

49-51

计算智能:计算、集成与集成开发环境*

郑成义 帅藕莲 徐秉铮

(华南理工大学应用数学系 广州 510641)

TP18

计算机科学

摘要 This paper elaborates intrinsic characteristics involving several important ways of computational intelligence, puts forward the conception of integrated development environment on computational intelligence, and also probes into some basic problems of development environment.

关键词 Computational intelligence, Fuzzy system, Neural networks, Evolutionary computation, Integrated development environment.

90年代以来,在智能信息处理研究的纵深发展过程中,人们特别关注到精确处理与非精确处理的双重性,强调符号物理机制与联接机制的综合,倾向于冲破“物理学式”框架的“进化论”新路,一门称为计算智能(CI)的新学科分支被概括地提出来了,并以更加明确的目标蓬勃地发展^[1-3].所谓计算智能,就其内容来说,比较集中地包括三个方面:模糊系统(FS)、神经网络(NN)和进化计算(EC),其中进化计算又包括遗传算法(GA)、进化规划(EP)和进化策略(ES)^[4].事实上,象日本学者S. Amari 开创的信息几何、基于随机过程理论和统计方法的智能模型、计算语言学、定性推理与计算等,我们认为也可列入计算智能的范畴^[1].

1. 两个重要特征

尽管计算智能的定义、内容以及与其它智能学科分支的关系尚没有统一的认识,但计算智能的下列两个重要特征却是人们比较共同的认识:

第一,计算智能与传统人工智能不同,主要依赖的是生产者提供的数字材料,而不是依赖于知识;它主要借助数学计算方法(特别是与数值相联系的计算方法)的使用,这就是说,一方面,CI的内容本身具有明显的数值计算信息处理特征;另一方面,CI强调用“计算”的方法来研究和处理智能问题.需强调的是,CI中计算的概念在内涵上已经加以拓广和加深,一般地,在解空间进行搜索的过程都被称为计算.

第二,计算智能这个概念的提出(1992年由美国学者 James C. Bezdek 首先使用),显然远不止于具有科学研究分类学的意义,其积极意义在于促进基

于计算的或基于计算和基于符号物理相结合的各种智能理论、模型、方法的综合集成,以便在计算智能这个主题下发展思想更先进、功能更强大、能够解决更复杂的大系统的智能科学成果.

由此看来,当前计算智能发展的重要方向之一,就是不断引进深入的数学理论和方法,以“计算”和“集成”作为学术指导思想,进行更高层次的综合集成研究,这种综合集成研究既不局限在拟型及算法层次的综合集成的框框,而且还进入了感知层次及认知层次的综合集成.与此同时,将引出另一项工作就是支持计算智能发展的集成开发环境的研究.

下面,我们着重从“计算”和“集成”的观点,阐述计算智能的几个主要方面,然后,提出关于计算智能集成开发环境的构想,并探讨其中的若干基本问题.

2. 几个重要方面

2.1 模糊系统

模糊系统是基于模糊集理论的模糊计算.设 X 的总体为 X ,则 X 上的模糊集 \bar{A} 定义为有序对的集合:

$$\bar{A} = \{(x, \mu_{\bar{A}}(x)) | x \in X\}$$

$\mu_{\bar{A}}(x)$ 称为隶属度函数,可为离散形式或连续形式,其值表示 x 隶属于 \bar{A} 的程度,并把 X 映射到隶属度空间 M .可见,模糊集理论能将人类习惯的语言符号变量和适合于机器的量化特征联系起来,起着界面的作用,架起传统人工智能的符号处理和并行分布式处理之间的一座桥梁,即:由一组符号的隶属度函数值组成的模式,实际上可以像其它具有确定性特征值的“几何向量”模式一样地来处理.此外,它还强

* 此课题得到国家攀登计划认知科学(模糊神经网络)重大项目资助.郑成义 教授,主要研究方向:计算智能、多媒体应用软件.帅藕莲 博士生,研究方向:计算智能.徐秉铮 教授,博士生导师,现任 IEEE 神经网络会刊副主编.

谓对模糊性概念用可能性分布来解释的方法,这对解决实际问题也是有用的。

按上所述,基于模糊集理论的模糊计算能利用客观事物中的模糊信息进行定量分析和计算,具有较强的结构性知识表达能力,即描述系统定性知识的能力。但由于集合是多维的、矩阵的,其推理的实现就要困难得多。此外,由于模糊集是用隶属度函数来刻画的,因此,如何获得一个模糊集的隶属度函数就显得尤为重要。

2.2 人工神经网络

人工神经网络的神经计算是将计算的函数嵌入物理网络之中,计算过程由大量神经元及其连接来完成。神经网络具有多级、并行、分布式、高度容错能力;具有自行组织和自行发展的适应性功能;能在被处理的信息内容引导下,自行改造其自身的结构及其运行规则;是研究非线性的、适应性的、大脑风格的信息处理的全新工具。在这里,算法和结构被统一为一体。

由日本学者 S. Amari 开创的信息几何正应用于人工神经网络系统的研究,其基本思想是把带固定拓扑结构的神经网络看作是一整体集合,形成一个子流形。子流形可以嵌入大的信息处理系统流形中,通过研究这样一个流形的几何结构(如各种连接)研究固定拓扑结构神经网络的整体变换能力,各种逼近能力和学习曲线问题,以达到对这一类模型的计算能力和极限有统一的认识,从而为综合集成的新模型的设计提供方向。由于目前广泛研究的是单个神经网络的行为,因此信息几何为神经网络簇的研究开辟了一个新方向。

为进一步理解,设一无记忆随机系统接收 n 维输入向量 $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ 和输出 k 维输出向量 $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_k)$, 并且该系统由 m 维实际参数 $\xi = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_m)$ 确定,其行为可由一个条件概率分布 $p(z|X; \xi)$ 给出,若此系统由给定结构的神经网络实现,则参数 ξ 由所有可调整的连接权重和阈值组成。

现设 M 是所有由参数 ξ 确定的神经网络集合,则在 M 集合中的一个神经网络对应一个坐标点 ξ , M 组成神经网络流形。我们注意到,在此研究的并非单个网络,而是有相同结构的一类神经网络,是研究各种神经网络的比较。这种研究,显然可利用它们行为之间的内距或散度来进行。这样,信息几何就提供了神经网络流形 M 的整体观点,从而,使我们有可能阐述神经网络系统结构的能力和局限。

2.3 进化计算

进化计算通常包括三个分支内容:遗传算法(GA)、进化规划(EP)、进化策略(ES)。GA(John

Holland 于70年代初提出)的最初想法是将自然进化的一些特征结合到优化算法中去,也就是说,GA 是一种仿照生物进化理论解决优化问题的算法;EP 主要用于预测和数值优化;ES 主要用于经验性的寻优过程。这三个进化算法在计算中的迭代过程基本相同,都包含了编码、选择(优胜劣汰)、交换(重组)、变异等过程,而且交换和变异都是随机的,按实际问题选择不同算法,最终实现目标优化,但 GA 与 ES 仍然是不同的算法。ES 以突变作为主要搜索机制,而 GA 不但有突变,更主要的是依赖交叉与使不同解之间的有用信息以概率方式进行交换的机制。

进化算法为许多难以用传统数学方法解决的问题提供了新思路;进化系统保持了可能得到的解的总体,体现了优胜劣汰的选择过程,这里,选择是基于每个个体对外部环境和条件的适应性,还考虑了随机扰动情况下进化过程的交叉、变异和复制。进化计算的鲁棒自适应性开拓了其广泛的应用前景,同时也展示了与模糊系统和神经网络的综合集成应用。此外,一些研究者也开始在并行计算机上应用 GA 技术进行并行遗传算法的研究。

3. 集成开发环境

计算智能涉及的几个方面虽然愈来愈为人们所认识,但作为一个学科分支的整体来看,它应该有新的理论框架、基本模式、核心技术,特别是作为计算的智能,它应该有自己的计算系统和计算方法。所有这些问题都有待于我们去进一步开发。为此,我们需要建立计算智能研究的综合集成环境,这样一个开发环境,我们称之为集成开发环境。这里,“集成”这个词比计算机软件工程中的“集成”有更广泛的含义。

然而,计算智能集成开发环境本身的发展,又与计算智能涉及的各个研究方面研究的发展互相促进,而且也有一个逐渐发展的过程,现在看来,支持计算智能发展的这样一个集成开发环境,其任务和机制的全貌还不太清晰,但它需要研究解决的基本问题中有三个问题是明显的。我们探讨如下:

3.1 以数据库为核心

我们知道,传统的信息处理以数据库为核心,发展为智能信息处理系统(指传统人工智能系统)以后,便以知识库为核心。在计算智能系统中,由上面阐述的计算智能的几个重要方面可见(例如,神经计算中知识通过对大批的样本数据和实例数据的学习被储存在网络的结构中),与计算智能打交道的是大规模的、多媒体的、带模糊性、不完全性、时序性等属性的数据。因此,这便导致了计算智能开发环境以

数据库为核心这样一种基本事实,以数据库为核心,发展为以知识库为核心,又回到以数据库为核心,这是科学研究不断深化和发展的结果,后者既兼容前者,又有自己更新的任务。

传统数据库技术尽管取得了很大的发展和广泛的应用,但其存在的所谓“阻抗失配”和所支持的数据语义和模型能力有限等缺陷,却有碍数据库满足实际应用中更多、更高的需求。近年来,利用对象模型较强的模型能力和丰富语义而发展的智能数据库(IDB),已经能较好地协调象 DB 技术、Exper 系统、Hypertext/Hypermedia 和正文数据库与联机信息检索等多种重要软件技术。作为计算智能数据库(CIDB),除了可以吸收 IDB 已经成功的原则、思想和技术外,也可以从工程数据库中吸收更有利于处理数值计算的成份,无论如何,CIDB 至少应该具有这样两个特点:

1)比一般 DB 和一般 KB 具有更强的数据/信息综合处理能力,包括对海量数据、模糊数据,不完全数据、多媒体信息等。

2)具有更强大的数据语义的数据模型化能力,以便灵活支持并描述诸如模糊系统模型、神经网络模型、几何模型、计算语言模型和定性计算模型等等。

另外,我们可以设想,CIDB 可以首先开发成没有全局模式的松耦合联邦数据库系统(FDBS)。然后,借助分布式数据库系统技术,进一步把它集成为一个统一数据库模式(全局模式)的 CIDB。

3.2 计算智能语言

如果说,人工智能语言 Lisp 和 Prolog 语言在传统 AI 中已经得到广泛、有效的应用,那么,在 CI 中,无疑也需要有自己的计算智能语言。一般来说,程序设计语言主要关注数据结构的定义和操作以及程序控制流程。但对 CI 语言来说,更需要努力的是类型系统及其语义的扩充,以便有效地支持 CI 系统中复杂而又多样的数据类型,CI 属于数据密集的复杂应用领域,特别需要将程序设计语言的功能与数据库为核心的结构相匹配,而数据库与程序设计语言的嵌入式接口存在着上面所说的阻抗失配现象,这既体现在类型系统的失配,也体现在程序设计风范的失配,因此,开发 CI 语言的另一关键技术就是克服这种阻抗失配问题。有研究表明,面向对象(OO)能为数据库和程序设计语言提供统一的类型系统;面向对象促进了数据库与程序设计语言的集成,即权衡选择数据库和程序设计语言的功能特征集成在统一的环境中。

这里必须强调的是,CI 程序设计语言的概念已经不限于传统程序设计语言的概念了。我们知道,神经网络将信息存储于网络的结构中,它具有非程序的、自适应的、大脑风格的信息处理能力。因此,我们讨论在 Von Neumann 计算系统上的程序设计语言,这就不仅存在语义上的鸿沟,而且存在本质上的区别。CI 程序语言看来应该是一种“程序”与“非程序”混合的广义程序语言。这种语言具有怎么样的风范,正是需要我们研究的基本问题。

3.3 面向对象的应用

面向对象(OO)的概念与思想以多种形式同时出现在计算机科学的诸多领域,面向对象的特征是计算技术发展演化过程中的某种结果和趋势。面向各种具体领域的 OO 的研究还在继续深入地进行(我们也注意到近来出现与 OO 技术持不同观点的研究),在计算智能集成开发环境中,我们也可以探索 OO 技术的可能应用。例如,计算智能数据库(CIDB)可以建成面向对象计算智能数据库(OOCIDB),计算智能语言可以发展成支持面向对象的程序设计语言。此外,面向对象的系统分析与设计(OOAD)方法、面向对象的软件工具,也许能成为计算智能系统中建模、仿真和软件构造的方法和手段。面向对象的知识表示和推理,在 CI 系统中的应用,也许能更完整更准确地达到智能模拟的根本目标,充分利用面向对象的抽象数据类型、封装、继承、多态性和消息传递机制等基本思想和技术,CI 集成开发环境将可能是一个能协调综合集成智能系统的全新环境。

参 考 文 献

- [1]Editorial Intelligence; Computational versus Artificial, IEEE Trans. on Neural Networks, Vol. 4, No. 5, 1993
- [2]夏绍玮,人工智能研究新动向——IEEE 全球计算智能大会侧记,1995,1,25,计算机世界
- [3]徐秉铮,郑威义,帅藕莲,信息科学技术的一个新方向——计算智能,中国电子学会五届三次全体理事会议学术报告会论文集,1995,3
- [4]郑威义,帅藕莲,徐秉铮,计算智能及其集成开发环境,95信息论通信理论学术会议论文集
- [5]Amari S., Information Geometry, Ouyousuri (Mathematical Sciences), 2, (1992)
- [6]David B. Fogel, An Introduction to Simulated Evolutionary Optimization, IEEE Trans. on Neural Networks, Vol. 5, No. 1, 1994