

# 人工智能国外研究情况综述\*

李家治 汪云九

(中国科学院心理所) (中国科学院生物物理所)

涂序彦 郭荣江

(中国科学院自动化所)

## 摘 要

人工智能国外研究情况分五点进行综述:

1. 脑和神经元模型。评述了有关脑和神经元模型的研究情况,特别指出这些研究对了解人类智能和人工智能的重要性。

2. 思维过程模拟。强调从人的智能活动中寻找启发物来实现人工智能。

3. 模式识别。关于视觉模式识别问题,谈到了统计学途径和语言学途径。还谈到机器人的识别问题。

4. 自然语言的理解。给出了从50年代后期的语言分析到“语义网络”的“记忆模型”,以及70年代初的“概念依赖理论”等方面的研究概貌。

5. 智能机器人。介绍了美国麻省理工学院、斯坦福大学及日本的某些机器人的情况。

根据以上内容,作者们认为人工智能是一门边缘学科,必须有不同学科的科学工作者参加,才能取得显著的成绩。

智能及其物质基础——脑,一向是心理学和生理学研究的对象。可是随着电子计算机的出现,人们开始把计算机比作人脑,许多科学家也不断努力想使机器也能模拟人的智能进行工作。于是在控制与信息科学里又出现了一个新的领域——人工智能。

廿几年来,人工智能有了迅速的发展,世界各先进国家,都有人工智能的研究机构。国际上成立了“人工智能”联合会,出版了“人工智能”期刊,许多学科的期刊或学术会议上几乎都有“人工智能”的论文发表。它的一些研究成果已经在工业、商业、军事、医学、科学试验和文化教育事业等方面得到了应用。有人说它是当代科学三大重要课题(能源、空间探索、人工智能)之一。

今年6月,在第七届国际自控联(IFAC)上,T. Vámos作了题为“自动控制与人工智能”的报告<sup>[1]</sup>,从方法与应用二方面阐述了自动控制与人工智能的关系。为了进一步解决某些自动控制问题,对人工智能提出了新的要求。而人工智能的有关研究成果,又促进了自动控制的新发展。这是当前一个值得注意的新动向。

下面,我们对国外人工智能的研究情况作一简略的介绍。

## 一、脑及神经元模型

神经网络的数学模型第一个奠基性的工作是由 W. S. McCulloch 和 W. H. Pitts 于

\* 本文曾在中国自动化学会1978年年会上宣读

1943 年完成的<sup>[2]</sup>。这一工作是从神经网络的生物原型出发,探索脑功能的最早、最明确的尝试。因而有人把他们这一工作看作是人工智能的开端。他们提出的神经元模型的特性为:

- (1) 神经元的活动遵守“全或无”定律;
- (2) 神经元之间有两种联系方式,即兴奋性联系与抑制性联系,抑制性联系具有“否决权”;
- (3) 每一神经元以一定值(正整数)作为阈值;
- (4) 单个神经元按一定节拍活动,在整个网络中有同一节律;
- (5) 网络中没有记忆,而且参数不随时间而变。

在 McCulloch 和 Pitts 的工作基础上,经 S. C. Kleene 发展和完善,建立起来的自动机理论,对于计算机的逻辑设计是一支有力的友军<sup>[3]</sup>。当然,McCulloch 等人的工作有其局限性,它基本上只反映了神经网络的逻辑特性和阈值性质,而且网络中元件与联系参数在整个过程中是固定不变的,也没有各种记忆特性。值得注意的是,McCulloch 和 Pitts 后来与生理学家 T. Y. Lettvin 和 H. R. Maturana 合作,于 1959 年提出了一篇有名的文章叫“青蛙眼告诉蛙脑的是些什么?”<sup>[4]</sup>针对蛙的视觉系统的图形识别问题,提出蛙视系对图形是按一定的几何及物理特性分层分类检测。在他们的工作基础上,美苏等国制作了一些电子模型。在该文中阐述的观点,在一段时间内(六十年代初)成为视觉研究的流行观点。现在看来,这种观点对于比较低等的动物,或视系中的低级功能比较适用,而人的识别活动(包括某些高等动物)牵涉到学习和记忆问题,用这种简单的看法就难以解释清楚。

F. Rosenblatt, R. D. Joseph 等人从与上述观点不同的途径研究脑的模型,到了 1957 年奠定了这一方面的基础,一般称之为 Rosenblatt 的感知机 (Perceptron)<sup>[5]</sup>,在六十年代初盛行于世。据估计有上百个实验室和公司从事类似的工作,试制出 Mark I, Mark II 等实际装置,试图用这些感知机识别图形、文字,区别语言、声音,进行学习和记忆实验等等。

感知机的实验系统是由一个主机(感知机)一个刺激环境和一个强化控制装置三大件组成(图 1)。其中强化装置是由一个自动调节装置或人承担,其作用是根据某种强化规律按刺激反应方式改变感知机的记忆状态,而感知机本身又由三大部份组成:感受单元、联系单元和反应单元。感受单元是把外界环境中某一物理量变成相应的信号;联系单元

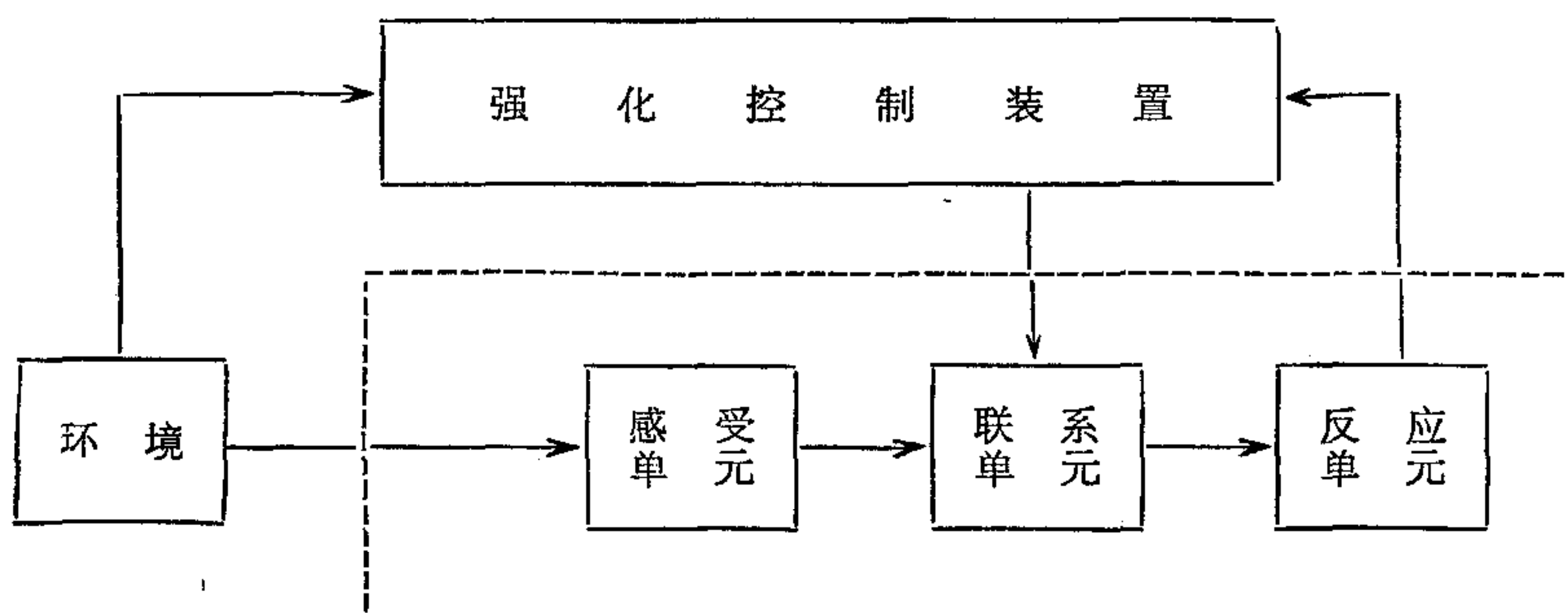


图 1 感知机的实验系统



是对感受单元来的信号进行加权总和及阈值运算;而反应单元则对结果进行分类显示。

感知机在六十年代上半期风行一时,人们给予过多的期望。随着时间的推移,对它的了解加深以后,人们逐渐发现这类系统在能力上有其局限性。因为图象中包含的信息量是十分巨大的,同一类图形中变化繁多,而且在文字符号等识别工作中,许多类别是人为规定的。所以感知机再复杂,如果不考虑预处理工作,特征抽取工作,以及各特征之间的“关系”问题,也是不容易解决问题的。

六十年代,在神经生理学中关于小脑的结构和功能的研究,有了重大进展。神经突触学说的创造者、诺贝尔奖金获得者 J. C. Eccles 在 *J. Physiology* 上发表了一篇专题讲演,题目叫做“作为一种计算机的小脑:时空模式”<sup>[6]</sup>,在文章中明确提出,在运动的神经控制方面,小脑的功能犹如一台计算机。

目前关于小脑皮质的研究已经有了很好的进展,关于小脑活动的时空模式也得到丰富的资料。在这些工作的基础上,可以对小脑的功能建立数学模型并用计算机模拟,从而使人们对于神经系统中相当高级的部位(小脑)有了较明确而透彻的了解<sup>[7]</sup>。鉴于小脑在生物的运动协调方面的重要作用,这些研究结果对于机器人的研制有着重要意义。美国国家计量局实验室曾研制一个运动关节控制器(小脑模型)<sup>[8]</sup>,缩写为 CMAC。这是一个适应系统,它能对各种输入条件下的正确输出加以记忆和学习,其功能与小脑一样。

在神经元、神经网络的研究、模拟和理论发展过程中,开始时十分重视单个神经元的模拟。可是,对于单个神经元模拟得再逼真也不能代表一个脑。脑的任何一种功能是由成千上万个神经元按一定的方式组织起来的整体特性。最早而且很有名的搞人工神经元的 L. D. Harmon<sup>[9]</sup> 在写了一篇长长的总结文章以后,改行搞“人脸”的识别工作去了。这也许从一个侧面反映了人们对这一问题的认识。

从脑研究的理论工作来说,主要是数学处理上的困难。要比较扼要地描述一个神经元的输入输出特性,必然会遇到一类非线性问题,而这类问题在数学上还是比较难以解决的。

结合脑的某些功能,也开展了一些研究工作。例如,日本 NHK 的福岛按哺乳动物视觉系统的结构原理,建立图形特征抽取的数学模型,并在计算机上加以模拟<sup>[10]</sup>。1975 年福岛又根据神经元突触结构新原理,设计了一个自组织多层网络,称之为“Cognitron”(认知机)它比以前提出的脑模型有较大的学习功能。英国伦敦大学学院 F. J. Muller 与 W. K. Taylor 等人在脑的并行加工方式、模式识别特性方面,进行了不少理论和模拟工作<sup>[11]</sup>。从动物的行为实验结合神经元的特性,也陆续提出了一些数学模型。如 J. P. Ewert 关于蟾蜍的逃避、扑食反应模型<sup>[12]</sup>。此外关于神经系统的分层分级控制方式、可靠性、学习记忆等方面也有不少研究。这些工作对于人工智能的研究进程,应是有益的。

## 二、思维的模拟

1956 年心理学家 A. Newell、H. A. Simon 和 J. C. Shaw 合作编制了一个程序叫“逻辑理论家”,简称“LT”,用计算机证明了一部数学名著“数学原理”第二章的全部定理<sup>[13,14]</sup>。这一工作受到了人们的很高评价,认为这是计算机探索高级智力活动的第一个收获。这是在计算机上实现的第一个启发式程序,可以认为是人工智能的真正开端。



“LT”是根据人们在证明数理逻辑定理时的思维活动规律编制的。Newell 等人注意到,人们在证明一个定理时,往往先把一个课题分解为几个或多个子课题,然后根据记忆中的公理和已被证明的定理用代入法、替换法先解决子课题,最后解决整个课题。分解、代入、替换是推理规则;先解决子课题,最后解决整个课题是解题步骤。这就是人在证明数理逻辑定理时的思维规律。LT 就是根据这种规律,在机器的记忆系统中存储一些公理,再给它一些推理规则,让机器依照程序的指导去探索,去解题。

以后出现了一些著名的启发式程序。例如 A. Samuel 让计算机向人(包括名棋手)学习下跳棋,结果机器于 1962 年击败了美国跳棋冠军<sup>[15]</sup>; H. Gelernter 的证明平面几何的程序表明让机器像学生那样先作图对证题大有帮助<sup>[16,17]</sup>。J. Slagle 的解不定积分的程序,编进了人解不定积分所有的技巧,结果机器的解题行为和人很相似<sup>[18]</sup>。这些程序都是仔细地研究了人们在解决问题时的思维活动,因而成功地模拟了人的思维过程。美国斯坦福大学人工智能实验室,对于科研工作者的思维活动进行了一系列研究,他们发现,化学家分析有机化学的分子结构,并不依靠数学模型。化学家们用质谱仪进行观察,从经验中得出了许多判断规则来判断分子结构。这个实验室的 DENDRAL 程序编进了这些判断规则,让机器观察和分析质谱,并应用人的判断规则来判断分子结构。他们成功地使机器代替化学家确定分子式的工作<sup>[19]</sup>。以后又出现了 E. H. Shortliff 作医疗建议的程序<sup>[20,21]</sup>, N. S. Sridharan 的有机分子合成的程序等<sup>[22]</sup>。这些都是模拟人的脑力劳动的成功例子。

以上都是针对个别任务的思维活动模拟。但是,Newell 等人很早就注意到,人们在解决不同问题的过程中,似乎存在着一些共同的思维活动。他们设想,如果能够总结出这种共同的思维规律,就可以编制一种程序,能够解决比较普遍的、广泛范围的问题。他们通过心理学实验,发现确实有一些共同思维活动存在,而最活跃的思维活动是“方法和目的的分析”,即为了达到解决问题的目的,往往需要以下方法:

(1) 转换,即把一个目的转换为另一个目的,一般是转换为更容易的目的。如把复杂的课题转换为许多简单的子课题。

(2) 消除差别,即消除达到目的前和达到目的后的差别,或消除一个表达式等号两边的差别。

(3) 运用算子,算子在日常生活中是一些手段或行动,在数理逻辑中是一些逻辑符号。通过某种手段或行动,或以一种符号替换另一符号,可以达到消除差别的目的。

(4) 选择和匹配。无论是转换,消除差别或运用算子,都需要适当的选择。选择得好,匹配得上,就可以达到解决问题的目的。选择得不好,要再选择。

Newell 等根据人在解题过程中的共同思维规律,于 1960 年编制了“通用解题程序”(General Problem Solver),简称 GPS,这种程序可以解十一种不同的课题,使启发式程序有了较大的普遍性<sup>[23,24]</sup>。

探寻不同工作中的共同思维规律,对于心理学和人工智能无论在理论上或是实用上,都是有意义的。

人工智能关于思维的模拟,如上所述,绝大部份属于演绎法思维范畴,也就是只能根据公理和已被证明的理论作出结论。关于归纳法思维,即从观察到的一些事实中概括出一般规律,形成一个新的概念,至今只是进行一些试验,如概念的形成、类比推理以及“预



测未来”等。斯坦福大学的 meta-DENDRAL 计划企图使机器对各种有机分子结构进行观察,用归纳推理进行概括,得出一个一般结论。这种计划还没有实际结果<sup>[25]</sup>。也有人怀疑计算机模拟归纳思维的可能性。

### 三、模式识别

模式识别的研究,已经有了可观的成就。例如,已经可以使机器辨认英文印刷体和某些手写体文字,并应用于文件、资料的检索、自动分类、自动排版等工作,已经可以使机器分析空中摄影、气象图、心电图和科研工作中的某些图形、记录、照像等。

模式识别的研究数量很多,方法也是各式各样的。大致可分为三类。

一类是从数学方面考虑模式识别问题,称为统计途径,或几何途径,或决策途径。这一途径把一个图形看作是欧氏空间的一点,对于这一点可以进行矢量分析、压缩信息、抽取特征。如果特征抽取得比较好,同一类图形(即一些点)在向量空间就彼此靠近。把向量空间的许多组或许多群这样靠近的点划分为不同的区域,就是图形分类。不同区域之间的界限叫做决策界限。决策就是根据有限数量的已知图形类别的样本,来决定把决策界限划在什么地方。G. S. Sebestyen<sup>[26]</sup>和 N. J. Nilsson<sup>[27]</sup>对这方面的理论有很好的介绍。从 R. O. Duda 和 P. E. Hart<sup>[28]</sup>, K. Fukunaga<sup>[29]</sup>以及 E. B. Hunt<sup>[30]</sup>的著作中,可以看到统计学途径的全貌。

模式识别的统计学途径在七十年代以前发展很快、成绩很大,不仅解决了许多实际问题,而且对图形分类的统计理论也做出了贡献。但是,这一途径对特征的抽取没有建立起统一的理论,而且当特征向量的维数高时,往往就遇到困难。

另一类研究是从人识别图形的角度考虑问题的。他们认为模式识别是人类认识客观世界能力的一部份。这种认识不是依靠视觉直接观察周围的事物,而是依靠图形间接地认识它们。有些图形是客观事物的局部写照,如各种空中摄影、科研照片等,这些图形都是把三度空间的物质世界变成为两度空间的形象。另一些图形是一些自然现象和生命现象以及它们内部的物质运动规律的代表。这些宏观的和微观的现象,人眼很难看见或根本不能看见,但是通过各种科学测试、记录图,人能够更深刻地认识它们。还有一些图形,只是人为地给予它们一定意义,使它们成为思想交流、传递信息、传播文化的工具,如文字、符号、标志等。因此,人的模式识别,不仅是视觉问题,更重要的是思维问题;不仅是看清看不清或对图形的分类问题,而是对图形的理解和解释问题。有些人认为,人如果对图形能够理解清楚,就能够用语言描述清楚,也就是对图形能够认识了。而且,理解一个图形就好像理解一句话一样,需要知道它的文法,分析一个图形相当于用文法分析一句话。这种设想,由于心理语言学家 N. Chomsky 于 1957 年提出“短语结构文法”和“转换文法”变成了现实<sup>[31,32]</sup>。因而这一途径叫做“语言学途径”,也叫“结构途径”。之所以叫“结构途径”,是由于人们识别图形时,不仅要能辨认出某些特征是否存在,而且要看特征之间的关系,即图形的结构。正如一句话中的字与字之间的关系一样,特征相同而关系不同,图形就不同。例如,圆和方形为两个特征,“圆在方形之中”和“方形在圆之中”是很不相同的两个图形。依照这一途径的概念,图形的基单元是原始特征,或叫元素,一定关系的一些元素构成子图形,一定关系的一些子图形构成图形。图形的识别就是用简单的元素和文法



规则来描述大量复杂的图形。所以能够做到这一点,是由于 Chomsky 式的文法中的“再写规则”可反复应用,因而可以通过非常紧凑的办法表示语言的无限集合的结构特征。

语言学途径提供的方法,已经在识别文字、染色体、粒子径迹、指纹等方面得到了应用。K. S. Fu<sup>[33]</sup> 对语言途径的方法作了较全面的论述,代汝为<sup>[34]</sup>在国内也作了有关的介绍。但是,为了描述图形,就必须对组成图形的元素、子图形等有明确的规定,而这种规定在很大程度上依赖人的知识背景。R. Narasimhan 强调,对于许多图形,如工程图、大地测量、卫星照像、生物医学图以及各种科研图形等,为了使机器成功地自动识别,必须人先对它们彻底理解<sup>[35]</sup>。

可以看出,无论是“统计途径”或“结构途径”,特征的抽取问题都没有很好解决。因此,在模式识别这一领域中关于特征抽取问题的讨论是很多的。C. H. Chen 曾对这二种途径的特征抽取问题进行比较和评述<sup>[36]</sup>。他认为对于那些有噪声的,而几乎无结构的图形,如纹理、梯度估量和比较,统计方法是非常有效的。而对那些结构明显,很少噪声的图形,应用结构的特征抽取方法是适当的。有些人进一步认为,统计途径、结构途径应该相互结合。例如 M. A. Aiserman 说,模式识别的统计途径和结构途径的争论,是历史的,不可避免的,但是是暂时的。有些问题,对于统计途径是适合的,有些问题,虽然统计途径可以解决,可是更容易由结构途径来解决;而任何困难的问题都需要两种途径的结合,因而许多方法归结为怎样把它们结合在一起:用结构途径的方法建立适当的图形空间,用统计方法对它们加以划分<sup>[37]</sup>。

第三类是所谓“机器视觉”或“计算机视觉”或“机器人视觉”。这一类研究绝大部分都是针对机器人的需要进行的。机器人所处的环境和接触的物体都是三度空间的,可是它的“视觉”却不是模拟人的双眼和利用双眼视差。绝大多数机器人是单眼,即只是一个电视摄像机。因此,机器人也是根据两度空间的图形认识三度空间的物体的。它所以能够做到这一点,是由于把人根据两度空间的图形识别三度空间物体的原理作为启发物编进了程序。在平面上画一个立方体的线条,在人看来并不是一个两度空间的线条网络,而是一个三度空间的结构。人们理解它是由一些面组成的,面与面相遇成边,边与边相遇成角。正是面、边、角这些概念,使人把它解释为立体的。机器人之所以能够在“积木世界”活动,也是由于把人的边、角、面等概念变成启发物编进了程序,指导它的行动的。D. A. Huffman<sup>[38]</sup>, M. B. Clowes<sup>[39]</sup> 对于怎样标明面与面相遇成边,边与边相遇成角作了说明; A. Guzman 提出了一个启发式规则,把两度空间一些区域集合成一个物体<sup>[40]</sup>,还有一些人对于怎样解释多面体的不完整的线条或被遮掩的部份提出了技术性建议<sup>[41]</sup>。P. H. Winston 的“计算机视觉的心理学”一书,包括了美国麻省理工学院在这方面的研究成果<sup>[42]</sup>。

机器人视觉的研究,在七十年代以前多限于“积木世界”,进入七十年代以后,已向识别更复杂的景物方面发展,如关于曲线物体的识别<sup>[43]</sup>,在复杂环境中寻找目标<sup>[44]</sup>,以及室外场景的分析等<sup>[45]</sup>。同样,从人的经验中寻求启发,对于解决机器人的视觉问题是关键性的。

总的看来,模式识别的研究,无论在理论方面,或是应用方面,都做出了不少成绩。可是机器的模式识别能力,和人的模式识别能力相比,还差得很远。特别是机器人的视觉,可以说还很低能。这就限制了机器人智能的发展。因此,模式识别的研究还应做很大的



努力。有关语言识别等问题,将在下面论述。

#### 四、理解自然语言

自然语言包括书写语言和有声语言。

最初涉及理解自然语言的是 50 年代的机器翻译。但由于当时采取简单的“巨型字典”方法而失败了。N. Chomsky 的“短句结构文法”和“转换文法”,对理解自然语言的研究起了推动作用。首先应用 Chomsky 文法在计算机上进行自然语言问答实验是 B. F. Green, 他让计算机回答美国棒球比赛的情况<sup>[46]</sup>。R. K. Lindsay 让机器回答一些人的亲属关系<sup>[47]</sup>。在 60 年代初期的研究多受 Chomsky 的影响,着重语法分析。但是,往往有这种情形,计算机的答话在“语法”上虽然正确,可是毫无意义或十分可笑。于是人们认识到“语义”的重要性,并在语法分析基础上运用语义规则,以便消除上述缺点。R. F. Simmons 对于英语问答系统的研究做过二次评述<sup>[48,49]</sup>。L. Siklossy 和 H. A. Simon 对 61—68 年间的进展作了评述<sup>[50]</sup>。这些工作都是研究用“语义”帮助分析与生成语言,但其中一些仍是“语法”第一。

70 年代,出现了 T. Winograd 的理解自然语言的程序<sup>[51]</sup>。它不象以前的许多程序那样:先对句子作语法分析,再用语义规则给予适当意义,而是语法、语义和推理规则以相互交织的方式运用。它可以用语义来消除语法上的混淆,用语法分析防止意义不确切,用推理来选择可能的意义和适当的分析。Winograd 所以能做到这点,是由于他的理解自然语言的模型是个“步骤”模型。他编制的“PROGRAMMAR”,既是程序又是文法,即把文法写成了程序。给机器一句话,机器对第一个字进行各种分析,分析结束时,呼唤出下一个适当的步骤,对下一个字进行适当的分析。因此,对每一个字都可进行语法、语义检查,或推理选择,前面分析结果有助于选择后面的步骤,因而分析带有预见性,效率高。Winograd 的程序所控制的机器人也表现出对语言有较高的理解能力。

Winograd 的系统是以相互交织的形式使语法、语义和推理发挥作用。早在 60 年代中期 M. R. Quillian 提出的“语义记忆”<sup>[52]</sup>,1968 年 R. F. Simmons 提出的“C-R-C”模型<sup>[53]</sup>,即“概念——关系——概念”模型,以及后来他提出的“语义网络”模型<sup>[54]</sup>,就已把语法置于次要地位,而把语义和概念放在重要地位。

1973 年, R. C. Schank 提出了“概念相依理论”<sup>[55]</sup>。他认为理解自然语言的研究必须模拟人,机器的语言行为必须同人的心理活动相符合。人们理解语言并不是“语法第一”。儿童听话说话都不依靠语法,在成人之间,不合语法的话并不经常引起误解,人们在交谈时并不等待对方的话说完、表现了完整的语法,才加工自己的答话,而总是根据预测对方所要表达的意思,随时组织自己的答话。因此,无论听话或说话,都是“语义第一”。

语义的基本成分是概念。一句话只是一串概念和它们之间的关系。同一个意思,可以用同一语言的或不同语言的不同句子来表达,这些句子的用词和语法虽然不同,但所表达的意思完全相同。人们的思想交流,是由许多概念组成的意思的交流,而语言的不同,只是交流的工具不同,是次要的。所以,语言的分析 and 意义的表达,不能停留在语法、语义水平,应深入到概念水平。Schank 等成功地用计算机以英语解释英语,以德语解释英语。最近几年来,“概念相依理论”相当流行,有人据此让机器理解儿童故事。



关于有声语言理解问题,首先是声音识别,已进行近30年的研究。由于声音信号为非平稳随机过程,所以特征抽取与信息压缩是个难题。近来提出了用线性预测编码系数作为特征的压缩方法,就是对声音信号分段应用维纳最优滤波理论,将它看作是由一串近乎周期的脉冲或噪音通过滤波器所产生的信号,经过适当采样,可用 $P$ 个时刻的采样值的线性组合来进行最优预测,这 $P$ 个参数可以描述某段声波特征,称为线性预测系数。例如,持续时间为2秒的声音,可用40个系数描述。这样,就可用若干参数来描述声音信号的特征,从而用“模板匹配”等统计方法来处理。考虑到语音(韵母、声母或元音、辅音)是语言的基本单元,声音识别归结为一连串“语音链”的识别问题。

“孤立字音”的识别比较简单。作为一个单元的语调或一个短语的语调,字音之间是分开有一定空隙的。1973年以来,已有孤立字音的识别机,应用于电视面板检验、包裹分拣、数控机床等。但是,连续声音的识别就出现了困难,如舌头等发音器官有惯性,语音受邻近语音的强烈影响。一个字中还有不发音的字母,一个语音的鉴别不仅取决于它本身,还与其前后语音有关。连续声音的字音之间没有明显的空隙,如何将连续声音中的字音分开是其中关键问题之一。

声音识别还不等于语言识别,因为还有语言的理解问题,涉及到语法、语义、语用、语气、上下文关系等。C. Longuet-Higgins 回顾70年代以前的语言识别情况时谈到:“人们可配好一套滤波器,将英语中的40多个音位分辨出来,也可以高技巧分辨出单独的字,其信度可达90%以上,但远不能听懂人的谈话<sup>[56]</sup>。可见有声语言的理解系统,确实是个复杂问题。

1971年,美国由Newell等人制订了一个关于理解少量有声语言(英语)科研协作规划<sup>[70]</sup>。预期1976年有一个理解日常英语的原型系统。

## 五、智能机器人

在60年代后期,关于“机器人”研究的注意中心是要把人工智能的所有技术综合在一起,建立一个“人的模型”,也就是想建立一个通用的智能机器人。其结构方案如图2所示。

智能机器人研究的典型例子有:

### 1. 麻省理工学院的“手—眼”装置

由PDP-1计算机、带触觉的机械手、电视摄象机等组成。最初这个机器人能完成积木分类、堆积木、装箱等作业,后来增加了某些智能,如学习文字、理解与回答整个句子等。研究了一种接近于自然英语的会话语言,便于人机联系。P. H. Winston对麻省理工学院的机器人的研究作了评述<sup>[57]</sup>。

### 2. 斯坦福大学的“手—眼”装置

特点是具有“听觉”,命令可由机器人的“耳”——“微音器”输入。如说:“pick up the small block standing on the right.”机器人能听懂这句话,它用“眼”——“电视摄象机”观察右边小木块的位置,用机械手把木块拿起来。后来,又进行了颜色识别试验,可按红、黄、绿、白四种颜色,将立方体进行分类、堆积等。Pingle<sup>[58]</sup>, McCarthy<sup>[59]</sup>, Feldman<sup>[60]</sup>, Paul<sup>[61]</sup>等人报导了有关这个装置的一系列研究工作。



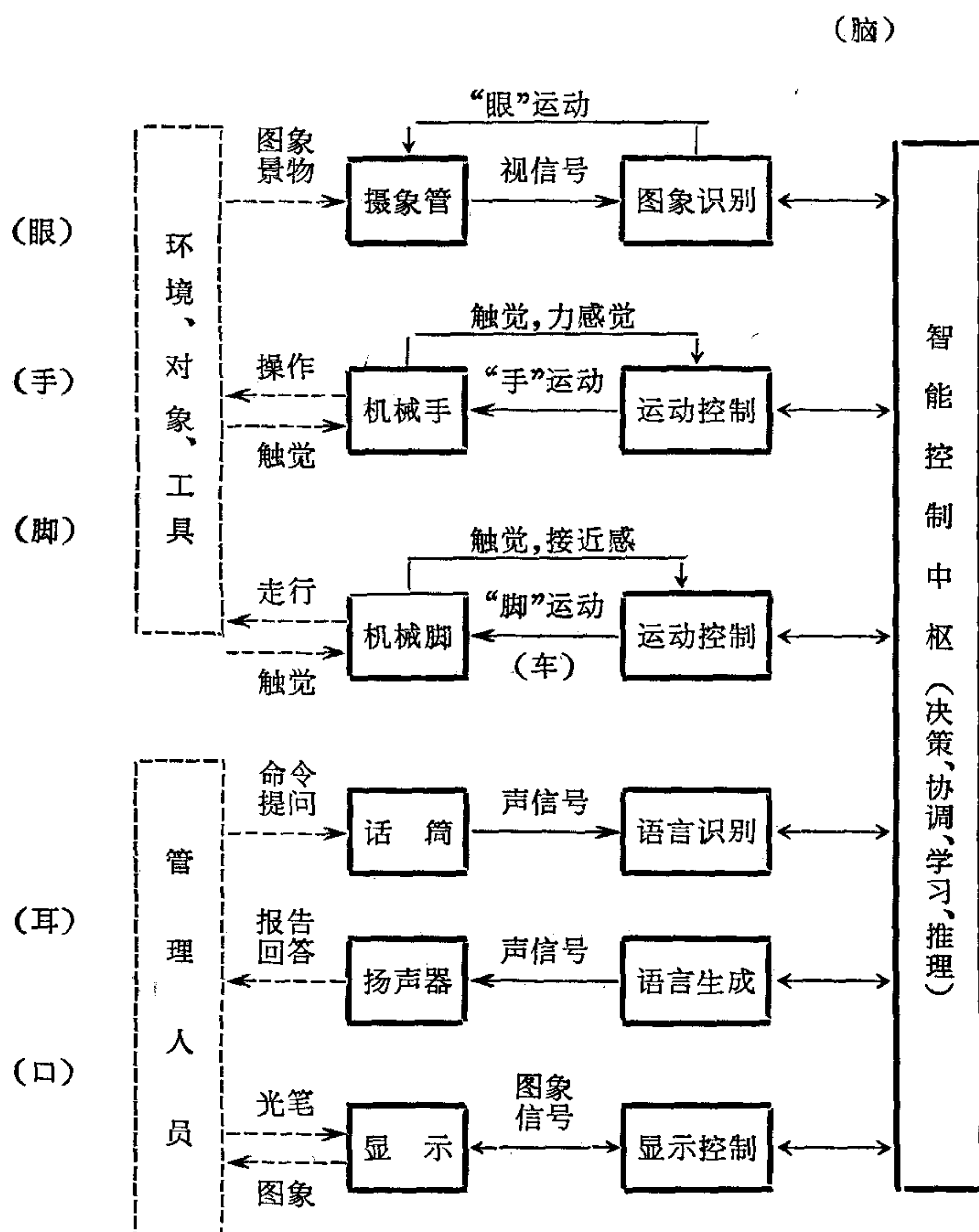


图2 智能机器人结构示意图

### 3. 斯坦福研究所的“眼—车”装置

具有“视觉”：电视摄象机与光学测距器。还有“触觉”：车身装有“猫胡子”式的位置触觉传感器。它能够识别工作对象：平行六面体、三角柱，能回避障碍物识别通路，按速度与方向记忆其运动状态，可随时确定它所在的位置，当遇到意外障碍时，能改变行动方案，通过试验选取适当的方案，并将“经验”存贮起来，以便遇到同样情况时使用。还进行了自动解题、计划决策、与人对话等试验。L. S. Coles 利用这个“机器人”进行了模仿“猴子摘香蕉”的试验<sup>[62]</sup>。

### 4. 日立中心研究所的“手—眼”装置与带“触觉”的手

这种机器人有二只“眼”，一只用于看图纸，另一只“眼”与机械手进行装配作业，依靠二只“眼”与“手”的协调配合，完成按图纸装配的工作。

### 5. 日立公司的有“视觉”与“触觉”的机器人

它用来制造水泥杆。当它走近螺钉或其它凸出物时，先用电视摄象机搜索目标，识别其形状与位置，再由有“触觉”的手进行确识后，用碰撞扳手紧固螺钉。识别与紧固一个螺钉需时 2.5 秒，工效高，质量好。

关于智能机器人的研究，除了涉及推理解题、计划决策、模式识别、人机对话等人工智能问题，还有二方面的问题。



## 1. 机器人的“触觉”与“本体感觉”

具有“触觉”反馈的机械手或脚(车),可大大提高动作精度;并且有助于识别工作对象与工具;灵活掌握手抓的握力,以免损坏被抓的物体;使手臂、手指、腿脚等运动平滑与稳定。“触觉”与“视觉”相配合,视觉进行大范围的识别与搜索、粗略的定位;触觉进行小范围的摸索与确认、精确的定位。目前,工程触觉传感器一般采用压敏二极管、感压橡胶、微动开关等。C. Page 研究了一种触觉感受器,可识别三维目标,将它与视觉感受器配合,并行作业,可实现三维目标的最优识别<sup>[63]</sup>。Y. Umetani 和 S. Hirage 研制了一种蛇形机械手,对各关节的触觉感受器进行数控,可用于需要复杂运动和难以接近的环境中,如管道清理、救火、甚至可用于胃部的外科手术<sup>[63]</sup>。

## 2. 机器人系统控制理论

智能机器人本身是一个复杂的控制系统,有许多问题需要研究,如:手、脚运动协调控制,步行式有脚机器人的运动稳定性,多关节手臂的最优运动轨迹,有障碍环境中机器人最优通路问题,可调机械手的自适应控制问题等。H. Itoh 研究了机械手定位精度的自适应控制,使手臂与手爪“理解”应使用的力量,从而在现有驱动装置条件下提高了精度<sup>[64]</sup>。M. Vukobrotovic 研究了有腿机器人的稳定问题,如六腿机器人的多级递阶控制(Multilevel Hierarchical Control),二腿机器人的步法问题<sup>[65]</sup>。V. S. Yastrebov 等以海底作业机器人为例,论述了机器人的多级控制问题<sup>[66]</sup>。此外,还有“多机器人”系统及由管理人员与机器人组成的“人一机”系统问题。

上述机器人感觉装置与肢体运动系统的研究,应当和生物感觉器官与肌肉运动控制的研究联系起来。例如,由于小脑在人体运动平衡中有重要作用,目前已有人以小脑为模型,设计机器人的关节控制器。

“智能机器人”的研制,一方面是综合应用“人工智能”各方面的研究成果,如问题求解、计划决策、模式识别、自然语言理解等。另一方面,也为人工智能的研究提供了综合性试验设备,提出新的研究课题。

70年代初期,关于机器人的理论性研究减少,实用的兴趣增加,工业企业大量采用已研制成的机器人,使装配、检验生产线进一步自动化。日本的机器人的发展趋势是典型的例子。有人预期,人们对机器人的迷恋,以及视觉和推理能力的新一轮研究的进展,将使智能机器人的研究在70年代后期复兴起来。

## 六、结 束 语

从以上介绍可知,人工智能的各方面都有不少进展。但是,人工智能是在激烈争论中发展的。机器能否思维?有没有智能?机器智能是否会超过人?推理系统应向何方发展?形式逻辑还是启发式程序?人工智能究竟是什么性质的学科?……等等。许多问题曾引起科学家之间甚至带有情绪的争论,而且至今还在继续争论。

20多年的科研实践,使许多人工智能研究者越来越多地接触到人类智能,越来越深地体会到人类智能的无限潜力。正如B. Williams所说:“人工智能经历了一个痛苦过程才认识到,人类智能比想像中的还聪明些”<sup>[67]</sup>。70年代,人工智能的研究的明显趋势是向人类智能进军。J. E. Doran 介绍了一些近代脑模型之后说:“关于人脑是什么方式工



作的,虽然我们知道的很少,可是它毕竟是至今发展出来的最聪明的机器”。他预测在今后几年中,关于智能研究的主要信息流将不是来自“脑科学”,而是来自机器智能领域<sup>[68]</sup>。1974年, N. J. Nilsson 对人工智能发展作了评述,在结论中,他说:“我们看到人工智能在几条不同战线上作战,看到了许多成功,也看到不少失败;这些都对一个共同观念有贡献,即:人工智能是研究智能的科学”<sup>[69]</sup>。

智能的概念,已超越心理学和生理学的界限,智能的研究已不限于脑及其对客观世界的反映——心理活动,而是扩大到研究机器、脑及思维三者的关系。智能已不仅是心理学、生理学研究的对象,自然科学、社会科学、技术科学中的许多学科都在探索智能的奥秘。

人工智能的前景是光明的。

注:参加本文讨论的还有郑竺英、邓述移、王秀川、彭瑞祥等同志。

### 主 要 参 考 文 献

- [1] *Proc. 7th IFAC*. 1978. Helsinki, Finland. Preprints, Vol. 4, pp. 2355—2370.
- [2] McCulloch, W. S. and Pitts, W. H. A Logical calculus of the ideas immanent in nervous activity, *Bulletin of Mathematical Biophysics*, Vol. 5, pp. 115—33/Univ. of Chicago Press. (1945).
- [3] Kleene, S. C. Representation of events in new nets and finite automata. In Shannen and McCarthy eds. *Automata Studies*. Princeton Univ. Press. (1956).
- [4] Lettvin, J. Y. Maturana, H. R., McCulloch, W. S. and Pites, W. H. What the frogs eye tells the frog's brain. *Proc. IRE*, (1959) 47, 1940—1951.
- [5] Rosenblatt, F. Principle of neurodynamics: Perceptron and the theory of brain. *mechanisms*. Spartan Books. (1962).
- [6] Eccles, J. C. The Cerebellum as a computer: patterns in space and time. *Hll J. Physiology*. (1973), 229 pp. 1—32.
- [7] 中国科学院自动化所控制论组小脑皮层及其对运动的控制《生物化学与生物物理进展》1977, 4.
- [8] Albus, J. S. and Evans M. Robot Systems, *Scientific American*, (1976), 234, No. 2, pp. 77—87.
- [9] Harman, L. D. and Lewis, E. R. Neural modeling. *Physiol. Rev.* (1966). 46. 513—591.
- [10] 福岛邦彦图形パターンの特徴抽出路 (A design Suggested by the Visual System), NHK 技术研究, (1971) 23. 5. p. 31.
- [11] Muller, F. J. and Tayler, W. K. J. *Theor Biol.* (1973), 41. 97—118.
- [12] Ewert, J. P. In K. V. Fite ed. *The Amphibian Visual Systems*. (1976). Academic Press New York. pp. 142—198.
- [13] Newell, A. & Simon H. A. The logic theory machine. *IRE Trans. On Information Theory*, IT-2(3) 61—79. (1956).
- [14] Newell, A, Shaw, J. C. & Simon H. A. Empeirical explorations of logic theory machine *Proc. of the Western Joint Computer Conf.* 218—239, (1957).
- [15] Samuel, A. Some studies in machine learning using the game of checkers. *IBM J. Res. Dev.*, 3, 210—29, (1959).
- [16] Gelernter, H. Realization of geomety theorem-proving machine. *Proc. Intl. Conf. Inform. Process. Paris.* 273—82, (1959).
- [17] Gelernter, H. Hansen, J. and Loveland, D. Empirical explorations of the geometry theorem machine. *Proc. West. Joint Computer Conf.* 17. 143—47, (1960).
- [18] Slagle, J. A heuristic program that solves symbolic integration problem in ffreshman calculus. In Feigenbaum E. A. & J. Feldman eds. *Computer and Thought*. (1963).
- [19] Buchanan, B. G. & Lederberg J. The Heuristic DENDRAL program for explaning empirical data. *Proc. IFIP Congress*, (1971).



- [20] Shortliffe, E. H. et al. An artificial intelligence program to advise physicians regarding antimicrobial therapy. *Computers and Biomedical Research*. Vol. 6. 544—560. (1973).
- [21] Shortliff, 5. H. Computer based medical consultations-pMYCINAm. *Elsevier*, (1976).
- [22] Sridharan, N. S. A heuristic program to discover syntheses for complex organic molecules. *Proc. of IFIP Congress 74*, (1974).
- [23] Newell, A, Shaw, J. C. & Simon, H. A. Report on a general problem solving program. *Proc. of the international Conf. on Information Processing, Paris*, (1959).
- [24] Newell, A. & Simon, H. A. GPS: A program that simulates human thought. Feigenbaum E. A. & J. Feldran eds. *Computer & Thoughty*. 279—293. (1963).
- [25] Buchanan, B. G. & Feigenbaum E. A. and Lederberg J. A Heuristic programming study of theory formation in Science, *2nd Inter. Joint Conf. on AI*. (1971).
- [26] Sebestyen, G. S. Decision-making Process in pattern recognition. *MacMillan* (1962).
- [27] Nilsson, N. J. Learning Machines. *McGraw-Hill*, (1965).
- [28] Duda, R. O. and Hart, P. E. Pattern Classification and Scene Analysis. Wiley, New York. (1973).
- [29] Fukumaga, K. Introduction to Statistical Pattern Recognition. Academic Press. (1972).
- [30] Hunt, E. B. Artificial Intelligence. Academic Press. New York, (1975).
- [31] Chomsky, N. Syntactic Structures. The Hague: *Mouton & Co.* (1957).
- [32] Chomsky, N. Aspects of the theory of syntax. Cambridge, Mass. *MIT Press*, (1965).
- [33] Fu, K. S. Syntactic Method in Pattern Recognition. *Academic Press*. (1974).
- [34] 代汝为 模式识别的语言结构方法 中国科学院自动化研究所资料。
- [35] Narasimhan, R. The role of syntactic models in picture processing. *Information Processing 74*. 743—747. (1974).
- [36] Chen, C. H. On statistical and structural feature extraction. In C. H. Chen ed. *Pattern Recognition and Artificial Intelligence*. (1976).
- [37] Aiserman, M. A. Remarks of Two problems connected with Pattern Recognition. In S. Watanabe ed. *Methodologies of Pattern Recognition*. 1—19. Academic, (1969).
- [38] Huffman, D. A. Impossible objects as Nonsense Sentence. *Machine Intelligence*. Vol. 6. 295—323. Edinburgh Univ. Press, (1971).
- [39] Clowes, M. C. On Seeing Things. *Artificial Intelligence*, Vol. 2, No. 1. 79—116. (1971).
- [40] Guzman, A. Decomposition of a visual scene into three-dimensional bodies. *Proc. AFIPS 1968 Fall Joint Computer Conf.* vol. 33, 291—304 (1968).
- [41] Loutrel, P. P. A solution to the hidden-line problem for computer-drawn polyhedra. *IEEE Trans. Comput.* 19, 205—213 (1970).
- [42] Winston, P. H. ed. The Psychology of Computer Vision. MIT Press. (1975).
- [43] Agin, G. J. and Binford, T. O. Computer Description of Curved Objects. *Adv. Paper 2nd Intl. Conf. on Arti. Intell.*, Stanford Univ., Aug. (1972).
- [44] Tenenbaum, J. M. On locating objects by their distinguishing features in multisensory images. *SRI Artificial Intelligence Center Tech. Note '4*, Stanford Research Institute, Sept. 1973. Also in *Computer Graphics and Image processing*. (1974).
- [45] Yakimevsky, Yeram and Feldman, J. A. Semantics-Based Decision Theory Region Analyzer. *Adv. Papers 3rd Intl. Conf. On AL*. Stanford Univ. Aug. (1973).
- [46] Green, B. F. Jr., Wolf, A. K., Chomsky, C. and Laughery, K. BASEBALL: An automatic question answer. *Proc. of the Western Joint Computer Conf.* (1961).
- [47] Lindsay, R. K. Inferential memory as the basis of machine which understand natural language. Feigenbaum. E. A. and Feldman, J. eds. *Computer and Thought*. (1963).
- [48] Simmons R. F. Answering English Questions by Computer: A Survey, *Comm. AC M*. Vol. 8, 53—70, (1965).
- [49] Simmons, R. F. Natural language question answering systems: 1969, *Comm. ACM*. Vol. 13, 15—30.
- [50] Siklessy, U. and Simon H. A. Some semantic methods for language processing. In H. S. Simon and L. Siklossy eds. *Representation and Meaning/ Prentice-Hall* (1972).
- [51] Slagle, J. R. Artificial Intelligence: The heuristic programming approach. McGraw-Hill, (1971).
- [52] Quillian, M. R. Semantic Memory. In *Semantic Information Processing*. MIT Press. (1968).
- [53] Simmons R. F., Burger, J. F., and Schwarz, R. M. A computational model of verbal unders-



- tanding. *Proc. AFIPS Fall Joint Comput. Conf.* (1968).
- [54] Simmons, R. F. Somantic networks: their computation and use for understanding English sentences. In R. C. Schank & K. M. Celby eds *Computer*.
- [55] Schank, R. D. Conceptual Information Processing. *American Elsevier Pub. Co.* (1975).
- [56] Longest-Higgins, C. Artificial Intelligence. *British Medical Bulletin*, Vol. 27, No. 3. (1971).
- [57] Winston, P. H. The MIT Robot. In B. Meltzer and D. Michie eds. *Machine Intelligence*. Vol. 7. American Elsevier Publ. Co. (1972).
- [58] Pingle, K. K., Singer, J. and Wichman, M. Computer control of a Mechanical arm through visual input. *Proc. IFIP. Cong.* 1968, Vol. 2. (1968).
- [59] McCarthy, J. et al. A computer with hands, eyes and ears. *Proc. 1968 Fall Joint Comp. Conf.* Vol. 33. 329—338. (1968).
- [60] Feldman, J. A. et al. The Stanford hand-eye project. *Proc. 1st Intl. Joint Conf. on AI*. 521—526. Washington, D. C. (1969).
- [61] Paul, R. C. Trajectory control of a computer arm. *Proc. 2nd Intl. Joint Conf. on AI*. London, England, Sept. (1971).
- [62] Coles, L. S. An experiment in robot tool using. *Systems for the Seventies. Proc. of the IEEE 1970 Systems, Science and Cybernetics Conf.* Oct. 14—16, 224—225, (1970).
- [63] 中国科学院沈阳自动化所人工智能, <自动化情报> 1975.5.
- [64] Itoh, H. *6th IFAC world congress*, Preprints. (1975).
- [65] Vukobratovic, M. *6th IFAC World Congress*, Preprints. (1975).
- [66] Yastrebov, V. S. *6th IFAC World Congress*, Preprints 21, 4. (1975).
- [67] Williams, B. How smart are computers? *N. Y. Rev. Books*. 20. no. 18, (1973).
- [68] Doran, J. E. Some recent models of the brain, In Meltzer B. & Michie, D. Eds. 6. pp. 207—220. *Edinburgh Univ. Press*, (1971).
- [69] Nilsson, N. J. Artificial intelligence. *Information Processing* 74. (1974).
- [70] Newell, A. et al. Speech understanding systems. *North-Holland Publishing co. Amsterdam*. (1973).
- [71] 李家治, 人工智能与心理学(心理学参考资料)中国科学院心理研究所, 1977.
- [72] 中国科学院自动化研究所控制理论组, 国外神经控制论发展概况, (生物化学与生物物理进展) 1977.6.
- [73] 涂序彦、郭荣江、智能控制及其应用, (自动化) 1977.1.



## ARTIFICIAL INTELLIGENCE

*(The state of the art in foreign countries)*

### ABSTRACT

LI CHIA-CHIH

*(Institute of Psychology, Academia Sinica)*

WANG YUN-JIU

*(Institute of Bio-physics, Academia Sinica)*

TU XU-YAN      GUO RONG-ZUANG

*(Institute of Automation, Academia Sinica)*

Research developments of artificial intelligence in foreign countries were surveyed under five headings since its early beginnings up to the present time.

1. Brain and neural models. Studies related to brain and neural models were evaluated and their importance for the understanding of the nature of human and artificial intelligence was emphasized.

2. Thinking process simulation. The seeking for heuristics from human intellectual activities has been stressed for the realization of artificial intelligence.

3. Pattern recognition. Visual pattern recognition problems involving statistical and syntactic approaches as well as robot vision were specifically discussed.

4. Understanding natural language. A general outline was given for the developmental trends from the syntactic analysis in the late fifties to the memory models of semantic network and then to the conceptual dependence theory in the early seventies.

5. Intelligence robots. Description was made on the MIT, Stanford university and some of the Japanese robots.

Based upon the above review, the authors concluded with the opinion that the study of artificial intelligence should be regarded as an interdisciplinary science of intelligence, and outstanding achievements were anticipated from the joint efforts by scientists from different disciplines.