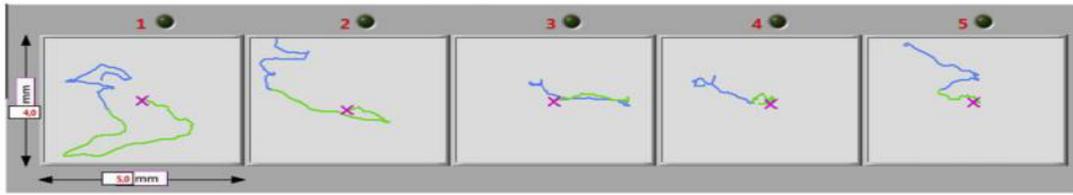


图7 5种射击稳定性分析模型示意图<sup>[21]</sup>

### 4.3 知识群 G3: 高效智能穿戴设备应用研究

传统的智能穿戴设备如简单的运动手环已经普及开来，可针对运动训练监测要求不高的群体进行可视化实时反馈，但其只能呈现出模糊运动强度和运动量情况，无法呈现出详细的生理生化指标以及反馈运动中的不合理的技术动作。随着科学技术的发展，智能穿戴设备的设计材料更加先进，生理生化分析功能更加全面、灵敏和准确，同时也可以实时反馈运动的肢体活动情况，有助于规范运动中的技术动作。Cai 等<sup>[27]</sup>研发出一种厚度为微米的、灵敏度和延展性极高、探测极限低、可伸缩和可调谐范围的应变传感器。这些特性使其能够探测到人体在行走、跑步和跳跃中大规模肌肉运动的传感信号，对运动中肌肉工作情况进行实时反馈以及对运动健康情况进行跟踪分析和评估（图8）。NBA 金州勇士队在训练中，球员会穿戴 Catapult Sports 的监控器记录

追踪加速度、变向、心率等指标，并使用 Omegawave 设备监控神经紧张度<sup>[28]</sup>。在对技术动作的改进方面，Buttussi 等<sup>[29]</sup>设计出一种名为 Mopet 的户外健身穿戴系统，它通过在户外环境中交替进行慢跑和健身运动来监督身体健康活动，通过引导式自动测试建立一种定期更新的用户锻炼模型，培养用户的自觉锻炼意识，并可以提供三维动画演示指导用户如何正确的练习。MySwing Professional 是一种高尔夫球员辅助训练装备，能借助穿戴在球员身上的多个微型运动传感器对球员挥杆时的身体动作进行分析，使肉眼难以观察到的技术细节更加直观地呈现出来<sup>[30]</sup>。

除了上述三种知识群的研究领域外，国际体育人工智能研究还涉及体育场馆高效疏散<sup>[31]</sup>、运动营养的智能配比<sup>[32]</sup>、新闻媒体的智能化变革<sup>[33]</sup>等方向。

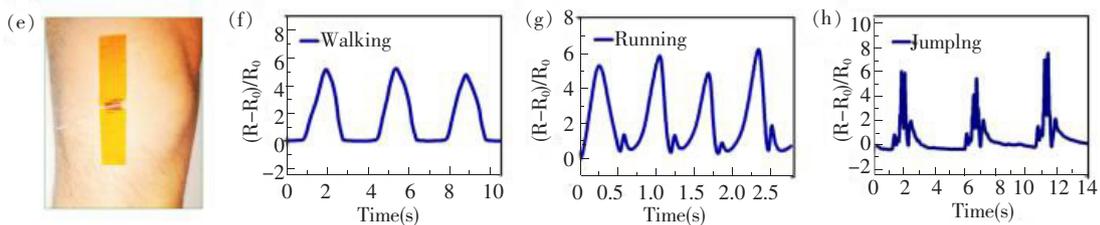


图8 膝部传感器对下肢运动阻力的实时监测<sup>[27]</sup>

## 5 结论与展望

(1) 国际体育人工智能研究的成果在近5年呈快速增长的态势，研究的国家较为分散，其中美国、中国和德国在研究成果进展上较为领先。

(2) 国际体育人工智能研究涉及的学科非常广泛，包括工程学、体育学、计算机科学、仪器仪表学、物理学等，不同学科和专业的知识提供了研究体育人工智能的理论与方法基础，可以预

料对体育人工智能进行综合研究已经成为该领域研究的发展趋势。

(3) 国际体育人工智能的研究热点已由早期的神经网络、人工智能向卷积神经网络、深度学习等领域过渡。在体育运动训练领域逐渐形成基于计算机视觉技术的神经网络分析和预测的研究、基于计算机深度学习的人工智能训练反馈模型研究和智能穿戴设备应用研究的主要研究方向。目前国际体育人工智能的研究尚处于起步阶

段, 研究学科多为理工类学科, 如何结合体育学领域, 如利用体育心理学、体育社会学和体育哲学等研究视角和方法对人工智能进一步解读是体育学者可以思考的问题。

(4) 我国非常重视人工智能的发展, 习近平总书记在 2019 年的国际人工智能与教育大会中指出: “把握全球人工智能发展态势, 找准突破口和主攻方向, 培养大批具有创新能力和合作精神的人工智能高端人才, 是教育的重要使命。”因此, 结合我国体育教育和训练领域的发展现状, 使之与迅猛发展的人工智能领域相融合, 并实际有效地运用到竞技体育、学校体育以及民族传统体育的保护与发展中去, 是我国每个体育人值得关注的问题。

#### 参考文献:

- [1] 李长青. 人工智能[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2006: 17.
- [2] 刘韩. 人工智能简史[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2018: 24.
- [3] POOLE D, MACKWORTH A, GOEBEL R. Computational intelligence: a logical approach[M]. New York: Oxford University Press, 1998: 96-98.
- [4] CHEN C M. CiteSpace II: detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2006, 57(3): 359.
- [5] 赵丙军. 国外力量训练研究知识网络的结构及演化特征[D]. 上海: 上海体育学院, 2013: 48.
- [6] KESSLER M M. Bibliographic coupling between scientific papers[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 1963, 14(1): 10.
- [7] 邱均平, 温芳芳. 近 5 年来图书情报学研究热点与前沿的可视化分析: 基于 13 种高影响力外文源刊的计量研究[J]. 中国图书馆学报, 2011, 37(2): 51.
- [8] 石岩, 霍炫伊. 体育运动风险研究的知识图谱分析[J]. 体育科学, 2017, 37(2): 76.
- [9] 朱晓宇, 刘则渊. 国际氢能研究的文献计量学分析[J]. 情报杂志, 2011, 30(6): 65.
- [10] IYER S, SHARDA R. Prediction of athletes performance using neural networks: an application in cricket team selection[J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(3): 5510.
- [11] BAČIĆ B. Predicting golf ball trajectories from swing plane: an artificial neural networks approach[J]. Expert Systems With Applications, 2016, 65: 423.
- [12] GRUNZ A, MEMMERT D, PERL J, et al. Tactical pattern recognition in soccer games by means of special self-organizing maps[J]. Human Movement Science, 2012, 31(2): 334.
- [13] HASSAN A, SCHRAPP N, TILP M, et al. The prediction of action positions in team handball by non-linear hybrid neural networks [J]. International journal of Performance Analysis in Sport, 2017, 17(3): 293.
- [14] KEMPE M, GRUNZ A, MEMMERT D, et al. Detecting tactical patterns in basketball: comparison of merge self-organising maps and dynamic controlled neural networks[J]. European Journal of Sport Science 2015, 15(4): 249.
- [15] GOODFELLOW I, BENGIO Y, COURVILLE A. Deep learning[M]. Cambridge: MIT press, 2016: 326-366.
- [16] JIAN M, ZHANG S, WANG X, et al. Deep key frame extraction for sport training[C]//CCF Chinese Conference on Computer Vision, 2017.
- [17] MINHAS R, JAVED A, IRTAZA A. Shot classification of field sports videos using AlexNet convolutional neural network[J]. Applied Sciences-Basel, 2019, 9(3): 21.
- [18] COOPER R A. System identification of human performance models [J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1991, 21(1): 244.
- [19] NOVATCHKOV H, BACA A. Machine learning methods for the automatic evaluation of exercises on sensor-equipped weight training machines[J]. Procedia Engineering, 2012, 34: 562.
- [20] CHANG A C. Primary prevention of sudden cardiac death of the young athlete: the controversy about the screening electrocardiogram and its innovative artificial intelligence solution[J]. Pediatric Cardiology, 2012, 33: 428.
- [21] BACA A, KORNFELD P. Stability analysis of motion patterns in biathlon shooting[J]. Human Movement Science, 2012, 31(2): 295.
- [22] BACA A, DABNICHKI P, HELLER M, et al. Ubiquitous computing in sports: a review and analysis[J]. Journal of Sports Sciences, 2009, 27(12): 1335.
- [23] NOVATCHKOV H, BACA A. Artificial intelligence in sports on the example of weight training [J]. Journal of Sports Science and

- Medicine, 2013, 12(1): 27.
- [24] NAJAFI B, LEE-ENG J, WROBEL J S, et al. Estimation of center of mass trajectory using wearable sensors during golf swing[J]. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2015, 14(2): 354.
- [25] TAKANO K, LI K F. A multimedia tennis instruction system: tracking and classifying swing motions [J]. *International Journal of Space-Based and Situated Computing*, 2013, 3(3): 155.
- [26] PRAKASH C, KUMAR R, MITTAL N. Recent developments in human gait research: parameters, approaches, applications, machine learning techniques, datasets and challenges [J]. *Artificial Intelligence Review*, 2018, 49(1): 1.
- [27] CAI Y C, SHEN J, GE G, et al. Stretchable Ti3C2Tx MXene/carbon nanotube composite based strain sensor with ultrahigh sensitivity and tunable sensing range [J]. *ACS nano*, 2018, 12(1): 56.
- [28] NIU H H, ZHAO H. Application of the sport VU motion capture system in the technical statistics and analysis in basketball games [J]. *Asian Sports Science*, 2014, 3(7): 45.
- [29] BUTTUSSI F, CHITTARO L. MOPET: a context-aware and user-adaptive wearable system for fitness training [J]. *Artificial Intelligence in Medicine*, 2008, 42(2): 153.
- [30] Myswing motion capture tech is the secret to fixing your golf game [EB/OL]. (2018-01-10) [2019-03-05]. <https://www.Bloomberg.com/news/articles/2018-01-10/myswing-motion-capture-tech-is-the-secret-to-fixing-your-golfgame>.
- [31] YI X. The application research of virtual reality technology in emergency evacuation simulation of sports stadium [C] // *Seventh International Conference on Natural Computation*, 2011.
- [32] FISTER L, ZHUANG Y. Towards automatic food prediction during endurance sport competitions [C] // *International Conference on Soft Computing & Machine Intelligence*, Hyderabad, 2015.
- [33] GALILY Y. Artificial intelligence and sports journalism: is it a sweeping change? [J]. *Technology in Society*, 2018, 54: 1.

## Hot Topics and Evolution Analysis of International Sports Artificial Intelligence Studies Based on CiteSpace

LU Laibing

(Sports Department, Henan Institute of Technology, Xinxiang 453003, China)

**Abstract:** Based on the 325 literatures on the subject of “sports artificial intelligence” in the Web of Science database since 1995 as data sources, CiteSpace V software is used for visual processing and analysis. This paper sorts out the national and discipline distribution, research hot topics and evolution trend of sports artificial intelligence studies in the past 25 years, and analyzes the research context of sports artificial intelligence, and discusses the progress and development direction of sports artificial intelligence field. It is believed that: ① The research areas of sports artificial intelligence are widely distributed, among which the United States, China and Germany are in the leading position; ② Sports artificial intelligence research involves many disciplines, mainly using and drawing lessons from the research methods and theoretical perspectives of computer science, engineering, neuroscience, physics, psychology and other disciplines; ③ Sports artificial intelligence research focuses on neural network analysis and prediction model based on computer vision technology, intelligent training feedback system based on computer in-depth learning, efficient intelligent wearable equipment, etc.

**Key words:** artificial intelligence; sports; computer vision; neural network; in-depth learning; intelligent training; intelligent wearable equipment