

智能协同的多点区域性网借平台研究

韦景竹 王 政 祝培培 黄百川

摘 要 多点区域性网借平台是在一定区域范围内以云平台统筹实现区域馆藏图书仓配一体化和全流程自动化管理的协作服务模式。智能协同理念及其算法技术应用为多点区域性网借平台的资源管控调度、主体协作交互、业务与服务统筹等提供技术支撑。智能协同的多点区域性网借平台可缓解图书馆馆藏空间压力,扩大馆藏资源辐射范围与服务半径,便于区域内文献资源存储、调配与提供服务,能满足智慧图书馆绿色节能发展的要求。研究发现,智能协同的多点区域性网借平台具备便于用户使用、智能立体书库运转、图书馆管理等的应用场景与服务功能,是一种平台管理与服务同向发力的智慧图书馆平台化服务供给模式。该模式运用物联网、大数据、机器学习、智能协同、云平台等技术,具备以下功能:支持对多种智能设备协作运转管理、多智能体动态任务分配管理和多主体馆智能交互与协同决策管理,优化业务协同、前瞻性资源管控调度、智能推荐等一体化服务,实现对数据安全与风险、突发事件的远程智能协同控制。图 12。参考文献 56。

关键词 智慧图书馆 智能协同 网借平台 云平台 智能立体书库

分类号 G252.3

The Multi-point Regional Online Book Circulation Platform Based on the Intelligent Collaboration

WEI Jingzhu, WANG Zheng, ZHU Peipei & HUANG Baichuan

ABSTRACT

The multi-point regional online book circulation platform is a collaborative service model which realizes the integration of regional library warehousing and automatic management of the whole process by cloud platform in a certain area. The concept and algorithmic technology application of the intelligent collaboration provide the technical support for the resource control and allocation, the multi-agent cooperation and interaction, the business and service coordination for the multi-point regional online book circulation platform. The multi-point regional online book circulation platform based on the intelligent collaboration can relieve the pressure of library collection space, expand the radiation range and service radius of collection resources, and facilitate the storage, deployment and service of regional literature resources, all of which meet the requirements of green and energy saving development of smart libraries.

It is found that the multi-point regional online book circulation platform based on the intelligent collaboration has the application scenarios and service functions for user service, intelligent stereo book warehousing and library management, and it is a platform service supply mode of smart libraries incorporating management and service. With a variety of technologies such as Internet of Things, big data, machine learning, intelligent collaboration, cloud platform, etc., this model has the following functions:

通信作者:韦景竹, Email: weijzhu@mail.sysu.edu.cn, ORCID:0000-0001-7226-1160 (Correspondence should be addressed to WEI Jingzhu, Email: weijzhu@mail.sysu.edu.cn, ORCID:0000-0001-7226-1160)

supporting the multi-intelligent device collaboration management, the dynamic multi-task allocation and the multi-agent intelligent collaborative decision-making, which could be helpful for the collection space planning, resource allocation and joint decision-making among libraries; forming the integrated service model, which could optimize the business flow collaboration, prospective literature resource allocation and intelligent recommendation; implementing the remote intelligent coordination control for the data security and risk and emergencies, which could realize the integrated safety management and standardized operation of multiple libraries with a small amount of human, material and financial resources. The primary construction scheme of this platform has been adopted and put into practice by Foshan Library. After nearly one year's operation, it has achieved good social benefits and recognition. 12 figs. 56 refs.

KEY WORDS

Smart library. Intelligent collaboration. Online book circulation platform. Cloud platform.
Intelligent stereo book warehousing.

0 引言

近年来国内外图书馆普遍面临文献数量激增、馆藏空间紧张、馆外储存成本高昂、资源配置及服务效能不高、保存环境恶劣等多重压力,如韩国公共图书馆 2005 年时馆藏容量已达 92%^[1],美国伊利诺伊大学图书馆于 2004 年启用的橡树街高密度储存图书馆至 2020 年馆藏空间已使用 85%^[2],大多数图书馆手动密集书库人工取书需要读者等候 25—30 分钟^[3]。为应对馆藏空间压力,哈佛大学图书馆^[3]、芝加哥大学图书馆^[4]、美国学术馆藏和保存联盟储备库(ReCAP)^[5]、日本明治大学图书馆^[6]等纷纷采用 ASRS 自动存取系统建立智能立体书库,以转移部分图书,释放主体图书馆的馆藏空间,提高资源管理效率与保存能力。同样,在我国,2019 年起苏州第二图书馆、贵州省图书馆、深圳南山图书馆、上海图书馆东馆、深圳大学丽湖校区中央图书馆、深圳第二图书馆相继建成智能立体书库并投入使用;2021 年国家文献储备库建设项目被列入《“十四五”公共文化服务体系建设规划》,建设现代化智能立体书库已经成为实现图书馆馆藏智能化管理与高效能服务、推进智慧图书馆建设与发展的重要内容。

然而,现阶段已建或在建的图书馆智能立

体书库大多采用馆内密集智能书库或馆外高密度储存书库的单体空间建设模式,文献资源侧重典藏,资源互补性较差,区域共享能力未充分激发,文献的活化与再利用率不高,馆外储存书库的空间成本、运营成本与能源成本耗费较大。为缓解上述短板和问题,实践中一是进行区域协作智能化馆藏存储与管理,如美国 ReCAP 项目将区域内哥伦比亚大学、哈佛大学、纽约公共图书馆和普林斯顿大学图书馆的共计 1 700 多万册馆藏集中纳入高密度文献储备库进行智能化管理^[7];二是借助网借平台提高文献借阅服务的便捷性与可获得性,打造新的公共阅读服务模式,如苏州图书馆“书香苏州”和宁波图书馆“天一约书”等网借平台已有成熟的网上借阅社区投递服务,深圳南山图书馆“南图预借”提供以智能书库为基础的预借到家服务^[8]。

《“十四五”公共文化服务体系建设规划》《关于推动公共文化服务高质量发展的意见》《关于促进文化和科技深度融合的指导意见》等文件已对建设区域创新文献支持中心、加强智慧图书馆体系建设、拓宽数字文化服务应用场景、推动人工智能技术在文化领域的深度应用和创新发展提出相关要求。从需求角度出发,随着读者文献网借需求增加,独立图书馆或智能立体书库很难满足读者多样化的阅读资源需求,涉及多馆、多库的业务流程复杂且存在协作

冲突;从研发视角来看,现有网借平台与智能立体书库独立运作,人工智能等信息技术应用程度不高,不支持多管理主体资源调配与动态决策。面向智慧图书馆对绿色节能发展、智能高效阅读服务供给模式、资源长期良好保存与有效利用的目标要求,本研究提出基于智能协同的多点区域性网借平台构建方案,即在一定区域范围内建设多个馆外智能立体书库,以网借平台统筹实现区域联合馆藏图书的仓配一体化和全流程自动化管理与服务的区域“多点智能立体书库+网借平台”协作服务模式。该模式可以缓解现有图书馆的馆藏空间压力,增强图书馆智能化管理与服务能力,扩大馆藏资源辐射范围与服务半径,便于区域内文献资源存储、调配与提供服务,提高线上与线下相融合的图书流转效率,为公众提供“一站式”、藏用双向促进的就近阅读服务保障。本研究旨在探究多点区域性网借平台的建设方案与实现路径,基于智能协同的理念和技术优势,首先从用户、智能立体书库、图书馆三个视角,论证智能协同的多点区域性网借平台的应用场景与服务功能,理清其应用去向;其次,结合前沿智慧技术,提出多点区域性网借平台的总体逻辑框架,构建平台管理与服务同向发力的智慧馆藏建设发展模式;再次,从智能协同在管理功能、服务路径、控制方法的技术功能实现着手,提出多点区域性网借平台构建方案,确保平台架构在实践操作环节的科学、合理、可行。

1 研究基础

1.1 研究综述

图书馆智能立体书库源于智能仓储,部分研究着重介绍国外高校图书馆的自动化、智能化书库建设情况^[4,9],另有大部分研究集中于ASRS自动存取系统、物联网、智能机器人在智能立体书库建设中的应用^[6,10-11],智能立体书库的优势及其控制系统的选择^[12-13],以及我国部分图书馆建设智能立体书库的案例与发展

设想^[14-16]。

关于网借平台,目前已有研究关注到智能立体书库与网借平台相连接,可以提高图书分拣配送效率、提升图书馆服务效能^[17]。图书网借平台正由传统馆际互借、文献传递功能转向P2P文献共享或O2O线上与线下相融合的服务模式^[18-20]。这正是数智时代图书馆服务供给模式的转变与常态化^[21]。

智能协同是应对分布式异构多智能体集群管理、多源多时空数据融合交互的有效管理理念与技术方法,在军事作战、工程作业、产品供销等领域应用中凸显资源统筹调配、分布式协同作业、协作风险管控、群体智能决策等独特的功能优势^[22-24]。智能协同既代表一种合理利用数字化技术、打造数字工作组织与赋能数字工作个体的全新管理系统理念^[25],也是实现多智能体大规模深度强化学习的优化控制算法^[26]。现有研究重点关注深度强化学习、交叉熵算法等智能协同关键技术^[27],以及智能协同决策系统^[28]、智能协同设计系统^[29]、智能协同支持系统^[30]、智能协同控制系统^[31-32]开发应用等问题。图情领域也开展了关于智能协同的相关研究,包括人机智能协同的图书馆精准服务^[33]、多智能体系统协同控制^[34]等,但大多属于对智能协同技术理论的初步探讨,尚未进行整体设计或付诸实践。

1.2 现存问题

(1) 服务效能有待提升

随着图书馆馆藏资源数量激增,大多数图书馆不得不面临极大的馆藏空间压力与服务供需差距。由于在架图书更新速度加快、在架借阅空间紧张,越来越多的用户借阅申请须通过馆藏书库提阅完成。传统图书馆读者到馆借阅、馆藏出入库提阅等业务流程繁琐,导致纸本图书流转效率低下,资源利用率与服务效能不高。虽然多馆之间通过文献传递解决部分读者需求未被满足的问题,但是多馆协作的时空成本、物流成本较大,馆藏资源互补流通能力较

弱。用户移动端书目查询、图书网借服务与馆藏智能化实时提阅调配相脱节,图书馆基础业务流程亟待转型升级。

(2) 缺乏协同管理

面向区域馆藏空间与资源联建共享的均衡发展需求,现有政策环境、技术条件、组织结构较难实现多馆、多库、馆库之间的图书统筹调配、馆藏空间规划、数据流动共享及多主体协同决策。当前区域馆藏资源、空间与服务普遍缺少平台化协同管理,多智能体协同与组合优化能力不足,全域远程实时监控与风险控制不充分,区域同质同标管理与服务仍有较大差距。这些均严重阻碍了智慧图书馆建设进程,成为当前乃至未来一段时期内推进图书馆服务体系均衡发展、业务流程优化、服务模式更迭等迫切需要解决的问题。

(3) 数据交互与安全问题

一馆对多库、多馆对一库、多馆对多库的智能化馆藏管理、资源调拨、精准服务与业务协作,均依赖于数据的有效汇聚、分析、处理、调用。然而,当前图书馆 OPAC 数据、统计数据、认证数据、服务数据等各类数据规模庞大、异质异构特征显著^[35];服务系统、管理系统、身份认证系统、物流系统、风险控制系统之间缺乏可靠的数据交互和数据安全管理,直接影响了多点分布式智能立体书库之间的平行资源调配与信息流动,给实施科学管理、协同决策、有效服务带来困难。

针对上述问题,亟需采用新的智能技术方法与科学管理模式,打造“智能立体书库+网借平台”软硬一体化平台,通过多种智能设备协作运转、多智能体动态任务分配、多元决策群体智能交互,优化智能馆藏空间规划、加强资源协作管理、完善高效一体化服务、保障实时安全的数据交互。基于此,本研究以智能协同管理理念与技术方法为支撑,面向一定地域范围内分布式馆藏智能化管理和区域一体化服务,设计智能协同的多点区域性网借平台方案,以此探索区域馆藏空间联建、文献资源共享、服务高效节

能、数据规范流动的智慧馆藏体系建设与服务模式。

1.3 智能协同应用的可行性

智能协同源于计算机支持协同工作(Computer-supported cooperative work),旨在让来自不同地域、不同领域的人们随时利用计算机技术解决共同的问题^[29]。智能协同作为一种全新设计框架,是以效能为目标的合作,力求实现多区域自动化系统的多目标优化协调,允许用户对协作过程进行管理和监控^[26]。智能协同作为一种现代管理理念,有助于集群管理,由智能集群将业务分配给适当的集群成员,可在客观、结构良好的工作流中提高决策过程的效率和有效性^[36]。智能协同作为一种业务流程模式,强调以工作流为中心的协作,便于协作任务分配,以工作流引擎管理协同任务的执行过程^[37]。智能协同作为一种工作环境,由项目目标、多元主体、多个事发地、多源异构数据/信号、可能出现的若干情况、合作活动结果记录等要素构成,通过协作引擎激活协作环境^[37]。

多点区域性网借平台基于上述智能协同理念与技术特征,具有物联网、大数据、区块链、云计算、人工智能等智慧技术优势,将一定地域范围内各级各类图书馆和多个分布式智能立体书库的馆藏空间、文献资源、业务流程、流通服务加以整合,兼顾阅读资源供给与相关阅读活动、服务功能的互联推介,向社会公众提供移动互联网终端的一体化图书流通服务。多点区域性网借平台的理论意义在于,形成智慧图书馆空间规划、馆藏调拨与资源服务的智能化管理模式,创新智慧技术在公共文化领域的应用,深化具有原创性、本土化的智慧公共文化服务理论研究。在实践发展层面,可以有效整合并撬动区域公共文化资源共享,提高图书流转速度,提升用户体验,加速推进图书流通借阅的“区域通办”与“掌上通办”,提高区域内馆藏联建共享的协作效率。从社会意义上讲,图书管理系统、智能仓储系统、智慧物流系

统、统一身份认证系统等多系统、多数据的对接融合,符合智慧城市发展要求,减少公众获取阅读资源的时间成本、交通成本,实现数据驱动下的社会利益多元化,全面提升社会公共文化治理的整体效能。

2 智能协同的多点区域性网借平台及其应用场景

2.1 服务场景与功能

(1) 面向用户的“一站式”应用

有别于图书馆普遍提供的用户到馆借还书服务和单体馆藏空间集中管理模式,多点区域性网借平台运用智慧技术实现一定地域范围内馆藏图书资源的智能化联合存储并给用户

提供就近提阅和送书上门服务,突破当前以阵地服务为主的图书流通时空局限,打破固定场馆、特定时间的传统到馆图书借还模式。用户通过移动端网借平台查询馆藏书目信息,在线完成订单提交、流转信息跟踪、图书借还确认等操作,实时掌握并了解图书的馆藏位置、流通状态及其他用户的阅读反馈评价(见图1)。同时,网借平台还可根据用户需求、阅读地点、行为偏好等大数据分析绘制用户画像,辅助图书馆据此合理均衡配置馆藏资源,提供更加精准化、个性化的资源推送,以提高图书流通效率、满足不同读者的差异化需求。这种与工作、学习、生活完美贴合的全新场景化阅读服务模式,正符合智慧图书馆所追求的科技服务于人类生活的目标。

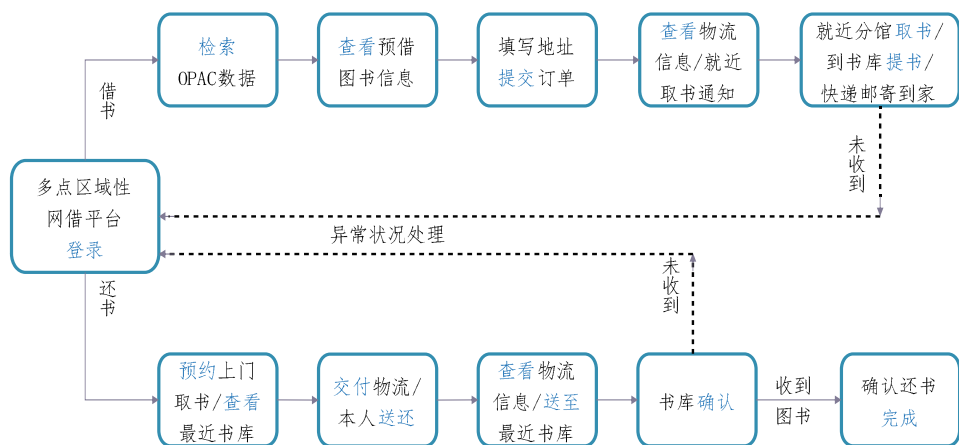


图1 多点区域性网借平台的用户借还场景

(2) 多智能体协同的书库管理

多点区域性网借平台对多个馆外智能立体书库进行分布式智能化的馆藏管理、业务流管理、数据管理、安全管理等。具体到智能立体书库视角,包括接受用户订单和接受图书馆调拨订单两种情形(见图2)。

第一,用户经过统一身份认证系统识别后,提交图书借阅需求订单,订单信息通过区块链技术被打包上链,所有智能立体书库接到订单

消息,馆藏所在智能立体书库发出反馈响应,若多个智能立体书库均藏有订单所需图书,经过链上协作单元的最优路径计算,得出最优智能立体书库并做出接单响应。接单智能立体书库激活WMS控制管理系统,堆垛机、AGV无人搬运车、机械手臂等智能设备完成图书下架、分拣、打包、贴签等智能化工作流程。最后,订单提交至城市物流系统,等待物流到库取书,书库通过物流系统完成图书配送,或者发短信/平台

信息通知用户就近取书。

第二,调拨订单中,图书馆会根据借阅数据、用户需求分析数据、区域用户阅读行为数据进行大批量图书调拨,相应智能立体书库接收

到调拨订单后通过 WMS 控制管理系统进行图书入库批量管理和馆藏空间配置,堆垛机、AGV、机械手臂等智能设备完成图书拆包、分拣、上架等操作,同时动态更新馆藏数据。

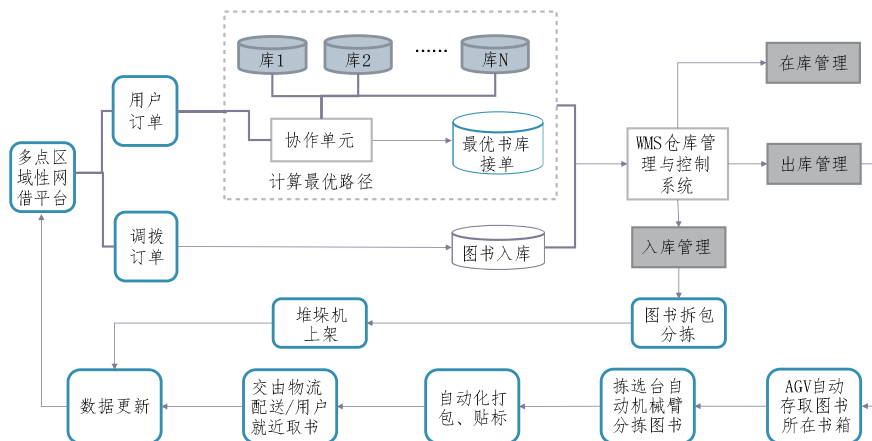


图2 智能立体书库场景下的多点区域性网借平台

(3) 平台化的智慧图书馆管控

图书馆作为多点区域性网借平台的建设主

体,管理主体与运营主体,主要通过网借平台模块化管理实现以下管控功能(见图3)。

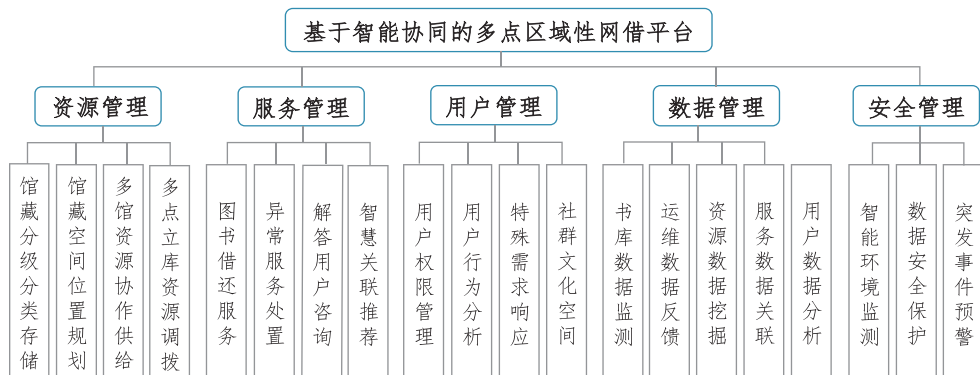


图3 图书馆应用场景下的多点区域性网借平台功能

第一,资源管理。整合区域范围内多馆馆藏资源,实现资源数据联通共享,从整体效益出发进行资源分类分级存储;多馆馆藏空间规划与资源供给协作和图书资源在各个智能立体书库之间动态按需分配调拨。

第二,服务管理。向读者提供线上与线下相融合的“掌上”图书借还服务;借助智能定位、智能问答等技术及时处理异常服务(如图书借

还不成功)、解答咨询;利用知识图谱实现图书资源的知识发现与关联,优化深度学习算法在平台智慧推荐模块的应用,实现面向读者多粒度需求的资源精确推荐等。

第三,用户管理。管理个人用户、团体用户、联建图书馆等不同类别平台主体的用户权限;挖掘分析用户借阅行为、阅读偏好与时空数据,提供定制化、个性化的阅读活动资讯与公共阅读空

间信息;对于数字文献传递、多媒体关联资源获取、有声电子书等特殊的需求做出迅速服务响应;开辟网络虚拟的社群文化空间,搭建不同类别主体间(如联建图书馆)、具有相近阅读喜好群体间的交互平台,促进交流沟通与协同决策。

第四,数据管理。对比传感器实时流数据,进行置信区间比对并做出数据异常反馈;监测平台软硬件运行状况、能源消耗状况等运维数据,实现平台运营数据实时统计,形成网络安全事件统计数据报告;加强区域范围内馆藏资源数据的联建共享、馆藏文献数据的内容挖掘及与其他文化机构多源异构数据的关联融合,增强资源的揭示性与关联性,便于对区域馆藏资源进行科学规划、精准调控、关联推荐服务;将平台服务数据与文化大数据、智慧城市时空数据,统一身份认证数据等馆外数据相关联,与阅读活动数据、阅读场馆数据等馆内数据相关联,提升公共文化服务的便捷性与供给能力;深度挖掘、分析需求侧大数据,提炼用户需求特征,绘制用户画像,动态预测用户需求,提供用户定向推送服务。

第五,安全管理。通过智能传感设备、物联网、边云协同计算快速监测反馈智能立体书库的储存环境、运输过程、实施状态;运用数据防泄漏技术

加强对用户数据的安全保护与网络安全管理,以减少数据安全威胁;监测敏感数据、差异数据进行突发事件预警,增强突发事件的应急与处置能力。

2.2 平台架构

由上述场景描述可知,搭建高效、节能、安全、协作的资源流通模式与管理服务平台,是智能协同的多点区域性网借平台的构建目标,其前端是“一站式”的服务界面,后台连接多个分布式智能立体书库与图书馆的管理端口,由基础设施、数据中心、平台层、应用层、展示层构成。通过智能协同管理、一体化服务、智能协同控制,平台可实现多点分布式智能立体书库的协同管理、多个图书馆之间的协同决策与业务协调以及面向区域用户的同质服务与精准供需对接。图4描述了智能协同的多点区域性网借平台的总体架构,物联网、大数据、区块链、云计算、人工智能等新一代信息通信技术(ICT)为智能协同的物理和逻辑联通提供了技术支撑,有效的数据治理为智能协同优化运转赋能。下文将分别阐述平台架构的核心内容,即如何借助智能协同理念和技术,实现智能协同管理、一体化服务和智能协同控制的应用方案。

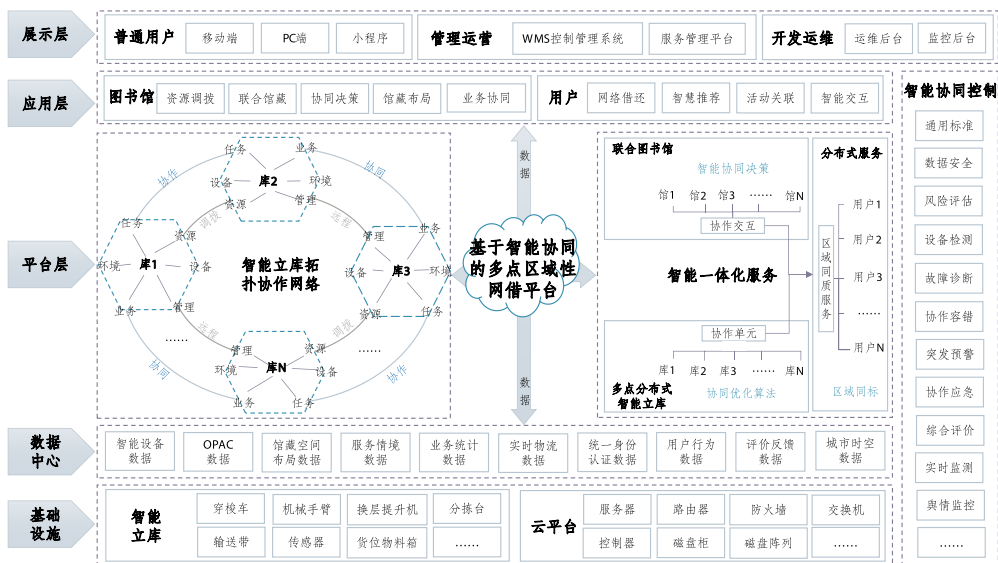


图4 智能协同的多点区域性网借平台架构

3 多点区域性网借平台的智能协同管理

多点区域性网借平台需要依托多源异构数据聚合与交互,通过智能协同管理,实现对分布式物理部署的协同管控。多点区域性网借平台的智能协同管理主要是指面向多种智能设备、多任务分配和多元决策群体的智能协同管理,具体内容体现为以下三个方面。

3.1 多种智能设备协作运转管理

智能立体书库基本都配置有货位、物料箱、穿梭车/换层提升机、机械手臂、输送带、拣选工作台等智能设备。单体智能立体书库内,这些智能设备依赖于智能仓储配备的WMS控制管理系统才能相互衔接并实时运行响应命令,5G 雾计

算环境下利用传感器实时获取、分析并在智能计算设备间传递数据^[38],协作完成动态存储位置分配和图书上下架、分拣等操作。而对于多点分布式智能立体书库而言,智能协同在网借平台的应用体现在,平台可通过远程监控实时掌握智能设备工作负载状态,根据设备工作负载状态数据和用户访问内容,动态分配存储位置与优化存取路径^[39],通过日志、事件记录增加工作流的可追溯性和透明性。在此过程中(见图5),智能立体书库中设备数据的有效实时采集、同步传递、融合处理、分析决策,是多种智能设备协作运转的基础。网借平台采用支持高吞吐、低延迟、高性能的分布式流式数据处理框架,利用边缘智能协同计算技术,实现边云协同平台化同步管理和边缘智能的协同计算任务分配^[40],可提高智能立体书库的作业效率,减少人力和能源损耗。

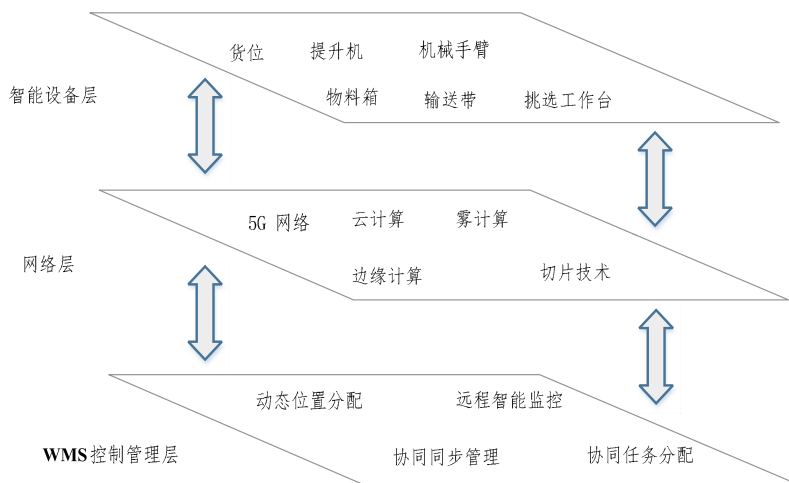


图5 多种智能设备协同运转管理图示

3.2 多智能体动态任务分配管理

多点区域性网借平台改变了传统用户到馆借阅、下库提阅、到馆归还的低效图书流通模式,采用“订单提交—订单认领—任务派发—提阅下架—分拣打包—物流送达”扁平化的平台管理模式,将单链 workflow 静态管理改为网络化多智能体动态任务分配管理(见图6),提高了协同任务与过程的智能化管理程度。在分布式智

能立体书库的工作流集群智能管理中,网借平台凭借区块链技术促进数据共享、强化分布式安全保障等优势^[41],不断完善路径优化算法,智能筛选离用户最近或根据用户偏好优选的智能立体书库接受订单并配送图书,动态调整图书流通状态,实现归还状态图书无需返回智能立体书库而直接流转给下一位图书预借用户。为实现上述功能,多点区域性网借平台需要构建

业务逻辑统一、业务开发统一、计算引擎统一的业务流/工作流任务协同管理系统,以工作流驱动协同任务的执行,基于模糊 Petri 网和工作流

技术的智能协同管理加强任务流程规划^[32],实现对用户订单处理的快速响应、提高运营效果,加强对存储成本、管理成本、运输成本的控制。

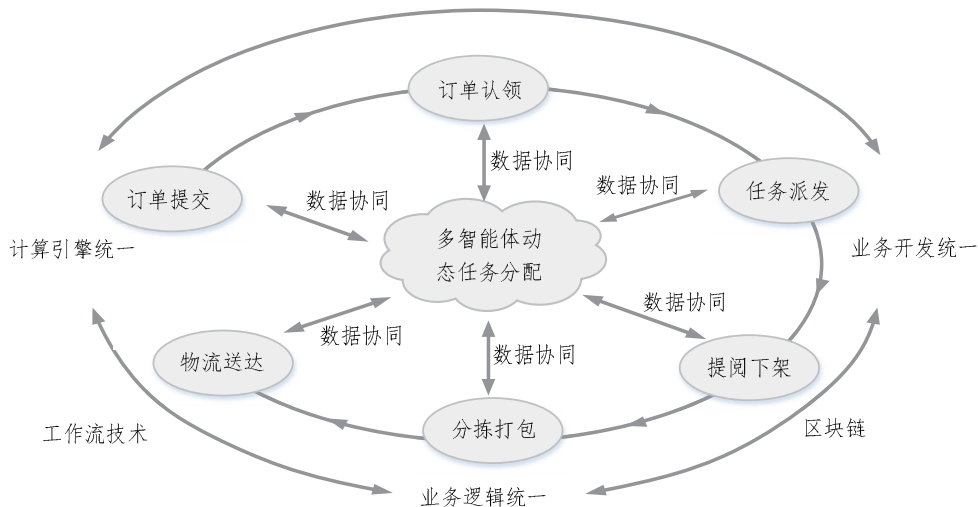


图6 多智能体动态任务分配管理图示

3.3 多主体馆智能交互与协同决策管理

除上述面向基础设备和工作流的智能协同外,多点区域性网借平台还需要帮助区域内多元管理主体,即参与联建的图书馆实现对分布式智能立体书库的联合规划与指挥、合作需求计划、协作冲突解决、组织关系调整、平行协作管理等。以协同治理视角审视协同决策过程,多主体馆之间可通过下列路径辅助实现协同决策。其一,面向持续绩效的多目标协同优化。在制定项目组织与实施计划、馆藏空间与资源存储规划、多调配任务动态并行过程中,多主体馆之间可能存在资源冲突、利益冲突、优先次序冲突等,多目标优化通常是利用多个最优解所构成的 Pareto 最优解集进行目标协同,网借平台可借助多目标任务优化算法进行全过程全周期的目标协同跟踪与流程优化控制^[42],以支持多目标用户形成决策共识。其二,基于 OODA (Observation—Orientation—Decision—Action,包以德循环)决策链的智能群体决策。数智时代背景下以 OODA 循环理论为基础,打造“智能感

知—智能诊断—智能决策—智能控制”群体智能决策链,采用多准则决策、模糊逻辑和人工神经网络模型等技术^[43-45],利用群体智能算法进行智能协同决策(见图7),实现对多种决策方案的优化组合,提高主体馆之间的协作效率与决策效率。其三,多主体智能交互。多主体馆之间呈动态交互网络结构,在解决资源冲突、调解利益纷争过程中需要不断地沟通、协商,交互过程可运用基于 SOA (Service-Oriented Architecture,面向服务的架构)的智能协同办公与合作沟通,优化协商效率与决策效果^[46]。除上述内容外,智能协同技术还支持实时记录并处理多主体之间的组织结构调整和关系变化(如加入、离开、保留等),为平台管理提供动态调整工具。

4 多点区域性网借平台的智能一体化服务

《“十四五”公共文化服务体系建设规划》提出,要“推动建立集需求采集、采购配送、监督管

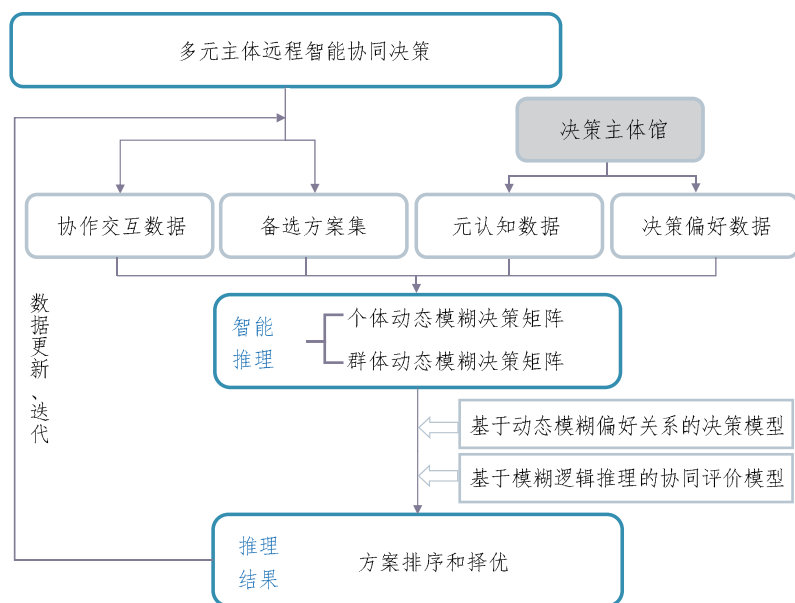


图7 基于模糊逻辑推理的智能协同决策

理、反馈互动等于一体的公共文化产品与服务平台”。为加快实现区域内图书资源、服务效能与馆藏存储空间的统筹整合,推进分布式智能立体书库的集约化管理,统一为用户提供馆藏书目查询、图书在线借还、物流送书上门、投诉建议和评价反馈等一体化的公共文化服务,智能协同的多点区域性网借平台搭建了包含数据采集层、数据存储层、虚拟化平台层、Docker 容器层、组件库等多层次智能一体化服务实现框架(见图8)。其中,底层采集平台数据包括设备数据、管理数据、运营数据、用户数据等,同时可融合统计数据、业务数据、媒体数据等共享数据内容,这些数据依照存储体系控制、管理规则存储到相应服务器节点中。虚拟化平台用以访问和控制计算、网络、存储及平台其他功能,以实时计算、离线计算等方式进行数据处理,综合使用 Sklearn、XGBoost 等机器学习技术,NumPy、SciPy 等科学计算方法,对数据资源进行深入计算,形成资源模型池,并使用模型化工具对资源进行管理,以实现区域资源智能推荐、智能调控和需求预测。Docker 容器层确保图书管理系

统、智能仓储系统、物流系统等的对接,既保障了不同系统间的相互协作,也起到了相互隔离的作用,保障平台运行过程及时响应、快速迭代及平台的安全性。组件库为联建图书馆多元管理主体提供统一的可视化接口,消除多主体馆之间原有的平台差异,保证了各主体馆功能的稳定性、易用性,实现一体化服务。

在多点区域性网借平台的智能一体化服务实现过程中,智能协同技术对于服务的优化主要体现在以下三项应用中。

4.1 业务协同与跨库同质服务

多点区域性网借平台关涉多馆、多库、多用户的业务协同、整体联动与服务供给,为实现图书流通借阅的“一网通办”“区域通办”,需要强化平台的业务协同能力,以保证区域公共文化服务均衡发展。借鉴全国一体化政务服务平台编制高频政务服务事项清单、建立健全全国统一身份认证体系、推进集成套餐式服务^[41]的发展思路,智能协同的多点区域性网借平台服务的业务协同与跨库同质服务实现方式包括三个

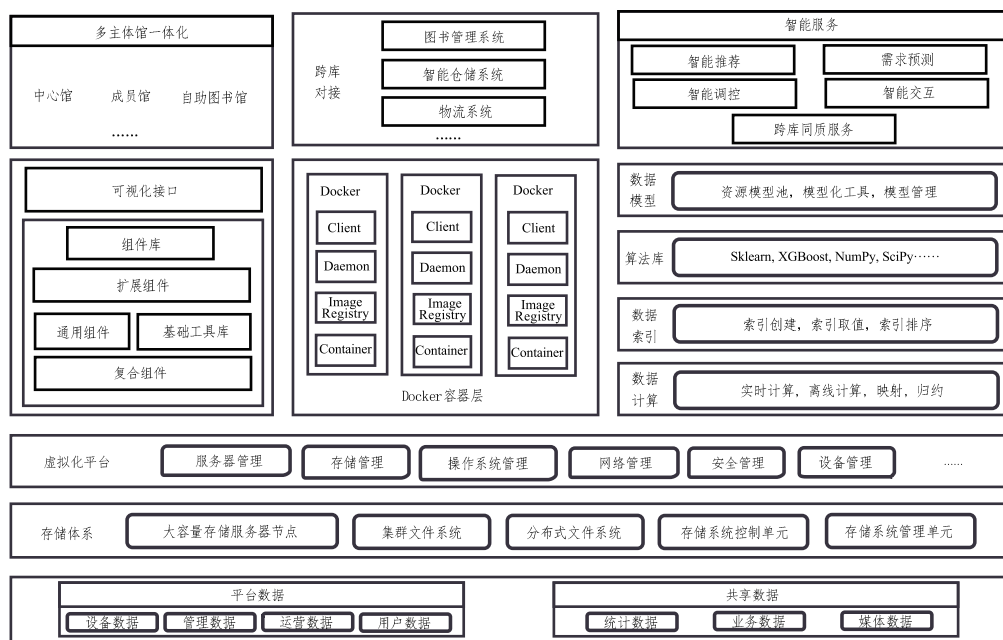


图8 智能一体化服务实现架构

方面:一是将图书借还、物流状态跟踪、阅读推广活动资讯、就近场馆信息等用户经常使用的平台业务功能列为需要进行数据动态更新、信息同源发布、区域同质服务的清单管理内容;二是对接国家统一身份认证平台系统、统一支付系统,借助区块链在数据存储、数据流转、记录管理等方面的技术优势,优化网借平台的数据信任支撑体系,实现用户身份信息跨馆、跨库互信互认及网借平台使用过程中的无障碍支付;三是将网借图书主题、内容、类别、用户评论等数据与网借平台可提供的在线办证、咨询解答以及相关数字资源、文化活动或场馆等服务事项进行智能关联,“打包”形成适合在移动端办理的服务,使用户在网借平台享受“无感漫游”。相关技术路径如图9所示。

4.2 数据驱动的前瞻性资源管控调度

多点区域性网借平台的数据共享和互信互认是实现智能协同管理、决策、服务的基础。多点区域性网借平台通过智能化集成和管理多源

异构数据(包括智能设备传感器数据、应用场景数据、关联情境数据等),运用物理—信息解耦机理和融合模型实现资源的智能调控^[47],支持内外部服务协作,如图书调拨、就近配送。图10展示了以数据为关联和驱动力,通过用户需求感知,进行动态馆库资源规划、调整与协作共享的技术方案。在此过程中,一方面要实现对平台数据(包括设备数据、管理数据、运营数据、用户数据等)的全面采集与数据质量管理,加强对多主体馆共享数据(包括统计数据、业务数据、媒体数据)的聚合与融合,如通过智能设备传感器实施图书状态跟踪,提升图书流转的可视化程度和书库管理的透明性,让用户感受到网借图书的便利性;另一方面,以增加图书流通借阅为主要目标,利用模糊逻辑推理、神经网络模型等人工智能算法进行深入数据挖掘与预测分析,如依据用户行为数据、借阅数据等进行区域图书资源需求预测^[48],辅助图书批量调拨时确定资源数量、主题类型等,以跨地区、跨部门、跨层级数据有序高效共享推动公共文化资源供需对接。

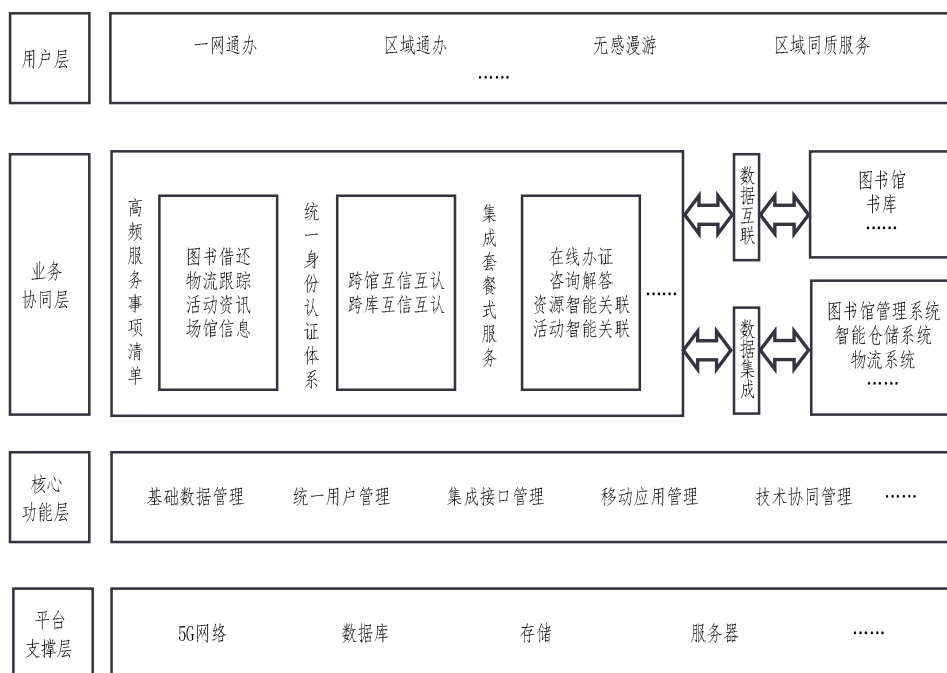


图9 业务协同与跨库同质服务技术路径

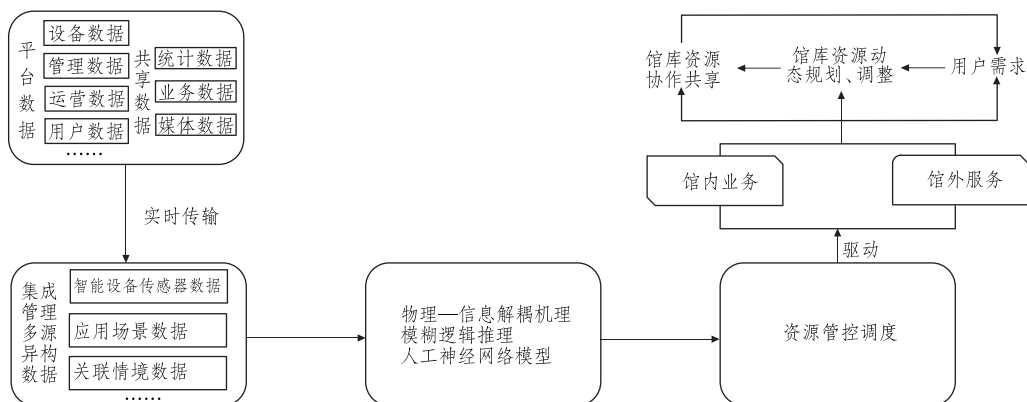


图10 前瞻性资源管控调度图示

4.3 基于协同过滤的智能推荐服务

为满足用户对相似图书获取、关联文化活动查询、就近文化场馆信息知晓等更加个性化、精准化、全天候的服务需求,缓解网借平台普遍面临的“数据过载”和“冷启动”问题^[49],多点区域性网借平台可借助基于协同过滤的智能推荐算法,根据所有用户对图书、文化活动等的偏好

找到与目标用户兴趣与偏好相似的用户群,基于其历史偏好信息为当前用户进行推荐,形成潜在的推荐图书与活动列表^[50]。纸本图书资源与多媒体数字资源、文化活动等相互关联是加强图书网借服务延展性的关键。对此,多点区域性网借平台主要通过扁平化的主体协作关系以及数据共享与互认互通来解决,并利用时空

数据、机器数据、用户活动数据等进行情境感知计算,绘制用户画像,以此为基础预测用户对相

关图书或文化活动的潜在偏好需求,提升一体化服务品质(见图 11)。

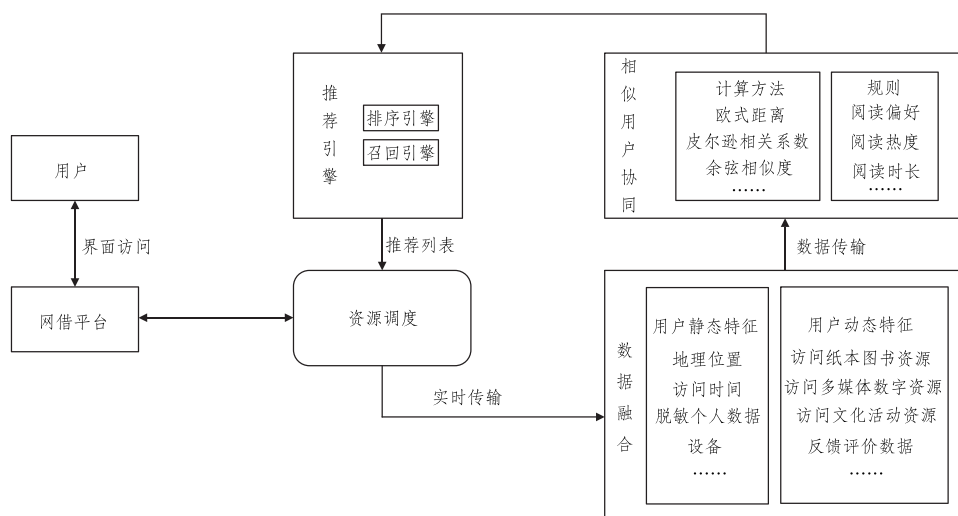


图 11 基于协同过滤的智能推荐方案

5 多点区域性网借平台的智能协同控制

多点区域性网借平台的智能协同控制支持在任务执行过程中进行自主监测,当感知到外部环境变化时,通过协同感知、协同管理做出相应调控操作和应急防范处置,以分布式协作控制来解决全局控制问题。多点区域性网借平台的智能协同控制以综合评价、数据安全和应急处理为主。多点区域性网借平台的智能协同控制架构由预测、优化、控制三个模块组成,并与智能预测管理等多个子系统对接。智能协同控制云平台是云协同资源调度的中心,各子系统作为分节点,通过协同调度模块与其实现智能协同。智能监管巡检等子系统是智能协同控制架构中的资源提供者,负责实现巡检、防控等功能或服务。这些子系统是在数据安全防护体系等标准体系、突发事件知识库等资源和工具、智能设备预警研判等算法模型以及大数据资源池等数据支撑系统支持下运行的。实时设备数据、情境感知数据等的感知,离线、实时数据处理以及融合多种数据库的数据存储等一系

列数据基础设施极大地提升了智能协同控制架构的可靠性、稳定性,如图 12 所示。

5.1 标准体系与综合评价体系

多点区域性网借平台的智能协同控制重点在于提高协同效率、降低沟通成本、随时对智能设备的状态进行可靠性评估,以分布式一致性控制、动态同步控制、智能集群控制等协同控制方式实现^[51]。在智能协同控制实施过程中,标准体系建设通过预先设置,控制工作流的实施过程与结果,是多智能体、多主体实现智能协同的前提和协同效果的保障支撑。因此,面向协同化、一体化服务需求,多点区域性网借平台的移动端服务平台、后台管理系统、智能立体书库以及平台建设、运维、管理主体,都要按照统一的标准规范、管理清单、数据原则、技术应用要求加以规范,以同线同标同质提高区域标准化水平。

面向经济效益、社会效益、环境效益和安全效益的综合评价是多点区域性网借平台进行“预测—优化—控制”的闭环反馈控制流程优化依据^[42]。目前能源网、车联网等领域普遍运用

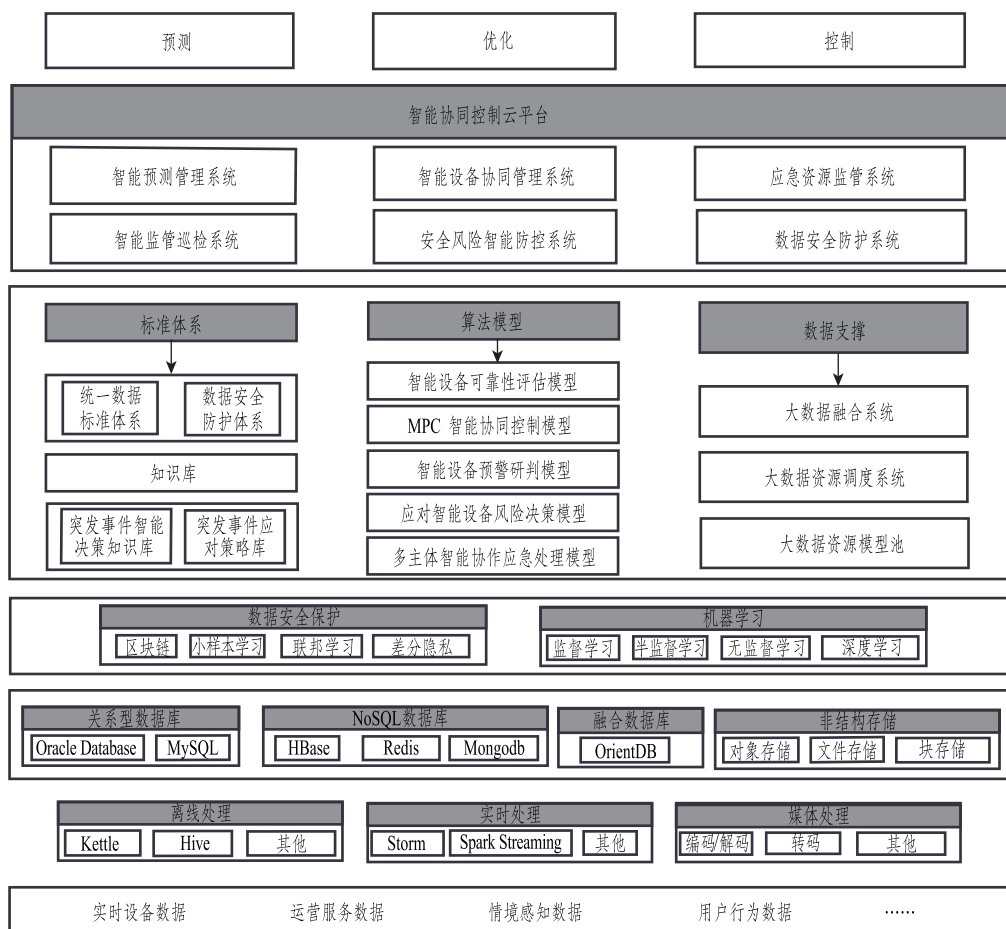


图 12 智能协同控制技术方

MPC(Model Predictive Control, 模型预测控制)方法建立预测模型,进行场景生成、滚动优化和反馈校正^[42,47],该方法同样适用于多点区域性网借平台的智能协同控制。多点区域性网借平台可将分布式多智能体的离散一致性、系统稳定性等检验智能协同效应的测度指标作为综合评价的重要指标^[47],以建设管理、运维运营、安全保障、服务成效为主要评价维度,兼顾多源异构数据融合、协作容错等能力评价内容,以此保障网借平台协同运营效率与同质服务能力。

5.2 数据安全性与风险控制

多点区域性网借平台的数据来自图书管理系

统、智能仓储系统、物流系统等多种信息管理系统和各类智能设备传感器,其数据格式、名称、单位等属性均不相同。因此,在智能协同数据互认互通过程中加强网借平台的数据安全管理、强化用户隐私保护、加强网络安全保障、提升日常防护及监测预警和应急处置能力,尤为迫切和重要。一是将智能协同技术应用于全方位、多层次、一致性的数据安全防护体系构建。区块链技术、小样本学习、联邦学习、差分隐私等数据安全保护核心关键技术^[52],可用于统一规范身份认证渠道,建立身份认证结果纠错机制^[41];采用机器学习、数字孪生、可信计算等技术提高网借平台数据协同效应^[53],强化平台数据安全保障和风险防控能力。二是利用智能协

同数据进行智能设备故障预检,支持高效容错状态管理。利用人工智能技术自我学习自动更新安全规则,通过对智能设备数据的实时置信区间比分析,进行实时异常检测和风险事件根源核查^[52]。三是智能评估和预测潜在风险。通过终端设备的数据采集交互,分析数据流转过程,智能感知、识别、预测多智能体安全风险等级,发出风险预警并给出智能诊断和决策建议。

5.3 突发事件应急处理

多点区域性网借平台作为智慧技术应用新基建,受物理空间限制较小,可以实现跨区域、跨时段对资源与服务的高效配置,同时智能协同技术应用提高了对抗突发事件的弹性与韧性^[54]。面向突发事件的多主体智能协作应急处理,其本质是多主体馆基于安全风险评估而对自身设备设施、管理活动与决策行为做出的自主调控,以分布式风险管控实现对突发事件的整体性治理。网借平台凭借设备采集的实时数据、管理服务的运营数据、智能情境感知数据以及用户活动与评价数据等动态反馈数据变化,对协作过程中出现的冲突问题、突发情况进行

预警。借助突发事件智能决策知识库、突发事件应对策略库等参考预案,做出动态风险处置,进行协作应急指挥与决策^[55]。

6 结语

2021年2月,国家图书馆联合全国公共图书馆启动文献共享借阅计划,提出要打造全国图书借阅云平台,实现图书馆阅读空间、馆藏管理、文献服务的智能化升级与共建共享^[56]。本文将智能协同理念、算法、技术应用于多点区域性网借平台建设,解决多馆、多库、多主体、多用户的协作管理以及分布式空间布局与服务供给、多设备与多技术控制等问题,为打造图书借阅云平台、推动智能立体书库联建、区域馆藏资源共享提供了前瞻性理论构想和学术探索。然而,具体到实践应用还需要考量区域差异和智能化建设水平差距,加强多点区域性网借平台的可视化程度和易用性,关注数据协同的交互性与流畅性和多智能体协同的动态性与变通性等,这些均是下一步需要深入研究的重点问题。

致谢:本文系国家社会科学基金重点项目“智慧公共文化服务及云平台优化研究”(项目编号:18AZD036)和2021年度国家文化和旅游科技创新项目“基于智能协同的多点区域性网借平台研究”的研究成果。

参考文献

- [1] YOON H Y, OH S K, KIM S Y. Shortage of storage space in Korean libraries: solutions centering upon hub-based collaborative repositories[J]. *Aslib Proceedings*, 2008, 60(3): 265-282.
- [2] ABBOTT J A M. A foundation for change: using challenges and opportunities as building blocks for collection management[J]. *Collection Management*, 2020, 45(2): 110-123.
- [3] 肖容梅. 高密度自动仓储书库:并非高不可攀——几种不同文献储存方式的建设与运营成本比较研究[J]. *国家图书馆学刊*, 2014, 23(4): 28-35. (XIAO R M. ASRS: it's not unattainable—a comparative study of constructing and operating cost of several book storage systems[J]. *Journal of the National Library of China*, 2014, 23(4): 28-35.)
- [4] 高雅. 储存图书馆的典范——以美国芝加哥大学曼索托图书馆为例[J]. *图书馆理论与实践*, 2018(4): 82-85, 95. (GAO Y. University of Chicago's Joe and Rika Mansueto Library: a great model for depository libraries[J]. *Library Theory and Practice*, 2018(4): 82-85, 95.)
- [5] 刘华. 区域性高密度储藏图书馆的共建共享——以 ReCAP 为例[J]. *图书馆杂志*, 2013, 32(12): 87-91.

- (LIU H. Joint building and sharing for regional high-density preservation library; taking ReCAP as an example [J]. Library Journal, 2013, 32(12): 87-91.)
- [6] 王冰. 图书馆自动存取系统(ASRS)刍议[J]. 图书馆工作与研究, 2014(1): 40-43. (WANG B. Analysis of library ASRS[J]. Library Work and Study, 2014(1): 40-43.)
- [7] The research collections and preservation consortium (ReCAP) [EB/OL]. [2021 - 11 - 15]. <https://recap.princeton.edu>.
- [8] 南山图书馆启动“南图预借”公测期间为市民读者免费送书到家[EB/OL]. (2020-11-13) [2021-11-11]. http://www.sznews.com/news/content/2020-11/13/content_23719413.htm. (Nanshan Library started “book pre-borrowing”, sending books home for the public readers for free during the public test [EB/OL]. (2020-11-13) [2021-11-11]. http://www.sznews.com/news/content/2020-11/13/content_23719413.htm.)
- [9] 郭卫宁. 图书馆文献组织变革——美国北卡罗莱纳州立大学亨特图书馆见闻启示录二[J]. 图书馆学研究, 2016(21): 87-89, 7. (GUO W N. The revolution in library document organization; the revelation of James B. Hunt Jr. Library at North Carolina State University (series two) [J]. Research on Library Science, 2016(21): 87-89, 7.)
- [10] 王跃虎, 刘彦庆. 一种基于物联网和机器人技术的智能图书馆[J]. 图书馆工作与研究, 2012(3): 29-32. (WANG Y H, LIU Y Q. An intelligent library based on the IOT and the robot technology [J]. Library Work and Study, 2012(3): 29-32.)
- [11] NOH Y H, SHIN Y J. A study on the library activation plan using autonomous objects [J]. Journal of Korean Library and Information Science Society, 2021, 52(1): 27-54.
- [12] WASTON J, ROBERTS C. Beyond the usual suspects: a case study in choosing an inventory control system [J/OL]. The Journal of Academic Librarianship, 2020, 46(4) [2023-09-08]. <https://doi.org/10.1016/j.acalib.2020.102138>.
- [13] 朱旭. 深圳市第二图书馆智能立体书库灭火系统设计[J]. 给水排水, 2019, 45(8): 114-117. (ZHU X. Design of fire extinguishing system of intelligent three-dimensional book library in Shenzhen Second Library project [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(8): 114-117.)
- [14] 赵永莲. 技术驱动下图书馆人书分离模式研究[J]. 图书馆工作与研究, 2022(1): 87-93. (ZHAO Y L. Study on the separation model of reader and book in library driven by technology [J]. Library Work and Study, 2022(1): 87-93.)
- [15] 冯锦福. 基于网借服务需求的图书馆现有书库智能化改造策略研究[J]. 图书情报导刊, 2022, 7(5): 1-6. (FENG J F. Research on intellectualized transformation strategies for library's existing stack room based on the demand for online book loan service [J]. Journal of Library and Information Science, 2022, 7(5): 1-6.)
- [16] 凯乐士科技. 漫步书海 赏星“阅”目——凯乐士科技助力南山图书馆智能立体书库[J]. 现代制造, 2021(11): 36, 38. (GALAXIS. GALAXIS assist Nanshan Library intelligent three-dimensional library [J]. Maschinen Markt, 2021(11): 36, 38.)
- [17] 冯锦福. 智能化书库为网借服务“续航”[N]. 中国文化报, 2021-10-21(002). (FENG J F. Intelligent library lasts for online borrowing service [N]. China Culture Daily, 2021-10-21(002).)
- [18] 徐谦. 网络环境下区域性馆际互借模式的研究和应用——以上海市浦东新区图书共享项目为例[J]. 图书馆理论与实践, 2016(7): 76-79. (XU Q. Research and application of regional inter-library loan under network environment—a case study on the book sharing project in Pudong New District, Shanghai [J]. Library Theory and Practice, 2016(7): 76-79.)
- [19] 尹明章, 张莉, 周天旻, 等. 基于微信小程序的高校 O2O 图书共享平台开发与应用[J]. 图书馆理论与实

- 践,2019(3):94-97. (YIN M Z,ZHANG L,ZHOU T M,et al. Development and application of university O2O book sharing platform based on Wechat mini-Apps[J]. Library Theory and Practice,2019(3):94-97.)
- [20] 曹意. 基于微信公众号的高校图书馆图书共享服务系统的设计与实现[J]. 新世纪图书馆,2021(4):64-67. (CAO Y. Design and realization of university library books sharing service system based on WeChat official account[J]. New Century Library,2021(4):64-67.)
- [21] 陈立人,张海舰,汪聪,等. 北京大学图书馆“送书到楼”服务:缘起、流程、成效与启示[J]. 高校图书馆工作,2021,41(6):50-54. (CHEN L R,ZHANG H J,WANG C,et al. “Book delivery service” of Peking University Library:the origin,process,achievements and inspirations[J]. Library Work in Colleges and Universities,2021,41(6):50-54.)
- [22] 贾广新,张品,王永伟,等. 空面精确制导分布式智能协同的研究分析[J]. 飞航导弹,2021(5):85-89. (JIA G X,ZHANG P,WANG Y W,et al. Research and analysis of distributed intelligent cooperation for space-surface precision guidance[J]. Aerospace Technology,2021(5):85-89.)
- [23] 耿明. 基于数据平台的智能协同设计系统研究[J]. 铁道工程学报,2016(4):16-21. (GENG M. Research on the intelligent collaborative design system based on data platform[J]. Journal of Railway Engineering Society,2016(4):16-21.)
- [24] 刘翔. 制造商与零售商应对产品评论智能协同决策机制研究综述[J]. 计算机应用研究,2012,29(10):3614-3620. (LIU X. Review of mechanism of intelligent collaboration decision response to product reviews for manufacturer and retailer[J]. Application Research of Computers,2012,29(10):3614-3620.)
- [25] 陈春花,钟皓. 数字化生存与管理价值重构(六) 数字化转型的关键:智能协同[J]. 企业管理,2020(11):102-104. (CHEN C H,ZHONG H. Digital survival and management value reconstruction(6):the key to digital transformation:intelligent collaboration[J]. Enterprise Management,2020(11):102-104.)
- [26] LI J W,YU T,ZHANG X S. Coordinated load frequency control of multi-area integrated energy system using multi-agent deep reinforcement learning[J/OL]. Applied Energy,2022,306[2023-09-08]. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117900>.
- [27] 黄利伟. 智能协同算法研究及应用[D]. 成都:电子科技大学,2019. (HUANG L W. Research and application of the intelligent collaboration algorithms[D]. Chengdu:University of Electronic Science and Technology of China,2019.)
- [28] PENG P F,CUI H T. Application and research on the model of distributed intelligent cooperative decision support system[C]//3rd Annual International Conference on Information Technology and Applications(ITA 2016). Hangzhou,China,2016.
- [29] ZHANG P C,LI R H. Design and implementation of an intelligent cooperative design system[C]//Proceedings of 6th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design. Ontario,Canada,2001:198-202.
- [30] KOLFSCHOTEN G L,LUKOSCH S,LEIMEISTER J M. Introduction to the “intelligent collaboration support systems” minitrack[C]//46th Annual Hawaii International Conference on System Sciences(HICSS). Hawaii,USA,2013:490.
- [31] 安萌萌,樊秀梅,蔡含宇. 基于雾计算和强化学习的交通灯智能协同控制研究[J]. 计算机应用研究,2020,37(2):465-469. (AN M M,FAN X M,CAI H Y. Research on intelligent coordinated control of traffic light based on fog computing and reinforcement learning[J]. Application Research of Computers,2020,37(2):465-469.)
- [32] COOK K,BRYAN E,YU H,et al. Intelligent cooperative control for urban tracking[J]. Journal of Intelligent & Robotic Systems,2014,74(1/2):251-267.

- [33] 潘家芳. 人机智能协同的图书馆精准服务研究[J]. 图书馆工作与研究, 2023(3):38-45. (PAN J F. Research on human-machine intelligent collaboration for library precision services[J]. Library Work and Study, 2023(3):38-45.)
- [34] 赵霞琦, 王艳, 张倩. 多智能体系统协同控制的智慧图书馆解决方案——以天津商业大学图书馆出入一体化改造为例[J]. 图书馆研究, 2022, 52(6):96-103. (ZHAO X Q, WANG Y, ZHANG Q. Intelligent library solution based on multi-agent system collaborative control: taking the integration reconstruction of access and egress of Tianjin University of Commerce Library as an example[J]. Library Research, 2022, 52(6):96-103.)
- [35] 李广建, 化柏林. 公共文化服务大数据研究的体系与内容[J]. 图书馆论坛, 2018, 38(7):62-71. (LI G J, HUA B L. A tentative model for big data research on public cultural services: its structure and content[J]. Library Tribune, 2018, 38(7):62-71.)
- [36] UCLER C. Intelligent assignment in clusters to enhance collaboration and innovation[J]. Journal of Manufacturing Technology Management, 2017, 28(5):554-576.
- [37] REDDY R, SELIAH S, BHARADWAJ V, et al. EkSarva: an intelligent collaboration framework[C]//2004 2nd IEEE International Conference on Intelligent Systems. Varna, Bulgaria, 2004:134-137.
- [38] 张凯, 赵国甫, 陈沅. 5G 雾计算环境下图书馆“个性环绕贴身式”服务技术方案[J]. 中国图书馆学报, 2020, 46(6):91-105. (ZHANG K, ZHAO G F, CHEN Y. A technical scheme of “personal surrounding and close fitting” for library service under 5G and fog computing[J]. Journal of Library Science in China, 2020, 46(6):91-105.)
- [39] CAI J M, LI X K, LIANG Y, et al. Collaborative optimization of storage location assignment and path planning in robotic mobile fulfillment systems[J]. Sustainability, 2021, 13(10):5644.
- [40] 朱禹涛, 肖霖, 陈泽仁, 等. 面向智慧工厂的工业互联网边缘智能协同计算技术研究[J]. 信息通信技术与政策, 2021, 47(3):1-5. (ZHU Y T, XIAO L, CHEN Z R, et al. Research on edge intelligent cooperative computing technology in industrial Internet for intelligent factory[J]. Information and Communications Technology and Policy, 2021, 47(3):1-5.)
- [41] 全国一体化政务服务平台移动端建设指南[EB/OL]. (2021-11-12)[2022-01-20]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2021-11/12/content_5650485.htm. (Guide for the construction of mobile terminal of national integrated government service platform[EB/OL]. (2021-11-12)[2022-01-20]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2021-11/12/content_5650485.htm.)
- [42] 李敢, 谢秉磊. 基于 MPC 的快速路智能协同控制系统[J]. 中国公共安全(学术版), 2017(3):70-73. (LI G, XIE B L. Intelligent integrated control system of expressway based on MPC[J]. China Public Security(Academy Edition), 2017(3):70-73.)
- [43] 姜相争, 李凯, 李贵茹, 等. 云环境条件下智能决策支持系统理论研究[J]. 现代防御技术, 2022, 51(1):35-41. (JIANG X Z, LI K, LI G R, et al. Research on military intelligent decision support system under cloud computation environment[J]. Modern Defence Technology, 2022, 51(1):35-41.)
- [44] HADJILEONTIADOU S J, NIKOLAIDOU J N, HADJILEONTIADIS L J, et al. A fuzzy logic evaluating system to support Web-based collaboration using collaborative and metacognitive data[C]//The 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. Athens, Greece, 2003:96-100.
- [45] 白瑞端. 基于动态模糊逻辑的群体决策模型及其应用研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2015. (BAI R R. Group decision making model based on dynamic fuzzy logic and its application[D]. Suzhou: Soochow University, 2015.)
- [46] 邓林. 智能协同办公平台的构建方案实施[J]. 炼油与化工, 2019, 30(1):61-63. (DENG L. Implementation on construction plan of intelligent cooperative office platform[J]. Refining and Chemical Industry, 2019, 30(1):61-63.)

- [47] 秦羽飞,葛磊蛟,王波. 能源互联网群体智能协同控制与优化技术[J]. 华电技术,2021,43(9):1-13. (QIN Y F, GE L J, WANG B. Swarm intelligence collaborative control and optimization technology of energy Internet[J]. Huadian Technology, 2021, 43(9): 1-13.)
- [48] 周玲元. 公共文化场馆情境感知服务及应用研究——以图书馆为例[M]. 北京:经济科学出版社,2018:19. (ZHOU L Y. Research on context aware service and application for public cultural venues—take library as an example[M]. Beijing: Economic Science Press, 2018: 19.)
- [49] 冯丹阳. 基于协同过滤的智能电商推荐平台的研究与实现[D]. 呼和浩特:内蒙古大学,2021. (FENG D Y. Research and implementation of intelligent-commerce recommendation platform based on collaborative filtering[D]. Huhhot: Inner Mongolia University, 2021.)
- [50] 关芳,高一弘,林强. 基于协同过滤的高校图书馆纸本资源智能推荐方法实证研究[J]. 情报探索,2020(4):109-115. (GUAN F, GAO Y H, LIN Q. Empirical research on intelligent recommendation method of printed resources in university libraries based on collaborative filtering[J]. Information Research, 2020(4): 109-115.)
- [51] 韩小楠. 具有干扰的多智能体系统一致性和输出跟踪控制[D]. 西安:西安电子科技大学,2021. (HAN X N. Consensus and output tracking control of multi-agent systems with disturbance[D]. Xi'an: Xidian University, 2021.)
- [52] 中国信息通信研究院. 人工智能数据安全白皮书(2019)[EB/OL]. (2019-08)[2022-01-25]. http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/201908/t20190809_206619.htm. (China Academy of Information and Communications Technology. Report on artificial intelligence data security(2019)[EB/OL]. (2019-08)[2022-01-25]. http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/201908/t20190809_206619.htm.)
- [53] 陈轶迪,蔡达,黄蓓. 面向弹群智能协同的社会性依存模型框架研究[J]. 西北工业大学学报,2020,38(S1):70-76. (CHEN Y D, CAI D, HUANG B. Research on the framework of social dependence model for intelligence missile swarm[J]. Journal of Northwestern Polytechnical University, 2020, 38(S1): 70-76.)
- [54] 王融. 数据要素——数据治理:数据政策发展与趋势[M]. 北京:电子工业出版社,2020. (WANG R. Data elements—data governance: data policy developments and trends[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2020.)
- [55] 张海涛,刘雅姝,周红磊,等. 情报智慧赋能:重大突发事件的智能协同决策[J]. 情报科学,2020,38(9):3-8. (ZHANG H T, LIU Y S, ZHOU H L, et al. Information science wisdom empowerment: intelligent collaborative decisionmaking for major emergencies[J]. Information Science, 2020, 38(9): 3-8.)
- [56] 国家图书馆联合全国公共图书馆启动“文献共享借阅计划”[EB/OL]. (2021-01-22)[2022-01-25]. <https://wenhui.whb.cn/third/baidu/202101/22/389348.html>. (National Library launching “document sharing lending program” with public libraries across the country[EB/OL]. (2021-01-22)[2022-01-25]. <https://wenhui.whb.cn/third/baidu/202101/22/389348.html>.)

韦景竹 中山大学信息管理学院教授,博士生导师。广东 广州 510006。

王 政 中山大学信息管理学院博士研究生,广州南方学院公共管理学院副研究馆员。广东 广州 510006。

祝培培 中山大学信息管理学院博士研究生。广东 广州 510006。

黄百川 佛山市图书馆馆长,研究馆员。广东 佛山 528303。

(收稿日期:2023-05-29;修回日期:2023-08-12)