

回顾与展望:人工智能在图书馆的应用

Retrospective Analysis and Prediction: Artificial Intelligence and Its Applications in Libraries

傅平¹ 邹小筑² 吴丹³ 叶志锋²

(1. 中央华盛顿大学, 艾伦斯堡, 98926; 2. 南京航空航天大学, 南京, 210016; 3. 武汉大学信息管理学院, 武汉, 430072)

[摘要] 本课题的研究源于最近几年人工智能在基础研究和产业领域掀起的新一轮发展高潮。本文使用文献回顾和列举分析的方法研究 AI 的分支, 包括专家系统、模式识别、自然语言处理、机器人、机器学习、深度学习神经网络在图书馆信息检索、编目、分类、选书、采购、订阅、流通、参考咨询和图书馆自动化领域的应用现状和发展趋势。通过对发表在国内外有影响的期刊文章和最新产业界人工智能技术应用的实例研究, 我们发现目前 AI 在图书馆领域的应用基本上还处于狭义 AI 或称为弱 AI 的机器学习阶段, 但是现在兴起的人脸识别、机器人整理书架和基于机器学习自然语言处理和人工神经网络的聊天机器人等 AI 技术正陆续加入到图书馆自动化的行列中来, 特别是强人工智能技术应用于图书馆新一代信息检索系统的前景比较明朗。

[关键词] 人工智能 图书馆 机器学习 深度学习 神经网络 生物特征识别

[中图分类号] G250.7 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-2797(2018)02-0050-11 **DOI:** 10.13366/j.dik.2018.02.050

[Abstract] The application of artificial intelligence (AI) has brought innovation to basic science research and industry in recently years. This paper briefly reviews and analyzes the research and development of artificial intelligence technologies such as expert systems, natural language processing, pattern recognition, robotics and machine learning in the fields of library information retrieval, reference service, cataloging, classification, acquisitions, circulation and automation. By analyzing the papers published on both domestic and international journals, studying the practices of latest AI applications in industry, this paper finds that the current AI applications in the library are still in the narrow AI or weak AI/machine learning phase. However, the emerging technology of face recognition, arranging and organizing book shelves by robots, natural language processing based on machine learning, chat robot based on artificial neural networks are making library more automatic. Especially, this paper looks into the possibilities of applying general AI or strong AI technologies into the retrieval system of libraries.

[Keywords] Artificial Intelligence(AI); Library; Machine learning; Deep learning; Neural networks; Biometrics identification

1 前言

目前蓬勃发展的人工智能(AI)技术被工业界称为第四次工业革命^[1]。AI是让机器能够像人类一样完

成智能任务的技术。

AI的发展划分为三个阶段:①机器学习阶段——智能系统使用一系列算法从经验中进行学习;②机器智能阶段——机器使用一系列高级算法从经验中进

[基金项目] 本文系江苏省图书馆学会重点课题“基于人工神经网络的馆藏资源精准推荐方法研究”(17ZD02)、南京航空航天大学图书馆业务创新项目“基于人工智能的航空发动机领域叙词表自动构建方法研究”(TSG201708)的成果之一。

[作者简介] 傅平,教授,研究方向:图书馆自动化、图书馆管理集成系统、发现平台、数字图书馆和人工智能在图书馆的应用,Email: ping.fu@cwu.edu; 邹小筑,副研究馆员,研究方向:网络信息检索、信息资源建设、信息资源评价、人工智能在图书馆的应用,Email: zxzlib@nuaa.edu.cn; 吴丹,教授,研究方向:信息组织与检索,人机交互,Email: woodan@whu.edu.cn; 叶志锋,教授,研究方向:数字图书馆、信息资源建设、人工智能在图书馆的应用,Email: yzf@nuaa.edu.cn。

行学习(例如深度神经网络),AI某些领域目前已经进展到此第二阶段;③机器意识阶段——不需要外部数据就能从经验中自我学习。相应地,AI研究划分为三个类型:①狭义AI或称为弱AI——它能执行和完成基础的、角色型任务,比如由苹果的Siri这样的聊天机器人和个人助手完成的任务;②通用AI或称为强AI——它能执行和完成人类水平的任务,它涉及到机器的持续学习,例如特斯拉的自驾车,再如谷歌的阿尔法狗是第一个击败人类职业围棋选手、第一个战胜围棋世界冠军的AI程序,其主要工作原理是“深度学习”;③超级AI——超级AI机器在几乎所有领域都比最聪明的人类大脑都聪明很多,包括科学创新、通识和社交技能^[2]。

AI研究领域主要包括专家系统,如飞行跟踪系统和医疗诊断系统;自然语言处理,如语言识别自动语音输出;神经网络,如模式识别系统、人脸识别、字符识别、手写识别;机器人,如工业机器人的移动、喷涂、喷漆等;模糊逻辑,如向消费者自动推荐电子产品汽车等。也有学者把AI根据涵盖的学科分为:计算机视觉,包括模式识别、图象处理等;自然语言处理,包括语音识别、合成以及语音对话;认知与推理,包括各种物理和社会常识;机器人学,包括各种机械控制、设计、运动规划和任务规划等;博弈伦理,包含多代理人的交互、对抗和合作、机器人与社会融合等议题;机器学习包含各种统计的建模、分析工具和计算方法^[3]。

AI在图书馆的应用包括专家系统、自然语言处理、模式识别、机器学习和机器人在参考咨询服务、编目、分类、采购、叙词表自动构建、自动索引、信息检索、流通、图书馆自动化等方面的应用。专家系统和自然语言处理应用于图书馆的典型例子有文献检索、文献分类、在线访问公共目录、发现平台、关键词查找。模式识别的例子有图书馆文本挖掘或文本分析,即通过模式识别提取文本数据中隐藏的信息和图象识别。机器学习的例子有应用包含各种统计的建模、分析工具和计算方法在图书馆活动中的应用。机器人的例子有用于图书馆图书全自动借还、分拣和上架整理等。

到目前为止,AI技术在图书馆活动中的应用大部

分处于弱AI应用阶段。但是AI技术的发展已经进入机器智能阶段,即机器使用一系列高级算法从经验中进行学习,如深度学习神经网络。这会对图书馆活动产生怎样的影响呢?

基于此,本文将主要讨论两个问题:①上面所提到的这些弱或强AI技术在图书馆领域的应用目前处于一个什么样的水平和状态?②哪些处于机器智能阶段即强AI技术已经开始或有希望应用到图书馆领域?

2 文献回顾

AI在图书馆的应用几乎涵盖了图书馆各个领域。本文选取了最近三十年左右在有同行评审制度的学术期刊和国际会议上发表的一些代表性文献,根据发表年份作一简单回顾。

Smith在1976年对AI在图书馆信息检索系统中的扮演的角色和潜在作用进行了调查^[4]。Burger在1984年讨论了四种与信息检索系统相关的AI概念——模式识别、表示、问题解决、学习,并将其应用于自动化编目中的权限控制领域^[5]。Watsein在1986年回顾了自然语言处理、专家系统、机器人和传感系统在图书馆编目、在线信息和推荐咨询中的使用和限制^[6]。Teodorescu在1987年比较了AI的自然语言理解和信息检索范式的进展,并概述了AI在问答咨询系统中的适用性^[7]。1988年Fenly报告了美国国会图书馆使用专家系统技术在其职能部门例如采购、编目和期刊控制中的应用^[8]。Hjerppe等人在1985和1989年分别探讨了专家系统辅助编目特别是选择入口点上的作用和AACR2作为专家系统的知识库与编目的关系^[9]。Hsieh在1989年调查了在《图书馆文献》和《图书馆和信息科学文摘》中发现的AI文献包括年份、期刊、和文章数量,以及AI应用于图书馆的文章比例^[10]。

在1990年召开的图书馆应用和数据处理年度诊断会议上有12份会议报告重点介绍AI和专家系统与图书馆应用相关的研究^[11]。Jones在1991年则讨论AI在信息检索中的四个潜在作用:信息表征,即构建知识库;信息查寻,即搜索制定;支持功能,包括自动抽取摘要;系统集成^[12]。Lange同年探讨了合成语音和语音识别在图书馆技术处理、借还书收据、流通控制和数据库访问方面的可能应用,以及此技术如何帮

助残疾人和文盲使用者^[13]。

1992年出版的《专家系统在图书馆和信息中心的应用》这本书则收录了 Morris 等多位研究人员的研究成果^[14]。1993年 Barr 讨论了专家系统在图书馆的应用前景^[15]。Peng 描述了一个基于知识的图书管理员系统 UMLS 如何用于搜索 MEDLINE 书目数据库^[16]。Ferguson 等人 1997 年的 AI 技术在数字图书馆的研究具体讨论了如何使用 Daubechey 小波变换进行图像索引;用于处理图像中的遮挡的 Stone Li 算法的扩展;半结构化文本文档的容错结构提取策略等^[17]。

1997年 Chen 等人介绍了一个根据元信息环境的一系列核心服务来定义的地理知识表示系统,用于支持模糊的基于概念的地理空间信息收集^[18]。Hauptmann 等人则分享了他们如何使用 AI 技术自动生成支持多媒体数字图书馆用户界面的元数据。通过应用语音识别、自然语言处理和图像分析,这个用户界面帮助用户找到他们想要的信息,并更有效地导航和浏览数字视频库^[19]。Shum 在 1999 年描述了一个数字图书馆服务器的设计,使作者能够提交发表的文献的总结,以及它与文献的关系^[20]。2001年 Garfield 研究了增加电子数据库访问的可能性以及 AI 的作用,包括:搜索全文;发送全文;有选择地传播信息分析和剪报服务;外语翻译;信息发现和恢复^[21]。

2003年《应用人工智能》出版了一期专辑题目为“AI 在文化遗产和数字图书馆的应用”,总结了九十年代以来欧洲各国研究人员把 AI 技术应用到文化遗产领域的研究成果^[22]。同年 Gentili 等人提出了一个适用于数字图书馆的自适应检索和过滤文件的软件系统^[23]。Mohd 和 Sembok 则尝试将知识表示和语言处理应用到信息检索系统中^[24]。

2004年 Medina 等人描述了一个在数字图书馆中负责信息检索任务的多代理系统的体系结构,其中利用本体扩展查询并尽可能避免关键字含糊不清,该本体也被用来识别相关的信息来源。这些代理的设计是基于盖亚方法^[25]。2006年 Kraft 等人介绍了模糊集理论在信息检索中的一些应用,以及该领域最新的研究成果^[26]。2008年 Boccignone 等人展示了如何通过使用活动的生物视觉机制(例如眼睛的眨动和注

视)来实现更有效的查询示例处理^[27]。

2010年 Rubin 等人调查了会话代理在全球的发展和应用,同时关注在加拿大图书馆的可用性^[28]。Rah 和 Gul 发现通过对学习型网站系统进行深度日志分析,可以制定出更好更有成效的高校图书馆知识管理系统^[29]。Conard 等人讨论了电子发现平台的不同阶段,同时将它们与通用电子发现参考模型相关联。他们阐述了 AI 与信息检索相关领域的一些问题,包括应用于电子邮件和社交网络的数据挖掘、分类和机器学习,以及能够实现下一代电子发现的技术^[30]。Zucca 描述了一个用于图书馆活动数据的收集、传输和使用的智能决策支持系统框架 MetriDoc。MetriDoc 目前正在芝加哥大学和北卡罗来纳州立大学进行测试实施,Kualiole 项目正在积极地将其视为分析模块的基础^[31]。Parikh 和 Vasant 则介绍了一种利用不同特征的机器学习技术来检测多页文献内容表示的新方法^[32]。

2014年 Absalom 等人提出了一种新颖、直观、便于类比搜索,并且具有足够灵活性来处理模糊性多面分类的方案,该方案可用于概念检索,将增强现有的信息分类^[33]。Pasche 等人描述了一个先进的检索引擎开发,以在药物化学领域的专利集合中搜索信息^[34]。Ballatore 等人调查了用于“地理智能”信息检索的开放知识库和语义地理空间网络,重点关注了他们的地理空间维度^[35]。Gahlawat 等人讨论了一种开发自然探测语音合成器的方法,开发的文本-语音系统使用主观听力测试对盲人进行测试^[36]。

2015年 Verhodubs 介绍了本体万维网搜索引擎 SWES,这是一个专家系统,将使用 Web 上发现的本体,从它们生成规则,并用这些生成的规则补充其知识库。Verhodubs 预计 SWES 将成为普通用户的通用专家系统^[37]。Yao 等人介绍了清华大学图书馆开发的机器人“小图”参与图书馆在线参考服务的情况^[38]。

2016年 Obin 和 Roebel 提出了一种用于计算机辅助语音广播的专业化声音的大规模相似性搜索。所提出的语音投射系统探索基于高斯混合模型的声学模型和用于专业演员声音的语音投射所感知的副语言内容(演讲者状态和演讲者特征,例如年龄/性别语音质量情绪)的多标签识别^[39]。Koperwas 等人提

出了使用一种以研究人员为中心的方法来构建学术机构研究知识库,提出了一种新的 AI 方法来获取数据的数据和丰富语义,并介绍了这种现实生活系统中用于专家分析和检索的算法^[40]。

2017 Muralikumar 等人设计定义了三个能识别文档关系类型的模型和一个独特的统计模型,用以解决电子学习资料库和数字图书馆检索系统在显示文档时如何在语义上相互关联,以使用户可以自由地选择不同的材料,从而以一种集中的方式指导他/她的学习^[41]。Dominguez 等人以物理艺术作品推荐为目的,使用来自 UGallery 的网上商店的交易数据比较了预先训练的深度神经网络视觉特征和基于吸引力的显式视觉特征(如亮度、纹理)在推荐性能方面的差异^[42]。Lettieri 等人则介绍了一个网页应用程序 Knowlex,旨在对来自不同来源的法律文件进行可视化、探索和分析^[43]。Jansen 等人介绍一种 AIDA 算法,该算法可帮助研究人员从科学文章中以规范化的形式提取核心观点来了解最新的发展和发现^[44]。Lagopoulos 等人提出了在学术出版网站上检测网络机器人的方法,他们使用不同的监督式学习算法,这些算法具有来自服务器日志文件和网站服务内容的各种特征。他们的方法依赖于人类用户会对特定领域或文章感兴趣的假设,而网络机器人则无条件地抓取网络库。他们的研究和实验结合使用隐含狄利克雷分布算法进行语义分析后得到的新的语义特征揭示了语义特征在网络机器人检测问题中的重要性^[45]。

综上所述,AI 在图书馆领域的研究和应用长期以来主要集中在 AI 的几个分支技术如专家系统、模式识别、自然语言处理、机器人、机器学习在图书馆某个或几个相关领域包括信息检索、编目、分类、选书、采购、订阅、流通、参考咨询和图书馆自动化的应用。研究者基本是把 AI 和这些分支技术的概念和当时最新的计算机技术结合起来设计和开发出了一些用于图书馆的新系统或实验模型,某些模型和系统得到了不断的研究、完善和发展并被商业化。随着 AI 技术和计算机技术的发展,近年来 AI 在图书馆领域的研究和应用已经开始涉足生物识别技术、智能聊天机器人、人工神经网络、深度学习等强 AI 技术。

3 研究方法、范围和限制

本文主要使用文献研究方法对 AI 在图书馆领域应用的文献进行搜集、鉴别、整理,并通过对文献的回顾分析形成对 AI 在图书馆领域应用的事实的科学认识。在文献回顾的同时使用例举法,比如对某个 AI 技术和产品在图书馆的实际应用进行例举;并使用经验总结法,即根据笔者长期从事图书馆自动化领域的研究和实践对 AI 在图书馆领域的应用现状进行分析,在分析的基础上对 AI 在图书馆的应用前景做出展望。

研究的范围主要是 AI 的分支(包括专家系统、模式识别、自然语言处理、机器人、机器学习、深度学习神经网络)在图书馆信息检索、编目、分类、选书、采购、订阅、流通、参考咨询和图书馆自动化领域的应用。

本文虽然会涉及到这些 AI 技术的工作原理、机制和怎样实现这些应用,但这并不是讨论的范围和重点。超过图书馆的领域也不是本文讨论的范围和重点,比如信息检索是一个很大的范畴,本文仅讨论 AI 在图书馆领域主流的代表性检索工具和平台的应用。另外由于作者知识局限、时间篇幅有限,本文也不可能涵盖 AI 技术在图书馆领域的全部应用。

4 AI 技术在图书馆领域的应用现状

从文献回顾可以看出 AI 技术在图书馆领域的应用几乎涵盖了图书馆的所有活动,本文将重点讨论下面四个方面:图书馆信息检索、图书馆信息分类、物理资源和电子资源采购订阅管理、机器人和图书馆自动化。

4.1 AI 技术在图书馆信息检索工具和平台的应用

AI 技术在图书馆信息检索工具和平台的应用主要体现在相关性排名算法、预测性搜索和全文搜索引擎。

4.1.1 相关性排名算法

确定文档和查询之间的相关度是信息检索的核心问题,相关性排名方法是最优检索和发现平台的基础,也是 AI 机器学习的一个主要内容。使用者可以用文本查询的方式表达其信息需求,该查询与在索引阶段提取的文档表示进行比较。文档和查询的表示通常使用余弦的相似性函数相匹配给出两篇文档在其主题方面的相似度。将最相似的文件提交给用户评估他们所要查找问题的相关性。AI 的技术应用于信

息检索主要就是解决正确表示文档和匹配不精确表示的问题^[46]。

目前主流的发现平台的相关性排名策略使用了许多标准,包括词频、字段权重、精确标题匹配和内容属性提升,为用户提供每个搜索查询最相关的结果。相关评分的主要影响因素是用户搜索条件匹配数据库元数据和全文记录的频率。目标是在第一页显示最相关的结果。样板的相关性排名计算中使用的最有影响力的领域按照下面的影响顺序列出:与主题词匹配、标题中的出现的术语、作者提供的关键字、摘要中的关键词、作者、全文中匹配的关键字。有些平台还根据一些属性来判断相关性:比如出版物中的及时性意味着最近的文章排名更高;与搜索关键词相关的出版类型,标定同行评审状态有助于学术研究人员快速定位其领域的关键;文章的长度,确保当其他因素相同时,较短的文章被认为价值较低^[47,48]。

例如 **Primo** 相关性排名机制利用 **ScholarRank** 智能排名技术根据以下几个标准按相关性对搜索结果进行排序:文章与查询匹配的程度,表示文章学术意义的价值分数,文章与用户的特定查询和配置文件的相关性,文章的发布日期(近期),个性化排名。为了使图书馆更灵活和容易控制,**Primo** 使图书馆能够调整自己当地资料的相关性排名。首先,图书馆可以增强某些元数据领域,增加它们的权重。其次,图书馆可以选择将来自不同来源的结果混合到单个结果列表中(例如,将 **Primo Central** 结果与来自本地集合的结果混合),所有其他因素是平等的前提下使本地项目优先排在 **Primo Central** 之前。**Ex Libris** 还通过分析搜索日志、用户研究、客户反馈和 **Primo** 客户群体的意见,不断增强和优化 **Primo** 相关性排名技术^[49]。

4.1.2 预测性搜索和全文搜索

预测性搜索意味着图书馆检索工具或平台可以预测每个查询背后的意图并显示相关结果。现在的很多搜索引擎如 **Google** 都有这样的功能。图书馆检索工具或平台的预测搜索功能使用基于热门搜索的预测搜索算法来预测用户的搜索查询,它可提供一个下拉列表的建议,随着用户在搜索输入中添加更多字符而发生变化,通过自动完成功能,会在用户开始输

入搜索条件时自动显示关键字建议。这样图书馆检索工具或平台预测搜索可以节省用户相当多的时间,因为他们不仅不需要输入完整查询,而且可参考以往用户的搜索历史对自己的查询需求进行有效的表达规范,从而提高查询效率。图书馆检索工具或平台的 **AI** 技术通过对查询的处理和分析,执行最佳搜索,提供尽可能最好的结果给用户。

商业数据库和发现平台支持全文搜索,全文搜索所需的全文管理操作属于文本挖掘,是自然语言处理和数据挖掘的跨学科领域。由于传统的数据库管理系统引擎对于这些操作是低效的,因此数据库管理系统通常使用特殊的全文搜索引擎模块进行扩展。文本挖掘的目标是发现个别文档或文档集合的不平凡或隐藏的特征。文本挖掘是一个面向应用的跨学科机器学习领域,它利用计算语言学、自然语言处理、信息检索和数据挖掘等工具和资源。文本挖掘的过程分为:信息提取、文本分类/分类、文档聚类和总结。

例如,**Ulrich** 等描述了一种新的方法 **Searchbench** 来精确搜索数字图书馆的全部内容。**Searchbench** 对基于 **PDF** 格式的天生数字化的和扫描数字化的出版物的句式语法和语义进行自然语言处理。他们已经将其应用于计算语言学和语言技术领域的 **ACL Anthology** 最近出版的 25,000 篇开放获取研究论文并得到了良好的验证^[50]。

4.2 AI 技术在图书馆信息分类和编目系统上的应用

图书馆中的资料丰富,利用 **AI** 技术中的专家系统来模拟图书资料的分类原则,并在此系统中注入专家思维方式,实现图书分类的自动化发展。图书馆分类是图书馆资源按照学科主题排列的知识组织系统。一般来说,分类系统可以根据使用方式分为三类:①涵盖所有科目的通用方案,例如杜威十进分类法,通用十进分类法和美国国会图书馆分类法。②涵盖特定主题或类型的材料的具体分类方案,例如英国音乐分类目录和迪金森分类,或 **NLM** 药物分类。③为特定国家特别设立的国家计划,例如瑞典的图书馆分类系统 **SAB** 和中国图书馆分类法 **CLC**。就功能而言,分类系统通常被描述为:枚举、分等级、分面或分析合成。

现在主流的图书馆管理集成系统特别是新一代

系统如 Ex Libris Alma 和 OCLC WMS 的编目模块一般都支持集成了这些专家知识比如杜威十进分类法、美国国会图书馆分类法和特定国家分类法并提供友好的计算辅助界面支持编目和分类^[51]。

AI 技术在中文图书馆文献分类中的应用例子主要有文献资料分类和图书分类。其中,文献资料分类采用的是数学方法,来计算文献向量之间的相似度,然后再利用 AI 技术对其进行归类处理。在评价时利用的是人工评价方式,然后再借助 AI 技术系统将评价结果置于知识库中。最后对文献资料进行再次分类处理并调整其相似阈值。图书分类应用的 AI 技术主要有言语理解、知识和控制等子系统,采用的处理技术是联想断词、禁用词、同义词典以及关系知识库等,推理方式是正向推理^[52]。

4.3 AI 技术在图书馆资源采购和订阅中的应用

4.3.1 专家选书系统

图书馆资源采购包含物理资源的采购电子书和电子数据库期刊的订阅等。现在许多书商数据库厂商提供基于网络的物理资源和电子书选书订购系统,比如 EBSCO 的 GOBI 专家图书订购系统。GOBI 的专家选书系统根据专业学科领域可以向专业图书馆员和学科联络员定期按照设定比如每个月推荐一年内这个学科出版的新书包括电子书。GOBI 被视为具有前瞻性思维的工具,使客户能够在线订购印刷书籍,并于 2005 年开始把订购范围扩大到了电子书。美国的学术图书馆一般采用 GOBI 系统选书和订购,并与图书馆后台管理集成系统集成起来完成采购、编目、跟踪、发货、付款、打印标签、上架等业务^[53]。

4.3.2 电子资源管理和知识库

电子资源管理(ERM)系统是图书馆员和图书馆工作人员用来跟踪图书馆电子信息资源的选择、获取、许可、访问、维护、使用、评估、保留和取消选择的实践和技术。这些资源包括但不限于电子期刊、电子书、流媒体、数据库、数据集、CD-ROM 和计算机软件。许多厂商提供单独的 ERMS 供图书馆用户选择,或做成图书馆管理集成系统中的一个模块。

ERM 的一个重要组成部分涉及跟踪每个订阅产品内容的知识库。一个全面的电子期刊馆藏数据库

可以提高效率。考虑到主要订阅包中内容的可变性,拥有一个仔细跟踪它们的数据库可以作为一种宝贵的资源,帮助图书馆通过其累积的订阅来准确了解它可以访问哪些标题。创建和维护这样的知识库是一项重大任务。

新一代图书馆管理集成系统比如 Alma 使用电子资源知识库并把 ERM 和传统的物理资源采购模块无缝地合二为一这样便于图书馆采用同一模块来管理物理资源和电子资源^[54]。

4.3.3 自动采集资源并使用信息和辅助决策

ERM 和新一代图书馆管理集成系统 Alma 还可以收集和报告内容提供商以 COUNTER 格式提供的电子资源使用统计信息。COUNTER 报告可以在 Alma Analytics 中以各种格式显示,也可以在 Alma 用户界面的特定情况下显示。许多内容供应商可以为用户提供 COUNTER 统计信息。用户可以手动将 COUNTER 信息上传到 Alma。如果内容供应商支持 SUSHI 协议(标准化使用情况统计收集计划)的话,Alma 可以实现自动检索(收获)并自动上传统计数据。通过阅读这些报告,图书馆员有更多的选择来分析和理解他们机构内的使用情况,从而帮助他们在订阅采购电子书资源时候可以根据预算、成本费用和用户的阅读下载量做出续订还是取消订阅的决策。图书馆可以在此基础上自己开发相应的期刊订阅辅助决策管理系统^[55]。

4.4 机器人和图书馆自动化

机器人用于图书馆自动化已经有很长的历史,以下列举一些应用实例。

美国北卡州立大学亨特图书馆 BookBot 是一种机器人图书传送系统,可以在气候控制的环境下使用高密度自动货架的技术存储多达 200 万件物品,并可在点击在线目录的五分钟内传送任何物品。BookBot 只占传统传统书架的九分之一空间,把图书馆从一个存储设施转变成一个丰富的学习和协作空间环境。书籍和其他物品被条码化,按大小排序,并存储在超过 18,000 个存储箱中。每本书籍和物品从系统中借阅或返回时都会被扫描,从而使图书馆的在线目录能够随时追踪所有资料的位置。附带的虚拟浏览系统允许用户看到与主题相关的所有书籍和物品的虚拟货

架,包括馆藏中越来越多的电子书籍^[56]。

中国南京大学图书馆的基于超高频 RFID 技术智能图书盘点机器人可对整个图书馆藏书进行自动化盘点,检查是否存在错架图书、藏书和丢失等现象,实时更新图书位置信息,告知读者所需图书在书架的哪一层以及在该层的第几本,图书漏读率控制在 1% 以内,定位精度高达 97%,一小时可盘点逾 10,000 册图书,极大地减少了读者查找书籍的时间^[57]。

美国约翰霍普金斯大学图书馆的独特工作机器人技术项目(CAPM)可以自动检索书架上的书籍将它们携带到位于书架外的扫描站。CAPM 具有实时增强的浏览和搜索功能,通过网络,使用机器人、自动化系统和软件技术的组合查找书架上的书籍。用户将需求输入 CAPM 系统,该系统将启动一个机器人去找到检索请求的书籍。机器人将把这个书籍交给另一个机器人系统并按用户的要求打开该书籍并自动翻页。用户查看或打印所需的页面,用户可以选择返还该书籍或最终借阅该书籍。一旦文本被扫描,用户也可以使用 CAPM 执行自动文本分析选项,如关键字搜索全文搜索^[58]。

新加坡图书馆试用机器人 AuRoSS 能够扫描书架并报告丢失书籍,从而减少图书馆管理人员的工作量。AuRoSS 的自主式机器人,能够在夜间用激光器和超声波扫描图书馆书架,并且编写和生成关于丢失书籍或摆放错误书籍的名单。次日清晨,图书馆工作人员将根据这份名单整理相应的图书区域,这极大的节省了工作时间。AuRoSS 机器人目前已在新加坡数个图书馆内试用,报告准确率高达 99%^[59]。

5 AI 技术在图书馆领域的应用展望

5.1 深度学习和神经网络模型用于图书馆新一代信息检索系统

微软研究人员 Mitra 和 Craswell 探索了神经网络用于信息检索的应用前景。信息检索的神经网络排序模型使用浅层或深层神经网络来根据查询对搜索结果进行排序。传统的学习排序的模型是在手工标注的信息检索特征上使用机器学习技术,与之相反,神经网络模型可以从原始文本材料中学习语言的表征,这些材料可以弥合查询与文档词汇之间的差距。不同于经典的信息检索模型,这些新型机器学习系统

在可被部署之前需要大量的训练数据^[60]。

神经网络信息检索指的是将浅层或深层神经网络应用于这些检索任务之上。一条搜索查询通常可能会包含一些词语,然而文档的长度会根据特定的场景而改变,从几个词到成百上千个句子甚至更长。信息检索的神经网络模型使用文本的向量表征,通常这包含了大量需要调整的参数。带有大型参数集的机器学习模型通常需要大量的训练数据。不同于传统的在一个手工标注的特征集上训练机器学习模型学习排序的方法,信息检索的神经网络模型通常可以将查询和文档的原始文本作为输入。学习文本的恰当表征也需要大量数据训练。因此,不同于经典信息检索模型,这些神经网络方法非常需要数据,数据越多,性能越好^[61]。

计算机视觉、语音识别和机器翻译的性能由近期在神经网络模型方面的进步所推动,这些神经网络通常有多个隐藏层,称之为深度架构。诸如会话代理和玩游戏达到人类水平的代理这样令人激动的全新应用也相继出现。现在,信息检索领域也开始应用这些神经网络方法^[62]。

如 QuertleLLC 公司的 AI 发现平台 Qinsight, Quertle 是第一个用于生物医学文献的 AI 生物医学大数据发现平台的开发商,Quertle 和 Elsevier 合作,2017 年开始用于全文检索 Elsevier 的信息来源 ScienceDirect。Qinsight 使用生物医学优化的神经网络和其他 AI 方法来模拟专家的大脑如何发现最相关的信息,辨别关键事实并发现关键概念。Qinsight 还提供先进的视觉分析来总结结果,预测趋势并发现文献中的隐藏联系^[63]。

本文认为 Qinsight 的方法有望被图书馆领域的其他发现平台比如 Primo、EDS、Summon、WorldCat Local 和 Google Scholar 等借鉴使用。

5.2 聊天机器人应用于图书馆导航指向服务和参考咨询

尽管清华图书馆的“小图”是个不错的例子,但还处于初级开发应用阶段。从本质上讲,聊天机器人只是一个机器人,通过语音命令,文本聊天或两者皆可来模仿人类的谈话并和人聊天。这是一个虚拟对话,

其中一方是在线讲话机器人。聊天机器人内部的人工智能功能已被用于各种行业,提供信息或执行任务,如告诉天气、预订航班或购买产品。

聊天机器人的技术基于机器学习和自然语言处理。机器学习可以应用在不同的领域来创建各种聊天机器人算法,而自然语言处理能够提取会话节奏和模仿人类交谈。聊天机器人训练将输入数据转换成所需的输出值。当给出这些数据时,它会分析并形成上下文来指向相关数据,以对口头或书面提示做出反应。深入了解 AI 内部的深度学习,机器在没有任何先验信息或训练的情况下发现数据中的新模式,然后提取并存储模式。这种机器学习算法被称为神经网络,由用于分析和学习数据的不同层组成。受人类大脑启发,每一层都由自己的人造神经元组成,这些人造神经元互相连接并相互响应。每个连接都通过以前的学习模式或事件加权,每输入一次数据,就会发生更多的“学习”。自然语言处理模仿人类的语言模式来模拟计算机与人类交互中的人类语调,从而产生更亲密的交互。聊天机器人中的预测分析使用统计、建模、数据挖掘等方式主动生成信息,而不是响应提示。机器学习中的情感分析使用语言分析来确定他们在任何特定情况下与谁交谈的态度或情绪状态。即使是最先进的聊天机器人,也无法检测到上下文中的某些问题和评论,这已被证明是困难的。开发人员正在创造这些机器人,以越来越像人类的方式自动化更广泛的过程,并继续发展和学习^[64,65]。

这种目前已经广泛应用于商业领域客户服务的聊天机器人完全可以用于图书馆导航指向服务和进一步开发利用作为参考咨询机器人。

5.3 生物特征识别技术和其他 AI 技术在图书馆领域的应用

生物特征识别技术如指纹、手形、虹膜、语音参数、面部元素、面部热克、签名等生物科技技术已经开始逐步在图书馆领域应用。Shafagat 分析了在图书馆使用生物识别技术的机会和前景。当使用传统识别方法时,可能会发生数据丢失或被盗,但在生物特征识别中不可能出现这种威胁。生物特征识别系统的应用在某些应用领域非常重要,例如边境站、乘客注

册、电子身份证件和卡片控制,以及一些涉及安全问题的应用领域如图书馆。各种技术正在迅速发展,与此同时,安全规则受到侵犯,欺诈行为在世界各地越来越多。因此,所有企业以及图书馆都需要生物识别技术来实现安全控制。Shafagat 还介绍生物识别技术在图书馆中的优势和劣势^[66]。

美国 Paul Sawyer 公共图书馆于 2008 年 10 月实施了生物识别系统。从那时起,注册图书证的顾客可以选择注册手指识别系统使用位于大堂的公共电脑。顾客只需将他们的手指放在位于每个电脑的生物识别扫描仪上即可借阅材料或使用系统登录电脑。查阅其他资料的顾客可以像以往一样使用他们的借书证。生物识别手指识别系统并不需要捕获并存储完整的指纹图像。取而代之的是,通过采取可变数量的矢量测量,指纹被登记在系统中。这些测量结果都不存储,但使用算法转换为数字。然后这个号码与一个顾客的图书证号码绑定。当用户将他或她的手指放在扫描仪上时,软件将图书馆卡号输入到计算机正在使用的任何文本字段中。Paul Sawyer 图书馆反馈使用生物识别技术后大大增加了图书馆的安全性^[67]。

国内中国杭州电子科技大学图书馆在 2018 年年初开始试用人脸识别系统门禁,学生一卡通照片已经导入系统,学生可以刷脸入馆了。因一卡通照片分辨率低,可能影响部分同学识别,图书馆在借还书处开通现场人像采集工作,替换现有照片提高识别成功率。图书馆还就进一步开通刷脸借书和座位预约系统的刷脸签到功能。本文作者以此推断人脸识别等生物特征识别技术可以和图书馆后台系统比如管理集成系统以及前台管理系统比如 OPAC 或发现平台集成完成借阅和网上身份确认^[68]。

美国韦恩州立大学图书馆利用 AI 技术正在开发一个对馆藏资源的借阅预见分析软件,以更好地了解图书馆馆藏和使用情况。这个仍在开发中的应用程序使用美国国会图书馆分类号来预测书籍和物品被借阅的材料的可能性。使用 TensorFlow 这个开放源代码的 AI 软件包,该图书馆将图书馆分类号和相关的借阅历史记录输入到 TensorFlow 模型中,以预测该书将要被借阅的可能性^[69]。这个图书馆馆员自己开发

的 AI 技术完全可以用于其他图书馆。

6 总结

本文通过文献分析法结合使用例举法和经验总结法回顾了最近三十年来人工智能(AI)技术,诸如专家系统、自然语言处理、模式识别,机器人和机器学习在图书馆信息检索、参考咨询、编目、分类、采购、流通和自动化等领域的研究和应用现状。重点讨论了 AI 技术在图书馆信息检索、图书馆信息分类、物理资源和电子资源采购订阅管理和图书馆自动化方面的应用。

本文还讨论了强人工智能技术比如深度学习神经网络模型用于图书馆新一代信息检索系统的可能性,探讨了生物特征识别技术用于图书馆安全和书籍借阅流通客户使用网络服务的可能性,探讨了基于机器学习自然语言处理和人工神经网络的聊天机器人的工作原理,并对聊天机器人进一步开发利用作为图书馆导航指向服务和参考咨询机器人的可能性做出了正面的预测。

总的来说,目前 AI 在图书馆领域的应用绝大多数还处于狭义 AI 或称为弱人工智的机器学习阶段,只有少数应用已经步入强人工智能的序列。由于计算机技术、人工智能技术和其他科学技术的发展,人们对人工智能和自动化的知识和认识也加深了,原先属于人工弱智能范畴的技术比如光学信息识别、一般的专家系统、机器学习、算法、计算机辅助用户界面等等现在被研究人员、开发人员和用户认为是常规的自动化技术了。

图书馆目前自动化的核心仍然是图书馆管理集成系统、电子资源管理系统、数字资源管理系统、基于 RFID 的自动借还书上架整理、机构库、发现平台等已经高度自动化的系统,人工智能在图书馆的应用只是锦上添花,尽管在这些系统的形成中人工智能都起过积极的作用。

通过本文的回顾分析和例举,读者可以了解到现在兴起的人工智能技术人脸识别、机器人整理书架和基于机器学习自然语言处理和人工神经网络的聊天机器人等技术正陆续加入到图书馆自动化的行列中来。特别是强人工智能技术比如深度学习神经网络模型用于图书馆新一代信息检索系统的可能性,根据

微软研究人员 Mitra 和 Craswell 的研究,深度学习神经网络用于信息检索的前景是比较明朗的。比如 Quertle 声称和 Elsevier 合作,Quertle 的大数据发现平台 Qinsight 利用深度学习神经网络技术可以对 ScienceDirect 上的生物医学和生命科学内容进行全文搜索并作预见性可视分析。

当然,这些人工智能技术特别是强人工智能技术要在图书馆领域商业化受到需求、市场、时间、资金、技术、人才等一系列因素制约。尽管大的有实力的图书馆比如斯坦福大学成立了图书馆 AI 项目组,清华大学和南京大学可以自主开发一些人工智能的应用,但大部分图书馆特别是公共图书馆还是要等待专业厂商投入、开发、生产出商业化的成果。

参考文献

- 1 Park S. The Fourth Industrial Revolution and Implications for Innovative Cluster Policies[J]. *AI & Society*, 2017, 1-13.
- 2,3 Warwick K. Artificial Intelligence[M]. Hoboken: Taylor & Francis. 2011: 13-59.
- 4 Smith L. Artificial Intelligence in Information Retrieval Systems. *Information Processing and Management*[J]. 1976, 12(3): 189-222.
- 5 Burger R H. Artificial Intelligence and Authority Control[J]. *Library Resources and Technical Services*, 1984, 28(4): 337-45.
- 6 Watstein S, Kesselman M. In Pursuit of Artificial Intelligence [J]. *Library Hi Tech News*, 1986 (30): 1-9.
- 7 Teodorescu I. Artificial Intelligence and Information Retrieval [J]. *Canadian Library Journal*, 1987, 44(1): 29-32.
- 8 Fenly C, Harris H. Expert Systems: Concepts and Applications [J]. *Advances in Library Information Technology*, 1988(1):44.
- 9 Hierppe R, Olander B. Cataloging and Expert Systems: AACR2 as a Knowledge Base[J]. *Journal of the American Society for Information Science*, 1989, 40(1):27-44.
- 10 Hsieh C, Hall W. Survey of Artificial Intelligence and Expert Systems in Library and Information Science Literature[J]. *Information Technology and Libraries*, 1989, 8(2): 209-14.
- 11 Lancaster F W, Smith L C. Artificial intelligence and expert systems: will they change the library? [C]//27th 1990 Clinic on Library Applications of Data Processing. Urbana-Champaign: Graduate School of Library and Information Science, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1992: 1-316.
- 12 Jones K S. The Role of Artificial Intelligence in Information Retrieval[J]. *Journal of the American Society for Information Science*, 1991, 42(8):558-65.
- 13 Lange H. Voice Technologies in Libraries: A Look into the Future

- [J]. *Library Hi Tech*, 1991, 9(3): 87-96.
- 14 Morris A. The Application of Expert Systems in Libraries and Information Centres[M]. New York: Bowker-Saur, 1992.
 - 15 Barr N. The Application of Expert Systems in Libraries[J]. *The Journal of Academic Librarianship*, 1993, 19(1): 45-46.
 - 16 Peng P, Aguirre A, Johnson S B, et al. Generating MEDLINE Search Strategies Using a Librarian Knowledge-based System [C]// *Proceedings of the Annual Symposium on Computer Applications in Medical Care*, Washington, DC, 1993:596-600.
 - 17 Ferguson I, Durfee A. Artificial Intelligence in Digital Libraries: Moving from Chaos to (More) Order[J]. *International Journal on Digital Libraries*, 1998, 2(1): 1-2.
 - 18 Chen H, Simth T, Larsgaard M L, et al. A Geographic Knowledge Representation System for Multimedia Geospatial Retrieval and Analysis [J]. *International Journal on Digital Libraries*, 1997, 1(2): 132-152.
 - 19 Hauptmann A, Witbrock C, Christel M. Artificial Intelligence Techniques in the Interface to a Digital Video Library[C]//CHI '97 *Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. New York: ACM, 1997: 2-3.
 - 20 Shum S B, Motta E, Domingue J. Representing Scholarly Claims in Internet Digital Libraries: A Knowledge Modelling Approach [C]// *European Conference on Research and Advanced Technology for Digital Libraries*. Springer-Verlag, 1999: 423-442.
 - 21 Garfield E. A Retrospective and Prospective View of Information Retrieval and Artificial Intelligence in the 21st Century[J]. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2001, 52(1): 18-21.
 - 22 Abbattista F, Bordoni L, Semeraro G. Artificial Intelligence for Cultural Heritage and Digital Libraries[J]. *Applied Artificial Intelligence*, 2003, 17(8-9): 681-686.
 - 23 Gentili G, Micarelli A, Sciarone F. Infoweb: An Adaptive Information Filtering System for the Cultural Heritage domain [J]. *Applied Artificial Intelligence*, 2003, 17(8-9): 715-744.
 - 24 Sembok T M. Character Strings to Natural Language Processing in Information Retrieval [C]// *International Conference on Asian Digital Libraries*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2003: 26-33.
 - 25 Medina M A, Sánchez A, Chávez A, et al. Designing ontological agents: An Alternative to Improve Information Retrieval in Federated Digital Libraries[C]// *International Atlantic Web Intelligence Conference*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2004: 155-163.
 - 26 Kraft D H, Pasi G, Bordogna G. Vagueness and Uncertainty in Information Retrieval: How Can Fuzzy Sets Help? [C]// *Proceedings of the 2006 International Workshop on Research Issues in Digital Libraries*. New York: ACM, 2006: 3.
 - 27 Boccignone G, Chianese A, Moscato V, et al. Context-sensitive Queries for Image Retrieval in Digital Libraries[J]. *Journal of Intelligent Information Systems*, 2008, 31(1): 53-84.
 - 28 Rubin V, Chen Y, Thorimbert L. Artificially Intelligent Conversational Agents in Libraries[J]. *Library Hi Tech*, 2010, 28(4): 496-522.
 - 29 Rah J, Gul S, Wani A, et al. University Libraries: Step towards a Web Based Knowledge Management System[J]. *VINE*, 2010, 40(1): 24-38.
 - 30 Conrad J. E-Discovery Revisited: The Need for Artificial Intelligence beyond Information Retrieval [J]. *Artificial Intelligence and Law*, 2010, 18(4): 321-345.
 - 31 Zucca J. Business Intelligence Infrastructure for Academic Libraries[J]. *Evidence Based Library and Information Practice*, 2013, 8(2): 172-182.
 - 32 Parikh R, Vasant A. Table of Content Detection Using Machine Learning[J]. *International Journal of Artificial Intelligence & Application*. 2013, 4(3): 13-21.
 - 33 Absalom R, Luczak-Rosch M, Hartmann D, et al. Crowd-Sourcing Fuzzy and Faceted Classification for Concept Search [EB/OL]. [2018-01-21]. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1406/1406.7749.pdf>.
 - 34 Pasche E, Gobeill J, Kreim O, et al. Development and tuning of an original search engine for patent libraries in medicinal chemistry[J]. *BMC bioinformatics*, 2014, 15(1): S15.
 - 35 Ballatore A, Wilson D, Bertolotto M. A Survey of Volunteered Open Geo-Knowledge Bases in the Semantic Web [M]// Pasi G, Bordogna G, Jain L. *Quality Issues in the Management of Web Information*. Intelligent Systems Reference Library, vol 50. Berlin, Heidelberg: Springer, 2013: 93-120. <https://arxiv.org/pdf/1401.2610.pdf>.
 - 36 Gahlawat M, Malik A, Bansal P. Natural Speech Synthesizer for Blind Persons Using Hybrid Approach [J]. *Procedia Computer Science*, 2014, 41: 83-88. https://ac.els-cdn.com/S1877050914015336/1-s2.0-S1877050914015336-main.pdf?_tid=e3684d33-931d-40bb-b225-2b288074056c&acdnat=1520751317_d4929b2ac1fe43d813973e4481865eb0.
 - 37 Verhodubs O. Towards the Ontology Web Search Engine [EB/OL]. [2018-01-25]. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1505/1505.00755.pdf>.
 - 38 Yao F, Zhang C Y, Chen W. Smart Talking Robot Xiaotu: Participatory Library Service Based on Artificial Intelligence [J]. *Library Hi Tech*, 2015, 33(2): 245-260.
 - 39 Obin N, Roebel A. Similarity Search of Acted Voices for Automatic Voice Casting [J]. *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, 2016, 24(9): 1642-1651.
 - 40 Koperwas J, Skonieczny K M, et al. Intelligent Information Processing for Building University Knowledge Base [J]. *Journal of Intelligent Information Systems*, 2017, 48(1): 141-163.

回顾与展望:人工智能在图书馆的应用

Retrospective Analysis and Prediction: Artificial Intelligence and Its Applications in Libraries

傅平 邹小筑 吴丹 叶志锋

- 41 Muralikumar J, Seelan S, Vijayakumar A, et al. A Statistical Approach for Modeling Inter-document Semantic Relationships in Digital Libraries[J]. *Journal of Intelligent Information Systems*, 2017, 48(3): 477-498.
- 42 Dominguez V, Messina P, Parra D, et al. Comparing Neural and Attractiveness-based Visual Features for Artwork Recommendation[EB/OL]. (2017-07-21) [2018-01-25]. <https://arxiv.org/pdf/1706.07515.pdf>.
- 43 Jansen T., Kuhn T. Extracting Core Claims from Scientific Articles[C]// Bosse T, Bredeweg B. *Postproceedings of the Benelux Conference on Artificial Intelligence (BNAIC) 2016*. Business Web and Media, Intelligent Information Systems, Network Institute, 2017: 32-46. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1707/1707.07678.pdf>.
- 44 Lettieri N, Altamura A, Malandrino D. The legal microscope: Experimenting with visual legal analytics[J]. *Information Visualization*, 2017, 16(4): 332-345.
- 45 Lagopoulos A, Tsumakas G, Papadopoulos G. Web Robot Detection in Academic Publishing[EB/OL]. (2017-11-14) [2018-01-25]. <https://arxiv.org/pdf/1711.05098.pdf>.
- 46 Agarwal S. Ranking Methods in Machine Learning [EB/OL]. [2018-01-24]. <http://www.shivani-agarwal.net/Events/SDM-10-Tutorial/sdm10-tutorial.pdf>.
- 47 Cassidy E, Jones G, Mcmain L, et al. Student Searching with EBSCO Discovery: A Usability Study[J]. *Journal of Electronic Resources Librarianship*, 2014, 26(1): 17-35.
- 48 Lee C. An Analysis of Web-scale Discovery Services From the Perspective of User's Relevance Judgment[J]. *The Journal of Academic Librarianship*, 2016, 42(5): 529-534.
- 49 Ex Libris. Primo Discovery: Search, Ranking, and Beyond[EB/OL]. [2018-01-23]. https://knowledge.exlibrisgroup.com/@api/deki/files/26778/Primo_Search_and_Ranking.pdf.
- 50 Schäfer U, Kiefer B, Spurk C, et al. The Searchbench - Combining Sentence-semantic, Full-text and Bibliographic Search in Digital Libraries[J]. *Liber Quarterly: The Journal of European Research Libraries*, 2013, 22(4): 285-309.
- 51 BÉnaud C, Bordeianu S. OCLCs WorldShare Management Services: A Brave New World for Catalogers[J]. *Cataloging & Classification Quarterly*, 2015, 3: 1-15.
- 52 郭军, 母轶. 人工智能技术在图书馆中的应用[J]. *现代情报*, 2002, 8: 80-82.
- 53 Haatainen K. An Overview of YBP/GOBI - A vendor Neutral Database for Books and eBooks [EB/OL]. [2018-01-23]. <http://www.stks.fi/wp-content/uploads/2015/05/EBSCO-YBP-GOBI-STKS-Seminar-hand-out-2015-English.pdf>.
- 54 Fu P, Fitzgerald M. A Comparative Analysis of the Effect of the Integrated Library System on Staffing Models in Academic Libraries [J]. *Information Technology and Libraries*. 2013, 32(3):47-58.
- 55 傅平. 新一代图书馆集成管理系统对美国图书馆联盟影响[J]. *数字图书馆论坛*, 2017, 152(2): 36-40.
- 56 Kushins J. Let BookBot Bring You Any of This Library's Two Million Titles[EB/OL]. [2018-01-24]. <https://gizmodo.com/let-bookbot-bring-you-any-of-this-librarys-two-million-1541444173>.
- 57 沈奎林, 邵波, 陈力军, 等. 基于超高频 RFID 的图书盘点机器人的设计和实现[J]. *图书馆学研究*, 2016 (7):24-28.
- 58 Choudhury S, Lorie M, Fitzpatrick E, et al. Comprehensive Access to Printed materials (CAPM)[EB/OL]. [2018-01-24]. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.29.3167&rep=rep1&type=pdf>.
- 59 Li R, Huang Z, Kurniawan E, et al. AuRoSS: an autonomous robotic shelf scanning system[C]// *Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2015 IEEE/RSJ International Conference on. IEEE, 2015: 6100-6105.
- 60,61,62 Mitra B, Craswell N. An Introduction to Neural Information Retrieval [EB/OL]. [2018-01-25]. <https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2017/06/fn-tir-neuralir-mitra.pdf>.
- 63 Quertle. Qinsight: Introduction and Demonstration [EB/OL]. [2018-01-25]. <http://quertle.com/qinsight-introduction-and-demonstration/>.
- 64 Nguyen M. How Artificial Intelligence & Machine Learning Produced Robots We Can Talk to [EB/OL]. [2018-01-24]. <http://www.businessinsider.com/what-is-chatbot-talking-ai-robot-chat-simulators-2017-10>.
- 65 How do Chatbots work? A Guide to the Chatbot Architecture [EB/OL]. [2018-01-24]. <https://www.marutitech.com/chatbots-work-guide-chatbot-architecture/>.
- 66 Shafagat M. Application Opportunities of Biometric Technology in Electron Libraries [J]. *Communications*, 2016, 4(2):8-11.
- 67 Dixon E. Biometric Access: Enabling patrons to log in and check out with a swipe of the finger[J/OL]. [2018-02-22]. <https://americanlibrariesmagazine.org/2015/05/26/biometric-access/>.
- 68 杭州电子科技大学图书馆. 图书馆可以刷脸入馆了 & 人像采集通知 [EB/OL]. (2018-01-10) [2018-01-24]. <http://www.lib.hdu.edu.cn/g.do?p=1060>.
- 69 Polak E. DEVCONNECT 2017: Dashboards and Artificial Intelligence in Libraries [EB/OL]. (2017-07-13) [2018-01-24]. <https://www.oclc.org/developer/news/2017/dashboards-ai-libraries.en.html>.

(收稿日期:2018-02-06)