

人工智能导论

—第五代计算机—

—原理应用及现状—

(一)

渠川璐 編

北京航空学院计算机科学和工程系

一九八三年三月

目 录

| | | |
|-----|-----------------------------|----|
| 一、 | 人工智能概論 | 6 |
| (一) | 智能与智能模拟課程 | 7 |
| (二) | 人工智能的应用现状 | 9 |
| (1) | 机器人 | 9 |
| (2) | 模式识别 | 10 |
| (3) | 问题求解 | 11 |
| (4) | 计算机的不足与 AI 的潜力 | 12 |
| 二、 | 智能系統支持硬件 | 14 |
| (一) | 传感器 | 16 |
| (1) | P-V _i 型传感器 | 16 |
| (2) | P-f 型传感器 | 17 |
| (3) | 视觉传感器 | 18 |
| (4) | 听觉传感器 | 19 |
| (二) | A/D 变换器 | 20 |
| (1) | D/A 变换网络 | 21 |
| (2) | 比较器 | 21 |
| (3) | 连续近似型 A/D 变换器 | 22 |
| (三) | 多点切换器 | 23 |
| (四) | 采样/保持器 | 24 |
| (五) | 执行机构 | 28 |
| (1) | 电气执行机构 | 28 |
| (2) | 电-液伺服机构 | 29 |
| 三、 | 自动推算法 | 31 |
| (一) | 逻辑推論 | 34 |
| (1) | 演绎推論 | 34 |
| (2) | 归纳法推理 | 36 |
| (二) | 确定自动机与概率自动机 | 37 |
| (三) | 贝叶司概率推論 | 37 |

| | | |
|-----|--------------------------------|----|
| (1) | 貝叶司定理 | 37 |
| (2) | 貝叶司予測 | 38 |
| (a) | 予測問題 | 38 |
| (b) | 貝叶司予測子的定义 | 39 |
| (c) | 貝努利分布的参数估计 | 39 |
| (d) | 从高司分布中抽样点之 θ 均值估计 | 40 |
| (3) | 貝叶司决策 | 41 |
| 四、 | 自学习 | 42 |
| (一) | 学习的定义 | 42 |
| (二) | 概念的定义与概念建立 | 43 |
| (1) | 不分文法的确定邏輯机器 | 45 |
| (2) | 概率自动概念发展机器 | 45 |
| (3) | 复合概念系統 | 46 |
| (三) | 学习机 | 46 |
| (1) | 基本訓練方法 | 46 |
| (2) | 参数訓練法学习与识别 | 47 |
| (a) | 典型判別函数形式 | 47 |
| (b) | 参数訓練法 | 53 |
| (3) | 非参数法学习与识别 | 54 |
| 五、 | 对策与决策理論 | 57 |
| (一) | 二人零和对策 | 57 |
| (二) | 二人零和混合对策 | 58 |
| (三) | 模糊集合对策概述 | 59 |
| (1) | 模糊集合的一般概念 | 60 |
| (2) | 模糊环境下之风险与决策 | 60 |
| (a) | 多级决策与模糊映象 | 60 |
| (b) | 凸集性与模糊映象 | 61 |
| (c) | 模糊集合之二进制操作 | 62 |
| (d) | 多级决策过程 | 63 |
| 六、 | 現有智能应用系統 | 64 |
| (一) | 图象识别系統 | 64 |

| | | |
|-----|-----------------------------|----|
| (1) | 图象量化 | 64 |
| (2) | 予处理 | 65 |
| (a) | 直方图的等概整量化 | 65 |
| (b) | 边界锐化 | 67 |
| (c) | 平滑化 | 69 |
| (d) | 伪彩色处理 | 69 |
| (e) | 特征与特征抽取 | 70 |
| (3) | 图象识别 | 72 |
| (a) | 机器的监督学习与自学习 | 72 |
| (b) | 自动识别 | 74 |
| (4) | 快速福里叶变换与数字滤波在图象识别中的应用 | 75 |
| (a) | 福氏变换——连续形式 | 75 |
| (b) | 二维福氏变换——连续形式 | 77 |
| (c) | 离散福里叶变换 | 77 |
| (d) | 二维离散福里叶变换 | 78 |
| (e) | 快速福里叶变换 | 79 |
| (f) | FFT之流程图 | 80 |
| (g) | 数字滤波器 | 83 |
| (5) | 同态滤波之用于象增强 | 84 |
| (二) | 自然语言识别系统与计算机讲话 | 85 |
| (1) | 为什么要研究自然语言识别 | 85 |
| (2) | 声音的频谱特征 | 87 |
| (4) | 词识别 | 88 |
| (5) | 语句的涵义识别 | 88 |
| (6) | 声综合 | 88 |
| 附录: | 模式的语法式识别 | 89 |
| (三) | 智能机器人 | 96 |
| (1) | 机器人的分类 | 97 |
| (2) | 主—从机器人 | 97 |
| (a) | 主—从原理 | 97 |
| (b) | 机器人(腿)的计算机控制 | 98 |

| | | |
|-----|------------------------------------|-----|
| (3) | 智能机器人 | 101 |
| (a) | 智能机器人的传感器 | 102 |
| (b) | 机器人的智能 | 103 |
| (四) | 智能化自动设计系统 | 105 |
| (1) | TROPIC 系统中的结构问题求解程序 | 108 |
| (2) | TROPIC 系统的数字问题求解程序 (NPS) | 108 |
| (3) | 反追踪 | 108 |
| (五) | DENDRAL 智能化质谱分析系统 | 109 |
| (1) | 质谱仪提供的输入 | 109 |
| (2) | CONGEN 程序 | 110 |
| (六) | 飞机作战的微分对策系统 | 110 |
| (七) | 自动诊断系统 MYCIN | 111 |
| (八) | 自动进化系统问题 | 112 |
| (1) | 知识工程的几点看法 | 113 |
| (2) | 自进化及意义 | 113 |
| (九) | 混合智能系统——人类大脑与机器的直接 信息交互作用 | 114 |

序 言

智能模拟又名“人工智能”(Artificial Intelligence)或“机器智能”(Machine Intelligence)是人类酝酿已久但在近十几年才得到应用的一门先进计算机科学分枝。它的主题是研究利用自动机模拟人类思维、智能技巧,但用比人类速度快几万至几十万倍的速度去实现的机器算法规律及机器系统结构的科学。

利用智能化算法设计的程序控制电子计算机系统(目前可用的自动机是电子数字计算机)使之表现出有自动记忆、决策、学习、识别、推理(Reasoning, Inference)、感知(Percept)、问题解决、……等人类专有的智能。尽管各种应用智能系统用途不同,但基本规律是很相似的。

技术发展的高潮是“智能机器人”及“自动进化系统”(Self-evolutionary System),目前应用最广的是图象识别系统。随着人类自我认识和科学技术水平的发展,未来的自动机未必是目前基于一百多年前乔治·布尔(George Boole)提出的双值逻辑计算机,也未必只是用计算机“模拟”人类智能,很可能是采用人类大脑信息与自动机物理相联构成的“复合智能系统”。但目前,直接有用的是利用电子数字计算机系统模拟智能活动的系统。所以,本教材是以电子计算机为背景的。

由于在我国还是首次开这种课程,在世界上这种课程也只有少数大学开出,缺乏有系统的参考材料。美国计算机协会(ACM)对人工智能课程的分类方法又过于零乱(参考ACM Curriculum A9

1968)。再加之不够负责的国外科普电影,宣传造成了一些神秘化和错误观念。这些都使本课程不得不作一些“去粗取精、去伪存真”的工作及系统化的工作,以力图使学员能得到较完整而不是枝离破碎的概念。由于各课时间太匆忙,错误之处望指正。

渠川璐

北航 603 教研室 1979. 6

一、人工智能概論

人工智能是几百年来人类的理想，特别是当第一次产业革命之后，蒸汽机与电气技术应用发展之后没有人再怀疑机器可以代替和“放大”体力劳动。昔日不可能直接由人类体力劳动实现的事情很自然地由机器去作了。现代人很自然地看到三千吨水压机一次把冷轧钢板压成汽车底盘、三千匹马力的电气机车牵引着上千吨的列车盘旋于穷山峻岭、TNT(三硝基甲苯)黄色炸药把整个山头崩落、……。当人类体力被“放大”之后，就开始考虑机器能否代替和“放大”人类脑力的问题。但是很遗憾的是人类在自然界面前曾是如此巨大，但在对自己的智力活动过程认识面前又显得相当渺小。直到1947年第一台电子数字计算机 ENIAC 问世之后，尽管它运算一次需要 284 μ s，但却引起了人们一个巨大的希望。而目前每秒作一千万次、二千万次乃至一亿次操作以上的电子计算机已成为极为普遍的设备时代中，在远超过人类记忆容量 $10^{13} \sim 10^{14}$ 码位的大型数据库出现之后，一些基于电子计算机的操作而完成的任务是人类本身根本不可能完成的，这样的事实又成为屡见不鲜了。以 ILLIAC-IV 一类机器为例。如果任务本身有平行机制 (Parallalism) 的话，可以计算相当九千五百万个人的工作量的任务。一个大型计算中心 (如美国航天局 NASA 的哥达特卫星中心) 的存贮系统单纯为其资源卫星 LANDSAT 收集的遥感数据每年就有 2200 亿码位 (2.2×10^{11} bits)，而哥达特卫星中心远不止只控制一个卫星。在跨越除南北极外世界各洲的大计算机网络的数据库总容量则远远超过人脑记忆容量。这些都意味着什么呢？从辩证法角度看，量变引起质变，这就意味着人类现有的计算手段不论在速度或容量上都是远超过人类本身。有了物质支持手段之后，就可以进一步考虑机器模拟人类大脑活动的问题了。

远在早期，人类就考虑过智能过程机械化问题。电子计算机的出现至今仍是沿袭十九世纪乔治·布尔 (George Boole, 1854 年) 的思路和廿世纪初图灵 (A. M. Turing) 的有限自动机 (Finite Automata) 思路继续前进。不要忘记电子计算机史前

孕釀的就不是單純想實現人類數學運算。1854年布爾提出的划時代論文“關於思維規律的考察”(An investigation of the law of thoughts - 1854)及1952年圖靈提出的論文“計算機器與智能”(Computing machinery and intelligence - 1952),都強烈地顯示出一種力圖實現發展機器智能的想法和計劃。所以,從發展計算機起其目的就是廣義的,這種機器孕含着實現機器智能的目的,而不單純是作計算。這樣,我們就不會覺得人工智能有什麼突然和神祕。

(一) 智能與智能模擬課程

(1) 何謂“智能”

智能是指識別(Recognition)、記憶、問題求解(Problem-solving)、決策、學習、悟性(Consciousness)、推理等人類大腦的特有功能。只有人類有這種能力,這些都被歸入“智能”。當然,人類智能是很複雜的過程其物質表現包括生物物理、生物化學及其它過程而不單純是個電氣過程。人類不可能用無機材料複製另一類大腦,而且也沒必要。人類需要作的是等效地“模擬”(Simulation)大腦智能活動過程以達到高級自動化。1975年烏爾(L. Uhr)提出了一個以他個人見解提出來的表,茲列如下。這個表把人類智能與人工智能相應的內容對照在一起,使人一目了然。

人類悟性內容

AI相應內容

- | | |
|------------------|---------------------------|
| 1. 感知(包括傳感與概念形成) | 1. 模式識別/定名/有關內容抽取 |
| 2. 思想 | 2. 演繹/探索路徑/啟發式(Heuristic) |
| 3. 記憶 | 3. 轉換/檢索/問題回答 |
| 4. 語類完善化 | 4. 分析/語義“了解” |
| 5. 動因行為 | 5. 觸/運動/機器人之“視覺” |
| 6. 需要產生之動機與目標 | 6. 目標查找/優化/滿足要求 |
| 7. 學習 | 7. 再敘/歸納/發現共性/加入斷定 |

柏司克 (G. Pask) 則把人工智能列举了 120 項內容並分为 11 类。这 11 类是：对策系統；问题解决系統；控制 / 予測系統；自适应模式识别系統；概念获取系統；学习功能模拟系統；注意力集中机制；自然語言推論系統；語言产生模型；进化模型；师—生交互作用模型。

从另一个角度来看或許更加头緒清晰，即把智能分为：感知、記憶、识别、学习、推理、决策与予測、创造与进化、响应与表现。

集中上述所有智能功能就成为一个完整的智能系統，就成为人类大脑功能的模拟。

(2) 人工智能課程

由于智能控制系統的不断發展，1968 年美国计算机协会 (ACM) 規定了“ A9 ”課程，包括十个方面，即：

1. 模式识别；
2. 问题求解；
3. 决策；
4. 学习网络；
5. 自然語言数据处理；
6. 概念学习；
7. 对策；
8. 自适应规划；
9. 定理証明；
10. 计算机作曲。

这十个方面並不是十分恰当的分法。因为有一些是智能工程方法，有一些是应用智能系統，有一些是部分智能分析方法。而往往在一个智能应用系統中同时既有这方面功能又有另一些方面功能；有一些方法既可用于这方面应用又可用于另一些方面。这样一看这个分科法就是沒有层次的。

比較确切的分科方法是方法与应用系統。方法中主要是：推理、学习、对策与决策。应用系統按当前的实际情况看应包括：图象识别系統、声 (自然語言) 识别系統、自动診斷 / 设计系統、自动对策系統、机器人系統及其它。后者，完全是綜合利用前面的方法以實現某些方面应用。任何应用系統都是“问题求解” (Problem Solving)。

只是問題不在同一範疇而已。機器人還在發展，它完全綜合利用了我們所說的智能方法。

(二) 人工智能的應用現狀

由於某些保守的看法，也許是由於無知所引起的。往往有一些對人工智能的不公正的評價在散布，其惡劣後果是使一些同志無形中得到一個錯誤認識，即：人工智能是一種“奢侈品”沒有實用價值。這當然是不正確的。當前，人工智能科學已穩步走向了實用階段展現了巨大的威力。舉例來講就可以看出。

(1) 機器人 (Robot)

科學上看待機器人並不象美國幻想電影“未來世界”所描述的那樣。在前幾年已有約 1000 個機器人在美國、日本、瑞典使用。

日本川崎公司 (Kawasaki) 主從機器人 (Waster-slave Robot) 高速重複所學習到的運動用以收集鑄焊接部件將焊槍引燃並將部件焊結到一起。目前用於焊接摩托車車架。美國 UNLMATE 機器人可以拿起 200 磅重的部件並將之定位組裝，定位精度為 4.572 毫米。除工業機器人外，為了考慮航天需要而在美國加州理工學院發展的“火星流浪者” (Mars Rover) 可以利用手一眼裝置自動收集火星樣品、改變位置並且在遇到困難時停止收集。

帶有測距器、電視攝象機視覺系統與觸覺傳感器的計算機遙控機器人 RAMPY 可以接收來自電傳打字機的命令並在複雜情況下執行此命令。例如命令它 “Push the cube off the ramp” (把方箱推離斜坡——簡化命令) 則機器人辨認出所要的方箱的方位，繞過室內障礙物到達方箱處，發現並移動一個斜坡搭到平台上使自己可以爬上平台，爬上去之後就推移方箱至掛物處。

斯丹佛研究所與八個企業合作構成的機械手可以發現物體、對之進行檢驗並完成組裝任務。在計算機房中則可以通過“學習”使之代替操作員使用電傳打字機、光筆終端機等。這樣的機器手有觸覺傳感器、視覺傳感器、力與扭矩傳感器聯機輸入計算機作出決策響應。

目前在軍事上排除地雷、深海潛水作業、……各个方面機器人都有所應用。但所用的機器人与真人差別很大，也沒有必要完全模仿真人。例如機器人兩腿走路就很困難，所以有腿的機器人是六條腿（任

意三条都可以保证机器人平衡)。

(2) 模式识别 (Pattern Recognition)

这是当前人工智能系统中应用最多也最有效的部分。模式中包括图象 (Image)、自然语言、手写体字符等。所谓“识别”就是能自动抽取特征并把它自动分类。

它的需要是很明显的。首先是军事侦察及资源勘探的用途。通过卫星或高空侦察飞机对地面进行摄影或作光学直接扫描得到的图象数据是非常庞大的一组。例如 LANDSAT 资源卫星一幅照片是由 7909200 个象元即 55364400 码位组成 (五千五百三十六万四千四百位) 相当于 100×100 平方海里 (nautical mile) 面积。这里可能有的对象是十分多的, 如果想由庞大的对象群中找出被伪装的导弹发射镜是根本无法由人去识别的。这只能由计算机去自动“抽取特征” (Feature Extraction) 并进行识别、分类, 计算机能够识别完全由于它的软件系统有学习能力并且有决策能力。如果在导弹上装上“地形识别”系统就可以在分导再入后准确命中目标。在飞机上有类似装置即可能作高速地形跟随。在公安工作中可以作自动指纹识别。在医学中利用 X 光或超声断层造影的图象识别可以进行脏器偏离 (如胃下垂) 脑瘤 (第三脑室偏离中线) 及肿瘤的診斷。

自然语言的识别是一项十分重要的成就, 人和机器通过电传打字机互相谈话的程序可以以 1966 ~ 1967 年麻省理工学院魏森巴乌姆的一个叫作 ELIZA 的程序为代表。ELIZA 被取了一个女孩子的名字, 这个程序笔谈得十分之好而且有女孩子的性格。如果不是通过字符打印机和键盘交谈, 只要加上声码装置及声识别程序就可以真正用语音交谈。在美国已有 VCN-100 这样的设备供工厂总工程师对计算机数控工厂发出自然语言命令之用。而且它只能“服从”一个人的声音命令, 别人冒充是不行的。我们为什么说自然语言识别有十分重大的意义? 这是因为在机器学习中, 往往需要人来作启发。而人来启发或将人的经验传授给机器时直接用语言比编程序输入要省事得多。这样, 机器可以高速度取得很多人的经验。

手写字体的识别对于机器文献检索系统是十分重要的。现代文献检索系统把大量科技文献收集进计算机的数据库, 用户只要提出检索

主题，计算机就可以把有关这个主题的十年以内的（例如美国航天局的计算机文献检索系统）有关文献题目、作者、刊载地点、摘要全部打印成册提供用户。但是在不能对手写字符进行识别时，则这个系统就不能大量手稿收集进去，这是十分欠缺之处。对于手写字符的自动识别现在在拉丁字母、希腊字母、阿剌伯字母都早已不成为问题。但对于汉字则还有若干困难，目前在日本已能作到自动识别 800 多个汉字，尚有待改进。

对于模式识别的重要意义应该有足够的认识，因为正如我们自己的知识长进一样并不可能万事全是自己全经历过的，很大程度上是依靠书籍、文献、报纸、期刊杂志、照片、电影、……。这些知识的来源对于机器知识的长进同样是重要的。

(3) 问题求解 (Problem Solving)

问题解决能力是人类智能的一种较集中的表现。从逻辑上讲可以把问题解决的推理形式归结为两大类。一种是“演绎” (Deduction) 类型，另一种是“归纳” (Induction) 类型。无疑，这是起源于古希腊亚里司多德 (Aristotle)。演绎是一般原理到个别结论的推理方法。归纳则相反，是由观察到的一些事实中概括出其共性规律。

1960 年美国司舟佛人工智能研究所纽威尔 (A. Newell) 等人编制了“通用问题解决程序系统” (GPS — 即 General Purpose Solver 的字头) 即采用演绎型规律作为计算机推理基础。它不仅可以解数字问题，而且可以解决十几种性质不同的问题。1963 年著名的“猴子与香蕉”问题就是用 GPS 程序模拟的，到 1969 年利用 GPS 程序控制“猴子” (一个机器人) 进行猴子摘香蕉的智能实验。这个问题是这样的：猴子想摘挂在天花板上的香蕉但够不着，猴子想上平台但上不去，于是它在附近搜索发现一块斜木板把它推到平台边沿斜面爬上平台再把箱子从平台推到地板上挂有香蕉的对应点。这就是我们谈过的机器人。当然，这只是对 GPS 解决问题的一种实验。显名的 DENDRAL 系统是完全实用化的演绎系统，它的规律是利用化学家用质谱仪观察、分析质谱得到的经验规律用以自动确定分子结构。这种程序在实用过程中比一般化学家作得还好一些。在医学上也有问题解

决程序，如专门诊断内脏疾病的 LINTERNIST 程序、诊断传染病的程序 MYCIN 都是很成功地在现场被使用着。

在国防系统中也有本身的问题解决程序，如美国国防部的战略模拟软件系统曾在越南战争中作出布雷与电子干扰走廊及饱和轰炸重点的最优决策布 起过相当大作用。这个决策不是当时美军司令穆尔将军作出的，而是计算机智能系统作出的。

这里，不能一一举例了。但我们知道，这类问题解决系统并不是我们事先给出了一切“答案——问题”对 (Pair) 而计算机只是查表。因为我们无法预先知道所有问题的解决方法。但我们可以给计算机以一些规律由计算机自己去推理并作出应有的结论 (解答)。这里，计算机由于可以高速推理，并且有大信息容量。所以，它是有很强的能力的。在 CAD (计算机辅助设计——Computer Aided Design) 中也有很多自动设计系统，例如在七十年代中出现的 TROPLC 系统可以自动对变压器及其它工程设计问题进行解决。

这里，很令人感兴趣的是机器自动创造的问题。通过推理规律计算机能否创造出人类自己尚不知道的规律？这个问题十分有趣。就某种意义上讲，机器可以作到。因此，从这个意义上讲，它可能超过人。但从另一个角度看，机器的推理与决策规律又是受人类自我认识的限制，它不可能超越这个范围去创造。所以，从这个意义上它又是不可能超越人的。问题在于人——~~人~~补发展，就可能得到各尽所能的系统。例如，人类长期不能证明的数理逻辑四色假设问题，就是计算机证明的。因为，人尽管知道可能的规律，但人受自己的弱点制约如速度太慢、记忆衰退因此不能作太多分支的处理及过多参数问题的分析与综合。所以，人工不大可能比机器作得更好。但在创造性上，人又是最好的创造源，这点是机器不容易代替的。人很容易根据问题的提出去控制自己的注意力把问题集中在较小的空间，机器只能模拟人的方法。但不容忽视的是机器自我进化的可能性是实际存在的。但这种进化最好方式是与人“启发” (Heuristic)。交互作用进行。

(4) 计算机的不足与 AI 技术的潜力

以上所谈都是综合性的智能系统，其中包含了人类智能行为的各种成分 (Component)。但我们永远不能忘记，电子数字计算机不

是万能的。尽管它很有力，但在另一些方面它很虚弱。这表现为：

(a) 人类智能规律未必能全能由双值形式逻辑表达，因此，基于双值形式逻辑的物理实现的计算机不能全然复现人类智能。例如计算加法人可以作到每秒钟3次，但计算机可以普遍作到每秒钟50万次到1亿次以上。但人类作推理活动过程的速度远比计算机收敛为快。

这点可以证明，人类推理及“检索信息”(Information Retrieval)不是完全逻辑过程，这点说明AI不能全靠双值逻辑型操作的计算机。

(b) 计算机没有“心理”与“直觉”。而人类智能有很多是从心理状态出发的，直觉可以帮助快速对问题解决提出创造性看法——提出新规律——而计算机除了由人类启发外别无他法。

(c) 计算机“感知”(Percept)部分不完备。一个计算机化智能系统的感知器(Perceptron)是由传感器代替的。人类认识到自己有几中感觉，计算机系统就只能与外部世界作几种信息交换。人类自我认识很不足，到目前只认为有视觉、听觉、嗅觉及味觉、触觉等五种感觉。那么，意识不到的感觉，计算机系统也不可能具有这种感知功能，就不可能由外部世界得到完全的启发。

(d) 计算机是个“形式系统”，形式不同但真值表一致的复合命题未必是含义上相同的。所以逻辑推论中会有很多没用的推论，其为数相当之多，事实上是在浪费机时和存贮空间。

以上当然会使计算机化的智能系统“效率”较低。

以上诸点都是计算机的本征弱点。因此，不能认为目前的电子双值逻辑型计算机就是人工智能系统赖以实现的唯一基础。按照智能系统的需要有可能发展新型自动机而不一定墨守图灵机(Turing Machine)形式，因为这种机器思想来源于125年前布尔的思想体系。

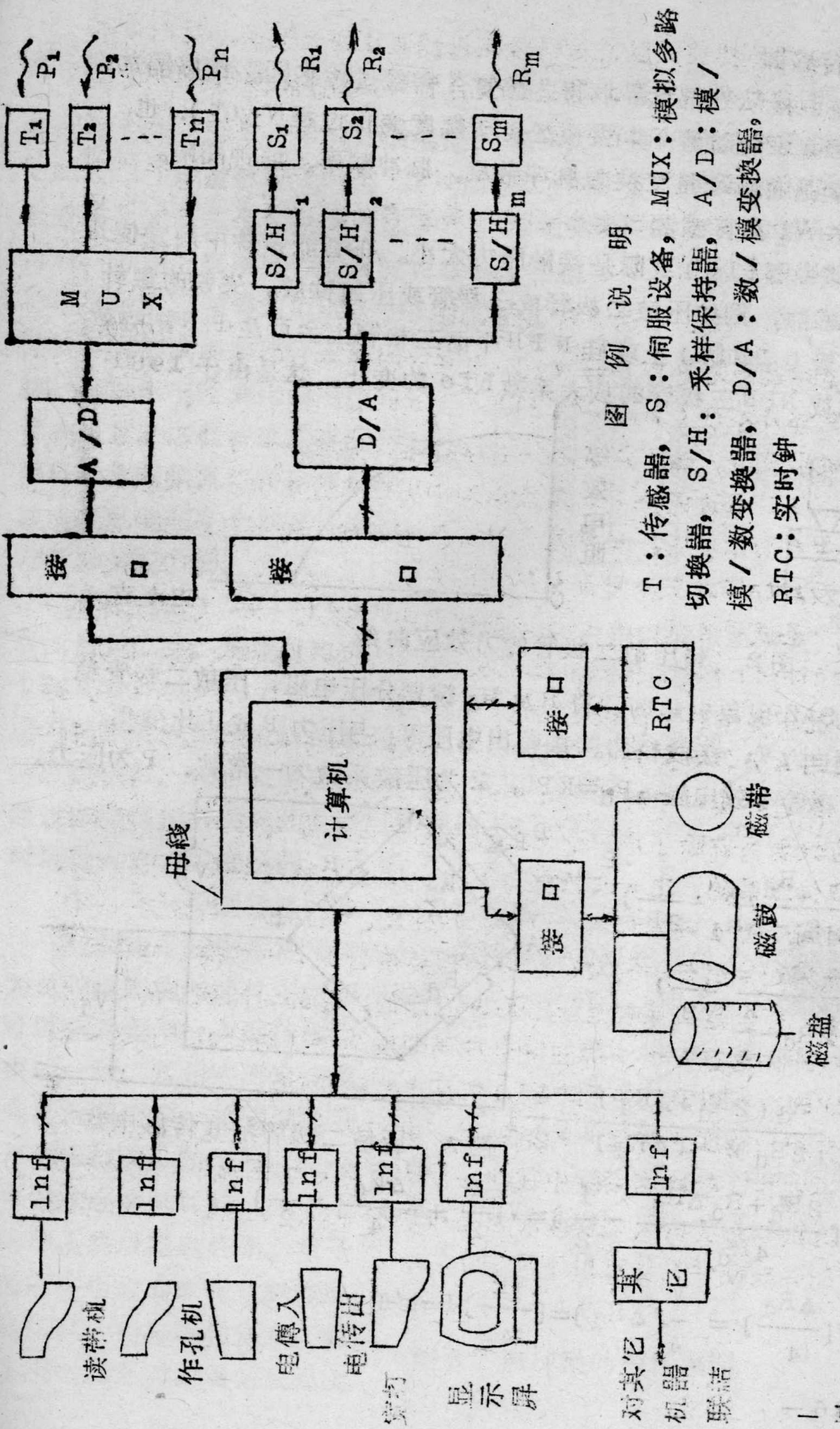
但智能科学(注意!我们在这里没有用“人工智能”这个名词)这个领域是十分有广阔发展余地的。首先，从大领域讲：人对于自己智能的“形式与数学模型”还有待完善和认识；其次，完全立足于现有“二进制逻辑形式推理”的机器并不能“保持万载”。新的自动机可能比现有计算机更适合于智能模拟；更重要的是把单纯用机器模拟

人类智能改变为直接将人脑思维信号与机器直接交互反馈，这时就不是单纯“人工智能”系统了，而是“复合智能系统”。关于这方面已有人在着手进行基础研究。因为这是个很复杂的问题。首先，人脑的思维活动的物质表现要弄清楚。另外，关于收集这些信息并能对其解释并与机器软件信息格式兼容起来，这些都需要作大量工作。但估计八十年代将有所突破。

二、智能系统支持硬件

智能系统的核心是电子计算机，电子计算机规模可大可小。小可以小到一只单片集成（monolithic integration）微计算机（如用于机器人）。也可以大到一台多处理机系统、一个多计算机系统、甚至一个计算机网络（如模式识别中的图象处理中心或自进化系统）。但在多数情况下，单纯用计算机是不够的。需要有感知功能及对外响应表现的系统就不可能单纯用计算机。计算机 I/O 只能使用符合一定“格式”（Format）的数字“字”形式。而一般“传感器”（Transducer）在目前则只能把被感知物理量变换为电量，而且在多数情况下是变为“模拟电压量”（Analogue Voltage），这就需要 A/D 变换器（模拟—数字变换器）将电压变为二进制数字量，经过在接口中缓冲、同步后输入计算机内存。同样，一般被控制响应表现系统除了用标准外部设备之外，也多数是电气伺服系统、电—液伺服系统、电—气伺服系统。这些系统需要用电压幅值大小（随时间变化）来控制其线位移、线速度、角位移、角速度……。但计算机只能输出二进制数据，这就需要进行 D/A 变换（数字至模拟变换）。而计算机系统是没有时间观念的，它的时间观念的由来是由于实时钟振荡器（很精确的钟脉冲周期发生器）对计算机引起中断计数造成的。所以实时钟及其接口也是不可避免的。

在有相当高度“智能”的系统中，由于多少要有自己的数据库，在模式识别和文献检索系统中往往还很大，自进化系统中这个数据库更大。所以，必要的大规模外存也是难以避免的。这样，一个典型的综合智能系统硬件结构可以下图表示。



图例说明

T : 传感器, S : 伺服设备, MUX : 模拟多路
 切换器, S/H : 采样保持器, A/D : 模/
 模 / 数变换器, D/A : 数 / 模变换器,
 RTC : 实时钟

图 1

(一) 传感器

智能系统直接从外部世界取得“感觉”需经过传感器。传感器的功能是将物理量变化过程 $P(t)$ 变换成电压幅度变化过程 $V_i(t)$ 。也有一些传感器是将物理量变换为脉冲数量、脉冲频率、脉冲间隔。

(1) $P-V_i$ 型传感器

触觉 (Tactile) 实际是接触压力大小。在智能系统中触觉使用微型压力传感器，例如压敏二极管或三极管或压敏橡胶。尖锐的触针压在锗二极管 (PN 结) 上或硅 NPN 平面三极管上会产生 PN 结等效电阻的变化或 NPN 三极管的放大系数 h_{fe} 的变化。这是由于 1961

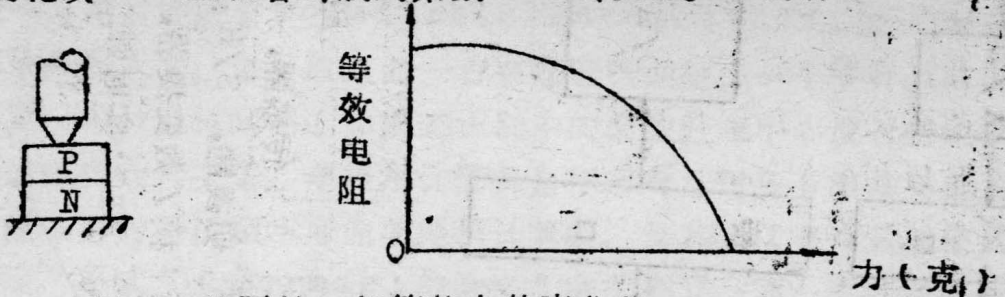


图2 锗压敏二极管的力效应曲线

年发现的 SAZ 现象引起的。将 R 及 R_d 精密分压电阻，压敏二极管稳压电源电压为 V ，接成桥路。则输出电压 V_i 与压力 P 成正比变化。设压敏二极管等效电阻 $\Delta R_d = kP$ ， k 为压敏系数为一常数、 P 为压力。则有：

$$\begin{aligned}
 V_i &= V \left(\frac{R_d}{2R_d - \Delta R_d} - \frac{R}{2R} \right) \\
 &= V \left(\frac{R_d}{k} - \frac{1}{2} \right) \\
 &= V \left(\frac{R_d (2R_d + \Delta R_d)}{(2R_d)^2 - (\Delta R_d)^2} - \frac{1}{2} \right) \\
 &= V \left(\frac{2R_d^2 + R_d \Delta R_d}{4R_d^2} - \frac{1}{2} \right) = V \left(\frac{1}{2} + \frac{\Delta R_d}{4} - \frac{1}{2} \right) \\
 &= V \left(\frac{\Delta R_d}{4} \right) = \frac{V}{4} [\Delta R_d] = \left(\frac{Vk}{4} \right) P = k' P
 \end{aligned}$$

图3 压敏二极管触觉传感电路