

# 专家系统应用于自闭症儿童的研究述评

阳 泽 韩睿婷 王宝珠

(西南大学教育学部 重庆 400715)

**摘 要:**专家系统作为人工智能的研究领域之一,具有快速、易操作、无害且经济的特点,其在自闭症儿童中的应用已引发研究者的积极关注。从外文数据库搜索筛查获得18篇直接相关文献,已有研究主要从知识表征和获取、功能类型、评估检验、用户个性等方面展开,在反思已有研究进展与不足基础上,提出未来的专家系统在自闭症儿童中的应用研究应考虑技术集成化、功能多样化、系统大型化和设计人性化等要求。

**关键词:**专家系统;自闭症;应用研究;人工智能

**中图分类号:**G766

**文献标识码:**A

**文章编号:**2095-0438(2019)10-0046-07

## 一、引言

专家系统(Expert System)作为人工智能(Artificial Intelligence)研究领域之一,指通过模拟人类专家的思考推理过程,使用符号推理解决问题<sup>[1]</sup>的一种人工智能计算机程序。专家系统通常由人机接口(Interface)、知识库(Knowledge base)、推理机(Reasoning Machine)、解释器(Interpreter)、全局数据库(Global Database)等部分构成,知识库和推理机是最基本的模块<sup>[2]</sup>,知识库存储着专家经验、书本知识与常识性知识,推理机又称为推理引擎,负责控制、协调整个系统<sup>[3]</sup>。伴随计算机科学和人工智能的发展,专家系统已成功地运用到医学<sup>[4]</sup>、健康<sup>[5]</sup>等领域,其中专家系统在自闭症儿童教育和治疗中的应用受到研究者的积极关注<sup>[6]</sup>。

美国疾病控制中心(Centers for Disease Control and Prevention, CDC)发布的最新数据显示,自闭症谱系障碍(Autism Spectrum Disorder, ASD,以下简称自闭症儿童)的发

病率已上升到1/59<sup>[7]</sup>,世界其他国家自闭症障碍的发病率亦持续升高。研究显示,自闭症症状一般要在孩子12到18个月时才显现<sup>[8]</sup>,许多家庭因未能及时发现孩子症状而错过康复和发展关键期。当前自闭症的诊断难以依据个体的生物化学指标<sup>[9]</sup>,通常依赖于临床医生和专家的观察和经验,在诊断时容易受到主观干扰;此外自闭症的症状很容易和精神疾病症状混淆<sup>[10]</sup>,误诊时有发生。低效率的人工诊断和不够准确的诊断结果促使人们寻求辅助工具来支持临床实践。专家系统能够从过去的数据中学习并与最新数据进行比较从而提出适合当前问题的新的解决方法<sup>[11]</sup>,具有快速、易操作、无害且经济等特点<sup>[12]</sup>,有助于改善临床实践和治疗<sup>[13]</sup>,可有效用于自闭症的诊断和干预。目前,国外学者围绕专家系统在自闭症儿童中的应用研究已取得明显进展,国内学界尚缺乏此类研究。有鉴于此,笔者追踪国外专家系统在自闭症儿童中的研究进展,意在揭示专家系统应用于自闭症儿童研究的现状和不足,为推动我国自闭症专家系统研究提供借鉴和参考。

收稿日期:2019-04-12

作者简介:阳泽(1974-),男,四川仪陇人,西南大学教育学部副教授,博士,研究方向:特殊儿童心理发展与教育。

## 二、文献选取

以 autism / autistic、expert system / knowledge-based system 为关键词,检索 Springer、ProQuest、ACM、IEEE 等电子期刊外文数据库,检索时间范围不限,去掉重复文献,初步检索出相关英文文献 30 篇。为了使所选文献更符合主题,根据以下标准进一步筛选检索的文献:(1)直接以专家系统应用为主题;(2)在专家系统应用中直接或间接涉及到自闭症;(3)属于实证或综述类研究文献。最终筛选出直接相关文献 18 篇。所检索到的文献时间跨度从 1992 年到 2018 年,2010 年以后文献数量增长明显,截止 2016 年,出现了研究的小高峰。文献时间分布趋势图如图 1 所示。专家系统在自闭症儿童中的应用研究文献涉及专家系统的知识表征与获得、专家系统的功能、专家系统的评估检验和针对用户的专家系统四大主题,文献主题频次如图 2 所示。

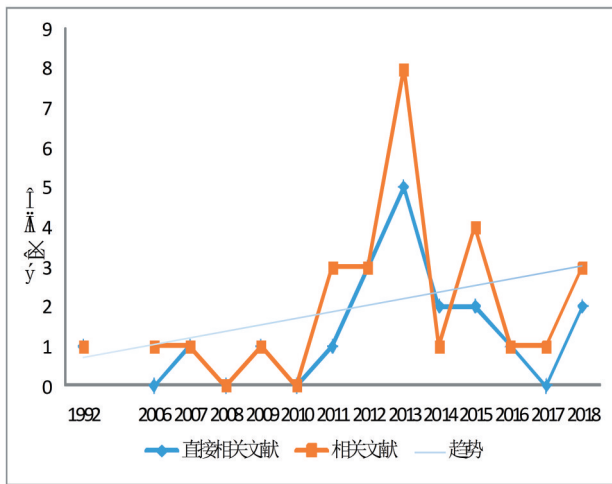


图 1 文献时间分布趋势图

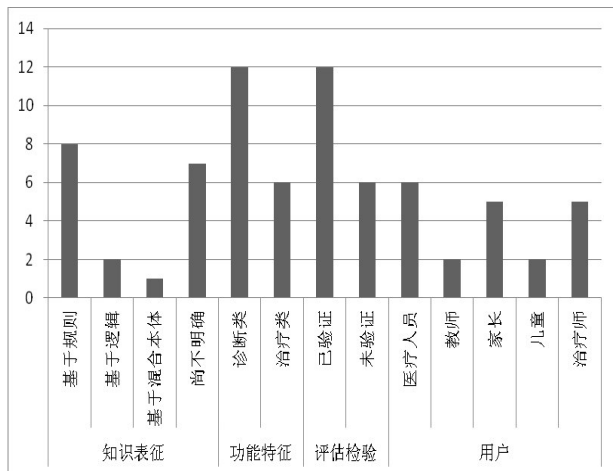


图 2 文献主题频次图

## 三、专家系统在自闭症儿童中的应用研究现状

(一)知识表征和获取视角的研究。人工智能问题的求解是以知识表征为基础<sup>[14]</sup>,知识表征是知识在计算机中的表示方法和表现形式<sup>[15]</sup>。常用的知识表征方法有谓词逻辑表征法、产生式表征法、框架表征法、语义网络表征法等<sup>[16]</sup>。根据知识表征方法可将目前应用于自闭症的专家系统归为基于规则的专家系统、基于逻辑的专家和基于本体混合型的专家系统三类。

产生式表征法最早由 post 在 1943 年提出<sup>[3]</sup>,它将知识表征为条件语句<sup>[17]</sup>,以 If...Then 的结构呈现。这种知识表征形式直观自然且能表示多类型知识<sup>[2]</sup>,因而目前大部分专家系统采用产生式表征法,即基于规则的专家系统。基于规则的专家系统尤其适合应用于医疗系统<sup>[14][18]</sup>,是最早应用在自闭症儿童中的专家系统,并以 Veeraraghavan 研究的知识筛查器 (Knowledge based Screener)<sup>[6]</sup>为代表。基于规则的专家系统通常由知识库 (Knowledge base)、推理引擎 (Reasoning engine)、数据库 (Database) 三个基本组件构成<sup>[18]</sup>。知识库作为专家系统中的关键部件,它包含事实性知识 (Factual Knowledge) 和启发性知识 (Heuristic Knowledge)<sup>[6]</sup>。事实性知识指某领域中广泛共有的知识<sup>[19]</sup>,例如源于 Qualifier and Choice 知识工程中的事实<sup>[20]</sup>,启发性知识指专业领域经验和具有启发意义的知识<sup>[19]</sup>,例如有关自闭症行为治疗和不同教学计划的知识<sup>[21]</sup>。推理引擎常使用前向链接 (Forward-chaining) (即推理过程从一组条件开始并向一些结论发展)<sup>[6]</sup>、后向链接或混合推理方法<sup>[21]</sup>形成推理链以操纵推理过程。由于人们常会使用一些模糊语言,比如很少、经常等,特别是当对自闭症儿童进行诊断时,常常需要处理这些不完整、不确定的词汇,产生式表征法可表示不确定性知识<sup>[2]</sup>,在此基础上有学者开始将模糊逻辑技术引入基于规则的专家系统中<sup>[22]</sup>。模糊逻辑 (Fuzzy Logic) 类似于人类的感受和推理过程<sup>[23]</sup>,更贴近日常生活,被认为是不确定推理,即从不确定性的初始证据出发,通过运用不确定的知识<sup>[24]</sup>最终推出具有更高确定性的判断。模糊逻辑知识表征的结构与一般的基于规则的专家系统稍有不同,由输入模块 (Input Module)、模糊化模块 (Fuzzify module)、决策模块 (Decision Module) 等组成<sup>[11][22][23]</sup>。此外,有学者借助成熟的专家系统外壳 (ES shell) 工具例如 JESS<sup>[21]</sup>、eXpertise2Go<sup>[25]</sup>来开发此类专家系统。

相比产生式表征法,使用谓词逻辑表征的专家系统较少。随着基于一阶谓词逻辑和归结原理的 PROLOG

(Programming in Logic)语言的推广<sup>[18]</sup>,基于谓词逻辑的专家系统开始多起来。谓词逻辑(Predicate Logic)表征法是指各种基于形式逻辑(Formal Logic)的知识表征方式,利用逻辑公式描述对象、性质、状况和关系<sup>[16]</sup>。谓词逻辑表征的各条知识相互独立<sup>[18]</sup>方便知识库的扩充;其严密的推理结构保证了经演绎推理所得出结论的精确性<sup>[2]</sup>。因而有学者关注到谓词逻辑表征法的优势,基于逻辑的专家系统也被应用在自闭症儿童中<sup>[26]</sup>。巴基斯坦自闭症儿童诊断专家系统(Pakistan Childhood Autism Diagnostic Expert System, PCADEX)根据自闭症的水平来确定回答问题的数目,每个问题有三个选项且都链接到下一个问题的所有选项,并使用统计技术(即排列和组合)定义了四条不同诊断路径<sup>[10]</sup>,从而得到四种不同诊断结果。儿童自闭症诊断专家系统则直接采用了发育量表(PEDS)和自闭症诊断工具(Childhood Autism Rating Scale, CARS)支持的诊断算法<sup>[26]</sup>作为推理过程的机制。PROLOG语言是涉及人类推理的最高级通用语言,强调任何给定问题的实体之间的逻辑关系<sup>[10]</sup>,因此适合开发基于逻辑的专家系统。在自闭症儿童中涉及到的基于逻辑的专家系统大部分使用PROLOG语言开发。

产生式规则和谓词逻辑虽是重要的知识表示方法,但难以表征复杂的知识结构。单一的知识表征方法总存在一定的局限从而无法满足智能化设计系统的需要<sup>[27]</sup>,因而混合的知识表征方法被引入到专家系统中,例如基于本体混合型的专家系统。本体是共享概念模型的形式化规范说明<sup>[28]</sup>,具有很强的表达概念语义和获取知识的能力<sup>[29]</sup>,有利于知识共享和重用。本体混合型知识表征法是指将几种单一知识表示方法按照本体原理组成的一种知识表征法,具有表示简洁、明确、推理性强等特点<sup>[27]</sup>。Venkatesan等学者开发的基于内容提取机制的语义电子学习系统则属于此类专家系统,它从自闭症领域知识和相关教学方法构建混合本体表征知识,使用语义Web规则语言(Semantic Web Rule Language, SWRL)创建规则,利用Pellet Reasoner进行推理<sup>[30]</sup>。由于基于本体混合型的专家系统可能技术不够成熟,鲜有相关研究推广使用这种方法。

专家系统的质量水平由知识库中知识的质量和数量决定<sup>[31]</sup>,而高质量知识需经过知识获取这一关键步骤。知识获取(Knowledge Acquisition)指的是把用于求解专门领域问题的知识从拥有这些知识的知识源中抽取出来<sup>[18]</sup>,即知识来源。在自闭症儿童中应用的专家系统的知识库的知识来源主要有五类:一是知识由该领域的专家和临床医生提供<sup>[23]</sup>;二是向家长或教

师发放问卷调查或者访谈<sup>[32]</sup>;三是直接根据自闭症儿童的症状等<sup>[20]</sup>,在医院收集患者资料<sup>[33][34]</sup>;四是文献回顾和权威科学出版物获取,如使用自闭症治疗评估清单(Autism Treatment Evaluation Checklist, ATEC)的在线表格<sup>[10]</sup>,对自闭症及相关文献进行回顾;五是从数据库中获得,从包含自闭症和非自闭症儿童记录的数据集中获取知识<sup>[35]</sup>。在实际的过程中,知识获取方式通常是结合使用的,以便获得更丰富的知识。

(二)功能特征视角的研究。目前应用于自闭症的专家系统主要体现出诊断和治疗两大功能。

准确的诊断结果是成功干预的前提,因此最早开发的自闭症专家系统是为了诊断婴儿自闭症和其他发育障碍<sup>[36]</sup>,由此自闭症的诊断类专家系统逐渐发展。诊断类专家系统的功能主要是对自闭症进行诊断和筛查。由于自闭症异质性较大,因此临床上的诊断标准未达成一致,不同区域和不同专家系统所依据的诊断标准也不统一。例如有专家系统仅根据自闭症的行为特性<sup>[10]</sup>来诊断,也有专家系统将临床症状和发育特征<sup>[26]</sup>均考虑在内,还有将最新发布的精神诊断和统计手册第五版(DSM-IV)中的社交沟通障碍和刻板行为<sup>[11]</sup>作为依据。自闭症的诊断型专家系统所提供的功能可进一步分为三种:第一种是提供直接的诊断或筛查功能,即判断儿童是否患有自闭症,最初的诊断型专家系统也仅提供这种简单功能。虽然印度的自闭症医学领域发展仍处于初期阶段,但其开发的知识筛查系统能够在早期识别出自闭症<sup>[6]</sup>,这样的辅助技术有助于医生诊断。伊朗的自闭症筛查专家系统(Autism Screening Expert System, ASES)主要是用于对2至6岁儿童的早期筛查<sup>[32]</sup>,以便尽早对自闭症儿童进行康复治疗。这类诊断型专家系统能够处理与自闭症诊断和分析的不确定性<sup>[8]</sup>,辅助传统医学诊断。尽管已有多种技术来预测自闭症,但仍缺乏确定自闭症儿童严重程度的研究和系统<sup>[22]</sup>。为了保证有针对性的治疗,因此诊断类专家系统出现了第二种功能,即诊断并且分类。专家系统不仅判断儿童是否患有自闭症,还给出具体的诊断结果如所患自闭症的严重程度和具体类型。巴基斯坦自闭症儿童诊断专家系统根据得分判断是否为自闭症并将其分为边缘、轻度或重度三个级别<sup>[10]</sup>。马来西亚的模糊专家系统则将自闭症分为1级(轻度)、2级(中度)和3级(重度)<sup>[11]</sup>。自闭症的咨询专家系统(Autism Advisory Expert System)则可以诊断出低、中、高水平的自闭症,阿斯伯格(Asperger's Disorder)和儿童分裂症五种类型(Child Disintegrative Disorder, CDD)<sup>[25]</sup>。随着研究的深入,细节完善成为诊断类专家系统改进的方向,由此第三种



功能更注重的是快速诊断并分类且易于使用。2018年新提出的分层模糊专家系统(Fast and Accurate Diagnosis of Autism, FADA)提供简单操作界面,能快速准确地诊断出自闭症及严重程度,还清楚地显示出高度受损区域<sup>[23]</sup>,例如自闭症儿童在社交关系上是轻度损伤的。此外,在一部分诊断类专家系统中还给出了详细解释和治疗建议等。

随着专家系统应用技术的成熟,研究者的视野不再局限于自闭症诊断领域,他们尝试扩大专家系统应用范围,积极研发治疗类的专家系统。自闭症的治疗类专家系统主要提供教育与服务支持的功能,可进一步划分为两种:第一种是从多方面围绕自闭症儿童学习的发展提供服务,通常为单独运作的专家系统。针对自闭症患者对面部表情的认知存在的各种困难,面部表情专家系统(Face-Expression Expert Program, FEPP)通过在面部表情(Facial Expression)、情感-词(Emotion-word)、描述性句子(Descriptive Sentence)和情绪韵律(Prosody of Emotion)建立等效关系来使自闭症患者形成面部表情的概念<sup>[37]</sup>,有助于自闭症患者面部表情发展。印度的一款电子学习系统能根据自闭症儿童的实际水平来提供相应的教学内容,目前主要是植入AARAMBH教学课程为3-6岁儿童提供适当的学习内容<sup>[30]</sup>来满足他们的个性需求。该工具具有扩展性,支持应用行为分析(Applied Behavioral Analysis, ABA)等方法。专家系统也能够对自闭症的学生进行能力测试<sup>[38]</sup>,方便教师调整教学方法和内容。第二种是将专家系统作为子系统或核心技术构建大型综合系统为自闭症治疗提供支持。专家系统作为自闭症儿童行为治疗支持系统的重要部分储存着大量行为治疗和教学方法,其作用是根据儿童学习成效给予治疗师干预建议<sup>[21]</sup>。知识自动化专家引擎(Knowledge Automation Expert Engine)协助智能移动工具来跟踪治疗和识别治疗模式,同时根据每个孩子的具体情况提供最佳后续指导<sup>[39]</sup>,有助于治疗团队间的沟通合作并及时调整康复方案。总体来看,相比诊断类专家系统,治疗类专家系统的数量还较少。

(三)评估检验视角的研究。专家系统只有经过验证后达到一定的标准,才能投入到实际中使用。从评估检验这个角度来看,专家系统可划分为两类。

一是专家系统经过了验证或者已投入使用,能够表现出一定效果,或者评估结果理想。评估检验又分为两类情况,第一种情况是专家系统的评估结果是通过实验支持获得的。有研究将正常儿童和自闭症儿童分组纳入到测试中,并将专家系统测试结果与临床专家的诊断结果、自闭症评定量表对

比后具有高度一致性。伊朗的自闭症筛查专家系统(Autism Screening Expert System, ASES)在鉴别自闭症和正常儿童时分别达到了92.4%和93.1%的准确度<sup>[32]</sup>,印度的分层模糊专家系统(Fast and Accurate Diagnosis of Autism, FADA)则达到了99%的准确率,98.2%的灵敏度(指检测实际病例的能力),99.2%的特异性(将正常儿童视为非自闭症的能力)<sup>[23]</sup>。还有研究仅将自闭症儿童的数据纳入测试中来评估专家系统检测的准确性。结果显示专家系统基本都达到了90%以上的准确度<sup>[33][35]</sup>。总体而言,在实验评估下的专家系统整体表现良好,但仍然有专家系统的结果与临床心理学家的临床结果相比,只超过60%的人表现出相似的结果<sup>[11]</sup>。这种评估检验的方法只是将数据输入到专家系统中进行测试,在真实情景中表现如何有待商榷。第二种情况是将开发的专家系统交由专业人员和潜在用户评估,通过应用反馈诊断效果。有研究邀请12名儿科医院护士使用专家系统并采用半结构化访谈形式讨论了其易用性、有用性和诊断价值,大多数人认为专家系统是可协助临床实践的潜在诊断工具<sup>[26]</sup>。阿曼苏丹国的自闭症的咨询专家系统由25位自闭症专家和潜在用户进行评估,认为其具有易用性、灵活性、节省时间和金钱等优点,同时也有人担忧系统不准确或有时无法正常运行<sup>[25]</sup>。第二种评估检验方法弥补了第一种方法的不足,通过人机交互更能够反映出在真实情景中使用专家系统的益处和潜在问题。在未来两种方法结合起来可能更有助于专家系统获得大众的认可。

二是专家系统未提供详细的评估信息或尚未进行验证。巴基斯坦的自闭症诊断自动化系统虽已成功实现,但需要进一步在真实的对象中进行测试和验证<sup>[10]</sup>。印度的电子学习系统虽已完成,但只指出了该系统准备在印度的10所学校进行测试和评估<sup>[30]</sup>,但具体的评估的结果尚未说明。没有提供评估方面的数据,可能与系统的影响不明显或者系统还不够成熟等原因有关。评估结果作为验证专家系统可用性的重要指标,应当经过严格地测试和试用合格才可推广使用。这也是未来使用某个专家系统的重要依据。因此要使用这些专家系统,则需要围绕它做一些实验验证或者通过其他方式来提供一个效果反馈,必须给出一个明确的结论证明系统的可用性。

(四)用户个性视角的研究。从现有研究来看,学者们所提出的专家系统的使用对象分布较广泛,涵盖了临床医生、护士、家长、儿童、教师、治疗师等。但大部分使用对象是医疗人员、治疗师、家长,提供给教师、儿童用户使用的较少。

医疗人员用户主要包括医生和护士,目前绝大部分诊断型专家系统都是提供给临床医生作为辅助工具使用<sup>[10][23][34]</sup>,以提高诊断准确率。同样为了完善患病儿童的医疗保健服务,尽可能扩大早期筛查的范围,专家系统被设计为具有足够简单的学习曲线,可被任何医疗人员使用<sup>[26]</sup>,方便护士随时使用。

针对教师用户主要是围绕辅助教师开展教学活动而设计。专家系统可用于弥补传统分类方法的缺陷,辅助特殊学校教师尤其是新教师对孩子的障碍类型进行分类<sup>[20]</sup>,协助教师对自闭症儿童进行能力测试<sup>[38]</sup>,以提供合适的教学方法和内容。

针对家长用户专家系统主要集中在提供咨询服务和提供支持两方面。当家长怀疑自己的孩子存在发育迟缓等问题时,可预先使用专家系统去医院就诊前进行一个初步的诊断<sup>[25]</sup>,起到心理缓冲作用或者排除患病可能性。同时专家系统也能够给予家长一些建议和指导,甚至能够提供适当的家庭干预<sup>[6]</sup>。

学生用户专家系统主要从教学方面来影响学生,目前侧重两个方面的服务:一是针对自闭症儿童某一具体的缺陷领域而开发改善相应能力的专家系统,如面部表情专家程序来提升自闭症儿童面部表情认知能力的发展<sup>[37]</sup>;二是根据自闭症儿童的学习情况,提供个性化的学习环境<sup>[30]</sup>,满足不同学生不同水平的学习需要。

针对治疗师用户的专家系统主要从辅助的角度考虑设计,专家系统能够帮助管理治疗数据,使用系统评估替代手工评估<sup>[11]</sup>,及时制定新的治疗方案。对于治疗师自身而言,专家系统也可以通过在线交流来增强治疗师的实时训练<sup>[39]</sup>,提高业务水平和质量。

#### 四、反思与展望

基于以上研究文献,可见关于专家系统的研究进展表现在三个方面。从内容上分析,专家系统应用于自闭症儿童的研究主要体现在:一是利用专家系统对自闭症进行诊断,大部分研究显示利用专家系统能筛查、诊断出自闭症儿童及严重程度,且普遍达到了良好的准确度;二是利用专家系统来帮助自闭症儿童在多方面得到发展,一部分研究是通过专家系统提供个性化的学习内容,以发展自闭症儿童的情感、学习,另一部分研究将专家系统融入大型系统中辅助治疗。从时间脉络上分析,一是专家系统最早应用在自闭症诊断方面,相比之下治疗类专家系统的研究起步较晚。随着时间推

移,诊断类专家系统的功能不断得到细化,具体表现为诊断结果越来越具体,治疗类专家系统仍处于初期阶段;二是不断有学者利用新的技术来促进专家系统的发展。从数量上分析,近年来该领域的研究数量呈现上涨的趋势,并且在2013年数量较多。总体而言,专家系统在自闭症儿童的研究主要集中在诊断方面,而在自闭症的治疗和教育方面应用的较少,基本属于应用型研究。

根据现有研究的不足并结合专家系统的发展趋势,专家系统在自闭症儿童应用中的研究将朝着四个方向演进。

(一)技术集成化。目前专家系统知识库不具备明显代表性难以推广使用,并且知识获取方式仍然以人工收集和输入为主,不仅影响效率还无法获得充足信息。因此在知识获取方面需引进其他先进技术(例如数据库技术)进行模型、方法、技术集成化<sup>[14]</sup>来实现知识的自动获取<sup>[2]</sup>。从人工智能发展的大背景下可以预测,传统的专家系统与面向对象、神经网络以及模糊技术等新技术相融合,将是专家系统发展的总趋势<sup>[14]</sup>。例如将机器学习算法应用到专家系统<sup>[40]</sup>,使得诊断结果更加精准。将专家系统嵌入到社交机器人中<sup>[11]</sup>来改善自闭症儿童的社会性发展。

(二)功能多样化。现有研究多围绕自闭症的诊断展开,在教学、干预、治疗等方面比较薄弱。从使用对象来看,供给学生和治疗师使用的专家系统太少。因此今后应重点关注治疗类专家系统的研发。目前专家系统的功能比较单一,未来的专家系统应具备扩展属性并增加功能模块,例如诊断型专家系统可以纳入更多的障碍类型<sup>[20][25]</sup>,涵盖更多的特殊对象;增加其他模块<sup>[20]</sup>,提供更多的有关治疗、营养和锻炼的建议<sup>[25]</sup>,甚至可以提供家庭干预。总之,未来的专家系统不再只是提供某一方面的功能,而是集多重功能为一体。

(三)系统大型化。从单学科、单功能、专门性的小型专家系统向多学科、多功能、综合性的大型知识系统发展<sup>[14]</sup>是专家系统未来发展的另外一个趋势。传统的特殊教育是将诊断、治疗等过程割裂开的,实际上这些过程是相辅相成的,在治疗的过程中随时需要对自闭症儿童进行评估,而大型的综合专家系统能将所有的过程融合在一起,包括数据收集与分析、生成结果、评估、提供服务等一系列操作。

(四)设计人性化。专家系统始终是机器,而人类是复杂的,尤其是面对异质性较大的自闭症时专家系统的局限就在于无法完全替代人类,比如诊断型专家系统仍然需要人类专家面对面的诊断<sup>[25]</sup>。为了尽可能地利用好专家系统,在设计上就要讲究人性化,辅助人类高效工作。专家系统应根据不



同对象考虑其效用和用户体验。当使用者为临床医生和专业技术人员时,应保证系统具有专业水准和严谨性。当使用者为家长时,系统具有易用性。当使用者为学生时,则要充分考虑到自闭症儿童的年龄、障碍等差异以满足不同需求,系统设计要具有吸引力<sup>[20]</sup>,应根据自闭症儿童的特点设计,能够引起自闭症儿童的注意和兴趣。随着科技的发展,人们越来越多地使用便携式设备,从现有研究看多数专家系统是基于电脑平台的,因此专家系统也应当能提供安装到便携式设备例如手机的版本<sup>[41]</sup>。从这个角度来看,专家系统应当具有移植性。此外,专家系统应具备实时互动性,能够提供共享功能以协助家长与专业人员及时交流,共同帮助特殊儿童。

随着科技的发展,专家系统必将成为人类的左膀右臂,更好地辅助人类工作,特别是在康复领域具有深远的应用前景。从已有研究来看,专家系统应用于自闭症的筛查与诊断方面,并且也取得了一定成效,推动了自闭症的医学诊断和治疗。但就目前而言,我国在这方面无论是基础研究或是应用研究都很薄弱,迫切需要更多的研究者投入探究,尤其是人工智能技术和特殊教育诊断干预两方面。我国自闭症的诊断和治疗还很不方便,为了给更多的自闭症儿童提供优质服务,需进一步完善特殊教育诊断干预的研究;同时随着教育信息化的大力推进,应结合特殊教育研究进一步深入挖掘人工智能辅助技术。总之,用于自闭症的专家系统具有重复操作与客观评估等特点,有利于克服人工误差与人工疲劳等缺陷,在我国目前特殊教育人才资源紧缺的背景下具有重大意义和价值。笔者认为,为了将自闭症的专家系统研究在我国推广开来,可从以下几方面努力:其一是与国外合作研究。借鉴国外已有的先进经验,并保持学术交流,进而积极开展合作研究。其二是加强本土化研究。知识库与推理机制应根据我国自闭症的人口特征特点定制,以建构本土化知识库以及推理特色。其三是强化推广与应用。国家应做好宣传工作,并大力推广已证明有效的研究成果至医疗单位、学校等使用,特殊教育变得智能化。其四是追踪前沿动态。持续关注并获取最新技术,将其融入到现有的专家系统,及时对产品更新换代。

#### 参考文献:

[1]Negnevitsky M. Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems[J]. Information & Computing Sciences, 2002, 48(48):284-300.

[2]尹朝庆,尹皓.人工智能与专家系统[M].北京:中国水

利水电出版社,2002:137-138.

[3]冯培恩,刘谨.专家系统[M].北京:机械工业出版社,1993:6-7.

[4]马逸,陈斌.专家系统在医学上的研究现状及进展[J].中国医疗设备,2008,23(6):42-44.

[5] Armas S, Warkentin M, Armas O. Expert Systems in Laboratory Medicine and Pathology[J]. Artificial Intelligence in Medicine,1989,1(2):79-85.

[6] Veeraraghavan S, Srinivasan K. Exploration of Autism Using Expert Systems[J]. International Conference on Information Technology. IEEE, 2007:261-264.

[7] Centers for Disease Control and Prevention. New Data on Autism[EB/OL]. <https://www.cdc.gov/ncbddd/autism/data.html>, 2018-08-21.

[8] Obi J C, Imianvan A A. Intelligent neuro fuzzy expert system for autism recognition[J]. International Journal of Natural and Applied Sciences,2011,7(3):312-319.

[9]凡帅,徐胜.自闭症谱系障碍诊断标准:演变、影响与展望[J].中国特殊教育,2015(2):40-45.

[10] Sajjad S, Qamar H, Tariq K, et al. Development of a Diagnostic Expert System for Autism Disorder-PCADEx[C]// Proceedings of the 2011 International Conference on Artificial Intelligence. Las Vegas, Nevada, USA: International Conference on Artificial Intelligence,2015:934-938.

[11] Isa N R M, Yusoff M, Khalid N E, et al. Autism severity level detection using fuzzy expert system[C]//2014 IEEE International Symposium on Robotics and Manufacturing Automation(ROMA). IEEE, 2015:218-223.

[12] Turkoglu I, Arslan A, Ilkay E. An expert system for diagnosis of the heart valve diseases[J]. Expert Systems with Applications, 2002, 23(3):229-236.

[13] Prasad B, Finkestein S, hertz M. An Expert system for the Diagnosis and Therapy in Lung Transplantation[J]. ComputBiol Medicine.1996, 26(6):477-488

[14]敖志刚.人工智能与专家系统导论[M].合肥:中国科技大学出版社,2002:31-170.

[15]王湘云.一阶谓词逻辑在人工智能知识表示中的应用[J].重庆理工大学学报(社会科学),2007,21(9):69-71.

[16]徐宝祥,叶培华.知识表示的方法研究[J].情报科学,2007,25(5):690-694.

[17] Bruce G. Buchanan, Richard O. Duda, 陈屹, 等. 基于规则的专家系统原理[J]. 计算机科学, 1986(3):25-39.

[18] 武波, 马玉祥. 专家系统(第2版)[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2001:27-49.

[19] 陶力源. 专家系统及其在教育中的应用研究[C]// 中国人工智能学会计算机辅助教育专业委员会第十三届学术年会论文集. 沈阳: 中国人工智能学会, 2008:109-111.

[20] Yusoff N M, Wahab M H A, Aziz M A, et al. ESSE: Learning Disability Classification System for Autism and Dyslexia [J]. Lecture Notes in Computer Science, 2009, 5614:395-402.

[21] Kołodziejczyk J, Adamus E. A system for behavioral therapy support for autistic children[J]. Przegląd Elektrotechniczny, 2012, 88(10b):276-279.

[22] Pratap A, Kanimozhiselvi C S, Pramod K V, et al. Functional fuzzy based autism assessment support system[J]. International Journal of Engineering & Technology, 2014, 6(5): 2105-2114.

[23] Sharma A, Khosla A, Khosla M, et al. Fast and Accurate Diagnosis of Autism (FADA): a novel hierarchical fuzzy system based autism detection tool[J]. Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine, 2018:1-16.

[24] 侯秀萍, 袁秀丽, 姜卓, 等. 模糊逻辑技术在医学诊断中的应用研究[J]. 计算机技术与发展, 2005, 15(5):94-96.

[25] A Al-Wahaibi, M Al-Hajry, Z Al-Bahrani, et al. The Development and Acceptance of Autism Advisory Expert System [J]. International Journal of Computing & Information Sciences, 2016, 12(2):179-188.

[26] Lialiou P, Zikos D, Mantas J. Development and evaluation of an expert system for the diagnosis of child autism[J]. Studies in Health Technology & Informatics, 2012, 180(1):1185.

[27] 李丽英, 刘德仿, 周临震, 等. 本体混合型知识表示在组合机床夹具设计系统中的应用[J]. 机械设计, 2011, 28(4):89-92.

[28] International Technology Roadmap for Semiconductors. 2005 Edition[DB/OL]. <http://public.itrs.net>, 2005/2018-08-21.

[29] 李玉华, 刘涛. 基于混合本体方法的集成算法研究[J]. 计算机工程与科学, 2007, 29(7):71-73.

[30] Venkatesan K, Nelaturu S, Vullamparthi A J, et al. Hybrid ontology based e - Learning expert system for children with Autism[J]. Information and Communication Technology. IEEE, 2013:93-98.

[31] 林雪芬. 专家系统及其应用[J]. 中小学信息技术教育, 2003(10):21-23.

[32] Shokoohi-yekta M, Mahmoudi M, Bonab B G, et al. Developing Autism Screening Expert System (ASES) [J]. AWE RProcedia Information Technology & Computer Science. 2013 (4):1063-1068.

[33] Coronato A, De Pietro G, Paragliola G. A situation-aware system for the detection of motion disorders of patients with Autism Spectrum Disorders[J]. Expert Systems with Applications, 2014, 41(17):7868-7877.

[34] Kacem SBH, Borgi A, Othman S. A Diagnosis Aid System of Autism in A Multi-Valued Framework[J]. Conference on Uncertainty Modelling in Knowledge Engineering and Decision Making. 2016:405-410.

[35] N A Noori. Expert System for Testing the Autism Spectrum Disorder[J / OL]. <http://cs.ait.ac.th/xmlui/handle/123456789/894>. 2018-08-21.

[36] Adarraga P, Zaccagnini J L. DAI: A knowledge-based system for diagnosing autism: A case study on the application of artificial intelligence to psychology[J]. European Journal of Psychological Assessment, 1992:25-46.

[37] S Matsuda, J Yamamoto. Face-Expression Expert System: a New Teaching Program Using Equivalent Relations for Children with Autism Spectrum Disorder[J / OL]. <http://imfar.confex.com>, 2011-05-12/2018-08-21.

[38] B Suryanto. Expert Systems Competency Test For Student With Special Needs Autism Using Single Linkage Method [J/OL]. [http://stta.name/fileta/abstrakTA/08030013\\_ABSTRAK.pdf](http://stta.name/fileta/abstrakTA/08030013_ABSTRAK.pdf), 2013/2018-08-21.

[39] Ellertson A. Work in progress: Using smart mobile tools to enhance autism therapy for children[J]. IEEE Frontiers in Education Conference. IEEE Computer Society, 2012:1-2.

[40] Prasad B, Prasad P E S N K, Sagar Y. An Approach to Develop Expert Systems in Medical Diagnosis Using Machine Learning Algorithms (Asthma) and A Performance Study[J]. International Journal on Soft Computing, 2011, 2(1):26-33.

[41] Lee Hua, Leong. Development of rule-based mobile diagnostic system. Bachelor thesis[D]. Faculty of Cognitive Sciences and Human Development University Malaysia Sarawak, 2015.

[责任编辑 郑丽娟]