

计算机与控制论

[英] B. H. 鲁达尔 著

科学出版社

计算机与控制论

〔英〕B. H. 鲁达尔 著

周仲良 方 虹 译

黄午阳 校

科学出版社

1987

内 容 简 介

本书用控制论工作者熟悉的结构思维方法,介绍了计算机的基本知识以及计算机在控制论和其它领域里的实际应用,同时还着重论述了控制论研究方法在计算机发展过程中所起的作用。本书不仅为读者在有关领域应用计算机和控制论方法提供了入门的途径,而且使读者从中可以具体地了解到计算机科学在各个方面取得的最新成就以及未来的发展趋向。

本书可供控制论工作者、计算机科学工作者、理工院校有关专业的师生和广大科技人员阅读和参考。

B. H. Rudall
COMPUTERS AND CYBERNETICS
Abacus Press, 1981

计 算 机 与 控 制 论

〔英〕B. H. 鲁达尔 著

周仲良 方 虹 译

黄午阳 校

责任编辑 李淑兰

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经营

*

1987 年 6 月第一版

开本: 787×1092 1/32

1987 年 6 月第一次印刷

印张: 6 3/8

印数: 0001—6,600

字数: 143,000

统一书号: 15031·818

本社书号: 5308·15—8

定价: 1.55 元

译 者 的 话

电子计算机和控制论几乎是同时在本世纪四十年代诞生的,它们的出现是人类文明发展的产物,它们的发展反过来又推动了科学技术的飞速发展。

当前,计算机技术的发展方兴未艾,计算机已经触及到人类生活的各个角落。在我国,电子计算机也在工农业生产、国防建设和科学研究等方面发挥了巨大的作用。另一方面,用控制论方法研究工程技术的自动化、生物、医学、人工智能、经济、管理和社会科学等方面的问题,也取得了令人瞩目的成效,控制论研究已越来越受到人们的重视。因此,普及计算机和控制论的基本知识和应用方法,对于我国的四化建设和科学研究,实在是当务之急。

关于计算机和控制论的书刊目前已出版不少,但是,将这两方面联系起来加以研究和论述的书籍却不多见。《计算机与控制论》一书摆脱了一般介绍的传统思路,试图用控制论工作者熟悉的结构思维方法,介绍计算机与控制论的基本知识和研究方法,力图从整体与部分的关系上论述计算机的总体设计思想,同时还用较多篇幅剖析了如何用控制论方法研究计算机科学的许多问题,如硬件的改进、软件的开发、计算机语言的发展、微机系统的应用、人机接口的研制等等,读者从中可以了解当今计算机科学各个方面的发展状况、最新成就、应用实例以及发展趋向。

当然,这并不意味着读者一定要有计算机和控制论的基本知识才能阅读本书,恰恰相反,本书的宗旨之一正是要根据

人类思维的一般规律，更好地向读者普及这两方面的基本知识，为读者在有关领域应用计算机和控制论方法提供入门的途径。因此，本书不但可以供控制论工作者和计算机专业人员阅读和参考，而且对于一般的科技工作者、企业管理人员和广大的计算机和控制论爱好者也是一本有益的读物。

由于译者水平有限，译文中的错误和不当之处在所难免，还望读者批评指正。

一九八五年十二月

序

编著本书有两个宗旨。首先，向使用计算机的所有控制论工作者以及其他读者普及计算机的基本知识，使他们更好地掌握控制论，并了解一些计算机的常识和计算机工作的机理。这不仅对他们来说是很有必要的，而且也将是本书阐述的论点之一。其次，本书回顾了控制论在计算机发展过程中所作的贡献，在方便时还插入了对控制论应用的阐述。

在第一批数字电子计算机问世的四十年代，对于在以后的四十年中人们目睹的计算机发展情况，简直是无法想象的。在科学技术飞速发展的这一阶段中，计算机和控制论齐头并进，不断成熟起来，这两个相邻的领域互相作用、互相影响，各自为对方的发展作出了应有的贡献。

近年来，微电子学的崛起使研究计算机的方法受到了深刻的影响。我认为，微电子学对控制论，乃至对整个社会都起着十个重大的作用。对此，控制论工作者必须有一个清楚的认识。

本书另一个非常重要的论点是：计算机是在较长一段时间里的发展成果，不同时代计算机的设计和制造都反映了该时代科学技术发展的水平。电子计算机的最新发展更趋向于表明，我们可以将计算机比拟为能够冠以任何“盖子”的一个“盒子”。与四十年代和五十年代所不同的是，这一“盖子”代表着日新月异的科学技术，而这个“盒子”就是对软件（包括程序、编译程序、程序包等）的投资。不管人们为改进计算机制造技术会提出怎样的新建议，软件是决不会被人抛弃的。

计算机在控制论中之所以占有相当重要的地位，是因为控制论在大多数实际应用中都要借助于计算机，同时，有关控制论的理论研究也愈来愈离不开计算机，计算机成了控制论工作者武库中的一种重要武器。把计算机的功能作一番认真的考察，对于成功地应用这一武器是非常必要的。

为了详细讨论计算机的功能，本书各章的安排如下：第一章概括论述计算机在控制论中的作用，后面各章研究作为计算机用户的人与计算机之间的相互作用，并用控制论方法讨论计算机科学的一些普及性课题，其中包括程序语言、语言处理系统等。

在考察现代计算机时，决不能忽视微电子学发展的情况，为此，第三章介绍了微电子学与控制论。接下去考虑了微处理器和微计算机的出现所带来的影响，并对研制软件所用的新方法进行了论述。有些科学家预言：多微处理机系统决定着未来的图景，在第九章我们就对这一预言进行了讨论。从上面这些内容可以得出一个结论：人和机器间相互作用和联系的方式将是人们面临的最大难题之一。最后一章就将其中某些思想联贯起来，使我们有可能设想出一种自动接口。

在我看来，计算机工作者使用控制论思想能把本专业的问题搞得更清楚；毫无疑问，控制论工作者要是懂一点计算机知识，那末他们在自己的学科中同样可望取得更出色的成绩。

B. H. 鲁达尔

目 录

译者的话	i
序	iii
第一章 引言——控制论中的数字计算机	1
第二章 人与计算机间的相互作用	23
第三章 微电子学与控制论工作者	42
第四章 控制论与程序设计语言	66
第五章 用控制论方法研究软件模块的说明和接口	95
第六章 用控制论方法研究程序语言处理系统	116
第七章 控制论与语言编译程序	133
第八章 控制论中的微处理机——软件法	154
第九章 控制论中的微处理机——多微处理机系统的 模拟	165
第十章 为实现自动接口而奋斗	177

第一章 引言——控制论中的数字计算机

计算机在控制论中起着日益重要的作用，它所产生的影响以及它与控制论之间的交叉、渗透，确保了这一研究领域在今后的十多年里将取得令人瞩目的进展。

数字计算机可为诸如人脑^[1]和人类行为等复杂系统建立模型，即使是人的神经系统，计算机也可以为之提供模拟和研究的手段。此外，计算机还可用来处理信息或求解问题，其中包括在目前还不能求助于其它途径来解决的一些问题。本章不打算介绍控制论的基本内容或考察它的思想基础，而是要让读者熟悉一些当前的研究课题以及计算机在控制论的发展中所起的作用。“控制论”(cybernetics)是 Norbert Wiener 为这门新兴学科所起的名字。这门学科植根于数学、哲学、心理学、生理学、科学哲学、逻辑学以及许多别的学科。总之，控制论与许多科学领域相交叉，而这些领域本身又都是相互联系的。

为了论述方便，一般都将控制论看作是对控制和通信系统所作的研究，而研究的对象最初是动物和机器。在此，我们还要在与控制和通信有关、并作为控制论起源的学科名单上，列入电子工程、计算机工程以及新近创立的计算机科学等。事实上，控制论能够综合一些学科的共同特点，它所研究的课题是非常广泛的。

1948 年以前，人们在这一方面尽管已经做了许多重要的工作，但是，直至 1948 年 Wiener 发表了著作：《控制论——在动物和机器中控制和通信的科学》(Cybernetics or

Control and Communication in the Animal and the Machine)^[2]，才标志了控制论这门新学科在欧洲的崛起。1951年，在巴黎举行了第一届国际会议，正式确认控制论是一门新兴的学科，自此，为这门学科长盛不衰的历史揭开了序幕。Weiner 不但以一名数学家的身份对这一学科的发展作出了贡献，而且还发现并指出了它与许多其它学科之间的联系。当时，他已意识到这门学科所具有的深远意义，并预见到在通信理论、自动控制、信息论等方面将会因此而出现重大的进展。Weiner 始终不渝地强调这些学科在概念上的统一性。从 Weiner 的时代以来，控制论又取得了许多长足的进步，现在，它的应用已经进入人们的日常生活。

四十年代后期，一种新的计算机出现了，它刺激了控制论的发展。在二次大战期间，这种计算机又有所发展。据我们所知，Weiner 就曾研究过高射炮瞄准预测器的机理，还有另外一些同时代的人也参与过类似的研究工作。能作信息处理的计算机日趋完善，这就对人的思想产生了影响，并很快在当时科学家的著作中明显地反映了出来^[3]。例如，这类计算机与医学和神经生理学结合起来，产生了崭新的理论，并向人们展现了激动人心的前景；将人的神经网络看作一台逻辑计算机的概念孕育了关于这种信息处理机与新兴计算机相并行的理论^[4]；闭(负反馈)环作为另一个重要的思想，也成为控制论的中心概念之一。不久，生物学与新的计算机技术之间的一些平行的结论，成了当时的新兴学科控制论研究的主要方向。

在控制论的发展所面临的某些问题中^[5]，首要的一个问题是要建立起一种有效的理论（不管其中是否有硬件模型），以便能模拟人和其他生物行为的各个方面，并且依靠这种理论制造出人工智能，这个问题就是综合。另外一个问题是模

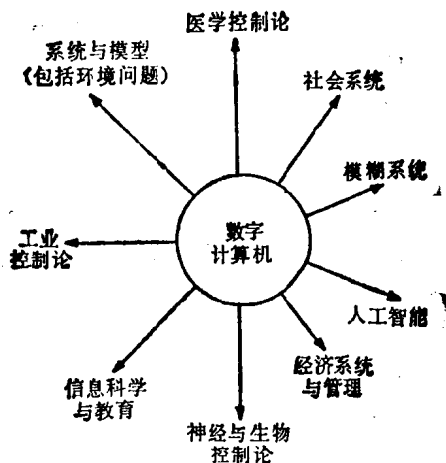


图 1.1 数字计算机与控制论的几个主要分支

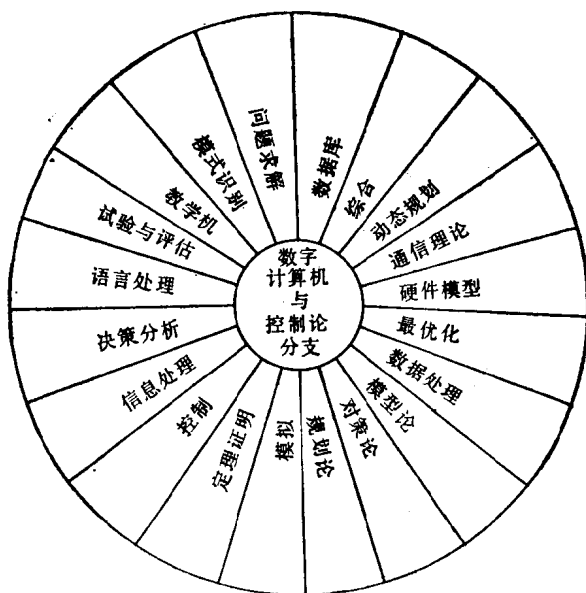


图 1.2 数字计算机在控制论中的某些应用

拟，也即要得出模仿人和其他生物行为的模型和理论。最后一个问题是用模型来产生并模拟人和动物的全部行为，这种模型在结构上与人或动物将是完全相同的。

图 1.1 示出了控制论的几个主要分支，而计算机是联系各个分支的一个公共环节。当然，控制论分支的划分方法都是人为的，实际研究中，许多分支都有互相重迭的现象。数字计算机的使用早已远远超出单纯的数字计算，现在，在大多数研究领域里都已研制出成熟的“软件”，配备了专用的程序语言，或者已制造出专用的程序组或程序包(图 1.2)。

在社会系统的控制论领域中，为了进行控制论研究，研究人员希望为社会系统建立起模型并进行模拟^[6]。但要建立社会系统的数学模型，并用之于求解社会的问题，必须运用计算机。模型不仅是模拟的需要，而且还会激发起人们对未来的兴趣，这是因为，模拟时建立的种种模型往往涉及到用它的各种形式作预测，而只有高速计算机才使人们有可能进行这一类试验。有些复杂系统的问题，如用演绎方法来分析，几乎存在着难以逾越的障碍，但用计算机模拟却可以解决，而且使模型建立者在设计试验时受到的限制能减小到最低的程度。当前，为了各种不同目标而设计世界模型，已成为计算机推广中非常流行的做法。不管是自然界系统，还是人们创造出来的一些十分巨大的系统，由于在结构上都是分级的，因而总可以分解。系统的这一性质为计算机模拟提供了极大的方便。不过，人们常常还会发现，无论计算机规模有多大，速度有多快，自然界总会产生出十分庞大而又过于复杂的系统，使计算机无法进行详细的模拟。因此，模拟总是与计算机的效能密切相关的。

我们可以将模拟分为两大类^[7]。在完全的计算机模拟中，模拟全由计算机进行，人并不干预或插手模拟的进程；而在

人-机模拟中,人和计算机之间往往发生着更为复杂的相互作用.在一个交互式模拟模型中,为了获取系统特性的更多信息,人和机器是轮流地对系统进行模拟的.实现人机联系的实际工具,可以是备有键盘的电视终端,也可以是完全用计算机操纵并配有多种输入输出装置的一个房间^[1].

人能不能创造出会进行思维的机器呢?这是论述控制论科学时总要提到的主要问题之一.为了回答这一问题,就应考虑一下智能的本质,考虑一下能否对智能进行分析和模拟^[2].其中的一个关键问题是,我们能否有效地实际建立起一个“智能”系统来——不管它有没有生命!因此,控制论还要研究人工智能(AI, artificial intelligence)以及它在包括生物学在内,并涉及到商业、教育、经济学和在表面上看来互不相干的许多学科及领域中的应用.

人工智能的发展在很大程度上得益于高速数字计算机,同时,人工智能的进展也反映出计算机技术的进步.在对人类思维的许多方面所作的模拟研究中,目前已经取得了引人注目的成就.为计算机编制下棋的程序,使计算机成了水平很高的“棋手”;为计算机编制的用于定理和程序证明的程序也日趋完善.不但机器人学已越来越为人们所重视,而且可以加以控制并配有人工“眼”的工业机器人已经进入实用的阶段.此外,人工智能的研究成果促使计算机系统本身得到了很大的改进.现在,人们已能较为贴切地运用自然语言来操纵这些计算机,同时,这些计算机还配有大量专用的程序语言,而这些语言最早都是为了人工智能的研究创造出来的.

人工智能用到计算机的情况有以下两种:第一,为了对智能进行分析和模拟,应有一种编制计算机程序的方法,以便显示出智能的各种特点.第二,人工智能的技术和成就应用于计算机设计,应用于计算机的“软件”,这对计算机用户来说,

其重要性就更为直接。各种新程序或新软件大大增强了计算机的能力, 计算机“学习能力”的提高就说明了这一点(所谓“学习能力”, 就是计算机接受和理解用自然语言或其它语言编写语句的能力、一般运用逻辑的能力以及进行演绎和归纳推理的能力^[10,11])。

当前, 计算机在人工智能领域中的某些应用表明, 在计算机上不仅需要作一些简便的编制程序的工作(如信息检索), 而且需要计算机具有逻辑推理和数据检索的能力^[12]。如“对话”型程序用到了问答式技巧, 但这种方法的优劣还有待于检验。有人还在研究学习系统的计算机模型, 它通过一种学习的过程从周围环境中获取信息, 然后再将信息组织成一种分层的结构^[13]。人工智能的概念还被应用于计算机辅助学习(CAL, computer-aided learning)的领域。Ghose^[14]表明, 对数理逻辑中所研究的“证明”这一个概念作修改, 可以得到一种辩证的问答式系统, 这种系统与 Socratic 的论证法相似, 但不同于程序学习的训练法 (the drill methods of programmed learning)。用于交互式计算机系统的 CAL 系统中, 自然语言被用作通信的工具^[15], 而知识库是用语义网络的形式组织起来的。O'shea^[16]将人工智能用于计算机辅助教学(CAI, computer-aided instruction), 并创造出自改进教学系统, 这些系统的设计包括两部分: 第一部分是适应性教学程序, 其中的教学策略是用一组产生式规则表达出来的; 第二部分则让这组产生式规则发生试验性改变, 从而使系统发挥出自改进功能。

人工智能中最重要的环节之一是用数字计算机作模式识别。利用数字计算机的计算威力, 人们已经创造出许多模式识别的系统, 甚至还制造出了一种“学习”做模式识别的系统^[17]。在这方面所用的计算机系统, 大多数需要配备结构良

好的主存储器和后备存储器。在“并行”处理和“分布”处理方面取得的新进展早已影响到模式识别的设计方法中所用的策略。

人工智能研究虽然已取得引人注目的成果，但它的某些特点仍难以在计算机上模拟和分析。为了克服这种局限性，必须根据新的理论和发现研制出新的硬件和软件。而控制论的中心课题正是将人工智能的研究成果应用于人的决策、解题以及人类行为的模拟，因此它将向人们展示出非常令人鼓舞的前景。

神经控制论是控制论的一部分，它为神经系统和感觉的各种功能提供了模型。Grey Walter^[18]干脆将神经控制论称为是在有生命的头脑中通信和控制的科学。他认为，“控制论”这一术语之所以在有些人的心目中名声不佳，原因在于用控制论进行分析时往往只是确认或描述一下生物和工程中一些常见的现象，而生理学家对这一点就特别反感，因为他们在控制论开始用“反馈”或自反作用等字眼以前，实际上早就在用这些方法思考问题了。然而，联结生理学和控制论的一条纽带是体内平衡原理，也就是通过对外界条件的适应来保持有机体内平衡的调节原理。生物控制论涉及到生理学家所说的“自适应”模型，但这一名称通常被用来作为表示控制论思想在生物学问题中应用的一个简化符号。

在神经控制论和生物控制论中，数字计算机广泛用于模型的建立，其中包括硬件模型和软件模型。为模拟神经系统而最早建立起来的几个模型被称为“神经网络”^[19]。神经网络可以想象成是一种特殊类型的有限自动机，有些系统，尤其是人的神经系统，可以用神经网络进行研究。要是神经网络用矩阵来表示，那就可以利用“矩阵”软件并借助于常规的方法在计算机上储存和处理了。虽然一个逻辑网系统可能要占用大量的

存储单元,但由于目前的计算机中存储设施很完善,费用也较低,因此神经网的这种表示法也就比较切实可行。如不想用这种表示法,则可考虑直接在计算机上对神经系统作模拟。

医学控制论是受到计算机技术发展影响很大的另一个控制论分支。有人把医学控制论称为是控制论思想在医学所涉及的任何系统中的一种应用。只要编写出计算机程序,就可以借助计算机来模拟这类系统。例如,需要模拟的系统可以是医生和病人之间的关系,可以是处于某些生理状态下人体的机能,也可以是分子生物学水平上的遗传系统。在医学控制论的文献中,能说明计算机对这一学科的发展所起作用的例子是不胜枚举的。

在医学教育中,根据“教学机”理论制造的计算机化的“教学包”,已在供医科学生们使用。现在,大多数医科院校都有计算机,学习计算机的使用方法也已成为医学专业本科教学大纲的一部分。在医疗结构中,计算机应用的范围非常广,从病人监护到新医院的筹建,都会用到计算机。如今,用计算机化的病历档案系统存放、处理和检索关于病人的大量信息,已极为普遍。

“计算机诊断”是用控制论方法研究医学的另一项重要的内容。有些研究人员认为,既然诊断过程能用数学语言说清楚,那就完全有可能用计算机作自动诊断。医疗诊断计算机化的直接结果是,人们对于诊断的各种特点可以进行更为透彻的考察。某医疗诊断服务中心(MEDIAAC; medical diagnostic service)已实现计算机化,其宗旨就是让医生通过电话进行计算机诊断。计算机在医学控制论中的另一应用是对病人的治疗。如病人需要特别治疗或严密监护,则可将多种传感器或类似装置附着在他的身体上,使有关信息传送到监测用的计算机里。病人监护系统已成为计算机在医学中的一个

重要应用。此外,计算机也可用来操纵许多其它的医疗器械,例如,在进行 X 射线治疗时,计算机能算出照射的剂量,并能控制机器在各个方向上所作的运动。

在计算机技术尚未兴起之前,研究生物化学系统的某些数学模型,其近似性往往不能令人满意;而起用计算机以后,精确度大大提高了,而且可避免模型过于简化和粗糙的现象。根据模型不仅可以找到某一种解决问题的方法,比方说,使用各种不同类型的微分方程^[20],而且使求解过程也大为简化。此外,有些要靠模拟计算机求解的问题,现在也可用数字计算机解决,这是因为人们已编出一些专用的语言,可用来模仿模拟机的工作。这种将两类计算机结合起来的混合系统使研究人员获得了一种更为有效的工具。

以上只是医学控制论使用计算机取得的许多成就中的少数几个例子而已。这一新的尝试,以及后来进行的推广和应用,使医生和病人都对医学的前景充满了信心和希望。今天,计算机无疑已成为医学控制论的一种必不可少的工具。用控制论研究生命系统,就必须研究各个生物体及其群落。Staf-ford Beer^[21]曾将商业系统和管理系统比作生物体内的细胞,其中同样也存在通信和控制的问题,因而也可以应用控制论思想来研究。

在过去的十年中,管理控制论取得的成就也是颇为瞩目的。管理控制论研究的是复杂的自组织系统,这些系统在其内部以及与外部世界之间,存在着随机性联系^[22]。数字计算机在商业界和管理界所起的作用是这一领域研究的一个中心问题。现在尽管许多单位都离不开计算机,但对计算机的真正作用却未必都已搞清楚。Beer 在六十年代就曾建议使用单位应把注意力放在回答这样一个问题上:“现在有了计算机,本企业应当是个什么样子?”而不是去考虑:“我应当怎样使用