

国家自然科学基金项目资助

河海大学“~~圆~~工程”学科建设项目资助

数字图像的智能信息处理

(第圆版)

徐立中摇李士进摇石爱业摇著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是一本有关数字图像智能信息处理方面的专著。近年来作者跟踪了国际上新兴的软计算、计算智能方向的研究热点,较为深入地研究了模糊集理论、遗传算法、神经网络、粗糙集理论、证据理论以及它们相互结合的方法并用于数字图像的信息处理与信息融合。

全书共 15 章,内容包括:综述有关软计算与计算智能的研究以及信息处理的软计算方法;图像预处理基本技术;基于模糊集和粗糙集理论的图像预处理技术;基于遗传算法的图像恢复方法及模糊与遗传算法结合的图像恢复方法;图像压缩编码的有关基础知识和几种国际标准;神经网络压缩编码;粗糙集与神经网络结合的矢量量化编码方法;信息融合编码方法;基于多源信息融合的人脸图像检测与识别;遥感图像信息融合处理;证据理论在遥感图像处理中的应用等。

本书内容新颖,注重理论联系实际,可作为电子信息工程、计算机应用、工业自动化、机械电子工程等相关专业的工程技术人员、科研人员、研究生和高年级本科生参考使用。

第 员版序

在信息社会里 ,信息产生的增量越来越大 ,要使信息得到及时利用 ,为国民经济和科学技术以及国防工业的发展服务 ,必须对信息数据的采集、加工处理、传输、存储、决策和执行等手段进行高新技术改革 ,以适应社会发展形势的需求。

信号与信息数据的采集和处理过程都内涵“计算”的意思 ,这个广义的含义使得从信号处理到人工智能都属于信息处理学科的范畴 ,即要求用计算机运算方法来实现智能信息处理 ,将计算引向计算智能。目前国际上提出计算智能就是以人工神经网络为主导 ,与模糊逻辑系统、进化计算等新的理论和方法以及信号与信息处理学科综合集成 ,由此设计和研制成的智能信息处理系统 ,对信息高速公路与多媒体通信等向高度智能化的发展 ,将起到重大的关键性作用。

一般来说 ,智能信息处理可以分为两大类 ,一类为基于传统计算机的智能信息处理 ;另一类为基于神经计算的智能信息处理。基于传统计算机的智能信息处理系统包括智能仪器、自动跟踪监测仪器系统、自动控制制导系统、自动故障诊断系统等。在人工智能系统中 ,它们具有模仿或代替与人的思维有关的功能 ,通过逻辑符号处理系统的推理规则来实现自动诊断、问题求解以及专家系统的智能。这种智能实际上体现了人类的逻辑思维方式 ,主要应用串行工作程序按照一些推理规则一步一步进行计算和操作 ,目前应用领域很广。基于计算机(包括高速信号处理器开发系统)和人工智能的智能信息处理系

统仍在继续向高新技术发展,但其发展速度已不太适应社会信息数量增长速度的需求,因而促使人们注意到新型智能信息处理系统的研究。

人工神经网络是模仿、延伸人脑认知功能的新型智能信息处理系统。由于大脑是人的智能、思维、意识等一切高级活动的物质基础,构造具有脑智能的人工智能信息处理系统,可以解决传统方法所不能或难以解决的问题。以连接机制为基础的神经网络具有大量的并行性、巨量的互连性、存储的分布性、高度的非线性、高度的容错性、结构的可变性、计算的非精确性等特点,它是由大量的简单处理单元(人工神经元)广泛互连而成的一个具有自学习、自适应和自组织性的非线性动力系统,也是一个具有全新计算结构模型的智能信息处理系统。它可以模仿人脑处理不完整的、不准确的、甚至是非常模糊的信息的能力。这种系统能联想记忆和从部分信息中获得全部信息。由于其非线性,当不同模式在模式特征空间的分界面极为复杂时,仍能进行分类和识别。由于其自学习、自适应功能,系统能从环境及输入中获取信息来自动修改网络结构及其连接强度,以适应各种需要而用于知识推广及知识分类。由于分布式存储和自组织性,即使系统连接线被破坏了,它仍能处在优化工作状态,这在军事电子系统设备中有着特别重要的意义。因此,基于神经计算的智能信息处理系统是模拟人类形象思维、联想记忆等高级精神活动人工智能信息处理系统。

基于神经计算的智能信息处理正朝着生物智能方向发展,“计算智能”是其重要的理论基础。一般认为计算智能包括神经网络、模糊系统和进化计算等几个主要方面,其积极意义在于促进了基于计算和基于物理符号相结合的各种智能理论、模型、方法的综合集成,以利于发展思想更先进、功能更强大并能够解决更复杂系统的智能行为。目前,国际上计算智能研究正注意几

个结合 :神经网络与模糊系统和进化计算的结合 ;神经网络与模糊及混沌三者的结合 ;神经网络与近代信号处理方法子波、分形等的结合 ,以更有效地模拟人脑的思维机制 ,使人工智能导向生物智能。

河海大学徐立中同志所著的《数字图像的智能信息处理》一书 ,是在他近年来的有关研究工作基础上撰写而成的。作者跟踪了国际上新兴的软计算、计算智能方向的研究热点 ,在模糊集理论、遗传算法、神经网络、粗糙集理论用于数字图像信息处理中 ,开展了较深入的研究工作 ,取得了许多有创新思路的成果 ,并在工业监视监控技术的实际应用中作了努力的尝试。希望本书的出版 ,对数字图像处理技术的提高和发展起到推动作用。

国家“~~愿~~攀”攀登计划项目首席科学家
 东南大学教授 何振亚
 二〇〇五年 八月 二日

第 1 版前言

目前计算机在数值计算和问题求解的基础上,已形成了一系列适用于确定性完全信息对象的成熟的技术体系。但是随着人们对复杂系统研究的深入,迫切需要一种能够有效针对对象非确定、不完全信息的技术手段,当推理过程和处理机制更多地模拟了自然界和人类某些自适应性的行为和特征时,其技术范畴就从单纯计算的“硬”环境拓展至更为广阔的“软”计算领域。

当前科学技术正进入多学科相互交叉、相互渗透、相互影响的时代,这一点在计算机领域表现得尤为突出,其新思想、新方法和新工具层出不穷,在计算技术与信息处理的结合点上,不断涌现出新的学科门类和相关的技术领域。1985年,远月在美国佛罗里达州的奥兰多(即奥兰多)召开了全球第一届计算智能会议,标志着计算智能(即计算智能)这一学科分支的产生。

软计算(即软计算)属于计算智能学科的范畴,两者有共同的特征。也有人认为软计算是创建计算智能的一种新颖方法。所谓软计算是指在信息非确定、不完全、非精确条件下非结构化问题时信息处理的过程。软计算不是一个单独的方法论,而是若干种计算方法的集成,它除了包括已为人们所熟知的像神经网络、模糊控制等计算智能的内容外,还引入了进化计算、粗糙集等新的理论和方法。

信息可谓 21 世纪最重要的商品。信息的处理包括信息的获取、传输、存储、加工及应用等方面。信息处理的方法可以分为三个层次。第一层次是数据库处理,所采用的手段是系统及信息论

的方法,第二层次是知识库处理,它是以符号运算为基础的传统人工智能信息处理,第三层次是基于计算智能形式体系的智能信息处理,它借助于神经网络、模糊集合、进化计算、粗糙集等软计算方法。

在求解结构性信息处理问题时,基于冯·诺依曼结构的计算机串行处理显示了强有力的计算性能。对于非结构性问题,可采用两种方法:一种是基于逻辑运算、符号操作,通过算法实现,即传统的智能信息处理方法;另一种就是采用计算智能信息处理方法。

从方法论的角度,传统人工智能是以符号运算为基本特征,以演绎方法为逻辑主体,从抽象层次表达和模拟人类某些智能行为的符号机制(符号逻辑)。在基于传统人工智能的系统中,例如人工智能专家系统,它们具有模拟或代替与人的思维有关的功能,通过逻辑符号处理系统的推理规则来实现自动诊断、问题求解以及专家系统的智能。这种智能实际上体现了人类的逻辑思维方式,主要应用串行工作程序,按照推理规则一步一步地进行计算和操作。这种方法没有跳出串行和基于算法的体系结构,这就是传统的智能信息处理方法。

人工智能更多的注意力已经转向从生物界获得灵感,发展到计算智能层次,从符号机制向产生自然智能的可以弥补符号机制不足的生物机制方向发展。例如,以大量神经元的相互连接和作用为基本特征,以不完全归纳方法为逻辑主体,从神经元的相互连接关系和作用机制层次表达和模拟人类某些智能行为的连接机制(快乐计算)和以遗传操作为基本特征,以物竞天择为逻辑主体,从基因族的发展和演化层次探寻人类某些智能行为的发展和演化规律的进化机制(快乐计算)。

目前传统的智能信息处理方法主要应用在智能仪器仪表、智能控制系统、故障诊断等方面,应用领域很广。传统的智能信息处理与传统人工智能从符号机制向连接和进化机制等生物机制方向

发展类似,正在朝着计算智能信息处理方向发展。

计算智能信息处理方法是试图模拟自然智能的一种新型智能信息处理方法,其智能信息处理系统不仅具有逻辑推理思维功能,而且具有联想、形象思维功能。我们已经看到人工神经网络、遗传算法及其与模糊集结合的应用领域越来越宽,比如,智能诊断、计算机视觉、图像信息处理、机器人与控制、信号分类、自适应滤波、非线性系统辨识等方面。人们认识到逻辑思维和形象思维可能具有同等重要的地位,因此具有归纳和演绎双重功能的混合型逻辑系统的运行机制会受到广泛重视。

在数字图像信息处理中,由于图像信息本身的复杂性和它们之间有较强的相关性,在处理过程中的各个不同层次可能出现不完整性和不精确性、非结构化问题,以及建模困难等。将计算智能信息处理的方法应用于图像的处理和理解,在一些场合具有比硬计算方法(即所谓的传统计算方法,使用精确、固定和不变的算法来表达和解决问题)更好的效果。近几年来,计算智能不仅为信息科学和认知科学提供了新的科学逻辑和研究方法,而且为智能信息处理提供了有效的处理技术。模糊集理论、进化计算、神经网络、粗糙集理论以及它们相互结合的方法的指导原则是利用所允许的不精确性、不确定性和部分真实性,以得到易于处理、鲁棒性和成本较低的解决方案,因此是有发展潜力的图像智能信息处理方法。

近年来作者跟踪了国际上新兴的软计算、计算智能方向的研究热点,较为深入地研究了模糊集理论、遗传算法、神经网络、粗糙集理论以及它们相互结合的方法,用于数字图像的处理。全书共分五章,内容包括:综述有关软计算与计算智能的研究以及信息处理的软计算方法;图像预处理基本技术;基于模糊集和粗糙集理论的图像预处理技术;基于遗传算法的图像恢复方法及模糊与遗传算法结合的图像恢复方法;图像压缩编码的有关基础知识和几种

国际标准 ;神经网络压缩编码 ;粗糙集与神经网络结合的矢量量化压缩编码方法 ;信息融合压缩编码方法等。

本书是在博士后研究工作以及博士论文的基础上写作而成的。成书之际由衷地感谢作者的导师于洪珍教授 ,感谢她多年来对作者从硕士到博士的培养和悉心指导 ,有幸在她领导的研究室中参加科研工作并受到锻炼 ,使作者受益一生。

衷心感谢沈祖诒教授、杨锦堂教授提供了优良的博士后研究工作环境 ,在他们的帮助下 ,博士后出站报告得以顺利完成 ,同时也奠定了本书的写作基础。

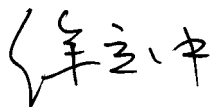
在研究和写作过程中 ,得到了许多老师和同志们的帮助。我们指导的研究生刘美林讲师提供了 ~~苑园园~~节 ~ ~~苑园园~~节的初稿 ,在此向他(她)们表示衷心的感谢。

著名信息科学家何振亚教授在百忙中审阅了全书 ,提出了许多宝贵意见 ,并指出了进一步研究工作的方向 ,还为本书写了序 ,在此表示衷心的感谢。

特别感谢河海大学“~~园园~~工程”对本书出版的资助 ;感谢索丽生教授、任青文教授、朱跃龙教授对本书出版给予的关心和帮助。

向所有的参考文献作者表示感谢。

由于计算智能这一学科理论性强 ,技术性新 ,又限于作者的水平 ,会有许多缺点和不完善之处 ,恳请广大专家、同行批评指正。



河海大学计算机及信息工程学院

~~园园园~~年 ~~园园~~月 ~~园园~~日

第 四版前言

《数字图像的智能信息处理》第四版是在 2004 年第三版的基础上,进行的修订和补充。我们对第三章~第八章,在保持原来的内容基础上做了局部的修订,并增加了第九章~第十四章。

本书共十四章。内容包括 综述有关软计算与计算智能的研究以及信息处理的软计算方法;图像预处理基本技术;基于模糊集和粗糙集理论的图像预处理技术;基于遗传算法的图像恢复方法及模糊与遗传算法结合的图像恢复方法;图像压缩编码的有关基础知识和几种国际标准;神经网络压缩编码;粗糙集与神经网络结合的矢量量化编码方法;信息融合压缩编码方法;基于多源信息融合的人脸图像检测与识别;遥感图像信息融合处理;证据理论在遥感图像处理中的应用等。

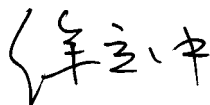
本书第三章~第八章由徐立中编写;第九章由李士进编写;第十章、第十一章由徐立中、石爱业编写;全书由徐立中统稿。

感谢国家自然科学基金(项目编号)、江苏省自然科学基金(项目编号)、江苏省高技术研究重大项目(项目编号)的资助。

本书第三版得到了河海大学“211工程”学科建设项目的资助,这次再版,又得到河海大学“十五”、“211工程”学科建设项目的资助,再次表示感谢。

向所有的参考文献作者表示感谢。

由于计算智能这一学科发展快,本书所做的工作仅仅是计算智能信息处理技术应用在数字图像处理中的初步研究,许多工作还有待于深入,又限于作者的水平,会有许多缺点和不完善之处,恳请广大专家、同行批评指正。



河海大学计算机及信息工程学院

二〇〇五年 四月 员日

第 1 章 绪 论

1.1 关于计算智能

1.1.1 软计算与计算智能

在信息处理中,信息的获取、传输、存储、加工处理及其应用所采用的技术、理论方法和系统都需要计算机来完成。目前计算机在数值计算和问题求解的基础上,已形成了一系列适用于确定性完全信息对象的成熟的技术体系。但是随着人们对复杂系统研究的深入,迫切需要一种能够有效针对对象为非确定不完全信息的技术手段,当推理过程和处理机制更多地模拟了自然界和人类的某些自适应性行为和特征时,其技术范畴就从单纯计算的“硬”环境拓展至更为广阔的“软”计算领域,软计算可以弥补硬计算的不足。

软计算(soft computing)是指在信息不完全、非确定、非精确条件下非结构化问题时信息处理的过程。模糊集理论创始人扎德(Zadeh)指出:“软计算是正在发展起来的一种计算方法,它与人脑相对应,具有在不确定及不精确环境中进行推理和学习的卓越能力。”软计算不是一个单独的方法论,而是若干种计算方法的集成,它除了包括已为人们所熟知的像神经网络、模糊控制等计算智能的内容外,还引入了进化计算、粗糙集等新的理论和方法。

当前科学技术正进入多学科相互交叉、相互渗透、相互影响的时代,这一点在计算机领域表现得尤为突出,其新思想、新方法和新工具层出不穷,在计算技术与信息处理的结合点上,不断涌现出新的学科门类和相关的技术领域。1985年“计算智能”这个概念

由美国学者 约翰·麦卡锡 首先使用, 1959年 远月在美国佛罗里达州的奥兰多(韵) 召开了全球第一届计算智能会议, 标志着计算智能(悦) 这一学科分支的产生。

软计算属于计算智能学科的范畴, 两者有共同的特征。也有人认为软计算是创建计算智能的一种新颖方法。

从传统人工智能到计算智能

从广义上讲, 人工智能(粤) 就是利用计算机表达和模拟人类的某些智能行为。从方法论的角度, 人工智能大致可分为三种基本类型:

(员) 以符号运算为基本特征, 以演绎方法为逻辑主体, 从抽象层次表达和模拟人类某些智能行为的符号机制(杂);

(圆) 以大量神经元的相互连接和作用为基本特征, 以不完全归纳方法为逻辑主体, 从神经元的相互连接关系和作用机制层次表达和模拟人类某些智能行为的连接机制(悦);

(猿) 以遗传操作为基本特征, 以物竞天择为逻辑主体, 从基因族的发展和演化层次探寻人类某些智能行为的发展和演化规律的进化机制(耘)。

传统人工智能致力于以语言或符号规则的形式来表达和模拟人类的智能行为。在行为可以存储和符号结构化数据库的假设下, 传统人工智能是以符号运算为基础的, 而且处理的方式是基于冯·诺依曼结构的计算机串行处理。然而, 人类在推理和作结论时的思维活动并不是以这种方式进行。实际中, 由于知识获取和表示是复杂而艰巨的任务, 符号运算限制了传统人工智能理论的应用。

大自然是人类获得灵感的源泉, 在人类历史上, 通过学习与模拟来增强自身适应能力的例子不胜枚举。模拟飞鸟, 人类可以翱翔天空; 模拟游鱼, 人类可以横渡海洋; 模拟大脑, 人类创造了影响世界发展的计算机。20世纪后半叶以来, 人类将其模拟的范围延伸向人类自身。神经网络是人类对其大脑信息处理机制的模拟,

模糊系统是人类对其思维方式的模拟。除了向自身结构的学习以外,人类还可以向其自身的演化这一更为宏观的过程学习,来增强自己解决问题的能力。遗传算法(即陈维群等,1997)就是其代表性的方法。人工智能更多的注意力已经转向从生物界获得灵感,从符号机制向产生自然智能的可以弥补符号机制不足的连接和进化机制等生物机制方向发展。

基于连接机制和基于进化机制的人工智能形式体系通常合称为计算智能形式体系。软计算作为一种创建计算智能的新颖方法,正在引起人们的关注。目前已经认识到,复杂的实际问题需要智能系统对各种不同来源的知识、技术和方法进行集成,在实际计算问题时,协同地而不是互斥地采用几种计算技术通常具有优越性。人们期望这些智能系统在特定领域拥有像人类一样的专门知识,在变化的环境中能够调节自身将学习做得更好,并对怎样做出决策和采取行动进行解释。

从传统智能信息处理到计算智能信息处理

信息处理的方法可以分成三个层次。第一层次是数据库处理,所采用的手段是系统及信息论的方法;第二层次是知识库处理,它是以符号运算为基础的传统人工智能信息处理;第三层次是基于计算智能形式体系的智能信息处理,它借助于神经网络、模糊集合、进化计算、粗糙集等软计算方法。

在求解结构性信息处理问题时,基于冯·诺依曼结构的计算机串行处理显示了强有力的计算性能。对于非结构性问题,可采用两种方法,一种是基于逻辑运算、符号操作,通过算法实现,即传统的智能信息处理方法;另一种就是采用计算智能信息处理方法。

在基于传统人工智能的系统中,例如人工智能专家系统,它们具有模拟或代替与人的思维有关的功能,通过逻辑符号处理系统的推理规则来实现自动诊断、问题求解以及专家系统的智能。这种智能实际上体现了人类的逻辑思维方式,主要应用串行工作程序,按照推理规则一步一步地进行计算和操作。这种方法没有跳

出串行和基于算法的体系结构,这就是上述的第二层次中传统的智能信息处理方法。而计算智能信息处理方法是在传统智能信息处理方法的基础上发展起来的,试图模拟自然智能的一种新型智能信息处理方法,其智能信息处理系统不仅具有逻辑推理思维功能,而且具有联想、形象思维功能。

目前传统的智能信息处理方法主要应用在智能仪器仪表、智能控制系统、故障诊断等方面,应用领域很广。传统的智能信息处理与传统人工智能从符号机制向连接和进化机制等生物机制方向发展类似,正在朝着计算智能信息处理方向发展。我们已经看到人工神经网络、遗传算法及其与模糊集结合的应用领域越来越宽,比如,智能诊断、计算机视觉、图像信息处理、机器人与控制、信号分类、自适应滤波、非线性系统辨识等方面。人们认识到逻辑思维和形象思维可能具有同等重要的地位,因此具有归纳和演绎双重功能的混合型逻辑系统的运行机制会受到广泛重视。

智能信息处理的软计算方法

作为创建计算智能的新颖方法——软计算方法,是一种多学科的交叉技术,涉及到人工智能、人工生命、信息科学、计算机科学、控制理论与控制工程、应用数学、系统工程、生物学、仿生学、认知心理学等多种学科,到目前为止还没有建立起完整的理论体系。下面仅对目前几种主要的信息处理软计算方法作一简单介绍。

一、模糊方法

人脑可以理解由感知器官提供的不精确及不完整的传感信息。模糊集合理论提供了系统的、以语言表示这类信息的计算方法和工具,通过使用由隶属函数表示的语言变量,可以进行数值计算。另外,合理选择模糊推理规则是模糊推理系统(云推理)的关键因素,它可以有效地对特定应用领域中的人类专门知识进行建模。

最近十年来,模糊集合理论在实践中获得重大突破,作为一种

高新技术正在迅速发展,预计 21 世纪它将成为信息科学中的核心技术之一。

二、神经网络方法

神经系统是由神经细胞组成的非线性的(非线性)、自适应的(自适应)、并行的(并行)和模拟的(模拟)网络(神经网络),简称神经网络。在神经系统中,信息的收集、处理和传递都在细胞上进行。各个细胞基本上只有兴奋与抑制两种状态。神经细胞的响应速度是毫秒级,比半导体器件要慢得多。神经细胞主要依靠网络的超并行性来实现高度的实时信息处理和信息表现的多样性。神经细胞上的突触机构具有很好的可塑性。这种可塑性使神经网络具有记忆和学习功能。突触结合的连接形成了自组织特性,并随学习而变化,使神经网络具有强大的自适应功能。

由于神经系统的复杂性,至今还没有可用于分析神经网络的理论。尽管人们早已经知道在人的大脑中存在着神经网络,但由于研究神经网络的难度很大,而且电子计算机的功能已经十分强大,因而人们一直未能对它进行深入的研究。只有在开始注意到数字计算机的局限性的今天,人们才感到必须研究神经网络,希望通过它能实现崭新的超并行模拟计算机。

的确,由于神经科学的进展,从分子水平到细胞水平的详细构造和功能开始得到了了解,对神经系统所实现的信息处理的基本性质的理解也逐步深入。然而,即使细胞的结构以及生理的和物理的机理都弄清楚了,但对涉及 10¹⁰ 个神经细胞所组成的神经系统的超并行性、层次和分布式构造所形成的系统本质特性,人们还知之甚少。目前,需要从系统论的立场出发来研究复杂的神经网络。在网络层次上弄清其功能和信息处理原理,确定使其体系化的理论。

对神经网络模型和学习算法的研究独具魅力。这种研究把许多简单的神经细胞模型并行地、分层地相互结合成网络模型,提供了实现新的信息处理的一种手段,为建立神经网络理论提供了一种途径。例如对于颜色等感觉信息,在脑内的表现是多重而广泛