

# 人工智能及智能控制系统概述\*

蒋新松

(中国科学院沈阳自动化研究所)

## 摘 要

本文扼要地概述了人工智能与智能控制系统的发展情况。全文分五个部份：1) 前言；2) 人工智能的历史及主要研究课题；3) 人工智能核心问题的研究与进展；4) 智能控制系统；5) 结论。本文提出应用人工智能的基本原理，特别是专家咨询系统的基本思想，建立新型的控制系统——智能控制系统，来解决复杂大系统的辨识和控制中一些难解决的问题。

## 一、前 言

什么叫人工智能？这是一个难以确切回答的问题。Nilsson<sup>[1]</sup> 1974年提出人工智能是研究智能的科学，他设想像空气动力学推动飞行事业的发展那样，能否在研究和探索人类感觉和思维最本质活动的基础上创立起智能科学呢？这一设想为设计各式各样的智能自动机器奠定了理论基础。他认为人工智能的研究和攀登月球、探索生命奥秘的科学一起，构成了当今最辉煌的科学事业。但是，自开展人工智能研究二十五年以来，其进展是极为有限的。因此，人工智能也遭到各种非议，有人甚至把它贬为二十世纪的点金术<sup>[2]</sup>。然而，从工程观点来研究人工智能还是很有实用价值的。那末，从工程观点来看什么叫智能呢？应用 Turing 早期提出的一个检验智能的标准来回答这一问题，即如果将一台机器及一个人放在一个房间内，由另一房间的人向人及机器提问，如果所提问题在一定的范围内无法区分是人还是机器作出的回答，则我们称这一机器是具有智能的。这一检验标准包含着一个极为重要的概念，即我们并不关心机器是否是真的像人一样思维，以及人究竟是如何思维的？机器是否在模拟人等等，而只从外部功能来判断，用这个判别方法来定义智能是有很大大实践意义的。因为要探讨清楚人类智能行为的本质及内在规律，也许需要一个世纪或更长时间的努力。但创造具有一定智能的机器人是可以在较短时期内实现的。因此，Winston 提出了一个定义“人工智能就是研究，如何使计算机去做原来只有人才能做的具有智能的工作。人工智能的中心目标就是使计算机更有用以及探讨构成智能机器的原理”。由于是用机器来实现人的某种智能行为，因此叫“机器智能”可能更为恰当。但这不是人的智能的模拟，因为实际上人和机器做同一件工作，而所用的方法可能完全不同。国内一度称“人工智能”为“智能模拟”，我们认为这不太确切。

人工智能是一门正在发展中的学科，也是一门仍然缺乏理论的学科 (Simon)<sup>[4]</sup>，但在知识获取，知识的型式化及表示技术，问题求解、推理演译、产生式系统等方面已总结出一些基本原理。这些原理及方法已用于构成各种“专家咨询系统”。这种系统已成为人工智能很有希望并有实用意义的一个领域。上述方法，也可望应用于自动控制中，构成更高级

\* 本文修改稿于1980年9月13日收到。

的智能控制系统,解决复杂系统的模型建立及控制决策制订,为研制实用的智能机器人奠定基础。值得提出的人工智能推动当前进行着的新的技术革命,即把生产系统从“人-机器”系统变为“人-机器人-机器系统”;把人从危险、恶劣的环境(高温、高压、有毒、辐射等)中解放出来,并为原子能利用、海洋和宇宙开发提供有力的工具。

## 二、人工智能的发展及主要研究内容

### 1. 历史

人工智能的诞生虽然可以认为是从 A. M. Turing 寻求智能机开始的。但人工智能开始形成一门学科还是五十年代后期的事,1955 年 A. T. Samuel 应用第一个启发式程序(Heuristic Programs)编写了一个跳棋程序,使机器可以向人学习跳棋,能积累经验。1959 年该机器击败了它的设计者,1962 年击败了美国一个州的跳棋冠军。1956 年 Newell 和 Simon 研制出一个称为“逻辑理论家”的程序(简称 LT)。证明了数学名著“数学原理”一书第二章 52 个定理中的 38 个定理,后来王浩<sup>[6]</sup>发表了一个王氏算法证明了全部命题。此项研究成果,被认为是计算机探索智能活动的第一个真正的开端。1957—1959 年 Newell 和 Simon<sup>[7]</sup>集中于问题求解的研究,发表了一个“通用问题求解程序”,(简称 GPS)。现在看起来,这是失败的。但在当时来说,它是所做过的人思维过程的模型中最复杂与比较完整的成果。同年,McCarthy 研制出表格处理用计算机语言 Lisp,用它可以方便地处理各种符号。1961 年, Minsky 发表了“走向人工智能的步骤”的论文<sup>[8]</sup>,对当时的人工智能研究起到了推动作用。1964 年开始了自然语言理解系统的研究。随后, MIT, SRI 等先后开始了物体识别和智能机器人的研究。1969 年后英国爱丁堡大学和日本的电总、早稻田大学、日立公司中央研究所开展了智能机器人的研究,研制出了不同类型的智能机器人。1969 年召开第一次国际讨论会,至今已开了六次。以后两年一次。

### 2. 研究的内容

关于人工智能研究的内容及其核心问题, Nilsson<sup>[4]</sup> 作了一个比较全面的论述,下面作一简单介绍:

1) 自然语言处理: 人们用语言进行通信,这是一个极其复杂的过程,语言往往高度凝集了一个人的知识,语言的生成及理解是一个异常复杂的编码和解码问题。因此要研制一架机器能懂得或生成一部份自然语言至今仍是一个十分困难的问题。在这方面 Winograd 于 1972 年做了有代表性的奠基性工作。近年来在这方面研究的人很多,在近两届国际人工智能会议中这类论文的篇数最多。在第六届国际人工智能会议上,大会特邀 Grosz 作了一篇很好的概述报告<sup>[11]</sup>。

2) 智能式提取数据库信息方法: 数据库系统是储存关于某方面主题的大量事实的计算机系统。可用来回答用户关于某方面的问题。数据库的设计是计算机科学一个很活跃的领域,已有很多有效的方法来表示,储存和提取大量事实。作为人工智能所感兴趣的,是如何从数据库事实中进行演译推理导出回答,这称为智能式提把信息。

3) 定理证明: 定理求证是一种需要智力的工作,不仅要能从假设中进行演译,而且需要直观的技巧来猜测预先证明哪些引理,以及判定过去证过的哪些定理对证明及待证明的命题有用,或者如何将问题化为独立的子问题等,用谓词逻辑语言使演译过程型式

化,帮助我们更清楚的了解某些推理成份。很多工作,包括医疗诊断信息提取、问答系统等均可表达为定理证明问题。因此定理证明在研究 AI 方法中是一个非常重要的工具。Robinson 的归结原理是机器证明定理的一个重要的里程碑<sup>[12]</sup>。

4) 机器人学: 通过机器人或机器人学的研究,发展了很多 AI 思想及技巧,如“环境”状态的模型化;描述从一个状态到另一个状态的变化过程,如何产生动作序列的规划及如何监视这些规划的执行等。研究复杂的机器人控制发展了多级抽象空间的规划问题。七十年代初,虽然机器人的理论研究有些减少,但实用研究有所增加,开始将已有的研究成果用于工业装配、产品检查等实用化研究方面。七十年代中由于人们对机器人的兴趣,以及机器视觉、推理等研究的新进展,智能机器人的研究又开始活跃了起来<sup>[13]</sup>。

5) 程序自动化:这里所指的程序自动化是指研制采用更高一级语言,像谓词逻辑,以英语描述问题时的自动编译系统,及原问题解题框图的自动研究等,这方面迄今进展不大。

6) 组合和编排问题:指研究机器求解像经典的“货郎担问题”一类易于产生组合爆炸的难题。如何利用有关问题的知识编制启发式程序是求解这类问题的核心<sup>[14, 15]</sup>。

7) 识别问题:研究如何使用计算机能通过摄像机识别所看到的景物或通过拾音器听懂语言。无数实验表明,只有在理解的基础上才能对复杂的图像作有效的处理。而理解本身需要以所接受的景物的大量知识为基础,这是从 AI 角度研究识别的一个核心。机器识别目前是人工智能领域中研究得最多的课题之一。

8) 专家咨询系统:近年来从人工智能走向实用化研究最引人注目的是各种类型的专家咨询系统 (Expert-Consulting System),所谓专家咨询系统,就是一个计算机系统事先将有关专家的知识总结出来,分成事实及规则,以适当的形式存入计算机,即建立起知识库。根据这样的数据库,采用合适的控制系统,按输入的原始数据选择合适的规则进行推理、演绎、做出判断和决策,能起到专家的作用,所以称为专家咨询系统。这一运算型式即数据库,规则及控制系统,近年来统称产生式系统 (Production System)。专家咨询系统已开始应用于化学、地质学、医学、气象学、军事、教育等方面。第一个称得上专家系统的是美国斯坦福大学 Feigenbaum, Buchanan, Sutherland<sup>[3, 16]</sup> 等人于 1969 年研制的“DENDRAL”系统。这一系统是用来确定有机化合物的分子结构式,系统输入的原始数据为有机化合物的分子式及其质谱图,在 DENDRAL 内部根据化学专家的知识 and 质谱仪的知识构成二个产生式系统。DENDRAL 得到结果的能力往往超过了年轻的博士,目前该系统已得到了实际应用。

1977 年斯坦福大学的 Davis, Buchanan Shortliffe<sup>[17]</sup> 等人设计了一个称为 MYCIN 的医疗诊断系统,该系统的目的是,在不知道原始病原体情况下,如何用抗生素来处理血液细菌感染患者。输入系统的原始数据是患者的症状,一般情况、历史和化验结果,系统内部应用了 300 条产生式组成关于血液细菌感染病的知识库。MYCIN 系统可用英语直接和查询的内科医生对话,可回答各种问题,可吸收新的知识。

Gaschnig<sup>[18]</sup>1979 年在第六届国际人工智能会议上报告了一个用于矿藏勘探的专家咨询系统,称为 Prospector 系统,受到了大会的重视。Prospector 系统具有由经济地质学家提供的关于硫化物、银锌矿、铜矿、硫化镍矿的模型,有 350 个语义网络,200 多条产生式规则。可自动成图,并给出钻孔地点。

Clancey<sup>[19]</sup> 报告了一个称之为 Giudon 的系统,该系统是智能计算机对学生进行辅导的一个成功的例子,它能解决学生提出的问题。

Englmore 报告了一个称之为 Crysalls 的系统,它是一个专门用于 X 射线得到的晶体图来判断蛋白质分子结构的系统。

Langley<sup>[21]</sup> 的 Bacon 系统是一个对实验数据分析的专家系统。Bacon 能从经验数据中归纳出一般规律,输入为二个或二个以上变量的观察数据集。应用 Bacon 系统可以很容易地证明欧姆定律、开普勒定律等。

目前专家咨询系统有如雨后春笋,遍见于文献中。

由于各种专家咨询系统的出现,可以说人工智能的近期目标——使计算机更有用正在付诸实现中。

### 三、AI 系统核心问题的研究与进展<sup>[2]</sup>

#### 1. 知识的获取 (knowledge Acgusion)

从知识的角度来看,智能就是获取和利用知识的过程。因此,如何形成知识和建立知识库是 AI 系统的核心问题。如一个专家咨询系统,往往具有几百条几千条事例及规则,这些事例及规则都是有关专家的知识 and 经验的总结,据此建立知识库,才能代替专家解决某些专门的问题。但应指出,如何使用恰当形式来表示知识,乃是极为费时和麻烦的事,因此寻求自动“获取”知识的方法将是 AI 技术今后的重要课题。

目前来看,有三个途径来解决这一问题。第一,建立一个专门的编辑系统,使得某一领域的专家可以直接和 AI 系统的知识库通信;第二,随着自然语言处理技术的进展,进一步发展人直接用自然语言对计算机进行示教及指挥;第三, AI 系统能直接从它所从事的领域学习重要的知识。

所有大型 AI 系统必须有一个知识库的编辑系统,以便随着系统的发展有能力对事实及规则进行增删及改变。在这方面,有不少较为成功的例子。如 Davis(1976) 设计了一个称为 Teikesias 的系统,通过该系统内科医生可以直接和 MYCIN 医疗诊断系统的知识库对话。Friedland (1979) 研制了一个有关分子遗传学专家知识的系统,这一系统的关键点是编辑人员可以直接和知识库对话。

由于人具有从经验学习的能力,所以人的许多知识都是通过学习获取的。能否使 AI 系统具有自动学习的机构,乃是解决自动获取知识的一个重要途径。早期的一些研究工作多数集中在研制能通过学习自动完成工作的智能机器。学习有输入新的事实,增加新的控制策略,进一步完善系统结构的组织等多种方式。

Fikes、Harf、Milssom 等人(1972)探讨将 AI 系统某一次工作的计算结果保留,形成类似宏操作,用于解决以后碰到的类似问题。另一方面工作,有些学者研究如何有效地利用学到的或记忆的材料,使 AI 系统具有识别当前问题和以前碰到过的问题之相似性的能力。在第六届国际人工智能会议上,McDermott 发表了题为用类比进行学习的系统<sup>[23]</sup>。这系统设计了一个称为 ANA 的产生式系统,它具有同化 (assilation) 和容纳 (auommodation) 二种功能。开始 ANA 只有少量完成各种简单工作的方法,当碰到一不太熟悉的工作时,采用和过去做过的工作进行类比的方法来完成,然后记下完成的方法,

留作以后碰到同样或类似工作时再用。

## 2. 知识的型式化

早期 AI 系统采用一阶谓词演算表达式来表示知识。但人们在日常求解问题和其他交往中,涉及到各种各样的知识,如有不定性的知识;因果关系的普遍知识;规划和过程的知识;知识的知识等等。这些知识用一阶谓词来表示是有困难的。McCarthy<sup>[36]</sup> (1977)探讨了 AI 的认识问题。有些学者认为,逻辑形式从根本上说,不适合于处理这些概念。而另一些学者仍坚持对一阶谓词逻辑进行扩充或建立复杂的一阶逻辑的表示理论,并认为,最终将证明更复杂的逻辑形式是适合于表达类似于人推理的过程或知识。

关于 AI 技术现有的许多思想,都是在解决玩具(积木世界)问题中精练出来的,对于积木世界必须的知识,比较容易表示。要将 AI 应用到实际中去,诸如医学、地质以及化学等部门,就必须大力研究知识的型式化问题。有人提出了 AI 研究者应该对日常所接触的物理世界的常识,如有关物体、形状,空间、运动、物质、时间等等进行型式化。应当指出,很多常识的推理,在某种意义上说,是不精确的,这是由于所依据的结论,事实和规则只是近似正确的缘故。但人类却能利用这些近似正确的事实和规则得到日常生活中有用的结论,在 Mycin 和 Prospector 系统中,提出了处理不定的规则和事实有关的方法。Zadeh<sup>[24]</sup> (1979) 提出应用模糊集思想来处理近似推理的问题。另一个重要的常识推理是关于动作、过程和规划的推理。

知识的型式化是知识表示的一个核心问题。这是当前 AI 研究的一个重要课题,也是一个至今还缺乏有效方法的领域。

## 3. 问题求解策略的进展<sup>[2, 25]</sup>

人的思维活动总是有某种意图的,也就是说以问题求解为目标的。因此智能计算机的核心问题也就是问题求解。一个问题可以用一个状态空间来表示,其中每一个状态都是一组事实的集合,解决问题的过程就是在某问题领域中,找出从初始状态转移到目标状态的行动序列或产生式规则集,这一过程有时也称为规划。动作程序产生式系统本质上来说也就是问题求解系统。问题求解的基本问题是对应于某一个状态能应用的规则可以很多,而对应于所用的某一个规则可能得到很多新的状态,这样很容易产生组合爆炸,使得在没有得到解——目标状态前内存已耗尽。因此研究问题求解有二个关键问题,一个是状态的描述,这一问题属于知识的型式化或知识的表示;另一个是控制策略。关于问题求解的策略, Sacerdoti<sup>[39]</sup> 在 IJCAI-6 会上作了关于这一问题的长篇特邀报告。

最早采用的问题求解策略是目标分析法 (Means-ends Analysis)。这一方法是 GPS (通用问题求解程序)<sup>[7]</sup>和 Strip (斯坦福问题求解法<sup>[22]</sup>)的核心。这种策略的基本工作方法是首先决定起始状态和目标状态之间的差别,然后选择能消除这一差别的规则。如果这一规则能直接用于起始状态,则产生一新的状态,当这一状态满足目标状态时即得解,反之继续搜索。如这一规则不能直接应用,则将施用这规则的前提条件作为子目标,重复上述过程。

另一种重要的搜索策略称为返回搜索术。其基本思想是当搜索失败后,返回到前面,采用另一规则。这两种方法表面上看起来是可行的,但实际效率太低。围绕着如何提高效率构成了控制策略研究的主要目标,近年来提出了一系列提高问题求解效率的策略。

### 多级规划 (Hierarchical planning)

多级规划即利用附加的知识, 对所描述的问题分成若干子问题, 然后按重要性排序, 或者对规划所必须满足的前提条件进行分级. Sacerdofi<sup>[26]</sup> (1974) 将这一方法用于机器人规划中, 较之原用的 Strip 要有效得多, 称为 Abstrip.

### 抓错法 (Bugging)

如果我们不是一开头就追求完整的计划, 而是先制订出近似正确的计划, 允许其中包含某些“错误”(Bugging), 然后通过逐步改进来消除“错误”. Sussman 第一个在称为 Hacker 的系统中用了这种方法<sup>[27]</sup>.

### 专用目的子规划法.

在问题求解过程中, 当一子目标展开后, 可以很快发现需要一些专用的规则, 然后就以这一专用算法开始构成一专用目的的子规划, Siklossy 和 Dreussi<sup>[28]</sup> 采用了这一方法, 大大改进了系统的指标.

## 四、从自动控制到智能控制

人工智能的基本技术(包括模式识别技术)有着极为广泛的应用领域. 能不能将这些技术应用到自动控制领域中呢? 从广义上来说, 识别决策、学习、适应等等, 都是人的智能的主要特征, 从这一角度来理解一个具有智能行为的控制系统, 可以追溯到很远. 其实最简单的反馈控制, 本身至少包含了识别及决策这二个概念. 随着技术的进步, 出现了随机控制、自适应控制、自学习控制等等. 可以说现代控制工程基本上是围绕着下面二个问题进行的, 即在设计时对被控制对象及其环境的资料的要求越来越少, 以及能在变化了的环境或未知环境下工作. 因此以广义上可以说是向智能化前进. 早期的智能控制系统是指在控制系统中引进模式识别技术以及具有高一级自学习、自组织性能的系统<sup>[29, 30]</sup>. 近年来随着人工智能技术的发展, 特别是专家咨询系统的出现并开始有成效地应用于各个领域, 能不能将这些基本技术应用到控制系统中来解决高级的控制问题, 受到了人们的重视<sup>[31, 32]</sup>. 另外, 随着智能机器人的出现, 从这方面也产生了迫切要求, 不过目前对高级控制问题除了在事故预报及分析系统, 若干决策系统外还没有见到实例. 但是这是一个值得我们注意的动向.

### 1. 智能控制

随机控制、自适应控制、自学习控制这类系统具有在未知环境下作出相应的决策的能力, 但是他们的分析型结构使在无法预计的环境关系变化系统中的应用受到限制. 以过程控制为例, 随着计算控制多级集中控制的实现, 中间库的消除, 这样一个处理流程越来越大, 再加上化学物理过程如此复杂. 在最高一级控制中, 要解决实用的数学模型是困难的, 可以说它的实用价值至今没有重大突破, 因此 T. Vamos<sup>[32]</sup> 认为遵循经典方法来解决这一问题希望不大. 有希望的途径是应用模式识别及人工智能的综合成果, 利用前者来作出工况判断, 利用后者采用专家系统的办法, 总结人控制的经验, 建立起庞大的知识库及相应的规则, 按给定指标根据判断出的工况作出相应的决策. 这样一种思想可望用于复杂经济系统、生物医学系统、环保系统及运输系统等.

利用模式识别技术来解决复杂系统的控制问题, 可以追溯到六十年代. 六十年代初期

F. W. Smith<sup>[33]</sup> 提出了采用一种新的控制思想,即用性能模式分类器来学习最优控制方法. 一个  $n$  阶快速最优系统当加速度有限制时,从一个状态到另一个状态需“开”、“关”  $n$  次,可以设想扩大的状态空间可分为若干个区域,(为了可以应用线性分类器),而对应于每个区域有一对应的控制函数“1”“0”. 这样把一个控制问题化为一个模式识别中分类问题,其输入即为状态变量,输出为“1”或“0”,分别对应于“开”或“关”. Smith<sup>[33]</sup> 采用线性判别器作为控制器的核心,先对控制器进行开路训练,确定线性判别函数的系数,即可用来工作,报告中最有趣的是模拟元件损坏 20% 后,性能仅只有稍许差别. 之后 J. M. Mendel 和 J. J. Zapalac (1968)<sup>[30]</sup> 进一步发展了这一思想. 把一长的缓慢变化的随机过程分为若干区域,从长时间来考核这一过程是各态经历的,但每一段区域是不平稳过程,基于这样一个概念把每一个区域定为一个工况,然后根据附加信息依靠模式识别技术来确定工况,进行控制. 遗憾的是由于处理过程的速度限制和存储量的限制,没有在实际中得到应用,使进展迟缓. 今天在硬件及新的更完善的方法出现的前提下,可望在这些方面得到新的进展<sup>[34, 35]</sup>.

直接采用人工智能的控制系统还刚刚处于萌芽时期, J. Z. McDonald 及 B. V. Koen<sup>[36]</sup> 报告了应用人工智能方法对核反应堆控制棒的控制,他们采用了启发式学习方法,然后根据学习得到的经验从十种不同的控制策略中选择一种控制方法. MITRE 公司的 C. Engelman<sup>[37]</sup> 报道的称为 KNOB 的战术导弹发射规则系统及飞机识别系统,可以作为解决一个复杂问题的决策和控制的又一例. 该系统设计时要求能最充分并恰当地应用战术空军力量,灵活改变战略,以适应敌人使用预期以外的新武器. 该系统采用了产生式系统,增删或变更功能只要增删或改变知识库或产生规则即可,非常灵活. 系统分两部份,第一部份为发射规划,根据实际情况及目标和资源知识库,按产生式规则进行推理确定选择哪一种飞机、武器、支持系统或电子测试设备. 第二部份为飞机敌友识别,这里存在一个策略的选择,因为当发射质询信号时,可能带来双重危险,即暴露了自己,同时如为我方飞机也暴露了目标,因此,存在一个判定究竟是否属于对我方有直接威胁问题,然后作出决策,再根据有无回答信号,确定拦截方式.

## 2. 机器人学

工业自动化的发展首先是从连续生产过程开始,目前化学工业、石油工业、电力工业及冶金工业已达到了相当高的水平. 但对离散型的生产过程,如机械工业、电子工业等的自动化系统,基本上还处于“人海战术”. 随着资本主义国际竞争的加剧,国内劳动力紧张等,能否利用大规模生产线进行小批量生产的问题就越来越突出,工业机器人正是在这样的历史条件下从科学家的幻想中走上了生产的舞台. 机器人首先是机器,而不是人! 可以把它看作连续生产过程中的 PI 调节器,是实现离散过程自动化系统的基本单元. 现代工业机器人起源于五十年代,在六十年代末七十年代初才开始蓬勃发展. 美国和日本发展得最快,实用化搞得较有成效. 他们经过近十年努力,总结了使用经验,提出当前所经历这场产业革命的一个重要标志是从人-机器时代走向“人-机器人-机器”时代. 我国张守纲、刘海波<sup>1)</sup> 提出机器进化论,认为“人-机”交互面是技术发展的生长点<sup>1)</sup>. 从自动控

1) 中国自动化学会模式识别及机器智能委员会第一次年会上报告.

制的发展看这一论点是值得注意的。

但是,通过发展机器人来实现离散生产过程的自动化,或在有害环境代替人工作以及进行空间和海洋的开发,人们碰到了不少难题。在一个完整的智能机器人软件系统中,大致有四个方面的问题。(1) 肢体协调控制问题,(2) 感觉器及其信息处理,(3) 问题求解,决策和判断,(4) 人机交互问题。可见智能机器人的研究几乎包括了人工智能及模式识别的主要课题。创造这样一种机器人也许需要我们整整一代人的努力。

目前美国从事智能机器人研究的单位有麻省理工学院、斯坦福大学、斯坦福研究所、普特大学、卡乃基梅隆大学、通用电气公司、德雷珀研究所。日本主要有东京大学、东京工大、京都大学、大阪大学、日立制作所。英国、苏联、瑞典等也有很多单位研究。随着小型计算机与微型计算机技术的惊人进步,将使智能机器人的研究得到更大的发展。

## 五、小 结

今天控制科学面临着要从两个方面深入发展,一是从控制数学角度,另一是更好地利用计算机模仿人的经验来实现对复杂系统的控制。本文主要从控制科学角度来介绍人工智能当前的发展。特别是着重于当前已取得的实际成果及今后的发展方向。人类社会有很多非数值的问题,这类问题利用人工智能的方法已初步取得了一些成果。能不能利用这些成果来解决复杂的大系统生产过程的模型呢?这是作者想提出的一个问题

智能机器人是另一问题。目前不少人认为:“中国人多,研究这个问题没有意义”。但是我们认为这是由于当前生产没有得到充分发展的缘故。我们应该跟上世界科学技术发展的步伐,当然“一窝风”地大搞也是不适宜的。

## 参 考 文 献

- [1] N. J. Nilsson, 人工智能, 国外自动化, (1979), No. 4, 5.
- [2] Nilsson, N. J., Principle of Artificial Intelligence, Tioga Publishing Co., 1980.
- [3] Winston, P. H., Artificial Intelligence, Addison-Wesley Pub. Co., (1977).
- [4] Simon, H. A., Artificial Intelligence Research Strategies in the Light of AI Model of Scientific Discovery, Proc. of 6th IJCAI-79.
- [5] Feigenbaum, E. A., Panel; History of Artificial Intelligence Research, 1956—61, *ibid*.
- [6] Wang Hao, Toward Mechanical Mathematics, *IBM J. Res. Develop*, 4(1960), No. 1.
- [7] Mewell, A., Shaw, J. C. and Simon, H. A., Report on a General Problem-Solving Program, Proc. of the International Conference on Information Processing 1956.
- [8] Minsky, M. L., Step Toward Artificial Intelligence, Proceeding of the IRE, 1961 Special Computer issue.
- [9] Nilsson, N. J., Searching Problem-Solving and Game-Playing tree for minimal cost solution, *Information Processing 68*, A. J. H. Morrel Ed.
- [10] Winograd, T., Understanding Natural Language, New York, Academic Press, 1972.
- [11] Grosz, B. J., Utterance and Objective, Issues in Natural Language Communication, Proc. of 6th JCAI-79.
- [12] Chang, C. L. and T. Lee, R. C., Symbolic Logic and Mechanical Theorem Proving, New York, Academic Press, 1973.
- [13] 辻三郎, 智能机器人讲义, 上海工业大学.
- [14] Slagel, J. R., Artificial Intelligence, The Heuristic Programming Approach, McGraw-Hill, (1971).
- [15] Nilsson, N. J., Problem Solving Method in Artificial Intelligence, McGraw-Hill, (1971).
- [16] Buchanan, Sutherland, G., and Feigenbaum, E. A., Heuristic DENDRAL: A Program for Generating Explanatory Hypotheses in Organic Chemistry, *Machine Intelligence*, 4(1969).
- [17] Davis, R., Buchanan, B. and Shortliffe, E., Production Rule as a Representation for a kno-



- wledge-Based Consultation Program, *Artificial Intelligence*, 8(1977).
- [18] Gaschnig, J., A Problem Similarity Approach to Devising Heuristics, First Result, *ibid.*
- [19] Clancey, W. J., Dialogue Management for Rule-Based Tutorials, *ibid.*
- [20] Englemore, R. and Terry, A., Structure and Function of the *crystalis* System, *ibid.*
- [21] Langley, P., Rediscovering Physics With Bacon 3, *ibid.*
- [22] Fiket, R. E. and Nilsson, N. J., Some new Direction in Robot Problem Solving. *Machine Intelligence*, 7(1972), 405—430.
- [23] McDermott, J., Learning to use Analogy, Proc. of 6th IJCAI-79.
- [24] McCarthy, J., Epistemological Problem of Artificial Intelligence, IJCAI-5 (1977).
- [25] Zadeh, Approximate Reasoning Based on Fuzzy Logic, Proc. of 6th IJCAI-79.
- [26] Sacerdoti, E. D., Problem Solving Tactics, *ibid.*
- [27] Sacerdoti, E. D., Planning in a Hierarchy of Abstraction Spaces, *Artificial Intelligence*, 5 (1974), No. 2.
- [28] Susman, G. J., A Computer Model of Skill Acquisition, American Elsevier, New York, 1975.
- [29] Siklossy L. and Dreussi, J., An Efficient Robot Planner Which Generates Its Own Procedures, IJCAI-3 (1973).
- [30] Fu, K. S., Learning Control System and Intelligent Control Systems: An Intersection of Artificial Intelligence and Automatic Control, *IEEE Trans. Automat. Contr.*, AC-16 (1971), No. 1, 70—72.
- [31] Mendel, J. M. and Zapalac, J. J., The Application of Techniques of Artificial Intelligence to Control System Design, *Advances in Control Systems: Theory and Applications*, C. T. Leondes Ed. (1968).
- [32] Saridis, G. N., Toward the Realization of Intelligent Control, *IEEE Proc.* of the 67(1979), No. 8, 1115—1131.
- [33] Vamos, T., Automatic Control and Artificial Intelligence, Proc. of 8th World Congress of IFAC, 2355—2369.
- [34] Smith, F. W., Contact Control by Adaptive Pattern-Recognition techniques, Stanford Electronic Lab., Stanford University, CA, Tech. Rep., 6762-2, 1964.
- [35] Bristol, E. H., Pattern Recognition as an Alternative to Parameter Identification in Adaptive Control, *Automatica*, 13(1977), 197—202.
- [36] Saridis, G. N., Identification of Nonlinearities Via Pattern Recognition, Proc. IALC, 77, 832—838.
- [37] McDonald, J. Z., Koen, B. V., Application of Artificial Intelligence Techniques to Digital Computer Control of Nuclear Reactors, *Nucl. Sci. and Engg.*, 56(1975), 142—151.
- [38] Engelman, C., Berg, C. H. and Bischoff, M., KNOB: An Experimental Knowledge Based Tactical Air Mission Planning System and A Rule Based Aircraft Identification Simulation Facility, Proc. of 6th IJCAI.

## A GENERAL SURVEY OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND INTELLIGENT CONTROL SYSTEM

JIANG XINSONG

(Shenyang Institute of Automation Chinese Academy of Sciences)

### ABSTRACT

The present paper consists of five sections: 1) Introduction; 2) History and main research subjects of AI; 3) Progress in research on the kernel problem of AI; 4) Intelligent control system; 5) Conclusion. In this paper we propose using the principle of AI, especially the idea of expert consulting system, to solve the difficulties encountered in identification and control of complex and large system and to build a new-type control system——intelligent control system.