

体育算力的基本内涵、测度体系及发展研瞻

韩松, 余锦洋, 陈宗科

(四川大学体育学院, 成都 610065)

摘要: 算力是支撑数字经济高质量发展的新型信息基础设施, 在数字体育领域拥有广阔发展空间。为满足数字体育产业升级需要, 推动算力融入体育实践将锻造数字体育产业竞争优势并解决数字体育技术应用和算力资源利用问题。作为数字体育的生产力, 体育算力是指专门为体育数据提供高性能计算和低成本处理的算力资源, 反映为算力基础设施进行体育数据传输、运算和储存时所具备的综合能力, 呈现种类多样化、应用普惠化和资源绿色化的趋势特点, 涵盖体育视频传输、即时体育数据分析、延时体育数据分析和体育信息收储管理等运营场景。运用德尔菲法和层次分析法建立由体育算力规模、技术、环境、应用为核心指标构成的体育算力发展水平测度体系。为应对我国体育算力发展的现实挑战, 建议夯实体育算力基础设施, 加强体育算力技术研发, 多点联动促进体育算力产业协调发展, 优化体育算力应用横纵结构。

关键词: 数字体育; 算力; 体育产业; 数据; 测度

中图分类号: G80-05

文献标志码: A

文章编号: 1008-3596 (2024) 03-0001-12

推进体育产业数字化转型、创新数字体育技术是加快建设体育强国的内在要求。数字体育作为应用数字技术的体育及其相关活动, 通过对体育过程中的信息进行数字处理, 实现对体育活动的科学控制^[1]。数字体育发展中海量数据的产生对体育信息处理能效提出了更高要求, 算力作为集数据储存、信息计算、网络运载于一体的新型生产力, 其能级大小极大影响体育供应链的数字化进程。当前我国数字体育技术正不断运用于全民健身公共服务、大型赛事组织管理等领域, 如数智竞技作为竞技比赛新形式登上第十九届杭州亚运会竞赛舞台^[2], 体育消费、体育业态的迭代升级将对服务器的数据处理能力提出更高要求, 提升数字体育的计算能力, 推动算力资源与多元

体育场景深度融合, 有助于解决未来或因海量体育数据处理能力不足引发的诸多问题。

当前, 我国算力资源逐步按需化、服务化、泛在化, 算力向数字经济各行业领域渗透已取得一定进展, 如通信领域已实现算力大规模应用, 根据业务的多样化需要, 中国电信正借助云计算推动算力服务化转型, 构建一体化算力服务^[3]; 再如城市治理方面, 整合算力资源打造同“电网”“水网”一样的算力网框架成为数字城市治理的重要路径^[4]。然而, 算力融入体育实践的进程仍较迟缓, 有关数字体育计算能力方面的先导性和专门性研究也较鲜见。鉴于此, 本文拟从形成机制、概念界定、趋势特点和运营场景来剖析体育算力的基本内涵, 并尝试构建体育算力发展

收稿日期: 2023-11-23

基金项目: 国家社会科学基金一般项目“区块链嵌入全民健身公共服务治理的实践机制与路径研究”(21BTY065)

作者简介: 韩松 (1985—), 男, 四川广元人, 副教授, 博士, 硕士生导师, 研究方向为体育管理。

文本信息: 韩松, 余锦洋, 陈宗科. 体育算力的基本内涵、测度体系及发展研瞻[J]. 河北体育学院学报, 2024, 38 (3): 1-12.

水平的测度体系,最后探讨体育算力提升瓶颈与对策,以期进一步提升对我国数字体育规模化发展的理性认识。

1 关于算力:建设经验与研究进展

1.1 算力概述

算力即应用程序的计算能力,狭义上指计算机每秒的运算速率,广义上指集数据储存、数据计算处理和远程运输功能于一体的基础设施,包括基于CPU的通用算力、基于AI的智能算力和基于超级计算机的超算算力^[5]。算法则是广义的计算方法,包括数值算法、非数值算法,强调计算的机械的规则^[6]。数据、算力与算法共同构成了数字经济发展的核心基石。

近年来,我国算力步入高速发展阶段,截至2022年6月底,我国算力总规模超150 EFlops,位居全球第二^[7]。在算力基础设施发展上,我国的计算硬件特别是芯片产业发展薄弱,对外依赖性较强,2021年上半年进口规模达1.04万亿元^[8];计算机软件方面,操作系统和应用系统都存在市场份额占比低、核心技术有待突破的问题;数据中心建设方面,我国积极推进“东数西算”工程,改善总体算力供需失衡局面^[9]。在政策支持上,算力作为国际竞争的重要内容愈加成为各国关注和培育的重点。美国白宫于2019年发布《国家战略性计算计划(更新版):引领未来计算》,将发展重心放在计算机软硬件创新和计算设施基础建设上。我国于2022年开展“东数西算”工程,明确提出构建数据中心、云计算、大数据一体化的新型算力网络体系^[10]。同年,《“十四五”数字经济发展规划》又提出“推进云网协同和算网融合发展”“有序推进基础设施智能升级”^[11]。

学界关于算力的研究主要聚焦于算力的应用和网络建设两方面。算力应用方面,算力与各行业的融合应用除上述提到的通信、城市治理领域外,还涉及人工智能、航空航天、数字体育等。在数字体育领域,算力可以服务于数据处理,为基于云计算的运动监测系统的数据库提供硬件保障,通过对体育数据的分析处理和分类储存实现数字化监测^[12]。算力还可以服务于AR虚拟体育,例如算力自身集传输和计算于一体的优势可以配合移动边缘计算的数学模型解决AR体育舞蹈教学所面临的数据传输和虚拟计算造成的时延

与耗能问题,打造AR虚拟体育舞蹈业务^[13]。算力网络建设方面,算力网络是一种通过“云+边+端”协同以融合计算资源、实现灵活供给的网络模型^[14]。对算力网络建设水平的评估通常要综合计算机的计算速率、数据储存量、通讯能力、计算方法和云计算服务能力五要素^[15]。鉴于国际上尚未建立统一的评估体系,对各国算力网络建设形势的研究讨论还较为宏观,美国在软件平台、核心部件、算法上形成突出优势,具有超算、边缘计算等技术的强劲竞争力;日本超算单体算力居世界第一,产业各领域都具有较强竞争力;我国超级计算机总量位于全球第一,数据中心建设水平逐步提高,边缘计算与美国差距较大,全产业链具有明显优势^[8]。

1.2 算力经济概述

2018年中国科学院研究员张云泉提出“算力经济”概念,认为以超级计算为核心的算力经济将成为衡量一个地方数字经济发展程度的代表性指标和新旧动能转换的主要手段^[16]。学界普遍认为,“东数西算”工程的推进将利于壮大算力经济,从而对经济结构、西部数字产业发展和社会发展产生长远影响^[17]。而实现大规模算力经济的质量提升,应从布局计算技术、创新计算产品、融合多行业发展、建设产业新业态、营造合作环境五方面着手,多路径协同发展^[18]。

伴随全球算力进入新一轮快速发展期,算力产业逐步成为壮大算力经济的主要形式。算力产业是通过硬件设备进行数字运算,以生成、验证和记录相关数据,从而为网络平台提供计算能力的行业^[19-20]。我国算力产业规模5年平均增速超30%,相关联产业规模超8万亿元,已逐步成为国家乃至世界经济中不可或缺的单元^[21]。算力作为社会的基础设施,关乎国民经济整体利益,算力经济亦可被称为基础设施产业^[22]。当前,以算力小镇为核心的算力产业版图已在杭州临平构建,集智创新打造算力融合新业态成为抢占产业制高点的法宝^[23]。尽管作为算力发展基础的计算产业体系已较为完整,但算力产业未来发展仍面临产业基础薄弱、技术创新不足、供需匹配失衡等诸多困难^[24]。

1.3 算力度量模型概述

业界关于算力度量模型的研究与日俱增,其中包括对算力发展水平、算力规模大小、算力综合指数等多方面的评测。一是,2023年发布的

《中国算力发展指数白皮书》从算力赋能数字经济角度考量,选取算力规模、算力产业、算力技术、算力环境和算力应用五维度构建算力发展指标体系(表1)^[5]。二是,算力五力模型通过对数据中心的算力情况进行综合考量,聚焦与计算能力密切相关的通用算力、智能算力、算效能力、存储能力、网络能力五个方面,并结合双向投影法和TOPSIS法更加科学地评估算力技术^[25]。三是,算力使用水平指数模型聚焦于算力用量和算力质量两大维度,通过10个二级指标包括用量维度的计算能力、网络能力、存储能力、企业算力投入和质量维度的算效质量、网络质量、存储质量、算力绿色化水平、异构算力融通、算力应用水平,以及29个三级指标构建度量模型;该模型力求对算力进行全面评估,实现综合性算力度量^[26]。

表1 中国算力发展指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	单位
算力规模	计算设备算力	基础算力 (服务器算力)规模	EFlops
		智能算力 (AI服务器算力)规模	EFlops
		超算力 (超级计算机算力)规模	EFlops
	基础设施算力	数据中心、智能计算中心 算力规模	EFlops
算力产业	计算设备	计算设备产量	万台
	计算芯片	集成电路产量	万块
	计算软件	软件业务收入	亿元
算力技术	创新水平	计算发明专利申请数	件
		计算发明专业授权数	件
	研发投入	计算机制造业R&D经费	亿元
算力环境	网络环境	互联网省际出口带宽	Tbps
		5G覆盖率	%
	算力投入	IT支出规模	亿元
算力应用	数据开放	数据开放数林指数	
	消费应用水平	移动互联网月均流量	EB
	行业应用水平	产业数字化规模	亿元

概言之,中国算力发展指数体系从空间区域进行划分,详细描述了各区域、各省份的算力情况,但其评估指标相对简单,未能进行更深层次的指标剖析。算力五力模型将算力各项指标数据进行综合评定以实现数据可视化,但由于我国经济社会不同部门行业的算力应用存在非同步性,使得数据收集困难,精准评估难以落地。算力使

用水平指数模型从算力用量和算力质量进行指标细化,新增算力绿色化水平、异构算力融通等指标,能够较全面地评估算力使用水平。三种模型对于测度数字体育的算力大小均有指导意义,本文将通过对既有模型指标的保留和更替,再结合我国体育产业数字化特点形成新指标,构建体育算力测度体系。

1.4 小结

算力能力的提升是“十四五”时期我国数字经济发展的重点任务之一。随着当前我国算力基础设施建设的持续推进及相关探讨的不断深入,围绕数字体育领域开展算力融合应用实践将成为新议题。基于我国算力基础设施发展现状及前人研究启示,本文重点对体育算力的基本内涵、水平测度及因应策略展开分析。

2 体育算力的基本内涵

2.1 形成机制

数字经济的蓬勃发展,推动算力由生产性服务业向生活性服务业加速渗透。在数字体育领域,体育数据处理不仅有了更强大的计算能力支撑,而且体育产业数字化转型中产生大量的数据计算和存储需求,还将进一步拉动体育算力发展。实质上,分析体育算力的形成机制属于归因研究范畴,即动因应归为内因和外因两大类^[27]。依据“动因—行为”间内外因素论逻辑,数字体育计算能力的形成主要源自外部动力和内部动力。

2.1.1 外部动力

2.1.1.1 新机遇:算力在数字体育领域拥有广阔的发展空间

《“十四五”体育发展规划》提出支持大数据、区块链、物联网、云计算、人工智能等新技术在体育领域的创新运用,实施体育产业数字化战略^[28],有力推动了数字体育发展进程。例如在政策引领下线上体育活动的流行加速了体育数字化转型,VR、人工智能、云计算等科技赋能体育衍生出体育新业态。由于这些技术多基于数据支持,因而科技赋能下的体育是数字化的体育,是以体育数据作为基本要素来支撑各项内容的。据预测,2025年全球大数据储量将达163 ZB,我国作为数据第一大国其数据产生量将达全球总量的23%^[29]。这意味着包括体育数据在内的海量数据将成为经济社会发展的重要生

产要素,将不断刺激各行业数字化水平提升。同时,2023年我国数字经济规模增至50.2亿元,产业数字化比重达到81.7%^[30],体育产业数字化发展拥有了坚实保障。在数据产量增长与数字经济发展的驱动下,数字体育日益繁荣,产生的大量体育数据需要进行传输、计算、存储,这为算力设施的布局和应用创造了机会。

2.1.1.2 新要求:满足数字体育产业升级的需要

伴随用户的体育消费需求逐步个性化、差异化,数字体育的产品和服务需要进一步升级。从数字体育产品方面来看,基于体育用品制造业与数字经济的加速融合,各类数智体育运动装备器材不断面市。普通的运动手环、运动App已满足不了运动者的健身需求,为了更精细地分析运动模式数据、掌握身体状况,能够精准匹配运动项目、适应多元运动场景的智能训练器材、可穿戴装备等进入蓝海赛道,而产品科技含量的提升和功能的完善将对包括体育数据处理能力在内的各方面技术提出更高的要求。从数字体育服务方面来看,越来越多的体育赛事服务商开始重视运用数字技术优化赛事消费服务场景。如沉浸式观赛、全景自由视角赛事直播等已进入实践阶段,创新的服务对体育赛事场景进行深度渲染,极大提升了观众的观赏体验,使得体育赛事更具吸引力。高新技术赋能下的体育产品和服务都离不开数据支持,大数据的有序运行需要庞大且稳定的计算设施及算力来提供保障。

2.1.2 内部动力

2.1.2.1 锻造数字体育产业竞争优势

随着各领域数字化转型进程加快,数据、算法和算力成为当前行业竞争的主要内容。数字体育中算力设施的融入有助于体育赛事服务、竞技体育科技应用、智慧体育管理等多方面能力的综合提升,锻造数字体育产业新优势。

第一,算力可以优化数字体育服务。科技创新推动数字体育服务愈加多样,5G+XR赛事体验、赛事实时转播等帮助观众获得了更好的参与体验,智能可穿戴设备帮助运动者更直观、便捷地了解运动状况。但这些创新服务的实际运用效果并不理想,例如对网速、清晰度要求较高的技术在运营时常出现画质低、播放卡顿等问题影响观众体验。因此需要区别的是,数据产出不等于数据表达,虚拟体验、赛事实况、运动状况等内

容都是数据表达的结果,如何做到即时性表达是优化服务的重要问题,算力的应用能够降低中间时延从而解决这一问题。日前,由中赫集团、中国移动和高通计划共同推进的5G无界XR赛事体验方案集业务、网络、算力于一体,利用5G切片来提供高速率低时延的数据传输,采用全新的分离式渲染技术,构建算力网络,实现了高效快捷的处理效果^[31]。

第二,算力可以提升竞训保障的科技水平。数字技术在助力运动员突破瓶颈、提高训练科学性、保证竞赛公平性的同时,也在推进体育科技创新。在此过程中,海量数据将产自规模化的共通性数字化体育应用与专业化的竞训辅助设施,有力提升竞技体育科技保障水平的要义之一便是实现数据处理的系统高效。鉴于此,算力资源的关键作用主要体现为:①算力能够运用于训练和比赛数据的处理。一方面,算力基础设施可以储存运动员全阶段训练数据,并通过不断迭代的算法更迅捷地计算得出细颗粒度的训练分析报告,帮助提高训练反馈与指导效率;另一方面,算力基础设施可以对运动员比赛技战术表现数据以及VAR、鹰眼挑战等赛场视频系统的运算分析提高响应时效,为技战术变换提供参考、为公平执裁提供判罚支持。②算力可以应用于体育场地设施的数据监管预测,例如,2022年冬奥会上由800台服务器组成的高性能计算系统助力气象监测,收集气象数据并用超级计算机做实时AI分析,运用算力设施来保障监测过程中的数据处理^[32]。③算力的融入催生了体育竞赛的新形式,依附互联网技术的数智竞技正在兴起,算力网络与智能设备将作为比赛的承载者参与其中,开展包括MCG竞技、实况虚拟竞技等内容的比赛^[2]。

第三,算力可以完善智慧体育管理体系。数字化时代的体育管理不再是单一的结构管理,而是涉及数据管理的多元协同治理。以智能体育场馆为例,如何实现场馆的高效使用、资源的充分利用、服务的全面跃升等是当前亟待解决的难题。智能体育场馆的建设,一定程度上促进了便捷使用,但仅仅运用预约场馆、线上缴费等基础功能并不能称之为智能场馆。当前我国的智能体育场馆管理体系尚不完善,使场馆应用受到阻碍、信息安全存在风险^[33]。因此,加快完善管理体系是进一步推进智能体育场馆应用升级的重

点任务。数字技术是助力场馆智慧化的源动力,在最新研究场馆智慧化转型的总体架构中数字技术将应用于基础平台层,其中数据中台的主要任务涉及计算服务、数据治理、数据库框架等^[34]。根据数据中台的任务进行考量,算力成为该中台的设施支撑,数据中台需要依靠算力资源来维系整体架构的运行。

2.1.2.2 解决数字体育技术应用和算力资源利用问题

算力从数量、质量、动力三个维度来推动数字体育的发展升级,解决当前面临的技术应用问题。数量层面,数字体育技术尚未实现全国范围内大规模应用,但算力设施建设规模庞大,有助于提高数字体育技术的应用密度,如依托“东数西算”工程带动西部地区数字体育的推广。质量层面,愈加庞大的数字体育产物——体育数据的高效分析与系统储存问题尚待解决,面对数字体育领域中竞技运动训练与比赛、智慧体育场景应用、运动康复等方面的产出数据,算力设施可以按照科学算法进行计算、依靠统一路径进行传输、依据一定标准进行储存,从而发挥其低时延优势提高运算速率、缩短反馈时间,运用统一算法保证分析的准确性,利用设施实现体育数据的分类储存。动力层面,算力应用正逐步实现与各领域的融合发展,数字体育开展算力应用有助于数字体育产业的转型升级,满足消费者愈加多元的消费需求,如算力可以实现沉浸式观赛所需的数据高速处理、高效反馈。与此同时,算力赋能数字体育既能满足数字体育的需要,也能实现算力资源的充分利用。当前国家算力中心正大规模建设,除满足互联网、物联网等数据计算需求外,亦可支撑社会生产各大领域解决数据处理问题。在算力设施工作量尚不饱和的情况下,数字体育有效利用近端算力中心为其服务是提高算力设施工作效率的一种途径。

2.2 概念界定

数字化时代的到来使得各行各业的发展愈加离不开数据,而数据的激增对计算提出了新要求。数字技术赋能体育促使体育领域的技术、实践、应用和治理等方面都发生了变革。以数字体育治理为例,数字体育的治理离不开计算,其实质就是通过对各类型体育活动的计算活动进行整理,持续地以一种整合的形式反馈出来。数字体育治理主要表现为:对数字体育活动进行定义和

编码,建立相关映射关系,进而对体育活动事实进行描述;以数据形式呈现事实,选择算法进行计算;根据计算结果完成服务优化、产业升级和资源调配等内容。实际上,数字体育计算支撑着整个治理过程,数据作为基本要素渗透在系统中,通过计算使数字体育相关事实以信息的形式呈现,帮助实现更科学理性的判断,以致数字体育治理更加高效、可控。可以说数字体育治理水平一定程度上取决于体育算力^[35]。

体育算力是算力的下位概念,算力是一种新型生产力这一判断目前备受学术界认可,那么体育算力是否应为生产力亦值得阐明。依据马克思的生产力理论,生产力是指人类征服和改造自然的客观物质力量,包括劳动者、生产资料和劳动对象三要素,同时还包含科学技术。随着数字时代的开启,生产资料已由以煤、石油为核心转变为以数据为内核,劳动对象涉及各行各业,使用数据这一劳动资料进行生产是生产资料的一大革新^[36]。在数字体育领域,体育算力是各项活动生产的支撑,未来主要体现为对体育数据等生产资料的处理能力。可见,数字体育业务内容产出的体育数据构成生产资料,劳动对象是需要提供的体育服务、打造的运动场景等,体育算力相当于运用科学技术满足体育数据处理需要。因此,体育算力定然构成数字体育的生产力。

体育算力不仅是数字体育治理的基石,而且作为生产力影响着数字体育的演进,它至关重要的作用决定了其研究价值。在数字体育应用中,数据作为基本要素而存在,体育活动会产生大量的体育数据,包括训练比赛数据、运动产品数据、虚拟场景数据等。这些体育数据需要一套完整的服务设施来收集、运算和输送后才能实现精准反馈与高效利用,也就是说体育算力的能效、容量、分布等软硬件系统将建构数字体育的新型生产方式。综上所述,作为数字体育的生产力,体育算力是指专门为体育数据提供高性能计算和低成本处理的算力资源,反映为算力基础设施进行体育数据传输、运算和储存时所具备的综合能力。

2.3 趋势特点

2.3.1 体育算力种类多样化

体育算力呈多样化发展态势,除通用算力外,智能算力、超算算力也逐步融入数字体育服务。一方面,随着数字体育应用场景的创新,高性能计算设备成为场景打造的重要力量,促使算

力设施升级。如2022年冬奥会上高性能计算设备辅助气象监测系统,其运行超出通用算力服务范畴,智能算力成为主要计算设施。另一方面,传感数据、训练比赛数据等数据的多样化也决定了体育算力的多样化。譬如第22届世界杯首次使用半自动越位识别技术,由场内特制摄像头、球内传感器和人工智能系统共同完成越位识别,这类对传输速度、计算速率、重复计算次数要求高的传感数据处理通常采用智能算力设备^[37]。而对于时延要求低、实时数据储量不大的训练数据通用算力即可满足处理要求。在将来愈加多样的体育算力体系建设下,一些前沿算力也有望应用到数字体育领域中。

2.3.2 体育算力应用普惠化

体育算力的普惠性日益显著。在空间布局上,“十四五”以来,算力中心、算力网络等新型信息基础设施建设提速,不断深入推动我国算力资源配置优化升级。由于体育算力依靠已有算力资源,因此体育算力的应用可以借助算力资源分布优势由东部沿海发达地区拓展至西部欠发达地区,从而拥有较大的覆盖面。同时,随着算力网络的加速构建,算力不再是单一服务周边区域而是可远距离、跨区域使用,大大提升了算力资源的利用率,为泛在化应用提供条件。在应用场景上,体育行业各领域的数字化转型奠定了体育算力的应用基础,加之体育算力体系日臻完善,一些传统体育领域的数据存储和管理也可以使用便捷的算力资源。

2.3.3 体育算力资源绿色化

人与自然和谐共生的绿色发展理念成为当今时代发展的风向标,绿色体育是体育发展的目标愿景,体育算力的应用亦逐渐趋向绿色化。首先,体育算力应用本身就是绿色体育发展的表现。体育算力来源于庞大的算力资源,对总资源进行充分利用既能避免资源闲置,也能降低数字体育产业的计算成本。其次,体育算力可以作为绿色发展的能源之一,既能为体育计算提供硬件保障,如智慧场馆资源分配、运动环境监测等,又能实现云端计算以避免数据中心搭拆、软硬件资源难以共享等问题。最后,体育算力益于协助开展绿色体育治理,包括优化产业改造升级结构、完善体育资源分配体系、监管体育制造链条等^[38]。

2.4 运营场景

第一,视频传输。体育视频传输类运营场景

主要面向网络视频传输,包括赛事直播、实况转播、AR等,可以分为单向传输和双向传输两类。单向传输主要指由服务端向网页端或客户端进行内容传输,例如赛事的直播、转播等;双向传输是一个进行传输和反馈的过程,例如AR应用等。2022年,中国电信“天翼杯”长三角健身气功数字邀请赛推出“5G算力网络+AI智能评分”即是一种双向传输的视频类应用,通过比赛视频对骨骼结构、肢体点位进行提取计算,再对整体套路、动作等开展实时评估。此类场景通常对传输速率要求较高,对通用算力和智能算力需求较大。

第二,即时数据分析。即时体育数据分析类运营场景主要指需要对比赛现场体育数据进行即时处理计算的情境,当前主要涉及竞技体育领域。例如,卡塔尔世界杯采用的半自动越位识别技术借助传感器以500次/秒的频率传输数据来判断传球点,这一技术的应用对现场数据处理的时效提出严格要求。此类即时数据处理类应用属于低时延性应用,需要进行高频数据采集,对数据传输速率要求极高,对智能算力需求较大。

第三,延时数据分析。延时体育数据分析类运营场景主要是指对体育数据处理时效要求不高,不需要即时得到计算结果的情境,包括大部分运动健康监测系统、智能穿戴设备等,均以低频数据采集为主。譬如,基于云计算的运动监测系统需要借助算力建立数据库并对体育监测数据进行分析处理和分类储存以实现数字化监测,这就属于典型的延时数据分析类算力应用场景,虽然其对数据传输速率要求不高,但对通用算力需求较大。

第四,信息收储管理。体育信息收集、存储与管理类运营场景主要面向人机信息交互与体育信息管控,如智慧体育场馆管理服务系统。该类场景由于对数据处理时效要求低、信息储量大,因而对数据传输速率要求较低,但对服务器的网络能力和储存能力要求较高。

3 体育算力发展水平测度体系构建

体育算力发展指标的差异化程度是影响体育算力节点部署与应用推广的基本变量。参鉴关于算力量度的前人研究,本文尝试通过德尔菲法和层次分析法(AHP)来构建体育算力发展水平测度体系。首先,通过两轮德尔菲法分别确定测

度体系指标内容和判断矩阵,再结合 AHP 得出指标权重。囿于当前难以调查获得丰富的体育算力实际数据,结合 AHP 有助于明晰体育算力发展指标的重要程度,进而提高测度体系的合理性与可用性。最后,在确定体育算力发展指标的基础上建立测算模型,通过测算模型与指标权重综合测度体育算力发展水平。

3.1 指标体系建立

3.1.1 基于德尔菲法的发展指标筛选

为提高指标体系的科学性和权威性,采用

文献资料法、德尔菲法进行资料查找和专家咨询以获得较为客观、详尽的算力发展指标内容。课题组结合数字体育发展现状及特点建立体育算力发展初始指标体系(表2),并根据初始体系编制咨询问卷,采访了8位从事体育经济或计算机科学研究且具有高级职称的专家,分别来自北京体育大学商学院、北京体育大学管理学院、四川大学计算机学院、西安电子科技大学计算机科学与技术学院、西安电子科技大学人工智能学院。

表2 体育算力发展初始指标

一级指标	二级指标	三级指标
A 体育算力规模	A1 计算设备算力	A11 通用算力
		A12 智能算力(AI)
		A13 超算算力
B 体育算力技术	B1 数字体育技术创新水平	B11 创新技术数量
	B2 数字体育技术研发投入	B21 技术研发经费
	B3 数字体育产业化水平	B31 数字体育产业规模
		B4 算效能力
	B5 存储能力	B51 体育数据容量
		B52 存储性能
	B6 网络能力	B61 体育行业5G覆盖率
B62 网络带宽		
B7 数据中心技术条件	B71 数据中心资金储备	
	B72 设备技术水平	
C 体育算力环境	C1 网络质量	C11 体育数据传输时延
		C12 信息丢包率
	C2 体育算力投入	C21 体育算力应用支出
		C22 在建体育算力规模
C3 体育产业低碳水平	C31 清洁能源使用率	
	C32 绿色场馆达标率	
C4 体育产业化水平	C41 体育产业总规模	
	D1 消费应用水平	D11 体育视频App、网站月均搜索量
D 体育算力应用	D2 行业应用水平	D21 体育产业数字化规模
	D3 应用产品规模	D31 体育算力产品数量

在整理回收问卷的同时运用 NVivo11 软件对问卷进行编码和分析,采用在已有理论框架的基础上设定编码变量的方式进行。拟定体育算力规模、体育算力技术、体育算力环境和体育算力应用4个一级节点后,将样本数据导入软件进行内容分析,筛选确立一级指标。随后,依次开展二级节点和三级节点的编码分析。鉴于分析过程

相似,下文仅以二级指标为例进行 NVivo 分析(表3)。

3.1.2 最终筛选结果

经过筛选并根据专家意见进行修正,最终形成的指标体系见表4。测度指标围绕体育算力规模、技术、环境和应用四方面展开,涉及4项一级指标、11项二级指标和18项三级指标。

表3 二级指标的 NVivo 分析记录表

二级指标	赞同率	专家意见	指标结果
A1 计算设备算力	100%		保留
B1 数字体育技术创新水平	100%		保留
B2 数字体育技术研发投入	100%		保留
B3 数字体育产业化水平	83.3%	与 B 关系较小	删除
B4 算效能力	100%		保留
B5 存储能力	100%		保留
B6 网络能力	100%		保留
B7 数据中心技术条件	86.1%	对 B 影响较小	删除
C1 网络质量	100%		保留
C2 体育算力投入	100%		保留
C3 体育产业低碳水平	92.7%	改为“体育产业绿色化水平”	保留
C4 体育产业化水平	74.5%	对 C 影响较小	删除
D1 消费应用水平	100%		保留
D2 行业应用水平	100%		保留
D3 应用产品规模	80.3%	与 D1 冲突	删除

表4 体育算力发展指标

一级指标	二级指标	三级指标
A 体育算力规模	A1 计算设备算力	A11 通用算力
		A12 智能算力 (AI)
		A13 超算算力
B 体育算力技术	B1 数字体育技术创新水平	B11 创新技术数量
	B2 数字体育技术研发投入	B21 技术研发经费
	B4 算效能力	B41 体育算力/所有设备功耗
	B5 存储能力	B51 体育数据容量 B52 存储性能
	B6 网络能力	B61 体育行业 5G 覆盖率 B62 网络带宽
	C1 网络质量	C11 体育数据传输时延 C12 信息丢包率
C 体育算力环境	C2 体育算力投入	C21 体育算力应用支出 C22 在建体育算力规模
	C3 体育产业绿色化水平	C31 清洁能源使用率 C32 绿色场馆达标率
	D1 消费应用水平	D11 体育视频 App、网站月均搜索量
D 体育算力应用	D2 行业应用水平	D21 体育产业数字化规模

3.1.3 核心指标说明

第一, 体育算力规模。数字体育催生强劲体育算力需求引致体育算力规模逐步扩大。空间分布上, 北上广等地区算力规模较大、数字体育发展迅速, 该地区的体育算力已实现应用落地。参考当前体育领域中的算力应用实例分布, 体育行

业内的通用算力应用方面, 健身休闲业和教育培训业占主要地位。智能和超算算力应用方面, 竞赛表演业和场馆服务业处于较高水平, 例如当前元宇宙市场规模突破 400 亿, 竞技体育是该技术最主要的应用市场之一, “5G+算力”打造的元宇宙空间已成为呈现体育竞赛的重要技术, 促使体育算力规模随之扩大^[39]。

第二, 体育算力技术。空间结构上, 东部地区的算力技术水平较高、科技创新速度快, 北上广三地计算发明专利数全国占比累计超 70%, 为体育算力技术发展奠定较好基础。应用情况上, 相比其他体育业态, 场馆服务业更多涉及虚拟、AI 等技术, 因而其对体育算力技术要求较高。技术创新上, 当前体育算力技术创新水平较低, 鉴于体育算力技术与数字体育技术密不可分, 下文通过参考数字体育技术创新领域预测体育算力技术创新方向。就目前来看, 数字体育技术涵盖 5G、AI、VR 等科技, 创新技术包括 Arena 4D 运动捕捉系统、足球门线技术与半自动越位识别技术等, 主要集中在竞赛表演、场馆服务和健身休闲产业, 体育算力为匹配数字技术需要, 其技术创新也将优先服务于上述产业。研发投入上, 数字体育技术广泛应用于竞技体育领域, 因此其技术创新投入远高于其他领域。

第三, 体育算力环境。网络环境方面, 三大运营商为体育算力发展提供良好网络环境。中国移动累计开通超 73 万 5G 基站, 并于 2022 年再建设 28 万基站, 实现 5G 网络覆盖全国, 同时“5G+算力网络”计划深入推进^[40]。如咪咕视频直播世界杯、奥运会, 打造体育明星数智孪生人物等, 均在促进算力的体育型服务。体育算力投入方面, 由于算力多应用于竞赛表演业和场馆服务业, 应用支出也主要集中于此, 因而两者具备体育算力发展环境优势。

第四, 体育算力应用。在消费应用水平上, 以实时体育新闻为优势的新浪体育月均搜索量接近 6 万次, 以 NBA、CBA、体育综艺等为核心服务的腾讯体育月均搜索量超 1 万次, 网站浏览内容主要为体育赛事、体育娱乐等, 说明在竞赛、休闲领域的消费潜力大, 体育算力的消费应用水平较高。行业应用水平上, 算力及相关数字技术的体育行业应用水平大幅提升。特别是在竞赛表演业, 从 2020 年东京奥运会实现云上转播,

到2022年北京冬奥会的核心系统上云,再到2023年的云上亚运,云计算赋能下的国际体育赛事正不断完善革新。研究显示,我国体育产业建设规模有望在2025年达到5万亿元,数字体育作为当前的政策导向型发展内容,在体育竞赛、体育服务、健身娱乐等诸多领域都具备较好的体育算力发展势头。

3.2 测算模型构建

体育算力具备可量化的特点,本文将依据体育算力的规模、技术、环境和应用四项指标构建体育算力发展水平测度模型。

3.2.1 一级指标计算

3.2.1.1 计算二级指标权重

采用AHP对体育算力全部发展指标进行分析,确定各指标权重。AHP的判断矩阵标度含义见表5,下文以体育算力技术指标为例,通过专家对指标的重要性做出判断得到表6。

表5 判断矩阵重要性标注

标度	含义
1	同样重要
3	前者比后者稍重要
5	前者比后者明显重要
7	前者比后者强烈重要
9	前者比后者极端重要
2、4、6、8	介于上述判断相邻之间
倒数	$a_{ij} = 1/a_{ji}$

表6 体育算力技术判断矩阵

体育算力技术	数字体育技术创新水平	数字体育技术研发投入	算效能	存储能力	网络能力
数字体育技术创新水平	1	2	1/8	1/6	1/3
数字体育技术研发投入	1/2	1	1/9	1/7	1/4
算效能	8	9	1	4	7
存储能力	6	7	1/4	1	3
网络能力	3	4	1/7	1/3	1

根据判断矩阵内容得出指标权重,并采用随机一致性检验的方法进行验证,具体如下:

a) 求出目标判断矩阵的最大特征根 $\lambda_{\max} = 5.2586$;

b) 求出一致性指标值 $CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} = 0.0647$;

c) 求出一致性比值 $CR = \frac{CI}{RI} = 0.0577$ 。

体育算力技术指标权重一致性检验CR值为0.0577,小于0.1,表明矩阵赋值合理,指标权重科学。体育算力技术评价指标权重如表7。

表7 体育算力技术评价指标权重

指标	权重
数字体育技术创新水平	0.0552
数字体育技术研发投入	0.0371
算效能	0.5502
存储能力	0.2437
网络能力	0.1138

运用AHP可依次计算得出体育算力规模、技术、环境和应用的评价指标权重。假设得到的某个二级指标权重集合为:

$$Y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_n)^T \quad (1)$$

3.2.1.2 计算一级指标评估结果值

依据评估方法,将获得每个评估对象的评估结果值。假设二级评估指标权重为Y,指标值为Z,那么一级指标的评估值S计算如下:

$$S = \sum_{i=1}^n Y_i Z_i \quad (2)$$

为进一步反映评估指标的健康程度,将利用百分制评价评估指标,将每个评估指标划分不合格值、合格值和优秀值三类,以更直观地反映各指标的质量(表8)。

表8 指标评估结果对应分值划分规则

得分范围	评估结果值
0	小于等于不合格值
0~60	介于不合格值和合格值之间
60~100	介于合格值和优秀值之间
100	大于等于优秀值

假设评估值为S,不合格值为A=0,合格值为B=60,优秀值为C=100,那么各评估值得分的具体算法如下:

$$R = \begin{cases} 0, S \leq A \\ 60 \times \frac{S-A}{B-A}, A < S \leq B \\ 60 + 40 \times \frac{S-B}{C-B}, B < S < C \\ 100, S \geq C \end{cases} \quad (3)$$

3.2.2 总发展指标计算

参考上述算法,使用线性加权算法计算体育算力发展指标总测评值。同样通过AHP计算各一级指标权重,已知一级指标评估得分值为R,假设总评估值为D,一级指标权重为W,则D的计算如下:

$$D = \sum_{j=1}^m R_j W_j \quad (4)$$

依据上述计算步骤,在最终得到体育行业某领域的体育算力发展指标总测评值之后,可根据体育算力发展整体情况对测评结果进行划分,确

定发展水平不同等级,进一步对该领域体育算力发展情况进行评价。

4 体育算力发展的挑战与应对

4.1 现实挑战

第一,体育算力产业基础薄弱,产业生态有待完善。产业基础方面,我国仍相对薄弱,美国英特尔和英伟达公司长期占据芯片市场主导地位,我国芯片、操作系统、核心技术等内容创新研发不足,多样化算力产业结构尚未形成^[24]。因此,作为算力产业分支的体育算力产业发展基础亦处于较低水平。产业生态上,产业体系尚未建成,硬软件设备长期依附于其他行业设施,当前体育算力主要依靠国家数据中心提供服务;体育科学技术创新数量较少,《“十四五”体育发展规划》亦强调要加强科技对体育工作的贡献;前端体育场景应用需求与产业服务内容供给不匹配等问题制约着体育算力产业发展。

第二,技术创新能力亟待提升。尽管我国计算机行业正处于高速发展阶段,但相较于发达国家仍相对滞后,特别是在核心计算技术和产品创新上。当前,技术创新思维需进一步转换,技术的研发投入和落地实施力度有待加强,多元化技术路径亟待开发。单一技术系统已经难以满足数字体育应用需求,例如在体育赛事直播与转播服务中,服务目的不同导致对数据传输时延、带宽等要求不同,因此急需针对不同应用类型开发相匹配的技术路径,实现前后端服务贯通,以多元化的体育算力服务体系协调数字体育发展。

第三,产业发展不均衡。目前,我国算力产业发展呈三个增长极、多点支撑的发展格局,京津冀、粤港澳和长三角地区的算力发展水平较高。体育算力受产业带动影响,呈现“3+1”的产业格局,即以北京、广东、江苏为中心的三个发展点和由“东数西算”工程推动的西部发展区。在体育算力发展的研发投入、网络环境、技术创新水平等方面,三个发展点皆占据优势,西部发展区明显低于前者,其余地区几乎未实现体育算力应用,全国范围内产业分布不均衡。

第四,应用赋能不充分。数字体育发展推动体育算力需求大量释放,而体育算力应用的横纵度不足导致应用场景难以落地。从应用广度来看,体育算力应用的推广面较窄、普及度极低,目前主要应用于竞赛表演和健身休闲两大板块。

从应用纵深来看,体育算力应用尚未形成多元化的服务体系,基础设施建设不完善,数据储存量、共享速率和计算能力欠佳等问题阻碍了体育算力与前端应用的联结落地。

4.2 对策建议

第一,夯实体育算力基础设施。依托国家数据中心,加快体育算力数据中心、智能计算中心、超级计算中心构建,充分利用算力资源服务体育行业,增加体育算力在算力总资源中的应用占比。完善体育算力基础设施体系,建设体育数据集散中心和数据枢纽点,优化资源统筹调配系统,搭建多元化技术路径。引导体育企业等社会资源参与基础设施建设,鼓励以债券或股票形式融资,加大资金投入力度,创造良好发展环境。秉承绿色低碳发展理念,保证设施建设符合环保标准,推动体育算力产业实现绿色发展。

第二,加强体育算力技术研发。贯彻落实科技自立自强要求,发挥我国国内市场需求大、计算机科技发展基础好、人才众多等优势,进一步增强体育算力核心技术的创新能力。加大科技助力体育工作的力度,借鉴冬奥会算力助力天气监测的成功经验,将算力融入运动训练、运动康复等环节,刺激算力技术升级。转变思维方式,针对前端体育应用需求构建多样化的服务体系,以多元化的计算路径代替单一计算模式,通过体系创新驱动体育算力产业链升级。

第三,多点联动促进体育算力产业协调发展。在空间分布层面,借鉴国家新型算力网络建设经验,构建体育算力网络,建设体育数据枢纽节点和大数据中心集群,链接各体育算力中心,统筹资源按需调配。以“三点”“一区”为中心,带动周边区域开展体育算力应用,共享体育算力资源,分享体育算力需求信息。在产业业态层面,借助体育算力发展测度体系对行业各领域发展情况进行分析,参考测评结果精准施策。当前,竞赛表演和健身休闲领域体育算力发展水平高,其他领域极少涉及,应在持续推进高水平发展领域的同时扶持其余领域共同开展体育算力应用。

第四,优化体育算力应用横纵结构。在应用广度上,加强算力应用与数字体育融合创新发展。借鉴算力对各行业的赋能作用,发掘体育算力在智能体育、智慧场馆、数智竞技、AI健身等体育科技场景中的应用潜力。在应用纵深上,

要完善体育算力应用的供需对接,以多元化计算技术匹配不同需求。推动大数据、云计算、智能计算等技术在体育行业的研发,针对体育竞赛、休闲健身、体育教学等领域已实践的算力应用,鼓励计算路径、计算系统和计算方法的拓展创新,实现体育算力在行业领域中的深入垂直应用。

5 结束语

算力是我国数字经济高质量发展的关键支撑。本文通过研判体育算力的形成、概念、趋势和场景对体育算力的基本内涵进行厚描,并建立了由体育算力规模、技术、环境和应用4项一级指标、11项二级指标和18项三级指标构成的体育算力发展水平测度体系,最后对当前体育算力发展面临的现实挑战与应对之策进行分析。总之,随着我国体育算力研发的深入和成果的推广,体育算力势将成为体育产业数字化转型中不可或缺的核心服务资源。

参考文献:

- [1] 张立,李祥臣,龚健.数字体育新解[J].体育文化导刊,2012(7):141.
- [2] 杭州亚运会定档!中国移动咪咕再出大招为数智竞技蓄能[EB/OL].(2022-07-22)[2023-05-04].<https://yrd.huanqiu.com/article/48vew00hAc3>.
- [3] 林碧涓.算力服务异军突起 中国电信云网促产业发展[N].通信信息报,2022-11-16(4).
- [4] 于施洋,郭明军,郭巧敏,等.数字城市“新市政”:城市算力网的总体架构及实施路径研究[J].电子政务,2022(12):2.
- [5] 中国信息通信研究院.中国算力发展指数白皮书(2023年)[R].北京:中国信息通信研究院,2023.
- [6] 刘宇航,张菲.计算概念谱系:算势、算力、算术、算法、算礼[J].中国科学院院刊,2022,37(10):1500.
- [7] 王政.我国算力总规模居全球前列[N].人民日报,2022-08-05(1).
- [8] 陈寒冰.数字经济时代算力网络建构的国际比较与镜鉴[J].新疆社会科学,2021(5):56.
- [9] 邢文娟,雷波,赵倩颖.算力基础设施发展现状与趋势展望[J].电信科学,2022,38(6):51.
- [10] 钱德沛,栾钟治,刘轶.从网格到“东数西算”:构建国家算力基础设施[J].北京航空航天大学学报,2022,48(9):1561.
- [11] 中华人民共和国国务院.国务院印发《“十四五”数字经济发展规划》[EB/OL].(2022-01-12)[2023-16-05].https://www.gov.cn/xinwen/2022-01/12/content_5667840.htm.
- [12] JIAO S L. Sports detection system based on cloud computing [C]//Big Data Analytics for Cyber-Physical System in Smart City. Singapore: Springer, 2021: 1725.
- [13] XU F, CHU W T. Sports dance movement assessment method using augment reality and mobile edge computing[J]. Mobile Information Systems, 2021,2021(3):1.
- [14] 李少鹤,李泰新,周旭.算力网络:以网络为中心的融合资源供给[J].中兴通讯技术,2021,27(3):29.
- [15] 雷波,刘增义,王旭亮,等.基于云、网、边融合的边缘计算新方案:算力网络[J].电信科学,2019,35(9):44.
- [16] 张云泉,赵广立.超算:算力经济登上历史舞台[N].中国科学报,2021-12-30(3).
- [17] 汪玉凯.东数西算:中国数字经济发展的引擎[J].国家治理,2022(13):47.
- [18] 温晓君,张鑫颖,徐子凡.我国算力经济发展现状、关键瓶颈及对策建议[J].新经济导刊,2021(4):58.
- [19] 姜红德.算力产业“崛起”[J].中国信息化,2023(7):18.
- [20] 张丽,陈润竹.我国云计算产业迈入更加成熟的发展阶段[J].新经济导刊,2023(3):68.
- [21] 郭倩.算力经济:激活数据潜能驱动数字化转型[N].经济参考报,2022-09-19(1).
- [22] 傅文军,张如,钱军波,等.东数西算视角下算力业务的商业化逻辑研究[J].中国仪器仪表,2022(5):31.
- [23] 孙卯宁,应莺,鲍忆涵.算力小镇:激活算力新动能共创数智新未来[J].杭州,2022(18):26.
- [24] 王骏成.我国算力产业发展面临三大挑战[J].中国信息界,2022(6):50.
- [25] 吴美希,杨晓彤.算力五力模型:一种衡量算力的综合方法[J].信息通信技术与政策,2022(3):13.
- [26] 邢娜娜,陈琪,刘鑫鑫.算力专栏:算力使用水平科学度量指标体系研究[EB/OL].(2022-12-23)[2023-05-10].<https://mp.weixin.qq.com/s/8fmqd07Ug1f4FdIRzeKWbA>.
- [27] 吕小亮.新冠疫情下“00后”大学生网络行为动因与引导策略[J].当代青年研究,2020(4):5.
- [28] 体育总局关于印发《“十四五”体育发展规划》的通知[EB/OL].(2021-10-26)[2023-06-01].http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-10/26/content_5644891.htm.
- [29] REINSEL D, GANTZ J, RYDNING J. 数据时代

- 2025[R].北京:IDC China,2017.
- [30] 中国信息通信研究院.中国数字经济发展研究报告(2023年)[R],2023.
- [31] C114 通信网.中赫集团、中国移动和高通计划利用5G赋能无界XR,共同探索“智慧工体”建设新路径[EB/OL].(2022-07-06)[2023-05-25].<https://www.c114.com.cn/news/118/a1201215.html>.
- [32] ZOL.中国算力领跑全球,科技巨头众人拾柴火焰高[EB/OL].(2022-03-30)[2023-05-17].<https://news.zol.com.cn/789/7895478.html>.
- [33] 王振飞.智慧体育视域下体育场馆管理信息系统构建与优化路径研究[D].武汉:武汉体育学院,2022.
- [34] 高进,武连全,柴王军,等.数字技术赋能体育场馆智能化转型的理论机制与实现路径[J].体育学研究,2022,36(5):63.
- [35] 韩志明,刘华云.计算、算法和算力:基于信息的国家计算逻辑[J].探索与争鸣,2021(3):73.
- [36] 李正茂,王桂荣.论算力时代的三定律[J].电信科学,2022,38(6):13.
- [37] 肖世尧,公兵.国际足联:卡塔尔世界杯将启用半自动越位识别技术[EB/OL].(2022-07-02)[2022-12-01].http://sports.news.cn/c/2022-07/02/c_1128797215.htm.
- [38] 孙秋菊.新时代我国绿色体育发展践行路径研究[J].哈尔滨体育学院学报,2022,40(4):65.
- [39] 专访咪咕李琳:发挥5G+算力网络优势,打造中国特色元宇宙新生态[EB/OL].(2023-02-07)[2023-05-22].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1757138959332566938&wfr=spider&for=pc>.
- [40] 科技创新驱动 中国移动布局“5G+算力网络+智慧中台”[EB/OL].(2022-04-11)[2023-05-24].<http://www.cinic.org.cn/hy/tx/1270589.html>.

Research on the Basic Connotation, Measurement System and Development of Sports Computing Power

HAN Song, YU Jinyang, CHEN Zongke

(Physical Education College, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: Computing power is a new type of information infrastructure that supports the high-quality development of the digital economy and has a broad space for development in the field of digital sports. In order to meet the needs of digital sports industry upgrading, promoting the integration of computing power into sports practice will forge the competitive advantage of digital sports industry and solve the problems of digital sports technology application and computing power resource utilization. As the productivity of digital sports, sports computing power refers to the computing power resources that provide high-performance computing and low-cost processing for sports data. It is reflected in the comprehensive ability of computing power infrastructure for sports data transmission, operation and storage. It presents the trend of diversification, application inclusiveness and resource greening, covering sports video transmission, real-time sports data analysis, delayed sports data analysis and sports information collection and storage management and other operational scenarios. Using Delphi method and analytic hierarchy process, a measurement system of sports computing power development level composed of sports computing power scale, technology, environment and application as core indicators is established. In order to cope with the practical challenges of the development of sports computing power in China, it is suggested to consolidate the infrastructure of sports computing power, strengthen the research and development of sports computing power technology, promote the coordinated development of sports computing power industry through multi-point linkage, and optimize the horizontal and vertical structure of sports computing power application.

Key words: digital sports; computing power; sports industry; data; measurement