

# 儿童运动技能障碍诊断型专家系统的设计

徐影<sup>1</sup> 李怀龙<sup>1</sup> 王海涛<sup>2</sup>

(1. 淮北师范大学教育学院, 安徽淮北 235000; 2. 淮北师范大学 体育学院 安徽淮北 235000)

**摘要:** 文章以儿童运动技能障碍为例, 分析了诊断型专家系统中数据的主观性、不确定性和时效性等特点, 在此基础上详细阐述了规则可信度的计算及症状的模糊评判, 并对包括知识(数据)库、证据库、推理机和人机接口在内的儿童运动技能障碍诊断专家系统进行了设计与开发。该文对诊断型专家系统的研究及儿童运动技能障碍的诊断与干预均具有重要意义。

**关键词:** 诊断型专家系统; 儿童运动技能障碍; 可信度; 模糊评判; 系统开发

**中图分类号:** G40-057

**文献标识码:** A

## 引言

儿童对外界事物的认识及儿童智慧的发展, 都与儿童的动作活动发展分不开。研究资料表明, 在 5~11 岁儿童中运动技能障碍发生的比例约为 5~6%<sup>[1]</sup>。运动技能障碍不仅会影响儿童的学习效果, 而且会影响到障碍儿童的日常生活, 因此对儿童运动技能障碍进行及早诊断与干预具有重要意义。

儿童运动技能障碍发生的原因涉及生理、心理及环境等多方面的因素, 与其他类型的障碍存在较高的并发率, 其症状表现也多种多样<sup>[2]</sup>。因此, 目前国内外对于儿童运动技能障碍的诊断主要由专门机构中的专业人员进行, 专业性非常强。但在教育活动中, 一个儿童存在运动技能障碍与否, 或者存在哪种亚类的障碍, 都需要教师进行诊断。鉴于目前教师普遍缺乏关于儿童运动技能障碍诊断方面的专业知识, 因而有必要开发一款基于儿童运动技能障碍的诊断型专家系统, 帮助一线教师在教育教学实践中对儿童做出恰当的诊断。本研究将以人工智能原理与技术为基础, 设计开发一款儿童运动技能诊断专家系统, 以解决上述问题。

## 一 诊断型专家系统中数据的特点

运动技能障碍 (Motor Skill Disorder) 也被称为发育性运动协调障碍 (Developmental Coordination Disorder, DCD<sup>[3]</sup>), 常被用来指动作方面有困难、不协调的意思, 人们通常从其特征和症状来进行描述<sup>[4][5]</sup>。这与诊断型专家系统的原理与特点非常契合。通过对诊断型专家系统及儿童运动技能障碍的研究, 发现诊断型专家系统中相关诊断数据具有如下的特点。

首先, 诊断型专家系统的诊断数据具有一定的主观性。在诊断型专家系统中, 诊断规则的可信度和证据的可信度往往可由领域专家凭经验主观判断, 直接给出可信度 (CF) 的值, 具有较大的主观性。由于诊断专家的主观性和判断对象的复杂性, 专家往往难以将同一准则下多个元素的相对重要程度判断精确。因此, 主观可信度与专家的名望、地位、所属专业、对决策问题的熟悉程度等有关。

其次, 诊断型专家系统的诊断数据具有不确定性。儿童运动技能障碍诊断知识带有的模糊性、不确定性等特点, 这些在诊断专家系统中表现为与诊断有关的证据 (事实性知识) 和推理规则都是不确定的。这一不确定性首先来源于专家经验的不确定性。在专家经验中, 得到结论所做的观察很难用真 (T) 或假 (F) 由来判断。通常情况下, 每个观测都附有一个可

信度等级,如专家判断一个儿童表现出“不能把积木一块块地往上搭,越搭越好并保持不倒”这一症状的可信度为 75%。这样一来,专家系统的诊断知识就表现为既不能完全被确定为真,又不能完全被确定为假的不确定性,因而人们只能对其为真的可能做出某种估计而引发不确定性。

同时,数据来源的多样性也导致了数据的不确定性。导致运动技能障碍的原因是多种多样的、不确切的,包括遗传因素、孕期和围产期因素)和环境条件等诸多方面,不能单纯归因于智力发育迟滞或任何特定的先天和后天神经系统障碍。

第三,诊断型专家系统的诊断数据具有时效性。诊断专家系统中诊断知识的时效性来自于专家知识的不完备性。由于诊断型专家系统中的诊断知识来自于专家们在长期实践中不断积累的经验总结,需要大量临床实践经验的积累,而这些经验总是不完备的,是需要不断更新和补充的。同时,儿童运动技能障碍也不断出现种种新的症状。因此在诊断专家系统中,相关数据库必须不断进行数据的更新。

## 二 诊断型专家系统中知识可信度的获取

对诊断型专家系统而言,知识表示实际上就是对知识的一种描述或约定。其本质就是采用某种技术模式,把所要求解问题的相关知识,映射为一种便于找到该问题解的数据结构。通常,在诊断型诊断专家系统中,采用知识的产生式规则进行表示,其形成包括以下几个步骤。首先分析辨别儿童运动技能障碍诊断问题的实质,将问题转化为一系列知识;其次,对知识中所包含的关键概念及其关系进行概括;再次,应用专家系统中的知识表示方法将概念表达为某种数据结构形式。这样儿童运动技能障碍诊断中所用到的领域知识即表达为一系列规则。在此过程中,诊断型专家系统所使用的诊断知识的可信度(Certainty Factor)往往由领域专家根据已有的经验给出,具有较大的主观性。

可信度(CF)是由美国的 E. H. Shortliffe 等人结合概率论提出的一种推理方法,其中 E 表示知识的前提或证据, H 表示结论, CF 则为度量知识规则不确定性的程度。在任一条知识中, CF 表示了人们根据经验对某现象为真的相信程度<sup>[6][7]</sup>(如公式 1)。

$$IF \ E \quad THEN \ H \quad (CF(H, E)) \quad (公式 1)$$

为了减小 CF 的主观性,使规则更加精确和客观,在儿童运动技能障碍诊断型专家系统中,我们使用儿童运动技能诊断量表为工具,进行了大量的实证研究并计算出了每一条规则的可信度。其计算过程如下。

在使用量表进行大量调查所得的数据中,可以获取儿童运动技能障碍分发病率  $P(H)$ 、患儿中表现出某种症状  $E_i$  的条件概率  $P(E_i/H)$  以及症状  $E_i$  的表现概率,根据条件概率的公式 2,可得出  $H$ 、 $E_i$  的联合概率  $P(E_iH)$ ,如公式 3 所示。

$$P(A/B) = P(AB)/P(B) \quad (公式 2)$$

$$P(E_iH) = P(E_i/H) \cdot P(H) \quad (公式 3)$$

由此可得,在任一知识规则中,可信度 CF 的值均可由公式 4 给出。由此推理得出的可信度 CF 值,与直接由领域专家根据主观经验给出规则的可信度相比,在一定程度上减小了诊断过程中的主观性。

$$CF_i = \frac{P(E_i/H) \cdot P(H)}{P(E_i)} \quad (公式 4)$$

## 三 模糊评判的精确化表示

所谓模糊概念是没有明确的外延的，在论域上存在一些对现象既不完全属于、又不完全不属于的外延。在儿童运动技能障碍诊断专家系统中，由于被诊断对象常常表现出一定程度的不确定性，专家对儿童所表现症状的判断分为“从不、很少、有时、经常、总是”5个等级，这样的评价及描述是模糊的、不确定的。所以，本系统利用模糊数学中隶属度函数的思想，确定证据的可信度  $CF(E_i)$ 。研究选择了儿童运动技能障碍领域的专家，让其按照自己的理解，对从不、很少、有时、经常、总是5个频率等级的范围依概率大小作出评判（如图1）所示。

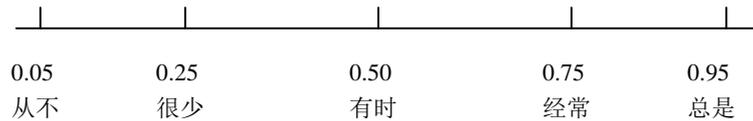


图1 模糊评判的精确化

对于“从不”的理解，最大值与最小值为0.00~0.10，平均后取值0.05作为“从不”这一模糊概念的精确化数值。同理，“很少”“有时”“经常”“总是”的模糊化含义即可以0.25、0.50、0.75、0.95等精确化数值加以表示。

#### 四 儿童运动技能诊断型专家系统的设计与开发

基于儿童运动技能障碍的诊断型专家系统主要由知识库、证据库、推理机和用户界面4个组成部分<sup>[8][9]</sup>。

##### 1 知识库

知识库是诊断型专家系统的知识存储器，也称为智能数据库或规则库，用来存放求解问题的领域知识，通常采用产生式规则（Production Rule）加以表示<sup>[10]</sup>。产生式规则表示方法模仿了人类的思考过程，具有广泛的知识表示能力，可以方便的描述确定性的或不确定性的事实和规则。对于一条不确定性知识，任一个事实均可用（对象，属性，值，可信度因子）四元组构成的规则来表示，这些规则序列构成了系统的知识库，是领域专家的经验，使系统能够真正具有分析问题、解决问题的能力。

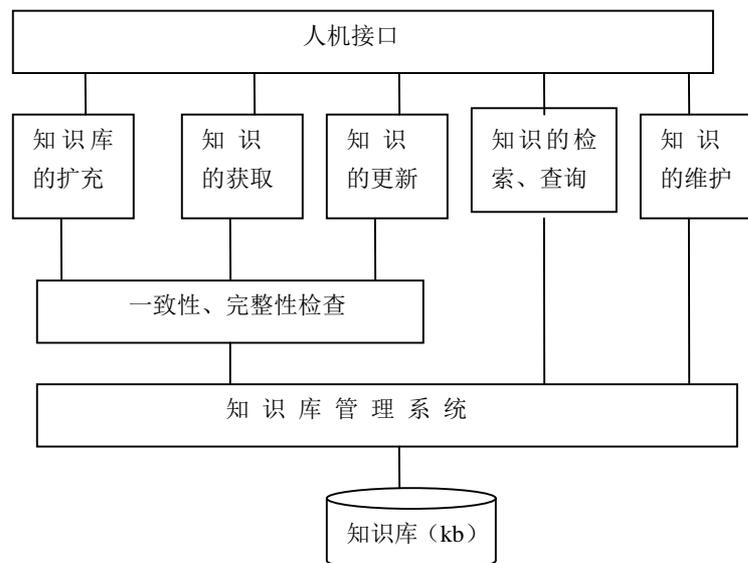


图2 知识库系统结构图

在基于运动技能障碍的诊断型专家系统中,知识库内共存放了儿童运动技能障碍诊断所需的所有数据,在知识库中表示为 75 条产生式规则,依据公式 1,它们分别是:

IF 在画图、填色时常出界 THEN 患有运动技能障碍 0.11

IF 写字常犯错,如漏写笔画、字体结构不匀称,常写出界 THEN 患有运动技能障碍 0.31

IF 动作非常笨拙,不协调,难以掌握体育课学习的运动技巧 THEN 患有运动技能障碍 0.38

IF 打球接球或踢球有困难 THEN 患有运动技能障碍 0.21

IF  $E_i$  THEN 患有运动技能障碍  $CF_i \quad i=1, 2, 3 \dots 75$

## 2 证据库

在医疗诊断中也存在许多事实性知识,如病人的症状就是一种基于事实性的表述,属于事实性知识。产生式表示法适合于表达具有因果关系的过程性知识,但对具有结构关系的事实性知识却无能为力;而在医疗诊断专家系统中,框架表示法虽不能根据检查的数据去推断诊断的结论,却可以很直观自然的表示事实性知识。在本系统中,儿童运动技能障碍可分为手指灵活度等 5 种。以手指灵活度障碍为例,其证据库用来存放儿童的相关表现症状,采用框架法进行表示如下表 1。

表 1 儿童运动技能诊断系统中证据的框架表示法

框架名	槽(症状表现)	值(表现频率)
儿童运动技能障碍之协调性	在画图、填色时常出界	0.50(有时)
	写字常犯错,如漏写笔画、字体结构不匀称,常写出界	0.75(经常)
	不爱写字,握笔姿势很怪,写不了几笔就喊累	0.05(从不)
	球接球或踢球有困难	0.95(总是)
	书写时过多涂改	0.95(总是)
	.....	.....

诊断型专家系统推理中的证据有两种来源。一种是用户在求解问题时所提供的初始证据,如病人的症状,检查结果等;另一种是在推理中得出的中间结果,即把当前推理中所得到的中间结论放入综合数据库,并作为以后推理的证据来使用。

## 3 推理机

推理机用于控制启用哪些规则和采用何种控制策略。在本研究中,推理机依据不确定推理的原理,将初始证据库中的  $E_i$  与知识库中的各规则条件进行查询和匹配。根据证据的传递性,通过公式(4)计算出证据的可信度  $CF_i(H)$ ,并根据公式(5)将之与  $CF_{i+1}(H)$  进行证据的合成,将合成后的  $CF_{i+1}(H)$  放入证据数据库中<sup>[11]</sup>。

$$CF_{1.2.3 \dots i} = CF_{1.2 \dots (i-1)}(H) + CF_i(H) - CF_{1.2 \dots (i-1)}(H) \cdot CF_i(H) \quad (5)$$

## 4 用户界面

计算机技术的发展为系统的开发提供了良好的技术基础。C++语言协同 SQL Server 2008 的高效性和智能性,为整个诊断系统的实现提供了强大的技术支持。这不仅使高效的实现不确定推理成为可能,也为良好的用户界面的设计与开发提供了基础。

用户界面用于用户(诊断者、教师)和专家系统之间信息交换。一方面系统通过人机向

诊断者读取儿童的相关症状（图3），另一方面，系统通过推理机进行一系列推理过程后，最终的诊断的结果将经由解释模块反馈给用户（图4）。



图3 基于运动技能障碍的诊断型专家系统的用户信息读取界面

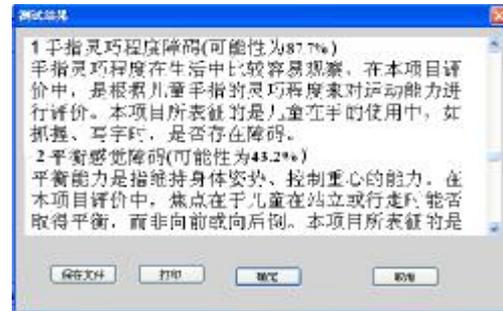


图4 基于运动技能障碍的诊断型专家系统的用户反馈界面

## 五 结束语

本研究将不确定性推理运用于儿童运动技能障碍的诊断，从诊断型专家系统数据获取和系统模型的设计这一角度发展和丰富了基于不确定性的专家系统的设计理论。该系统的研究对诊断型专家系统的设计与开发及儿童运动技能障碍的早期诊断与干预具有重要意义。

**参考文献**

- [1] American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders[M]. Washington,DC: American Psychiatric Association,1994.
- [2] Kaplan BJ, Dewey DM, Crawford SG, et al. The Term Comorbidity Is of Questionable Value in Reference to Developmental Disorders: Data and Theory. J Learn Disabil 2001,(6): 555-65.
- [3]M. Capio C, M. Poolton J, H. P. Sit C, et al. Reduction of errors during practice facilitates fundamental movement skill learning in children with intellectual disabilities[J]. Journal of Intellectual Disability Research, 2013, (4):295-305.
- [4]麦坚凝,靳晓坤.发育性运动协调障碍的诊断与治疗[J].中华儿科杂志.2010,(2),115-117.
- [5]麦坚凝.儿童运动技能障碍[J].中国实用儿科杂志,2004,(12),760-762.
- [6]王万森.人工智能原理及其应用(第2版) [M].北京:电子工业出版社,2007:173-175.
- [7]刘培,李增,赵银亮.扩展产生式规则知识表示方法[J].西安交通大学学报,2004, (6):312-314.
- [8] Mahajan V, Agarwal P, Gupta H O. Implementation of High-Voltage Multilevel Harmonic Filter Based on Rotated Carrier Modulation and Artificial Intelligence-Based Controllers[J]. Arabian Journal for Science and Engineering, 2014, 39:7127-7143.
- [9]S. Hasan S, Solomon S, Baitha A, et al. CaneDES: A Web-Based Expert System for Disorder Diagnosis in Sugarcane[J]. Sugar Tech, 2014.
- [10] Selva D, Cameron B, Crawley E F. A rule-based method for scalable and traceable evaluation of system architectures[J]. Research in Engineering Design, 2014, 25:325-349. DOI:10.1007/s00163-014-0180-x.
- [11]徐影,李怀龙,谢家奎.儿童学习障碍诊断专家系统的推理模型设计与系统开发[J].现代教育技术,2013(3),106-110.
- [12] Shultz S P, Byrne N M, Hills A P. Musculoskeletal Function and Obesity: Implications for Physical Activity[J]. Current Obesity Reports, 2014, 3(3):355-360.

## Title

### Design of Diagnosis Expert System for Children's Motor Skill Disorder

XU Ying<sup>1</sup> LI Huai-long<sup>1</sup> WANG Hai-tao<sup>2</sup>

(1. Huaibei Normal University, Department of Education, Huaibei, Anhui, 235000,China;2. Huaibei Normal University, Department of Physical Education, Huaibei, Anhui, 235000,China)

**Abstract:** Taking children motor skill disorder as example, this essay analyses subjectivity, uncertainty, and velocity of diagnosis expert system data and illustrates the computing process of certainty factor and fuzzy evaluation of symptoms. Based on this, the author design and develop the diagnosis expert system for children's motor skill disorder, including knowledge base, evidence base, inference engine and user interface. The essay is of good significance for both diagnosis expert system study and early diagnosis and early intervention of children's motor skill disorder.

**Keywords:** diagnosis expert system; children's motor skill disorder; certainty factor; fuzzy evaluation; system development