



华夏英才基金学术文库

孙彦广 著

工业智能控制 技术与应用



科学出版社

www.sciencep.com



华夏英才基金学术文库

工业智能控制技术与应用

孙彦广 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统介绍了工业智能控制技术的分析设计方法及应用实例。全书包括三部分内容,共分9章。第一部分介绍工业智能控制技术的科学基础和方法论(第1章);第二部分介绍工业智能控制系统体系结构以及工业智能控制技术的信息获取、建模、动态控制、过程优化、质量控制、计划与调度等各个功能层面(第2~6章);第三部分介绍工业智能控制系统设计实例(第7~9章)。

本书可供从事智能控制技术的科研人员使用,也可作为相关专业本科生与研究生教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工业智能控制技术与应用/孙彦广著. —北京:科学出版社,2006

(华夏英才基金学术文库)

ISBN 978-7-03-018098-8

I. 工… II. 孙… III. 智能控制 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 116127 号

责任编辑:王志欣 陈建勇 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:安春生 / 封面设计:高海英

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年1月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2007年1月第一次印刷 印张:16 3/4

印数:1—2 500 字数:326 000

定价:42.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

自 1948 年维纳发表《控制论》至今半个多世纪以来,控制理论经历了古典控制理论到现代控制理论的发展,统称为常规控制理论。常规控制理论以被控对象的传递函数或微分方程等微观数学模型为基础,无力解决非结构化和不确定性的复杂工业过程的自动控制问题。20 世纪 70 年代末至今,控制理论向智能控制方向发展,研究与模仿人类智能活动及其控制与信息传递过程的规律,研制具有仿人智能的工业控制与信息处理系统。智能控制拓宽了常规控制理论的内涵和外延,为工业控制注入了新的活力。

目前,智能控制技术研究成果还没有严密统一的理论体系,工业智能控制系统缺少系统的分析设计方法,日新月异的智能技术需要更有效地应用于工业自动化实践,这些都是需要继续研究和解决的问题。本书以 NIST-RCS 为主线,立足智能控制技术应用,结合作者多年从事工业智能控制的经验和学习体会,试图对工业智能控制技术的方法论、参考体系、技术方法和工业应用几方面进行较系统的介绍和分析讨论,以推动该领域的研究和应用。

本书内容共 9 章,从方法论(第 1 章)、体系结构和方法(第 2~6 章)、工业应用(第 7~9 章)三个层次进行了论述。

第 1 章介绍了工业智能控制技术的哲学基础和方法论,包括智能控制基本概念、思维科学基础、智能模拟方法以及工业智能控制中的科学方法论。

第 2 章介绍了工业智能控制系统体系结构(NIST-RCS),包括智能系统参考结构的递阶关系、分辨率的层次、多分辨率结构的分析以及工业智能系统的多分辨率结构的应用。

第 3 章介绍了感知处理和智能信息获取,包括 ELF 中 SP 模块的作用、感知处理的递阶结构和运行机制、神经网络软测量和智能数据融合。

第 4 章介绍了知识表示与智能系统建模,包括智能系统建模的知识工程基础、智能系统建模的广义逻辑框架、模糊系统辨识与模糊预测、基于神经网络的系统建模与辨识和基于遗传算法的系统辨识。

第 5 章介绍了行为生成与智能控制,包括行为生成的基本概念、BG 结构、多分辨率控制的策略、行为生成的整体组织、执行器的结构和作用和 BG 模块执行器意义上智能控制算法。

第 6 章介绍了行为生成与智能规划,包括规划器、生产运作控制和流程工业生产计划与调度。

第7章介绍了复杂分布参数系统智能建模应用实例,包括一类复杂分布参数系统的描述模型、复杂分布参数系统的结构逼近、冶金过程智能建模通用程序和不锈钢冶炼过程的建模和仿真。

第8章介绍了智能质量管理控制系统应用实例,包括质量管理控制概述、产品质量模型与分析优化、基于SVR的钢淬透性计算和基于智能技术的合金计算综合模型。

第9章介绍了智能冶炼过程控制应用实例,包括钢液温度复合智能预报模型、电极升降智能控制和钢包炉功率设定点动态优化。

本书主要读者对象为从事智能控制技术与应用的科研与工程技术人员,也可以作为信息领域、自动化领域的高等院校本科生和研究生的教学参考书。

本书得益于作者多年来参加智能电炉控制系统、智能钢包精炼炉控制系统、流程行业制造执行系统等国家攻关项目的实践,感谢国家科技部对项目的资助和冶金自动化研究设计院对智能控制应用研究的大力支持,感谢沙钢集团、江阴兴澄特钢公司等钢铁企业提供的试验和应用机会。本书第7~9章给出的实例分析取材于项目组多年的研究成果,作者感谢参与研究工作的课题组同事和研究生。

本书的出版得到了华夏英才基金的资助和科学出版社大力支持,在此表示感谢。

限于作者水平,书中不足和错误之处欢迎专家和读者批评指正。

作 者

目 录

前言

第 1 章 工业智能控制哲学基础和方法论	1
1.1 引言	1
1.2 智能控制的基本概念	2
1.3 智能控制的思维科学基础	4
1.4 智能模拟	10
1.5 工业智能控制中的科学方法论	14
参考文献	17
第 2 章 工业智能控制系统体系结构	18
2.1 工业智能控制系统设计参考结构	18
2.2 智能系统参考结构的递阶关系	21
2.3 分辨率的层次	24
2.4 多分辨率结构的分析	27
2.5 工业智能系统的多分辨率结构的应用	31
参考文献	37
第 3 章 感知处理和智能信息获取	39
3.1 ELF 中 SP 模块的作用	39
3.2 感知处理的递阶结构	44
3.3 感知处理的运行机制	46
3.4 神经网络软测量	52
3.5 智能数据融合	59
参考文献	62
第 4 章 知识表示与智能系统建模	64
4.1 智能系统建模的知识工程基础	64
4.2 智能系统建模的广义逻辑框架	77
4.3 模糊系统辨识与模糊预测	86
4.4 基于神经网络的系统建模与辨识	97
4.5 基于遗传算法的系统辨识	105
参考文献	107

第 5 章 行为生成与智能控制	108
5.1 行为生成的基本概念	108
5.2 BG 结构	114
5.3 多分辨率控制的策略:嵌套递阶结构的生成.....	120
5.4 行为生成的整体组织	124
5.5 执行器的结构和作用	134
5.6 BG 模块执行器意义上智能控制算法	140
参考文献.....	144
第 6 章 行为生成与智能规划	146
6.1 规划器	146
6.2 生产运作控制	159
6.3 流程工业生产计划与调度	166
参考文献.....	173
第 7 章 应用实例:复杂分布参数系统智能建模	174
7.1 一类复杂分布参数系统的描述模型	174
7.2 复杂分布参数系统的结构逼近	179
7.3 冶金过程智能建模通用程序	183
7.4 不锈钢冶炼过程的建模和仿真	185
参考文献.....	190
第 8 章 应用实例:智能质量管理控制系统	192
8.1 质量管理控制概述	192
8.2 产品质量模型与分析优化	193
8.3 基于 SVR 的钢淬透性计算	197
8.4 基于智能技术的合金计算综合模型	207
8.5 Pareto 强度值遗传算法优化方法在加料模型中的应用	212
参考文献.....	220
第 9 章 应用实例:智能冶炼过程控制	222
9.1 钢液温度复合智能预报模型	222
9.2 电极升降智能控制	232
9.3 钢包炉功率设定点动态优化	251
参考文献.....	259

第 1 章 工业智能控制哲学基础和方法论

1.1 引言

工业智能控制技术是智能技术与自动控制、运筹学和信息化相结合的面向工业应用的综合技术。对于什么是工业智能控制技术,并没有一个达成共识的严格定义。对这一问题,我们可以从两个视角来认识:第一,工业智能控制技术的必要性,即常规技术有哪些局限导致智能技术的引入?第二,工业智能控制技术的可行性,即智能技术需要具备什么特性才能超越常规技术?下面从非结构化、不确定性和自主性三个方面进行讨论。

(1) 非结构化。常规技术是以系统对象的数学模型为基础的,如代数方程、微分方程或差分方程等,然而,在现实工业中,应用对象数学模型很难建立,因此要求充分利用数据、经验、知识等多种“素材”,模仿人的思维方式,建立定性定量结合的环境模型或广义模型。

(2) 不确定性。常规技术依赖系统对象和环境至少在统计意义上的确定性,而现实世界唯一可确定的就是充满不确定性。市场的变幻莫测,生产过程的演变,工艺装备的寿命周期,原料、能源的波动,加之对系统机理的认识不足,信息的不对称性等,使常规技术充满了变数。为此,还有赖于基于自学习、自组织、信息融合机制的多模态组合模式,以提高对对象和环境不确定性的适应能力。

(3) 自主性。常规技术要求系统对象被控制量为定制(调节)或跟随期望的轨迹(随动),即任务的目标比较单一且相对明确。在工业中,任务的要求往往比较复杂,要求兼顾产量、质量、成本、能源环保等多个因素,且随着环境变化发生侧重点的变化,这就要求系统具有组织、协调和执行多层次的功能,即有较高的自主性。

工业智能控制技术产生和发展的历史基本上是围绕着解决上述常规技术的局限,并不断与智能技术、运筹学、计算机科学、信息学、管理学等学科相融合的脉络展开的。

经过几十年的理论和实践发展,工业综合自动化系统结构已经发展成为企业资源计划(ERP)/制造执行系统(MES)/过程控制系统(PCS)三层综合模式,智能技术依据其在系统不同层次的应用将形成不同的层次,即商业智能/制造智能/智能控制,如图 1.1 所示。其中,面向 ERP 系统层的被称为“商业智能”,面向 MES 层的被称为“制造智能”,面向 PCS 层的成为“智能控制”的一部分。在后面的描述中,将工业智能控制,简称为智能控制。

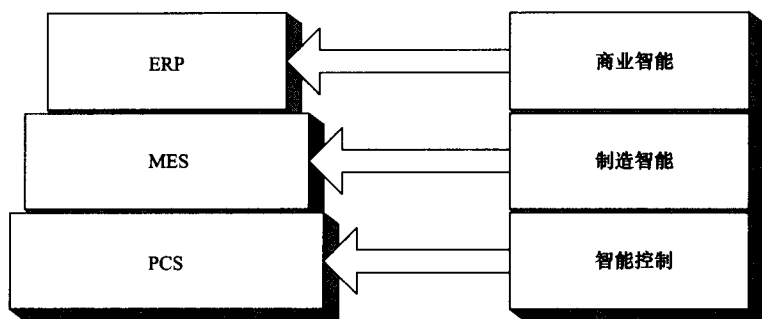


图 1.1 工业智能技术的应用层次

1.2 智能控制的基本概念

1.2.1 智能控制的研究对象

智能控制是常规控制的发展。它主要用来解决那些用常规方法难以解决的复杂过程的控制问题,包括系统信息获取、建模、动态控制和过程优化等。其研究对象具备以下一些特点。

1. 不确定性的模型

常规的控制是基于数学模型的控制。这里的模型包括控制对象和干扰模型。对于常规控制通常认为模型已知或者经过辨识可以得到。而智能控制的对象通常存在严重的不确定性。这里所说的模型不确定性包含两层意思:一是模型未知或知之甚少;二是模型的结构和参数可能在很大范围内变化。无论哪种情况,常规方法都难于对它们进行控制,而这正是智能控制所要研究解决的问题。

2. 高度的非线性

在传统的控制理论中,线性系统理论比较成熟。对于具有高度非线性的控制对象,虽然也有一些非线性控制方法,但总的说来,非线性控制理论还很很不成熟,而且方法比较复杂。采用智能控制的方法往往可以较好地解决非线性系统的控制问题。

3. 复杂的任务要求

在常规的控制系统中,控制的任务或者是要求输出量为定值(调节系统),或者是要求输出跟随期望的运动轨迹(跟踪系统),因此控制任务的要求比较单一。对于智能控制系统,任务的要求往往比较复杂,如复杂工业过程控制系统中,既要求

提高产品质量,增加产量,又要求降低能量、物料成本,有时这些要求甚至是相互矛盾的。

1.2.2 智能控制系统

智能控制系统是实现某种控制任务的一种智能系统。所谓智能系统是指具备一定智能行为的系统。具体地说,若对于一个问题的激励输入,系统具备一定的智能行为,它能够产生合适的求解问题的响应,这样的系统便称为智能系统。例如,对于智能控制系统,激励输入是任务要求及反馈的传感信息等,产生的响应则是合适的决策和控制作用。

从系统的角度来看,智能行为也是一种从输入到输出的映射关系,这种映射关系并不能用数学的方法精确地加以描述,因此它可看成是一种不依赖于模型的自适应估计。

Saridis(萨里迪斯)给出了另一种定义,通过驱动自主智能机来实现其目标而无需操作人员参与的系统称为智能控制系统。这里所说的智能机指的是能够在结构化或非结构化、熟悉或不熟悉的环境中,自主地或有人参与地执行拟人任务的机器。

1.2.3 智能控制系统的主要功能特点

1. 学习功能

关于什么是学习,人们尚有许多争议。下面给出 Saridis 给出的一个定义:一个系统,如果能对一个过程或其环境的未知特征所固有的信息学习,并将得到的经验用于进一步的估计、分类、决策或控制,从而使系统的性能得到改善,那么就称该系统为学习系统。

具有学习功能的控制系统也称为学习控制系统,它主要强调其具备学习功能的特点。学习控制系统可看成是智能控制系统的一种。智能控制系统的学习功能可能有低有高,低层次的学习功能主要包括对控制对象参数的学习,高层次的学习则包括知识的更新和遗忘。

2. 适应功能

这里所说的适应功能比传统的自适应控制中的适应功能具有更广泛的含义,它包括更高层次的适应性。正如前面已经提到的,智能控制系统中的智能行为实质是一种从输入到输出之间的映射关系。它可看成是不依赖模型的自适应估计,因此它具有很好的适应性能。当系统的输入不是已经学习过的例子时,由于它具有插补功能,从而可给出合适的输出。甚至当系统中某些部分出现故障时,系统也能够正常地工作。如果系统具有更高程度的智能,它还能自动找出故障甚至具备

自修复的功能,从而体现了更强的适应性。

3. 组织功能

它指的是对于复杂的任务和分散的传感信息具有自行组织的协调的功能。该组织功能也表现为系统具有相应的主动性和灵活性,即智能控制器可以在任务要求的范围内自行决策、主动地采取行动,而当出现多目标冲突时,在一定的限制下,控制器可有权自行裁决。

1.3 智能控制的思维科学基础^[1]

1.3.1 思维与思维科学

思维科学,也叫认知科学(cognitive science),主要分为认识心理学和人工智能两个领域,前者主要研究如何利用计算机仿真技术建立人的认知模型,后者侧重如何运用人的认识经验使机器(首先是计算机)智能化。

思维是人脑对客观事物间接的反映过程。所谓间接的反映,意味着思维不是凭感觉器官对事物表象的直接认识,而是通过间接的甚至迂回的途径来反映客观事物的特点或它们之间的联系与规律。间接认识需要借助于已有的知识和经验,要间接地认识事物的特点、本质和规律,绝不可能靠消极、被动地反映事物的表面现象。必须靠自觉地、主动地在实践活动中占有材料,靠回忆有关的知识和经验或通过联想、推想、想像对有关材料进行分析、综合,“去粗取精、去伪存真、由此及彼、由表及里”地加工改造,才能把握事物的本质,找出事物间的规律性联系,并有效地去改造客观事物。

人脑对客观事物的间接反映过程,包括回想、联想、表象、想像、思考、推想等。人们通过思维活动能够反映客观事物的特点、本质属性、内部联系及发展规律,因此,思维是认识过程的高级阶段。

意识是人的一种认识活动,它包括感觉、知觉和思维。思维是意识的一部分,而且是最主要的成分,假如没有思维,人就不会有意识。

1.3.2 思维的类型

按照科学研究工作的需要,从思维规律的角度出发,思维可划分为抽象思维、形象思维和灵感思维三种类型。但是,人的思维活动过程往往不是一种思维方式在起作用,而是两种甚至三种先后交错在起作用。

1. 抽象(逻辑)思维学

抽象思维学又称逻辑思维学,这里讲的逻辑是指人的思维规律。逻辑学有形

式逻辑和辩证逻辑两大类。

1) 形式逻辑

形式逻辑是研究人们思维形式的结构及思维的基本规律的科学。

思维形式的结构不是我们头脑中虚构出来的东西,而是客观现实的一种反映,它是客观事物的某种一般关系、特性的概括反映。

思维的基本规律是运用各种思维形式时都必须遵守的规律。早在公元前4世纪,已经有希腊哲学家亚里士多德创立了形式逻辑思维规律,即同一律、矛盾律和排中律。后来,到了17世纪末,德国哲学家莱布尼兹又增入了一条充足理由律,即组成了所谓的逻辑思维的四个初步规律。

从莱布尼兹开始,不少科学家和哲学家,特别是布尔和罗素,把数学方法用于逻辑的研究,形成了数理逻辑这一学科,它可以看作是形式逻辑的一个特殊的分支。模态逻辑、多值逻辑、时序逻辑、模糊逻辑等,都属于数理逻辑这一范畴。

2) 思维形式

思维的形式就是概念、判断和推理。

概念是对客观事物的本质属性加以反映的思维形式。自然界及社会现象中的一切事物与现象,都具有许多性质。所谓性质就是事物所具有的那些相互区别、相互类似的一切质的、量的规定性,诸如数目、大小、速度、程度、动作、形态、规律及关系等,都叫性质,又称为事物的属性。属性可以分为本质的和非本质的两种。本质属性具有两个特点:第一,它是一个或一类事物内部所固有的规定性;第二,它具有把此事物和其他事物区别开的性质。本质属性一定是事物特有属性,而事物的特有属性却不一定是事物的本质属性。作为思维形式之一的概念,所反映的是事物的本质属性。

概念包含两个方面,一是概念的内涵,一是它的外延。一个概念的内涵就是这个概念对象的本质属性,而它的外延就是这个概念所反映的全体对象。概念的内涵和外延是概念两个有机联系的方面,内涵是指外延对象的属性,外延是指具有内涵属性的对象。概念外延所构成的类就叫做集合。由此可见,研究集合就是从外延方面研究概念。

判断和推理同概念一样,都是思维形式的一种。判断是概念与概念的联合,而推理则是判断与判断的联合。在普通逻辑中,判断是对思维对象有所断定的思想,即断定对象具有某种属性,或不具有某种属性,断定的结果是肯定或否定某种对象及其属性。这是判断的最基本的逻辑特征。如果断定的情况被实践证明是符合客观实际的,那么这个判断就是真的,否则就是假的。因此,任何判断或者是真的或者是假的,这种或真或假的性质叫做判断的值。这是判断的又一个基本特征。

推理是根据一个或一些判断获得一个新的判断的思维方式。任何一个推理都必须包含前提和结论两个组成部分。已有的一个(或一些)判断称之为前提,新的

判断称之为结论。在形式逻辑中,推理可以从不同角度分成多种形式,如直接推理、间接推理、演绎推理、归纳推理、类比推理、模态推理等。

直接推理是指从一个前提推出结论的推理;间接推理是从两个或两个以上前提推出结论的推理;演绎推理是以一般的原理原则为前提,推到某个特殊的场合作出结论的推理方法;归纳推理是从若干个特殊的场合中的情况为前提,推求到一个一般的原理原则作为结论的推理方式;类比推理是由特殊的判断为前提,推出另一个特殊性的判断的推理方法;模态推理是至少有一个前提是模态判断的推理,所谓模态判断是对事物情况的性质加以判定的判断。

在科学论著中最常用的是演绎推理,它又分为三段论法和假言直言推理。三段论法是从两个判断(其中一个一定是“所有的S都是(或不是)P”的形式,S表示对象,P表示对象所具有的某种属性)得出第三个判断的推理方法。三段论包含着三个判断,第一个判断提供了一般的原理原则,称其为大前提;而第二个判断指出了在一个特殊场合的情况,叫小前提;联合这两个判断,说明一般原则和特殊情况间的联系,从而得出第三个判断,称之为结论。

假言推理和直言推理都属于演绎推理,假言推理的大前提是假言判断(是指肯定或否定对象在一定条件下具有某种属性的判断),小前提和结论是直言判断(无条件地肯定或否定某种事物的判断称直言判断)。

3) 思维的基本规律

从上面论述的概念、判断和推理的思维形式可以看出,人们是按照一定的规律和逻辑结构去组织思想和进行思维的。逻辑的基本规律是客观事物的相对稳定性在思维中的反映,逻辑规律只是在思维活动中起作用,不在客观事物中起作用。事物的相对稳定性反映在思维中成为思维的确定性。思维的确定性表现为概念、判断的自身统一,这就是同一律;思维的确定性表现为概念和判断的前后一贯,不自相矛盾,这就是矛盾律;思维的确定性表现为两个相互矛盾的思想之间要做出抉择,排除中间的可能性,这就是排中律。

同一律是指在同一思想过程中,每一思想的自身都具有统一性,所谓思想的统一性是指概念或判断内容的同一性。科学研究的实践表明,任何一个严密的完整的科学体系都是符合同一律要求的,如果违反了同一律的要求,科学研究就不能建立严密、完整的科学体系。

矛盾律是指在同一思维过程中,每个思想与其否定都不能同时为真,其中必有一假。矛盾律是用否定形式表示同一律用肯定形式表示的思想。矛盾律的作用是使思维首尾一致,避免自相矛盾。任何一个科学理论都具有不矛盾性。一个科学理论,如果包含有逻辑矛盾,人们就会对它发生怀疑。在科学史上,许多科学上的突破,往往是从发现原有科学体系的逻辑矛盾并在设法消除这种矛盾的基础上,创立了新的理论体系。

排中律是指在同一思维过程中,两个互相矛盾的思想必有一个是真的。排中律又比矛盾律深入一层,明确指出两个矛盾思想不能同假,必有一真。在论证中,矛盾律只能由真推假,不能由假推真,而排中律不是由真推假,而是由假推真。

同一律、矛盾律和排中律都是思维确定性的表现,它们之间的关系是密切的,只不过是不同侧面表述思维的确定性。它们构成了逻辑思维的基本规律,所有正确的思维形式都是以这些思维的基本规律作为基础,要正确地进行思维,就必须遵守这些规律的要求。

4) 辩证逻辑和数理逻辑

把高等数学关于变量等概念引进形式逻辑,促成了辩证逻辑的产生。辩证逻辑是关于思维运动的辩证规律的理论。

虽然形式逻辑和辩证逻辑都是研究思维形式,但它们是从不同角度出发的。形式逻辑从抽象同一性角度研究思维形式,即把思维形式看作既成的相对稳定的范畴;辩证逻辑从具体同一性角度研究思维形式,即把思维形式看作对立统一、矛盾运动和转化的范畴。其次,形式逻辑的基本规律是同一律、矛盾律和排中律,它们虽有客观基础,但不是事物本质的规律;辩证逻辑的基本规律是对立统一、质量互变,否定之否定等规律,它们是客观事物本身的规律。

数理逻辑也称符号逻辑,它源于形式逻辑,现已成为独立学科。数理逻辑是用数学方法研究推理、证明等问题的科学,主要内容为命题演算、谓词演算、递归论、证明论、集合论和模型论等。在形式化方面数理逻辑比形式逻辑更丰富、更发展。它用符号把概念、命题(判断)抽象为公式,把命题间的推理抽象为公式间的关系,并把推理转化为公式的推演。在数理逻辑中,用符号表示逻辑概念及其关系,常用符号“ $\rightarrow$ ”表示蕴含;“ $\neg$ ”表示否定;“ $\vee$ ”表示命题的析取(或),“ $\wedge$ ”表示合取(与),“ $\leftrightarrow$ ”表示等价。

数理逻辑关于形式语言的研究,为计算机语言提供了前提,而数理逻辑在计算机中的应用又推动了逻辑学的发展。辩证逻辑的建立和发展,对于提高人们的认识能力和推动形式逻辑、数理逻辑和电子计算机的发展具有非常重要的意义。

5) 模糊逻辑和可拓逻辑

模糊逻辑是以模糊集合论为基础的,而传统的逻辑是以经典集合论为基础,通常称为二值逻辑,这种逻辑可以表述思维的确定性,但是它不能表达思维的模糊性。为了描述客观事物的模糊概念,扎德教授在1965年发表了《模糊集合》的重要论文,从而创立了模糊数学。1975年扎德教授又出版了《模糊集合、语言变量及模糊逻辑》一书,标志着模糊逻辑的正式诞生。

在模糊逻辑中,将逻辑真值从普通的二值逻辑真值 $\{0,1\}$ 扩展到了 $[0,1]$,由于模糊逻辑真值在区间 $[0,1]$ 中连续取值,通过该真值的大小表明真的程度。因此,模糊逻辑实质上是无限多值逻辑,也就是连续逻辑,它为描述模糊概念及模拟人的

模糊逻辑思维方式提供了强有力的工具。

将辩证逻辑和形式逻辑相结合产生了一种新的逻辑——可拓逻辑,它是以可拓集合为基础的。我国蔡文教授 1983 年发表了《可拓集合和不相容问题》的论文,目的在于研究解决现实世界中存在的不相容问题的规律和建立解决不相容问题的数学模型。论文中指出解决不相容问题,要考虑三个方面:一是必须涉及事物的变化及其特征;二是必须使用一些非数学方法;三是必须建立容许一定矛盾前提的逻辑。为此,建立了可拓集合的概念,以便讨论对象集内不属于经典子集而能转化到该子集内的元素,这是解决不相容问题的基础。在逻辑关系上,与可拓集合相对应,建立了关联函数的概念,把逻辑真值从 $\{0,1\}$ 扩展到 $(-\infty, +\infty)$,用关联函数值的大小来衡量元素与集合的关系,使经典数学中“属于”和“不属于”集合的定性描述扩展为定量描述,以表征元素间的层次关系。

可拓逻辑能够描述事物的可变性,为解决客观世界中的矛盾问题提供了重要工具,它将在许多工程领域,如识别、决策、评价、控制、信息处理等方面有着广阔的应用前景。

2. 形象(直觉)思维学

1) 形象思维及其特点

形象思维简单地说,是凭借形象的思维。这种思维活动通过形象来思考和表述,它的主要思维手段是图形、行为等典型形象材料,它的认识特点是以个别表现一般,始终保留着事物的直观性,要求鲜明生动,思维过程主要表现为类比、联想、想像。

人的感觉器官接触到外界事物,通过大脑产生感觉,不同的感觉(视觉、听觉等)相互联系,经过综合以后形成知觉,知觉在脑中形成外界事物的感性形象,叫做映象,或称通过感性认识获得的表象,用表象进行的思维活动叫做形象思维,又称直觉思维。

表象是回想起过去感知过事物形象的过程。表象与感觉、知觉都是对事物外部形象的反映,但两者不同的是,感知觉是对当前事物的直接反映,是由事物直接作用于感觉器官引起的,是认识事物的初级阶段;表象不是对当前事物的直接反映,而是对过去感知过的形象的再现。表象过程具有生动具体的形象,但表象过程不如知觉过程鲜明、完整和稳定,此外,表象具有间接的特征,它不是当前事物的直观形象,而是通过回想或联想在头脑中呈现的过去感知过的事物的形象。

概括地说,形象思维是在实践活动和感性经验基础上,以观念性形象即表象为形式,借助各种图式语言或符号语言为工具,以在经验中积累起来的形象知识为中介反映事物本质和联系的过程。

2) 形象思维的规律

转换关联律:在形象思维过程中,人们把事物的表象以及表象过程的信息转化成事物的状态信息,即通过表象反映事物的内在性质、内部变化和关系,必须事先在实践活动中建立起表象信息和状态信息的关联系统。

由于形象思维最基本的过程是形象信息与状态信息转换的过程,所以转换关联律是形象思维的一条基本定律。

模式补形律:模式补形律是利用观念性的形象模式对事物或事物过程的表象进行整合补形,从而推出事物的补形或全形的规律。所谓观念性的形象模式,是指事物或事物过程的概括表象,是在长期实践过程中逐渐形成,它是对事物或事物过程的丰富形象特征进行分析、选择、概括、定型的结果,是形象思维中进行模式补形的内在根据。所谓整合补形是对事物不完整的、片面的表象进行加工、整理,同时补出缺少部分形象或补出事物完整形象的过程,它是一种形象思维的推理形式。

模式补形最主要的环节是建立事物的表象模式。在工程设计中,工程师把物体的形象抽象出来加以规范,采用简捷的线条表现出来,从而为施工人员提供了一个表象模式;在科学研究中,科学工作者对所研究的对象进行系统的研究,科学地确定每种对象的形象特征,于是就形成对象的表象模式。通过表象模式对事物不完整的形象进行整合补形是人类特有的一种形象思维能力。模式补形律是形象思维的一个普遍规律。

3) 形象思维的主要形式

形象思维的过程主要表现为类比、联想和想像。

类比是通过两个不同对象进行比较的方法进行推理,而重要的一环就是要找到合适的类比对象,这就要运用想像。

联想是一种把工程领域里的某个现象与其他领域里的事物联系起来加以思考的方法。联想能够克服两个概念在意义上的差距把它们联系起来,联想的生理和心理机制是暂时的神经联系,也就是神经元模型之间的暂时联想。

想像是对头脑中已有的表象进行加工改造而创造新形象的思维过程。因此,它可以说是一种创造性的形象思维。想像不是直接感知过的事物的简单再现,而是对已有的表象进行加工改组形成新形象的过程。任何想像都必须以表象为基础,想像与表象既有区别又有联系,表象是现成的、旧有的,而想像则是创造新形象的过程。想像的形成过程主要是对表象进行分析综合的加工改组过程,想像的分析和综合是凭借形象来实现的。

3. 灵感(顿悟)思维学

灵感思维是指人们在研究过程中对于曾经长期反复进行过探索而尚未解决的问题,因某种偶然因素的激发而豁然开朗,使其得到突然性顿悟的思维活动。灵感

思维与直觉思维有某些相似之处,它们主要的特点是产生突发性或偶然性,既突如其来,又稍纵即逝。在科学研究中,“灵机一动,计上心来”,也是这种灵感思维的表述。

灵感与机遇都同属一种偶然性,但二者性质又不相同,机遇发生在观察和实验中,属于客观现象,而灵感却产生于思考问题的过程中,属于主观现象。在科学史上,因偶然因素而产生灵感的事例是不胜枚举的。

钱学森指出:“如果逻辑思维是线性的,形象思维是二维的,那么灵感思维好像是三维的”,“研究人类的潜意识活动是搞清灵感思维机理的起步方向”。物质世界是一个三维的立体系统,物质世界的最高产物——人脑也是一个三维的立体系统。人脑不仅在意识这个呈现层次上反映立体的客观世界,而且在潜意识这个层次上反映立体的客观世界。潜意识(unconscious)是一个外来语,也译为无意识或下意识。所谓潜意识就是未呈现的意识,是人脑所具备的潜在反映形式。潜意识的反映既不是人脑中固有的也不是没有客观来源的,而是大脑这种特别复杂的物质机能,它是以一定的客体为对象的。现代实验心理学通过对脑阈下的各种不同的潜意识信息的电反应(诱发电位)的测定表明,它是客观存在着的。

灵感是人脑中显意识与潜意识交互作用而相互通融的结晶。然而,灵感思维的发生也有一个过程,在潜意识萌发酝酿灵感时,除潜意识推论外,还具有显意识功能的通力合作,当酝酿成熟时,突然与显意识沟通而涌现出来成为灵感思维。所谓潜意识推论是一种特殊的非逻辑性认识活动,它是多因素、多层次、多功能的系统整合过程。灵感思维实际上是一种潜意识思维方式,即是一种非逻辑思维,它同抽象思维、形象思维一样,都是人们理性认识所具备的一种高级认识方式。

灵感思维的基本特征是它的突发性、偶然性、独创性和模糊性,这些特征是它区别于其他思维形式的显著标志。

1.4 智能模拟^[1]

人工智能是20世纪中期产生的并正在迅速发展的新兴边缘学科。它是探索 and 模拟人的智能和思维过程的规律,并进而设计出来类似人的某些智能自动机的科学。人工智能的创始人温斯顿认为人工智能的中心任务是研究如何使计算机去做那些过去只有靠人的智力才能做的工作。

本节主要从智能控制的角度,介绍智能模拟的科学基础、哲学基础、基本途径等问题。

1.4.1 智能模拟的科学基础

为了使机器具有某种人的智能,就必须研究生物机体的控制系统和人的思维