

中国人工智能学会  
计算机视觉与智能控制学会  
首届学术年会

# 论文集

COU  
CIC  
CVIC89

中国·重庆  
1989. 4.24-27

# CVIC' 89 会议组织

会议主席：涂序彦

付主席：周其鉴 蔡德孚 宫维枢 许跃昌

秘书长：李兴烈 李祖枢 白美卿

## 学术委员会：

主任：宫维枢

付主任：蔡德孚 涂植英 先武

委员：（以姓氏笔画为序）

万伯任	许毓秋	汪庆宝	李时光	周卓初
苏士权	施瑞飞	林 鹏	殷志鹤	徐光佑
徐问之	黄继起	彭嘉雄	裴 珉	蔡国廉
蔡自兴	戴绪愚			

## 组织委员会：

主任：李祖枢

付主任：邓化龙 石为人 李兴烈

委员：（以姓氏笔画为序）

王秉钦	王鸿谷	叶甘霖	余达太	郑南宁
罗达立	阎平凡	张太怡	郭福顺	程琳琳
葛成辉	梨明森			

中国人工智能学会

· 计算机视觉与智能控制学会理事会

理事长：涂序彦

付理事长：蔡德孚 宫维枢 许跃昌

秘书长：李兴烈

常务理事：（以姓氏笔画为序）

万伯任 许毓秋 汪庆宝 苏士权 范希鲁

周卓初 殷志鹤 徐光佑 彭嘉雄

蔡国廉 戴绪愚

理事：（以姓氏笔画为序）

王秉钦 王鸿谷 叶甘霖 余达太 李祖枢

郑南宁 林 鹏 阎平凡 施鹏飞 郭福顺

程琳琳 黄继起 葛成辉 裴 珉 黎明森

蔡自兴 魏士泽

# 目 录

## 特邀大会报告

智能管理系统	北京科技大学计算机系	涂序彦	1-4
智能控制——控制理论、人工智能与计算机科学的交叉	重庆大学自动化系	李祖根	5-14
神经网络及其在计算机视觉中的应用	清华大学自动化系	阎平凡	11-14
智能(人工)通讯技术及应用展望	中国科学院电子所	蔡德孚	15-20
人工智能与生物医学	中国科学院空间科学技术中心	宫维根	19-21
用户界面的设计	中国软件技术公司	许耀昌	22-28

## 一、智能控制理论及应用

主持人：阎平凡 戴绪慈 杨永臻

### (一)、理论和方法

智能控制的结构理论	中南工业大学自动控制工程系	蔡自兴	29-32
一类复杂机械系统的平衡问题——倒摆的智能控制与仿真比较	重庆大学自动化系	周其莹	33-36
处理空间不确定性的模糊型	中国纺织大学自动化及计算机系	邵世程 熊宇	37-41
具有智能逻辑切换的多变量反馈控制系统的设计	华中理工大学机械系数控教研室	田实奇 廖发果	42-45
智能控制系统的一种在线参数辨识方法	重庆大学自动化系	陈民抽	46-50
关于知识控制	中国矿业大学自动化系	周发强	50-53
系统动力学的“惯性”描述与智能控制算法设计	中国纺织大学自动化系控制理论组	贺刚	54-55
仿人智能控制中控制周期的在线自选择	重庆大学自动化系	白美卯	56-59
一种智能化的变结构控制器	东南大学自动化研究所	罗宇苏	60-61
自适应PID专家调整器	重庆大学自动化系	孙慎华 杨永臻	64-67
以输入为基准具有积分微调的智能控制器	重庆大学自动化系	吴太虎 黄凤楼	68-71
一种多模态智能控制方法及其在伺服系统中的应用	重庆大学自动化系	王 珏 李祖根	72-75
四、机器人			
智能机器人智能决策与控制方法研究	航天部二院四部四室	吕应作 李海舟	76-80
空间智能机器人智能设计	航空航天部502所	叶培建	81-84
柔性智能控制器设计	重庆大学自动化系	李祖根 陈农基 王锦	85-88

智能机器人控制系统	清华大学计算机系	黄自强 何克忠	89-91
机器人无碰撞运动的规划	华中理工大学机器人中心	熊有伦 丁汉	92-96
视觉导引可移动机器人自动环境建模问题研究	清华大学计算机系信息处理教研组	郭进 徐光佑	97-101
<b>四. 应用</b>			
一个*具神经元*智能控制系统的仿真研究	中国纺织大学自动化系	邵世煌 赵杏弟 龚道勇	102-105
智能控制在飞行控制系统中的应用	南京航空学院自动控制系 305 教研室	姜长生 胡中汉	106-107
电驱机器人手臂可控性分析	航空工业部成都飞机公司 813 分系	刘海臣	110-113
双螺杆挤出机的熔体温度智能控制系统	化工部成都有机硅应用研究中心十室	宋建成 倪德亮 张晓枫	114-117
挤压机出料台速度系统的智能化控制	陕西机械学院	刘丁	118-120
智能控制技术在滚珠丝杠中频率火中的应用	华中理工大学机械系	陈继业 罗晓 罗爱华	121-123
用 MICRO VAX-11 微机实现结构试验的智能控制	重庆建工学院结构实验室	朱华 卢铁鹰 罗明德	124-127
微机控制应变测试中的误差及修正方法探讨	重庆建工学院结构实验室	朱华 卢铁鹰	128-129
<b>四. 仪表及其他</b>			
专家系统在控制系统频域分析设计中的应用	上海交通大学自动控制系	田作华 李莉 叶伟民	130-133
专家系统在控制系统计算机辅助设计中的应用	清华大学计算机系	袁曾任 吴兵	134-137
大站信号智能监测软件设计	上海铁道学院计算机工程系	朱宏魁 章群	138-141
ANN211型可编程程序自整定调节器	四川仪表十八厂	刘慕尹	142-145
JY-1型千米立井井壁地压智能化监测系统	山东矿业学院况压研究所	崔玉亮	146-150
智能温度仪表中一种热电偶线性化方法研究	重庆大学自动化系	高富强	151-154
分层递阶控制系统与工厂自动化	冶金部自动化研究院	宫辉 涂序彦	155-158
时变大时延系统的一种智能控制器LMHC	重庆工业管理学院	钟伟 白英卿	159-162
<b>二. 智能管理与决策</b>			
主持人: 殷志鹤 苏士权 周景云			
三. 理办公室自动化系统	中国科技大学计算机科学系	杨涛	163-164
三. 级决策支持系统	华中理工大学自控系	戴建设	165-168

分布式决策组织的 Petri 网络分析法	国防科技大学电子技术系405教研室	刘雨 吴枕江	169-172
决策支持系统的一种评价方案	河北轻工学院微机教学中心	魏世洋	173-176
二维入渗土壤含水量测试中测点智能决策方法	陕西机电学院自控系	李敏远 侯志林 万伯任	177-181
企业计算机管理系统的智能化研究	重庆大学自动化系	汪庭凯 李祖桓	182-185

### 三、专家系统

主持人：裴 聚 程琳琳 陈问之

#### (一)、决策

专家式火灾报警系统	陕西机电学院自控系	刘丁 宋莉 万伯任	186-187
RESRFD---雷达故障实时诊断专家系统	空军雷达学院第一装备教研室	袁先才 时呈霖 吴铁平	188-191
建筑设计防火审核专家系统	天津市公安局	李永东	192-195
高炉炉况判断与操作指导专家系统	冶金部北京自动化研究院	冯云凤 张成乾	196-199
用专家系统技术实现高炉炉况诊断	重庆大学自动化系	黄芳芳 涂植英	200-203

#### (二)、专家系统

关于电子设备故障诊断专家系统的知识表示	第二炮兵指挥学院	陈医羽 张巨岩	204-206
液压件制造工艺方案专家系统HCEP的研究	华中理工大学	罗爱华 陈继业 王文清 朱建群	207
PROLOG---实现中医专家系统的理想的程序设计语言	华中理工大学自控系	杨蔚苓 孙德保 翟坦	208-209
支持SA→SD的专家系统工具	中国软件技术公司	方毅铭	210-214
从麻省理工学院AI实验室看目前人工智能的研究方向	航空航天部五〇二所	叶培建	215-217
知识吸收法-----一种有效的知识库智能管理和控制方法	中国纺织大学计算机中心	管惠群 黄润发	218-219
高炉数学模型的新进展----人工智能的应用	冶金部自动化研究院	马竹楦	220-222
类比推理探讨	海军工程学院	诸葛海	223-226
(三)、人工智能方法及其他			
智能辅助软件开发系统 AO--VIS-1DT 的研制	海军工程学院研究生三队	诸葛海 严雋永	227-236
自然语言在智能管理上的应用	甘肃工业大学	程琳琳 陈志明 黎明	231-234
实现推理功能与数据检索功能一体化的几种途径	国防科学技术大学电子技术系	王鸿谷	235-238
非单调推理与假说的发生	海军工程学院405	严雋永	239-242

管理信息系统的远程通讯  
 基于知识的信息检索系统  
 生产计划DSS在化工企业中的实现  
 基于知识的财务信息管理系统

北京科技大学计算机研究所  
 重庆大学自动化系  
 重庆工业管理学院管理工程系  
 重庆大学自动化系

施小圃 张佳峰 徐序彦 243-246  
 汪庭凯 向农 宋碧先 247-248  
 王越 249-251  
 宋碧先 汪庭凯 252-255

#### 四、CAD 与 CAM

主持人：许毓秋 万伯任 刘鸣健

港口机械电力传动控制系统计算机辅助设计

皮鞋样板计算机辅助设计系统

IC芯片掩膜层的提取

一种基于知识的四边通道布线方法

非栅型分层的三层布线通道区布线

专家系统工具及其在CIMS决策领域中的应用

武汉水运工程学院计算机系自控教研室  
 重庆大学光机系  
 东南大学自控系  
 重庆大学计算机系  
 重庆大学计算机系

刘清 256-257  
 罗达立 陈立红 258-261  
 袁晓辉 杨海秋 陈文金 262-265  
 钟琳 申林 266-267  
 申林 钟琳 268-271

华中理工大学机械一系

孙健 张日敏 刘泽辉  
 刘可毅 272-276

关于动态仿真N C粗加工过程及刀具轨迹规划中的研究

华中理工大学机一系

叶自捷 胡靖安 277-279

#### 五、图像处理

主持人：彭嘉雄 徐光佑 李时光

ICT(工业计算机层析照相)技术及应用

实时图象多处理机分析系统。

气像图的三维显式

肠道神经节连续切片图象计算机三维重建

中国工程物理研究院工学院  
 南京航空学院8系  
 复旦大学计算机科学系

丁厚本 280-283  
 徐伯良 周德安 陈克亚 284-288  
 孟繁岩 竺勤 290-292

重庆大学无线电系

张义 李时光 杨恬  
 蔡文琴 293-296

一个新的图像重建的快速算法

复旦大学计算机系

郭念东 297-300

一种改进的立体匹配算法

华中理工大学电子与信息工程系

龙世请 黄载禄 301-302

四叉树技术综述

清华大学计算机系

谢森 303-306

微机图像处理技术在超声胃肠疾病诊断中的应用

武汉大学无线电信息工程系

吴剑超 王思贤 疗孟扬  
 王加恩 陈汉荣 307-308

一种使光纤出图设备智能化的图像处理系统

华中理工大学

何乃慎 冯伟 309-311

一种新的快速 Hough 变换方法

重庆大学无线电系

周世辛 严慕陵 312-315

不规则区域图形叠置分析的规范区域理论方法及实现	西南交通大学 计算机系	楼新远	316-321
实时二值图像去噪的实现	华中理工大学 图像识别与人工智能研究所	陈益新 张桂林	322-324
一种新的图象增强和分割的熵算法	重庆大学无线电系	朱庆华 严惠陵	325-329
用 1 比特相位信息复原图像的自方熵约束法	武汉大学无线电通信工程系	唐青原 王延平	330-333
一种图象边缘检测的快速算法	华中理工大学 图像识别与人工智能研究所	彭国林 彭嘉雄	334-337
基于背景知识的一种消除光照不均干扰的线性算法	华中理工大学 电子与信息工程系	刘文子	338-339
一种模板化边缘提取方法	西南交大计算机系	范俊波 史燕 靳凡	340-343
莫尔等高技术及计算机分析	涪陵师专	赖先云	344-347

## 六、计算机视觉与模式识别

主持人：蔡国康 王秉钦 先 武

基于CAD的机器人视觉建模技术研究	清华大学计算机系	林学团	348-352
基于模型的室内机器人视觉系统	清华大学计算机系	朱志刚 林学团	353-356
用于摄取运动图象的二种线阵CCD摄像机	航天部502所	朱铮	357
计算机物体检测视觉	华中理工大学 图像识别与人工智能研究所	彭嘉雄 彭龙	358-361
旋转和比例不变的视觉研究	华中理工大学 图像识别与人工智能研究所	丁明跃 彭嘉雄	362-365
三维形状的测量与分析	电子科技大学自动化系	罗炳伟 曾强	366-368
行驶车辆牌照自动识别系统	西安交通大学人工智能与机器人研究所	郑南宁 张西宁 戴莹	369-377
印刷体文本分割软件的设计	重庆大学计算机系	冯美华	378-381
表格自动输入系统的研究--字符的分割与识别	北京工业大学三系模式识别与图像处理实验室	倪进荣 张广京 汪庆宝	382-385
用 280 单板机作 OCR 数字识别系统	重庆大学光机所	邱冈 卜小奇	386-388
一个基于 IBM PC 的语音识别系统	清华大学计算机系	裴莲红 方隼棠 邓秉波	389-391
一个用形态学方法实现的工作图识别系统	中国科学院国家模式识别实验室	张长水 阎平凡	392-395
一种新的识别有遮挡工件的特征抽取方法	华中理工大学 图像识别与人工智能研究所	白森 彭嘉雄	396-398



# 智能管理系统

北京科技大学 计算机系 徐序彦 蔡令涵

〔摘要〕本文分析计算机辅助管理系统的发展过程和存在的问题,提出智能管理系统(IMS-Intelligent Management System)的新概念和设计思想,论述IMS的结构功能,以及广义模型化,多库协同结构等技术的应用前景。

关键词:人工智能 计算机管理 智能管理 管理系统

## 一. 计算机管理系统的发展概况

“计算机管理系统”是指计算机在管理系统领域中应用的各种信息系统,更确切地说,是指各种计算机辅助管理系统。自1954年美国商业界首先用计算机进行工资管理以来,计算机在管理方面的应用得到了迅速而广泛的发展。现在,计算机已成为国民经济各部门,各种工厂、企业和公司,国家行政、经济和军事管理各级机构实现管理现代化、科学化的不可缺少的先进工具。

计算机管理系统的发展,经历了几个阶段。50年代,计算机在管理方面的应用,主要是进行工资管理、银行帐单处理、库存登记、数据统计、财会报表、单据处理等低层次的数据处理和管理事务处理工作,所以称为“电子数据处理系统”(Electronic Data Processing--EDP),或称为“事务处理系统”(Transaction Processing System--TPS)。随着计算机应用的普及与提高,EDP和TPS分别向MIS和OAS发展。60年代初,美国经营管理协会发表了J. D. Gallagher关于建立中等层次、综合性、较大范围的“管理信息系统”(Management Information System--MIS)的设想。MIS主要面向企业经营管理的信处理任务,如生产计划优化,综合调度管理,市场信息处理等,它与“运筹学”相结合,应用数学模型、最优化理论、以及“系统工程”方法,促进了计算机管理系统的发展。在60年代,形成了管理信息系统的高潮,但由于MIS没有适应高层次战略管理决策、非确定性、非结构化或半结构化信息处理的需要,以及“人--机”交互技术的限制,以致在70年代陷入了低潮,但是随着计算机应用的发展,80年代又再度兴起。

作为TPS的进一步发展,60年代XEROX公司推出了“办公自动化系统”(Office Automation System--OAS)。它是由复印机、电传打字机、文字处理机组成的,用于办公室的事务信息处理及操作自动化,实现办公室半自动化的系统,也称为“办公信息系统”(Office Information System--OIS)。随着计算机及其网络通讯技术、电视及电话传真技术的发展,70年代和80年代以来,办公信息系统的开发和应用得到了广泛的发展。对OIS提出了更高层次的要求。

为了应用计算机应用支持高层次的战略管理决策,解决相应的半结构化、非结构化的信息处理问题,改善“人--机”交互功能和用户有好性。1971年,Scott Mortent提出了“决策支持系统”(Decision Support System--DSS)。它由数据库、模型库及“人--机”对话单元等组成,主要面向高层次的战略管理决策,提供各阶段(情报、设计、选择)的决策支持。70年代,特别是80年代以来,决策支持系统受到很大重视,召开了专题学术会议,出版了专著和专刊,在研究和开发上进展迅速,并在机场管理、交通管理、金融计划、银行管理等方面得到应用。

## 二. 计算机管理系统存在的问题

虽然计算机管理系统在MIS、OIS和DSS等各分支都取得了不同程度的进展,但是,也存在不少问题,如:

### 1. “多层次”管理问题

计算机在管理中的应用可分为三个层次:高层管理,即战略管理,指战略性、全局性、长远性的规划、预测、决策和协调;中层管理,即战术管理,指战术性、局部性、中期性的计划、调度和运行管理;低层次管理,即事务管理,指事务性、具体的日常的办公事务和操作管理。

目前,从设计思想和应用功能方面看来,DSS侧重于高层,MIS侧重于中层,OAS侧重于低层,各自侧重一层,不适应多层次、多级管理的需要。

## 2. “多方面”管理问题

所谓“多方面”管理，是包括组织管理的多方面的全面管理，如：人事管理（社会管理），财务管理（经济管理），物资管理（技术管理）等。但是，目前在MIS，DSS及OIS中主要采用数学模型及运筹学方法进行优化分析，缺少基于知识模型的推理论证。

## 3. “多阶段”管理问题

计算机管理系统应当在组织管理决策的全过程中的各阶段提供信息服务与支持。通常，管理决策过程应包括：明确的任务，信息收集，方案设计，决策优选，效果评审等阶段；在这个过程中，即有结构化问题，也有非结构化问题或半结构化问题，需要计算机管理系统提供数据、知识、模型及方法的信息和支持。但目前，在MIS，OIS和DSS中，通常只有数据和模型库。

## 4. “人—机”协调问题

计算机管理系统的显著特点之一是“人—机”系统。作为计算机辅助管理系统，它与管理者、决策者组成“人—机”管理系统。系统运行性能和效果的关键问题是“人—机”协调，包括：“人—机”自然对话，“人—机”友好交互，“人—机”合理分工，“人—机”智能结合。

但是，目前的MIS，OIS和DSS在“人—机”协调方面都还存在很多问题和困难，而“人—机”失调正是当年MIS陷入低潮和困境的重要原因，解决上述存在的各种问题是计算机管理系统进一步发展的努力方向。

## 三. 智能管理系统的概念和思路

为了探讨计算机管理系统进一步发展的途径，我们提出了“智能管理系统”（Intelligent Management System——IMS）的概念。其主要思想是：

### 1. 多层次管理功能

通常，DSS主要面向中层管理，而OIS面向低层管理，各有所长，也各有所短，并且，它们之间有所相同，也有所不同。因此，将DSS，MIS和OIS相互结合起来，可以取长补短，在此基础上设技和开发的智能管理系统IMS，可以满足多层次管理的需求。其概念如图1所示。

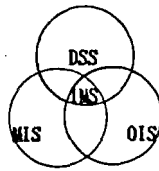


图1. 智能管理系统（IMS）概念

### 2. 四库协同结构

为了多方面管理的各方面，以及多阶段管理的全过程，提供全面的信息服务和计算机辅助支持。在智能管理系统的软件结构方案设计中，建议采取“多库协同”结构方案，典型的设计是“四库协同”结构方案。如图2所示。

采用四库协同方案，可以从数据、知识、模型及方法等各方面，为管理决策提供多方面、多阶段的服务和支持。

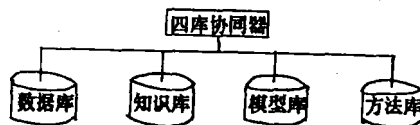


图2. “四库协同”结构

### 3. 广义管理模型

根据“大系统控制论”关于“广义模型化”的思想，建议在智能管理系统设计中，采用“广义管理模型”，如图3所示。

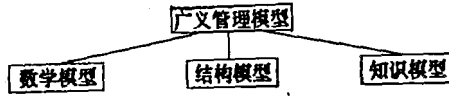


图3. 广义管理模型

广义管理模型包括多种管理模型，如：

数学模型，如运筹学、数量经济学、经济控制论方面的数学模型。

知识模型，如心理学、社会学、行为科学等方面的定性知识模型。

结构模型，如用于表示人际关系、组织结构中的信息流、能量流的各种有向图、无向图、关系表、网络图模型。

采用广义管理模型，通过相应的优化分析，知识推理和图表处理方法，可以为定性的、定量的、结构化、半结构化及非结构化的管理决策问题，提供求解的辅助手段，与四库协同系统相配合，可为多方面、多阶段管理服务。

### 4. 人机协调系统

为了实现人机协调，在智能系统中，需要运用“人机系统”(Man--Machine System)的观点和方法，进行人机合理分工，设计人机智能接口，实现人机智能结合，构成人机协调系统，如图4所示。



图4. 人机协调管理系统

### 5. 多学科结合产物

智能管理系统IMS是多学科相结合的产物，其中，特别是人工智能与管理科学的结合，知识工程与系统工程的结合。例如：专家系统技术与最优化理论，知识工程与数值计算，计算机图形学与网络图论方法相结合等，如图5所示。

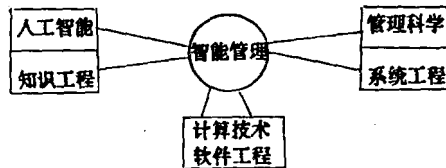


图5. 智能管理的学科关系

因此，智能管理系统可以定义为：具有拟人智能的管理系统。它概括了各种类型的计算机管理系统，如管理信息系统（MIS），决策支持系统（DSS），办公信息系统（OIS）等，是人机智能结合的管理系统。

从方法学的角度，也可以认为：智能管理方法是人工智能与管理科学相结合的方法，如四库协同方案，广义管理模型等。而基于智能管理方法设计的计算机管理系统，称为“智能管理系统”。

#### 四. 智能管理系统的结构和功能

##### 1. 智能管理系统的结构方案

根据上述关于智能管理系统的概念和思路，我们所建议的智能管理系统的基本结构方案，如图6所示。

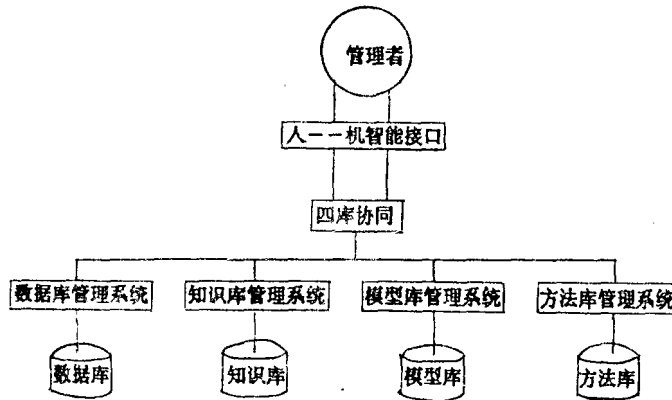


图6. 智能管理系统结构方案

智能管理系统具有下列结构特点：

**四库协同结构：**在四库协同器的控制下，数据库、知识库、模型库、方法库以及各自的管理系统相互配合，协调工作，组成递阶结构的软件系统。

**广义管理模型：**相应于四库软件结构，采用广义管理模型体系，利用有关的知识、数据，通过推理或求解方法，进行定性和定量分析，组成“人—机”协调系统。提供了“人—机”合理分工和“人—机”智能结合的环境。

**进化开放系统：**由于采用四库结构及人—机智能接口，系统是“可进化”的，即可通过“人—机”交互，对四库进行增删、修改与扩充、更新，不断提高系统的智能水平。因此，系统可以逐步进化。

##### 2. 智能管理系统的功能模式

具有上述结构方案的智能管理系统，可以为多层次、多方面、多阶段管理提供全面的、全过程的信息服务和辅助支持，是具有“全方位”功能的计算机辅助管理系统，如图7所示。

具有全方位功能的智能管理系统是面向用户需求的，在应用上具有普适性与灵活性。并且，通过双向人机智能接口，系统与用户可以组成人机智能结合的闭环管理系统。

根据用户的需求，在全方位模式中，可以突出重点，有所取舍。例如，经济管理信息系统。此外，按照应用场合的不同，各方位功能模式的内容也有所不同，例如，省长办公信息系统，总经理办公信息系统等。

# 智能控制

人工智能、控制理论和计算机科学的交叉

李祖枢

重庆大学自动化系智能控制研究室

## 摘要

本文系统地概述了智能控制的形成、发展及应用,论述了智能控制的基本思想、基本方法和基本特点,介绍了一种新的仿人智能控制理论的基本体系框架并对今后如何开展智能控制理论及应用研究作了进一步的探讨。

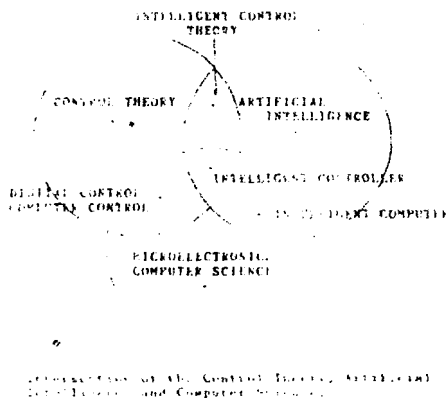
★) 本项研究受八九年国家自然科学基金资助

## 前言

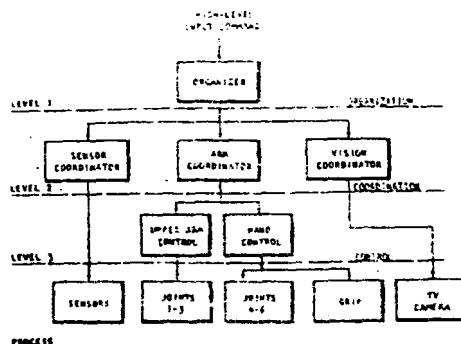
自动控制理论的发展自本世纪四十年代以来已经历了两个重要的阶段,即经典控制理论和现代控制理论阶段,尽管几十年来控制理论已取得显著的进展,但给工程控制的实践冲击并不大,理论滞后于应用的需要。一般说来实际工业过程都具有非线性、时变性和不确定性,难于建立精确的数学模型,难于用纯数学解析的方法完成系统综合和设计的任务。现有控制理论单纯依靠纯数学解析的方法,对被控对象及所处环境中存在的大量模糊和定性的信息无能为力,而定性信息在控制中往往起着十分重要的作用。事实上任何一个有效的工业控制设计乃至象PID这样一般的实际问题也不能由理论单独解决,人的直觉推理逻辑在其中扮演了十分重要的角色[1]。虽然直觉推理因素对获取好的控制性能很重要,过去却一直没能引起理论界更多的兴趣,原因一是理论分析相当困难,二是许多学者还没有觉察到它的存在。

另一方面七十年代以来微电子学、计算机科学和人工智能(AI)获得了迅速的发展,使人们进一步深化了对人类自己的智能活动机理的认识,也为用机器获取、表达和利用知识创造了条件。与此同时人们也注意到了智能与控制之间紧密的内在联系。生物经过亿万年的进化发展到人,不断改进自身的功能结构,以适应环境求得生存,从而使生物体和人体本身具有相当灵活完善和可靠的各种控制和调节机制。迄今为止世界上最高级、最有效的控制器还是人类自身,因为人具有如上述直觉推理之类的各种智能。因此计算机科学和人工智能等科学与控制理论的交叉结合(如图(1)所示)将大大促进自动化技术的发展,将诞生新的一代控制理论——智能控制和新一代控制机——智能控制机。

自动控制研究的最终目的是制造能代替人进行控制的机器。从此意义讲,自动控制研究最初就是从模仿人的控制行为开始的。可以说从开环控制、闭环控制到自适应控制、自校正控制和自学习控制发展的过程就是控制的智能程度提高的过程,而现今智能控制研究的出现只不过是人们对自动控制本质的认识的深化而已。



图(1) 控制理论、人工智能和计算机科学的交叉



图(2) 机器人分层递阶智能控制结构

新学科的字或理论的产生,人们自然地为它产生各种各样的解释。例如,有人把智能控制定义为:智能控制与传统控制有什么不同?它怎样开展智能控制的研究?等等。所谓智能,按经典的定义是:“the ability to learn and understand from experience, ability to acquire and retain knowledge, ability to respond judiciously, successfully to a new situation, use of the faculty of reason in solving problems...”[6]。因此,人们说智能包括学习能力、学习能力、系统知识、记忆知识和应用知识推理的能力以及解决问题的能力。控制就是智能控制。美国著名智能控制学者 Saridis 将智能控制定义为:“智能控制是在变化环境中解决问题的能力,反复练习学习新功能和在不允许有操作者时环境中的智能操作的控制”[6]。他们认为:“智能控制就是在适应环境变化过程中能模仿人和动物所表现出来的优秀控制能力的控制”。可以说在今后相当长的一段时期内,智能控制研究的核心问题是“仿人”。

## 智能控制(IC)的形成、发展及现状

作为智能科学的发源地,美国最早开始对智能控制研究。付京孙首先提出把人工智能中的直觉推理规则方法用于学习控制系统, Mendel 进一步在空间飞行器的学习控制中应用了人工智能技术并提出了“人工智能控制”概念。1967年 Leondes 和 Mendel 首次正式使用“智能控制”一词,并把记忆、目标分解等一些简单的人工智能技术用于学习控制系统,提高了系统处理不确定性问题的能力。循着这样的研究思路,从七十年代初开始,付京孙、Glorioso、Saridis 等人从控制论角度总结了人工智能技术与自适应、自学习、自组织控制的关系,正式提出了建立智能控制理论的设想,指出了智能控制就是人工智能(AI)、运筹学(OR)与控制理论的交叉[5],并创立了人机交互式分级递阶智能控制的系统结构(如图(2)所示)。同时在核反应堆、交通和智能机器人等控制中获得成功。

这种多级智能控制系统把识别和控制方法相结合,按智能程度的高低分为:组织级、协调级和运行控制级,并遵循级随“智能增加而相应精度降低”的原则。最低级运行控制级必需高精度执行局部控制任务,满足某一局部的性能指标,次高级协调级主要协调各子任务的运行,只要求较低级的运算精度,但要有较高的决策能力,甚至还具有一定的学习功能;最高级组织级,作为语言的组织者,具有相应的学习和决策能力,包括对一系列随机输入的语句进行语法分析、任务组织、识别控制情况以及在大致了解任务执行细节的情况下,提出适当的控制模式。为建立起智能控制理论体系, Saridis [5]还试图借用所谓“熵(Entropy)”和“知识量(Rate of Knowledge)”F的概念来作为智能程度高低的量度。但,这类多级智能控制系统中,智能主要体现在高的层次(组织级和协调级)上,并认为智能控制高层次中体现出的功能可以看成是对人的特性的一种模仿,可以看成是“知识基系统”的一部分。可是在这种智能控制系统中,运行控制级仍然采用的现有数学解析型控制算法,不便处理过程中的定性信息和利用人的直觉推理逻辑和经验,难以获得对不确定性系统好的快速的实时控制效果。

人们从控制工程实践中认识到,当一般数学解析方法无能为力时,根据直观的过程行为知识来构成直觉推理的控制十分有效。而以“IF 状态 THEN 作用”形式表示的规则,为描述这些信息处理和决策提供了一个方便的结构。规则控制自1965年 Zadeh 创立模糊集合论,并被用于过程控制以来,逐渐形成了智能控制研究的一个重要分支。纵观其发展,规则控制方法经历了从规则选择模糊规则组合型[20],直至近期与专家系统相结合的“A1”型的发展历程。此外,“事件驱动型系统(Event Driven System)”的研究大大地推动了“智能管理系统”的研究[18]。“规则控制”也好,“专家控制”也好,总的说来都可以归于“知识基控制系统”[21]。市川洋信的产生式系统控制器[8]、R.M.Tong 倡导的专家模糊控制器[9]、长谷川健介的符号流程图(MFG)方法和浦原家的GRAI网络方法[11]是这方面典型的代表作。

Saridis 曾在“论智能控制的实现”[4]一文中指出,向人脑(或生物脑)学习是唯一的路径,对人脑神经中枢系统智能活动的研究和模拟是智能控制研究的另一重要途径。研究方法分脑结构功能模拟和脑行为功能模拟两种。前者研究脑神经中枢系统的某些结构以及这些结构在运动控制中的作用和控制机理,并通过由此建立起的以机器人运动控制为目标的脑模型,设计出具有一定智能水平的控制器,其又分为宏观结构功能模拟和微观结构功能模拟。典型的研究有 Albus 的小脑模型[12]、温口龙雄的机器人电子学理论(Robotelectronics)[13]和最近盛行的神经网络模型[14]和神经网络计算机研究[15]。行为功能模拟视脑和脑指挥的控制行为为黑箱,侧重研究其输入输出关系及表现出来的外部控制行为和功能,例如,特征识别、评估、适应、学习、记忆、联想和决策与思维的方法等,力图用智能算子(包括数学算法与直觉推理)来等效或近似等效模拟脑的控制行为功能,设计出智能控制器。这方面典型的研究为手动控制研究,从四十年代开始持续至今[17]、[19]。

智能控制研究的另一重要方面就是把传统的控制理论与专家系统技术结合,典型的研究有仿真与CAD专家系统[20]、[23]、PID的专家式自校正系统[24]以及Astrom等人的“专家控制”[11]等,特别应提及的是英国的Foxboro公司和日本的横河公司已把PID专家式自校正控制用于控制仪表的产品中[25]。

可以说智能控制的研究现状以高层次的逻辑判断功能占主流,但是笔者认为最与控制最近的是研究能体现出具有适应能力的灵巧运动功能,例如:熟练操作者的手动控制能力、杂技演员骑自行车和顶倒立物品的技巧以及体操、跳水运动员控制身体运动的能力等等。这都需要高度快速的实时运动控制,然而这方面的研究都还处在初级阶段,事实上迄今为止的二足步行机器人距离一般人行走和跑步的水平还相差甚远。

智能控制研究正成为控制界与人工智能学界的热门课题,IEEE迄今为止已举办了四届智能控制的国际学术会议,IFAC的主要国际大会几乎都增设了人工智能分会场。笔者八七年访问英国时了解到,西欧控制理论界的著名学者Astrom,Macfarlan, Owens, Nensro等都纷纷转向专家控制系统的研究,专家控制是这两年西欧控制界各种学术会议上讨论的中心议题之一。笔者八八年六月、七月访问日本也注意到日本控制界对智能控制研究也十分重视,八八年四月出版专著介绍了日本智能控制研究的现状[26]。

七十年代末、八十年代初国内涂序彦、蒋新松等人已注意到人工智能与自动控制之间的关系,倡导开展智能控制的研究[27]、[28]。最近曹仲华、吕勇波、俞蔚孙等人领导的研究和几乎遍及全国的研究在国内也掀起了智能控制研究的热潮[30],许多学者认为智能控

制是自动化学科向深度发展的必然产物,是第三代的控制理论。人和动物能够巧妙地控制多自由度、非线性的复杂系统,这是现有控制理论无以比拟的。早在1980年以前,重庆大学谭其基教授及其领导下的智能控制研究所就开始了对仿人智能控制的研究,他们认为:应将对人脑的宏观结构功能模拟与对人控制器的行为功能模拟结合,仿人智能控制器的研究应从分层递阶智能控制系统的最低层次(运行控制级)着手,充分应用已有的控制理论和计算机仿真原理,直接引入人的控制经验、技巧和各种直觉推理逻辑进行模仿、概括和总结,编制成各种简单实用、精度高、鲁棒性强、能实时运行的控制算法[31]~[41],并把它们直接应用于实际控制系统[42]。进而建立起系统智能控制理论体系。仿人智能控制可以说是一种更能实时运行的专家控制系统,其优良的控制品质和较强的鲁棒性、适应性充分显示了智能控制的魅力。

## 智能控制的基本思想和方法

智能控制目前处于探索、开拓和发展的初期,探讨一下其研究的基本思想和方法,对于加快研究步伐,明确研究目标甚有必要。

任何一个控制系统都是由被控对象和控制机构(控制器)这两大部分组成的。按工程问题的求解的基本观点,一个控制系统的运行过程,实际上就是控制机构对控制问题的求解过程。若控制机构是人,这就是我们要研究的仿人智能控制系统。若控制机构是机器(如计算机),而它又是模仿人的方式去解决控制问题,去实现自动控制,我们就称其为智能控制人机系统(I C S)或专家式控制系统(E C S)。与任何一个A I问题一样,I C的问题解决都与知识获取、表达和利用分不开,都与推理、决策、学习与适应分不开。只是控制问题的求解要求系统具有在线运行的实时性和强的鲁棒性、适应性以及自学习能力。这也是目前智能控制面临的困难和大多数研究成果还未获得实际应用的主要原因。

智能控制最基本的思想是仿人、仿智。无数事实表明,迄今为止世界上最高级的最有效的控制系统是人类自身,研究人类自身表现出来的控制机制,并用机器加以模仿是智能控制研究的重要途径。怎样仿人呢?上一章介绍了国内外的各种流派,而我们认为在现阶段对人的控制机制采用宏观结构模拟和行为功能模拟的方法最为合适。

人体司管运动控制的神经系统是一个多层的控制系统,其特点如下:

1. 机体各部分工协调,并行运行,把一个复杂的问题分解成多个子问题,大大提高了获取和处理信息的效率。
2. 各级控制递阶层次越高,智能越高,精度越低,信息处理的时间越长的原则。反之低层次要求精度高,处理信息快,虽然智能因素少,但仍然有极为高超的控制技巧,它的完美性与高层次之间巧妙联络、信息交换构成了人运动控制的基础。
3. 有专门的协调机构,人体的运动控制不仅面临着多变的外部环境,而且面临着不固定的内部世界,众多的控制回路相互关联,为使运动快速、准确、稳定的进行,必须协调这些回路的工作。

生物机体是一个庞大的复杂系统,人脑可能是我们至今所知道的最复杂的系统之一,人的精神世界素有“第二宇宙”之称。要从宏观结构功能上完全模仿人脑,就目前科学技术水平而言,还只能是幻想。在宏观结构模拟的基础上研究人的控制行为功能并加以模拟实现应该是目前的必由之路。

在人参与的控制过程中,经验丰富的操作者并不是依据数学模型进行控制的,而是按过去积累的经验,如系统动态信息特征的定性认识进行直觉推理,在线确定或变换控制策略。随着控制策略的选定,控制输出与系统动态响应偏差、偏差变化率和一些与前期控制效果有关的特征记忆呈现一定的定量关系(比例保持、预估等)。当然策略随特征状态而变化,这种量的关系也是各异的。

综上所述,我们提出了仿人智能控制系统在结构和功能上应具有的四条基本原则:

1. 分层的信息处理和决策机构;
2. 在线特征辨识和特征记忆;
3. 开、闭环结合的多模态控制;
4. 启发与直觉推理逻辑的运用。

上述原则中人的直觉推理逻辑由人工智能的产生式规则予以描述,在线特征辨识和特征记忆依据系统动态特征模型进行,而特征模型的建立与人工智能的模式识别和知识表示技术息息相关;开、闭环结合的多模态控制建立在经典控制理论基础上,各种控制模态的建立充分利用了控制理论的前期成果;分层递阶的信息处理和决策机构需要计算机软件、硬件的发展予以支持,例如并行运行的多C P U控制计算机系统的研制等。应当说上述原则的实现充分体现了人工智能、控制理论和计算机科学的交叉和结合。

## 仿人智能控制基本理论体系框架

从控制的观点上看,在仿人智能控制的四原则中出现了一些全新的概念有必要略加以阐述。

定义1:特征模型(Characteristic Model)  $\Phi$ 是对智能控制系统动态特性的一种定性描述,是针对不同的控制问题求解和控制指标要求对信息空间的一种划分(参见图(3)),划分出的每一区域分别表示系统的一种动态特征状态 $\Phi_i$  [38]。特征模型为所有特征状态的集合,即:

$$\Phi = \{\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_r\}$$

定义2:特征辨识(Characteristic Identification)是智能控制器依据特征模型对采样信息在线推理、模式识别,确定系统当前处于什么特征状态的过程。

定义3:特征记忆(Characteristic Memory)是智能控制器对一些历史前期控制与决策效果和反映控制任务要求及对象性质的特征量的记忆。记这些特征记忆量的集合为:

$$A = \{A_1, A_2, \dots, A_p\}$$

定义4: 控制或决策模式 (Control or Decision Mode) 集  $\Psi$  是指智能控制器输出  $U$  与输入信息集  $R$  和特征记忆集  $\Lambda$  之间的某种定量或定性的 (映射) 关系  $\Psi$ , 即:

$$\Psi = \langle R, U, F \rangle = (\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_r)$$

其中:

$$\psi_i: u_i = f_i(r_j, \lambda_j, \dots) \quad \text{定量 (映射) 关系}$$

或

$$\psi_i: f_i = (IF r_i THEN u_i) \quad \text{定性 (映射) 关系}$$

定义5: 启发与直觉推理规则 (Rule of Heuristics and Intuition)  $\Omega$  是对人 (专家) 决策过程的一种模仿或描述, 它依据特征辨识的结果  $\Phi$  确定相应的决策与控制策略  $\Psi$ , 是一非数值的定性映射过程。其也由产生式规则描述, 即

$$\Omega = \{ \omega_1, \omega_2, \dots, \omega_r \}$$

其中

$$\omega_i = (IF \Phi_i THEN \Psi_i)$$

因此整个决策过程也可由如下三序元关系描述:

$$\langle \Phi, \Psi, \Omega \rangle$$

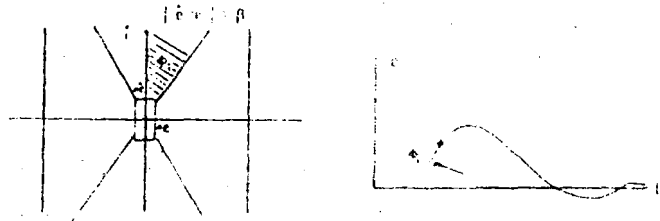


图 (13) 一种简单的特征模型

定义6: 分层的信总处理与决策机构是求解控制问题的一种高阶产生式系统结构, 是人的神经结构或人 (专家) 及其群体决策机构的一种模仿。如图 (4) 所示: 仿人智能控制系统按层次高低可分为: 中相司令级  $CP$ 、组织协调级  $OC$  和单元控制级  $UC$ 。而每一单元控制级又由如图 (5) 所示的二阶产生式逆阶结构, 即由任务自适应级  $TA$ 、参数自适应级  $ST$  和运行控制级  $MC$  组成。

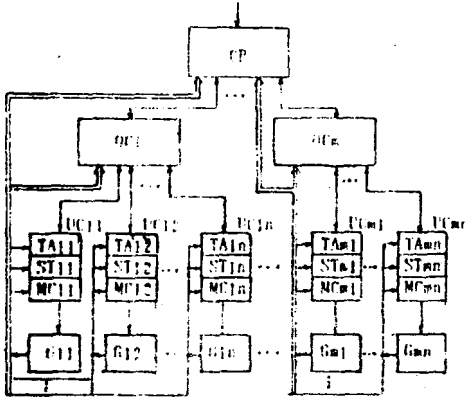


图 (4) 仿人智能高阶式产生式系统

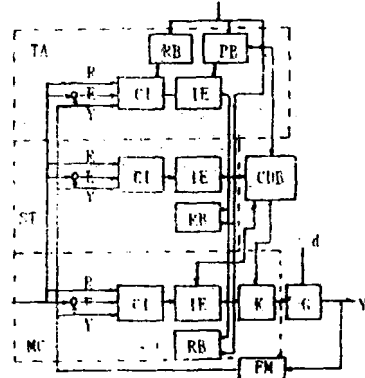


图 (5) 仿人智能控制系统单元控制级结构

运行控制级  $MC$  是目标级产生式系统, 它直接面对实时控制问题构成 0 阶产生式系统。参数自适应级  $ST$  解决  $MC$  中控制模式的参数自适应问题, 它间接面对实时控制问题, 与  $MC$  一起构成 1 阶产生式系统; 当控制环境或被控对象发生较大变化时或当上级给定任务变更时, 任务自适应级  $TA$  解决  $MC$  或  $ST$  中特征模型、推理规则和决策与控制模式的选择、修改及至生成问题, 它更间接面对实时控制问题, 与  $ST$  和  $MC$  一起构成单元控制级的 2 阶产生式系统。作为一高阶产生式系统,  $MC$ 、 $ST$  和  $TA$  三级都有各自的数据库  $D$ 、规则库  $R$ , 各自的特征辨识器  $C$  和推理机  $I$   $E$ , 三级之间包含的信息交换通过对公共数据库  $CDB$  的直接存取取数即可完成。这种紧密耦合的并行运行机制便于单元控制级快速自适应控制过程的完成。

多个单元控制级的任务规划及相互协调由一组织协调级  $OC$  来完成。  $OC$  依据中相司令级  $CP$  的命令和其它组织协调级的协调要求以及来自各单元控制级的反馈信息特征, 确定所属各单元控制级的任务和对其它组织协调级的要求。  $OC$  及其所属  $UC$  构成一 3 阶产生式系统。具有类似结构的多个组织协调级组成协作网络, 受更高级产生式系统中相司令级  $CP$  的控制与管理, 构成具有 4 阶产生式系统结构的综合智能控制系统。进而, 多个智能系统按不同逆阶结构联合由更高级的产生式系统控制, 以解决更复杂或范围更广的问题。由此类推, 按控制的不同要求和问题求解的复杂程度与范围可建立起具有  $n$  阶产生式系统结构的智能控制系统体系。显然, 阶数的高低和各阶产生式系统中启发推理规则的多少, 在一定程度上反映了智能控制系统拥有知识的多少和智能程度的高低, 各级产生式系统均可



由上述给出的二个三重序元关系于描述,即:

$$\langle \Phi, \Psi, \Omega \rangle \quad \langle R, U, F \rangle$$

与经典和现代控制理论对应,在仿人智能控制系统体系框架之下,一系列理论和实际应用问题已经、正在和即将解决。它们是:

- 1) 基本概念的形成与描述和控制知识的获取与表达;
- 2) 如何利用现有控制理论在建模、仿真和设计方面的成果,如何总结人(专家)处理信息和控制的经验,研究各项适应与对象特征模型的建立和表示方法,研究各项产生式系统的控制与决策模式的计算机辅助设计方法;
- 3) 在多模态控制情况下,对模糊或不确定对象的优化控制理论与方法,多变量系统的智能解耦理论与方法;
- 4) 仿人智能控制器在自校正或自学习的过程中,带记忆的非线性的智能控制系统的稳定性监控与分析机理;
- 5) 仿人智能控制器的控制灵敏度分析、鲁棒性分析智能程度测量的理论及方法;
- 6) 各级产生式系统的可控性、可达性分析和推理的不确定性及可信度分析理论和方法;
- 7) 结合自动机理论、计算机多机系统理论对仿人智能控制计算机多机(多CPU)系统的硬、软件设计与实现和其开发工具及程序语言的研究。

## 仿人智能控制的基本特点

仿人智能控制是人工智能、控制理论和计算机科学交叉的结果,显然从认识论和方法论的角度来看,它独具风格,大不同于经典和现代控制理论,其基本特点表现在:

1) 研究的主要目标不是被控对象,而是控制器本身。建模与辨识的目标,不是对象的数学模型,而是系统动态特性的特征模型和控制器的知识模型。经典理论也好,现代理论也好,以及近期十分热门的自适应、自校正理论也好,可以说研究的主要目标是该控对象。即一旦对象的精确数学模型或合适的简化模型得以建立,该控制问题就迎刃而解了。因此模型辨识、参数估计理论成了自适应理论的一大支柱,但对象的复杂多变和不确定性使建立精确的数学模型十分困难,甚至不可能。即使能够建立,也因复杂计算量大而难以支持在线利用。仿人智能控制研究的主要目标是控制器本身如何模仿人(控制专家)的结构和行为功能,即建立控制器的知识模型,通过控制器自身的智能行为去对付对象及其环境的各种变化,而不必考虑对象数学模型的建立,这无疑是在控制认识论上的一个重大突破。

2) 研究的工具不是纯的数学解析方法,而是定性定量相结合,数学解析与直觉推理相合的知识工程方法。仿人智能控制器采用了产生式系统构成技术,产生式规则表示为:

IF (condition) THEN (action)

这种基于规则的符号化模型适于描述因果关系,定性的非解析映射关系,具有较强的灵活性,便于表达人的直觉推理逻辑,来处理各种定性和模糊的信息,且推理决策快速准确。

3) 基于特征辨识的多模态控制实现了系统动态特性变化与控制器输出的多值映射关系,它不同于现有理论的单值映射关系,因此能实现多性能指标的兼顾,这也是仿人智能控制品质优于其它控制器的主要原因之一。因为经典和现代控制理论可设计的最优控制,由于控制器输入输出的单值映射关系决定了它只能在众多性能指标上折衷。

4) 仿人智能控制具有强烈的实践性。一则其主要途径是仿人,人的控制经验、行为和直觉推理往往难于用数学解析方法予以描述,因此控制器的设计不能完全由理论推导产生,离不开总结人的实际操作(至少是仿真操作)的经验。这与现代控制理论的纯数学设计相比更接近工程控制实践,更易于实现和应用。二则其硬件基础是计算机,可以说离开了计算机就谈不上智能控制,但反过来智能控制的研究又促进了控制计算机的发展,例如仿人智能控制器就需要按其要求而设计的特殊多CPU并行运行计算机硬件、软件结构的支持。

## 结束语

随着由电子计算机开始的智能机的进化和工程控制实践的发展,智能控制理论已开始了其诞生、形成和发展的历程。虽然只有二十多年的历史,并取得了一些可喜的进展,但仍缺乏完整的、系统的理论体系,应用也才刚刚开始。智能控制正愈来愈受到人工智能学术界和控制界的广泛重视,正吸引着更多人人为之努力奋斗,我们完全可以满怀信心地说有众多的学科发展的坚实基础,有实际应用广阔前景,智能控制必将获得蓬勃发展,并将会把自动化科学技术推向一个崭新的阶段。

## 参考文献

1. Astrom, K. J., "Expert Control", Automatica, Vol. 22(3), pp. 277-286, 1986.
2. Astrom, K. J., 谈自适应理论的发展趋势, 国外自动化, 1980年6期.
3. Fu, K. S., "Learning Control System and Intelligent Control Systems, An Intersection of Artificial Intelligence and Automatic Control", IEEE, Trans. AC, 16, (1), pp 76-72, (1971).
4. Saridis, G. N., "Toward the Realization of Intelligent Controls", Proc. of the IEEE, Vol. 67, No. 2, 1979.