

努力发展智能计算、智能推理与模糊信息技术

To Develop Intelligent Computation and Intelligent Inference Based on Fuzzy Information Technology

徐宗本

(西安交通大学理学院,院长、教授、博士生导师 西安 710049)

郑亚林

(西安交通大学理学院信息科学与系统科学研究所,副教授 西安 710049)

信息技术被普遍认为将是 21 世纪影响最为广泛的技术,它不仅广泛渗透于各个高技术领域以及生产、经营、管理的全过程,成为它们发展的基本依据和主要手段,而且正从整体上引导全球经济和社会发展的进程,推动科学技术的全面进步。配合我国大力发展以信息技术为核心的高科技计划,积极探索并解决有广阔背景的模糊环境下智能化信息处理技术的核心数学基础问题,努力发展若干有重大影响的模糊信息处理技术,对于未来科学技术发展与社会进步有着重要的意义,特别是对于推动我国有特色的信息产业的形成与发展,解决信息化工业中的重大基础理论与关键技术问题有明显而直接的作用,同时对于信息与智能化技术的理论上的创新与发展也有重大意义。

一、信息处理智能化的现状与趋势

1. 数学方法是信息技术的理论基础

信息技术的内容涉及信息的采集、加工、表达、识别、储存、转换与利用;微电子、光电子、传感器等技术是信息技术的物质基础,计算机技术与通讯技术是信息技术的载体与核心,而数学方法则是信息技术的理论基础。数学方法不仅直接提供了信息技术处理数和形的表述、储存及传输的方式,而更重要的是奠定了信息加工、转换、再生、有效利用的核心基础。计算机制造的逻辑基础、计算机应用的算法基础、通讯技术的网络理论、信号处理的 Fourier 分析与小波分析、图像压缩中的分形技术等无不明示这一点。

2. 信息处理技术的智能化趋势

信息技术的发展趋势是智能化,或更确切地说,是从信息技术的载体(计算机)到信息处理的各个阶段,将广泛地模拟人的智能(换言之,即用机器最大限度地模拟或代替人处理信息)。这一趋势不

仅激励和带动了认知科学、信息科学、计算机科学等广泛学科的蓬勃发展,而且必将主导 21 世纪全球信息工业。近年来各主要发达国家斥巨资竞相展开的有关智能计算机(人工智能与计算机的集成)的研制,有关智能控制技术(如智能机电一体化、生产过程的计算机一体化——CIMS 等)的广泛采用,以及有关智能型算法(如模糊逻辑、神经网络、遗传算法等)的发展等,构成了信息技术智能化趋势的主要标志。这些智能型信息技术虽然尚处于发展阶段,但已有成果应用于经济建设和工业生产过程中的某些方面并发挥出惊人的效能(例如模糊控制在家用电器上的成功应用)。可以预期,智能化信息技术将是 21 世纪各学科普遍关注的焦点,并必将成为飞速发展的领域。然而,智能化信息技术的发展从本质上却取决于人们对智能计算基础研究的深入程度。

3. 智能计算与智能推理的核心数学基础的现状

智能计算的核心数学基础问题涉及对人的各类智能行为(学习、推理、识别、感知等)数理机制的探讨与模型化,对模糊或不确定信息的加工与分析原理,及对各类拟智能行为、拟智能过程模型(算法)的理论评价等方面。虽然,在过去几十年的研究中,上述诸问题已引起国内外包括数学家在内的众多学科专家的关注与研究热情,并已取得模拟人的学习中记忆与识别的自组织模型、神经网络模型,模拟大脑决策与推理的模糊推理,模拟智能生成过程的遗传算法,处理不确定信息的证据理论与近似推理等重大成果,但总起来看,所取得的结果还远不够深入,所描述的智能还相当初等,一系列重大而严重阻止智能化信息技术发展的基础问题尚未得到系统研究或取得突破性进展。例如,不确定性和不完备性是信息的本质,表现人类学习、推理、感知、决策能力的均是一种带主观随意性、以人类经

验和直觉为基础的智能活动,而刻画这种不确定性推理及不完备信息处理的机制与原理尚未得到系统研究;逻辑思维是人类发明创造的根本,模拟人的这一智能行为虽然从演绎推理的方面取得了不少进展,但如何模拟非演绎的逻辑思维(如归纳与类比)则无重大进展;模糊控制技术虽然已得到广泛应用,但由于作为模糊控制理论基础的模糊推理迄今仍无严密的逻辑依据(这包括 Zadeh 的 CRI 方法及各种模糊推理方法),故而模糊控制技术当前应用水平仍显得低下;另外,作为一种自适应的人工智能综合技术,近年来成为众多学科关注焦点的模拟演化计算(遗传算法、遗传程序、演化策略、分类系统等)虽然正在各个信息智能化领域发挥作用,特别在处理诸如机器学习、人工神经网络训练、程序自动生成、专家系统的知识库维护等一系列超大规模、高度非线性、不连续、极多峰函数的全局优化方面显示出独特优势,但是,无论国内还是国外,有关演化计算的研究还多集中于算法的应用与改进方面,研究手段多只限于实验层次。作为一种智能型全局优化技术,它们的理论基础(特别是数学基础)公认为还处于“幼儿”时期。这种理论基础的缺乏正致命地限制着演化计算技术的进一步推广与发展。

由此,我们看到,智能化信息处理技术发展中的**一些关键问题的解决正期待相应数学理论和方法的突破。**

二、模糊信息智能化处理若干数学基础问题的探索方案和研究建议

配合我国大力发展以信息技术为核心的高科技计划,积极探索解决模糊环境下智能化信息技术发展中的若干核心数学基础问题,努力发展若干有重大影响、可推动我国信息产业长足发展的信息处理技术,是我国数学工作者和其他科学技术工作者、科学技术管理部门以及相关产业应予特别重视的重大课题和紧迫任务。下述几个方面可选作主攻方向。这些方向具有以下明显特点:(1)所论问题直接源于当前智能信息技术发展的核心基础问题,从而有强烈而直接的应用背景,对国家经济发展具有直接作用。(2)学科的前沿性、交叉性强,不仅涉及对大脑奥秘这一科学根本命题的探索,而且涉及认知、生物、生理、信息、计算机科学等广泛领域;不仅需要利用数学各分支学科的已有理论与方法,而且更需要特别发展全新的数学理论与方法。(3)研究结果对未来科学技术(特别是智能信息技术)和人类社会的发展有巨大影响。

1. 大脑思维与模糊环境下决策过程的模型化在充分吸取认知科学、神经生理学、大脑科学

有关大脑信息处理机制的最新成果基础上,提出并建立若干基本的思维与决策模型、特别是模糊环境下类比推理与归纳推理模型、基于大脑皮层分区功能的多目标决策模型,基于学习与遗忘的知识库维护模型等。模型建立将以刻画大脑的特定信息处理机制为出发点,以描述和概括现实信息处理技术中的基本现象、规律和原理为依据,以可计算化(即可模拟或仿真)为目标。这样,所提出的各类模型将能直接应用于信息处理技术。特别有希望:(1)使计算机系统具有一定程度的类比与归纳能力,从而提高计算机的智能化水平;(2)创立一类全新的求解复杂多目标规划问题的智能(自适应)型分解技术;(3)为智能系统的知识存储、知识更新与维护开辟新的途径。

2. 非经典的分层逻辑——模糊推理的逻辑基础

通过结合模糊推理与模糊逻辑的形式系统的已有成果,建立模糊推理坚实的逻辑基础,进而改进、提高当前流行的模糊控制技术。在分析经典逻辑系统对处理模糊命题演算不适应的基础上,建立新的模糊命题演算系统;在“重言式”、“ α -水平重言式”或“定理”界定下建立新的模糊推理规则(特别是对 Zadeh 的 CRI 方法进行修改,使其具有严密的逻辑基础);在模糊推理方法的稳定性分析的基础上,结合概率测度理论建立新型、有效的 FMP (Fuzzy Modus Ponens)与 FMT (Fuzzy Modus Tollens)模型。

3. 模糊信息处理的数学原理与仿真技术

借助和对应于描述客观不稳定性经典数学与随机数学方法,发展刻画和表现人的学习、推理、识别、决策等智能行为的主观不确定性和不完备信息的处理方法;在概括已有模糊理论、证据理论、随机理论、信息理论的基础上,提出更接近于模拟人的思维规律的不确定性推理原理——包含度理论;以包含度理论为工具,发展有效的从经验到知识的信息获取方法、知识库的知识协调与矛盾规则排除方法,以及证据合成、传播与修正方法等。从根本上提高专家系统技术的智能化水平。

4. 关于演化计算技术的数学基础

作为软计算技术(模糊逻辑、神经网络与遗传算法)的核心,演化计算是从智能产生过程的观点出发模拟生物智能求解问题的通用技术。其核心数学基础问题包括:关于演化的本质与模拟演化的搜索机理;对于运用演化计算技术而言,问题的可解性与难易度;模拟演化计算的性态分析(收敛性、收敛速度估计)等。可重点研究:模糊遗传操作下演化计算的搜索机理(Schema 理论、隐含并行性、基因块假设等);遗传操作的生理意义与数学意义(特别

(下转第 42 页)

应占其中一半,对另一半属于朝鲜的水资源,我方完全可以通过友好协商以购买方式来获得。因为自流调水济黄,在一条线路上调水量越大,效益就越大。尽管要花一些钱购买非我方所有的鸭绿江之水,但仍比从长江流域调水的成本要低。

4. 若南调鸭绿江之水,可为拟议中的跨渤海湾公路大桥工程增添更多的功能和效益,实现一桥多用,能够促进环渤海经济圈港口链、高速公路和旅游业的大发展。

5. 南调鸭绿江之水,陆路可避免沿途斜穿公路、铁路、河流等一系列较高难度的技术与施工问题,并且开挖人工河道基本不需占用良田。

6. 鸭绿江之水南调黄河下游的广饶水库后,与之配套的调水、分水工程均可在平坦的华北平原上实施,因地貌高差变化甚微,其工程比在秦岭或沟壑纵横的黄土高原不知要容易多少倍,将节约大量的工程投资以及竣工后的电能耗。

7. 南调鸭绿江之水,可基本解决山东、河南、河北的水资源不足问题,由此可对黄河流域的水资源进行更加合理、更加精心的配置。黄河下游少用一些黄河水,那么黄河中上游地区工农业生产就可以多用一些黄河水。

8. 其潜在利益是,可以节约南方宝贵的水电资源,同时用南方水电来调荷北方火电,可以减少北方煤炭交通运输量,节约大量的煤炭资源,资助北方发展节水工农业。

综上所述,解决北方水资源不足问题,有必要明确调水济黄的总体思路,即调水济黄应优先上马自流调水或低扬程调水项目,力争低投入高产。如在我国北方,可就近南调鸭绿江之水;在我国南方,一方面可精选比较理想的地段,尽量考虑采用自流或低扬程工程北调一部分长江之水,另一方面可将长江流域季节性富裕电力,调往北方使之发挥更大的经济社会效益。当 21 世纪国力十分雄厚时,亦可上马南水北调西线工程。总之,有比较才有鉴别,要提倡发挥软科学集思广益、民主决策的长处,努力把调水济黄工作统筹好、策划好。

参考文献

[1] 刘志伟、刘莹,愿长江绿水长流,科技日报,1998.3.16
[2] 赵衍庚,长江水与黄河水能互补开发,科技导报,1998(2)
[3] 刘新,跨流域调水——南水北调西线工程,西北矿产资源及水土合理开发利用研究,西安地图出版社,1997
[4] 张二朋、牛通韫、霍有光等,中华人民共和国秦岭——大巴山及邻区地质图,1992,地质出版社
[5] 张二朋、牛道韫、霍有光等,秦巴及邻区地质——构造特征概论,1993,地质出版社
[6] 霍有光,策论鸭绿江水南调工程及跨渤海湾渡槽公路两用大桥,科技导报,1997(11)

(责任编辑 刘先曙)

(上接第 28 页)

物理、化学的手段破坏生物本身具有的修复系统或抑制其修复,以提高突变率,诱导生物体发生变异,使之产生新品种;但由于生物本身的修复系统在高效地发挥着作用,就大大地降低了受损生物体 DNA 的突变率。

参考文献

[1] Bohr V. A. and Smith C. A. et al. Cell, 1985, 40: 359
[2] Drapkin R. And Sancar A. Cell, 1994, 77:9
[3] Tristchler H. J. and Medori R. Neurology, 1993, 43 (2):280
[4] Wei Y. H. Mutat. Res. 1992, 275:145
[5] Nohrl H. British Medical Bulletin, 1993, 49(3):653
[6] McShane M. A. and Hammans M. et al. Am. J. Hum. Genet. 1991, 48:39
[7] Muller—Hocker. Am. J. Pathol. 1989, 134:1167
[8] Philp C. and Hanawalt. Science, 1994, 12
[9] Lu A. L. and Clark S. et al. Proc, Natl. Acad. Sci. USA, 1983, 80:4639
[10] Quillardet P. de Bellecombe C. et al. Mutat. Res. 1985, 16:165
[11] Huang C. H. et al. Proc. Biochem. & Biophys, Sinica. 1996, 23(5):413 (责任编辑 肖庆山)

(上接第 30 页)

是什么样的遗传操作可成为对生物进化机制的本质描述);模糊遗传算法的收敛性与收敛速度;新型、高效模糊演化计算执行策略(特别是混合策略)及对模糊信息处理技术的有效应用等方面。

5. 模糊神经网络理论与混合专家系统技术

神经网络是模拟大脑结构处理信息(特别如联想、记忆、辨识、预测等)的智能信息技术。它的本质特点在于模拟了人类的学习能力,可从样本(例子)中抽出“正则”的知识,完成从“例子”到“知识”的抽象。对于不含模糊性的样本,近 20 年来的研究已奠定较坚实的理论基础。然而,对于含模糊性(特别是不完全型、不精确性)的样本(例子)集,则尚无系统理论。因此,可重点研究:模糊神经网络的有效学习算法;模糊神经网络的拓扑结构与映射功能;从神经网络中自动提取模糊规则的原理与算法等。在上述研究成果基础上所建立的模糊神经网络理论将会有效地应用于不具备完全、精确知识的专家系统建造,并进而发展融 Rule—based 和 Neural—Network based 优点于一体的“混合专家系统”的理论与技术。

(责任编辑 王宏章)