

粒度计算模型的研究

陈传明, 俞庆英

(安徽师范大学 数学计算机科学学院, 安徽 芜湖 241000)

摘要: 粒度计算可以看作是利用粒度解决问题的理论、方法、技术和工具。文中介绍粒度计算的一些基本概念以及研究粒度计算的目的, 阐述粒度计算研究的基本问题, 分析当前粒度计算研究的几个模型, 重点讨论不同粒度世界的描述法——商空间法, 并从各种角度对几个模型做出比较, 得出它们的联系与区别, 证明几种方法各有优劣。

关键词: 粒度计算; 模糊集理论; 粗糙集理论; 信息粒度; 商空间

中图分类号: TP301.6

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2006)12-0097-03

The Research of Model of Granular Computing

CHEN Chuan-ming, YU Qing-ying

(Coll. of Maths & Computer Science, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China)

Abstract: Granular computing (GrC) may be regarded as a label of theories, methodologies, techniques, and tools that make use of granules in the process of problem solving. Firstly, this paper introduces some fundamental conception and the research intention of GrC. Secondly, the basic problem of GrC is expounded. Finally, this paper analyzes some GrC models at present. The emphases of this paper is discussing the method of different granular space - quotient space. In addition, this paper compares these models from various angles in order to educe the similarities and differences of various models and prove the respective advantages and disadvantages.

Key words: granular computing; fuzzy set theory; rough set theory; information granulation; quotient space

0 引言

信息粒度的基本思想在相关领域里都出现过, 如间隔分析、量化、粗糙集理论、聚类分析、机器学习、数据库等诸多方面。模糊信息粒度的概念是由 Zadeh 在 1979 年提出来的, 很快就引起了学术界极大兴趣并得到了迅速发展, 粒度计算于是在模糊逻辑及其应用中起了重要作用。

在此先介绍粒度计算的相关理论及其需要研究的问题, 接着分析当前粒度计算研究的几个主要模型, 并对它们进行比较。

1 粒度计算的概念

首先来解释什么是粒度。粒度, 顾名思义, 就是取不同大小的对象, 也即将原来“粗粒度”的大对象分割为若干“细粒度”的小对象, 或者把若干小对象合并成一个大的粗粒度对象, 进行研究。

粒度本来是一个物理学的概念, 意思是指“微粒大小的平均度量”, 在这里被借用做“信息粗细的平均度量”。张钹和张铃提出了信息粒度的概念, 作出非常精辟和透彻的论述^[1]: 在认知和处理现实世界的问题时, 人们常常从不同层次观察问题, 从极不相同的粒度上观察和分析同一

问题。

用数学术语表示, 粒度就是将论域 X 的子集当作新的元素进行研究, 即对 X 进行划分, 得到商集 $[X]$, 然后对 $[X]$ 进行研究。

Zadeh 认为粒度计算就是利用称作粒度的群、类、簇来解决问题, 他指出人类认知有三个主要概念: 粒度、组织和因果。其中粒度包括把整体分解为部分, 组织包括从部分集成全体, 因果包括因果的关联^[2]。Yager 和 Filev 指出“人类已经发展成用粒度的观点来看世界”, “人类感知、测量、概念化、推理的对象都是粒度”^[3]。从更实际的观点看信息粒度的简单性或许是人们研究粒度的最重要因素, 在许多情况下, 当一个问题涉及到不完全的、不确定的或模糊的信息时, 把不同的元素区分开来会很困难, 这时就必须考虑到粒度。

尽管在粒度计算上已经做了大量的工作, 但仍然很难对其作一个精确的定义。文中把粒度计算看作是在解决问题的过程中利用粒度的理论、方法论、技术和工具的研究。这里需要指出的是, 粒度计算的研究只是对精确的和非粒度计算方面研究的一个补充, 后者为前者提供了指导方向。

2 粒度计算研究的基本问题

粒度计算研究的基本问题来源于两个方面: 粒度的结构及如何利用粒度来作计算。前者处理的是粒度的构成、

收稿日期: 2006-03-08

作者简介: 陈传明(1981-), 男, 安徽六安人, 硕士研究生, 研究方向为人工智能, 智能计算。

表示和解释,而后者处理的是在解决问题过程中如何来利用粒度^[4]。

粒度的解释集中于粒度结构的语义方面,它着手解决这样一个问题:为什么两个对象被解释成同一层粒度。同一层粒度里的元素由于不可分辨性、相似性、近似性和泛函性而集在一起,而且,信息粒度依靠的是有用的知识,而粒度结构里,研究这个标准是很必要的:即在当前可用的信息基础上,决定是否两个元素应该被解释成同一种粒度。

关于粒度的计算可以从语义和算法两个角度来进行研究,一方面,人们需要解释粒度之间不同的关系,如封闭性、依赖性等,并且定义和解释粒度上的操作;另一方面,需要为粒度计算设计方法和工具,如近似、推理等。

粒度计算的语义和算法方面都是很重要的,但是当前的许多粒度计算的方法都没有对语义方面投入足够的重视。研究粒度计算的语义问题同样很重要。

3 研究粒度计算的几种模型

3.1 Zadeh 的模糊集理论模型

Zadeh 在模糊集的基础上提出了粒度计算的一个一般框架:粒度在一般约束的概念下被建构和定义,粒度之间的关系依据模糊图或模糊“IF-THEN”规则来表示。Zadeh 认为人类在进行判断、推理时主要是用语言进行的,而语言是一个很粗的“粒度”,比如说“这个人很年轻”,“很年轻”就比较“笼统”,也就是说其粒度很粗,如何利用语言进行推理判断,这就引出了“词计算”。沿 Zadeh 的模糊集论的方向,用模糊数学的方法进行有关粒度计算的方法和理论的研究,就构成“粒度计算”的一个非常重要的方法和方向。这也是人们比较熟悉的一个方法。

其模型为:设 X 为论域 U 的可变值, X 值上的一个普遍约束可以被表示为 $X \text{ is } r R$, 这里 R 是一个约束关系, $\text{is } r$ 是一个可变的连接词, r 是个具体的变量,它的值确定了 R 用什么方法来约束 X 。约束的例子有相等约束、可能性约束、模糊约束等。例如,一个相等约束: $r = e$, 若 $X \text{ is } e a$, 即表示 $X = a$ 。

3.2 粗糙集理论

粗糙集理论是由波兰华沙理工大学 Z. Pawlak 提出的研究不完整数据、不精确知识的表达、学习、归纳等的方法^[5,6],他提出一个假设:人的智能(知识)就是一种分类的能力。在此基础上提出,概念可以用论域中的子集来表示,于是在论域中给定一组子集族,或说给定一个划分。

从数学上知道,给定 X 上的一个划分,等价于在 X 上给定一个等价关系 R , Pawlak 称之为在论域上给出了一个知识基 (X, R) 。然后讨论一个一般的概念 x (X 中的一个子集),如何用知识基中的知识来表示,就是用知识基中的集合的并来表示。对那些无法用 (X, R) 中的集合的并来表示的集合,他借用拓扑中的内核和闭包的概念,引入 R 下近似 $R_-(x)$ (相当于 x 的内核)和 R 上近似 R^+

(x) (相当于 x 的闭包),当 $R_-(x) \neq R^+(x)$ 时,就称 x 为粗糙集。从而创立了“粗糙集理论”。

对于粒度世间,人们把粒度中的元素看作一个整体而不是个体,通过粒度而丢失的信息表明论域的某些子集只能被近似地描述。粗糙集理论主要处理的是信息粒度的近似方面,目前粗糙集理论已被广泛应用于各个领域,特别是数据挖掘领域,并获得成功。

3.3 基于商空间的粒度计算

张铃和张钹认为概念可以用子集来表示,不同粒度的概念就体现为不同粒度的子集,一簇概念就构成空间的一个划分——商空间(知识基),不同的概念簇就构成不同的商空间。故粒度计算就是研究在给定知识基上的各种子集合之间的关系和转换,以及对同一问题,取不同的适当的粒度,从对不同的粒度的研究中,综合获取对原问题的了解^[7]。这种对粒度的理解与模糊集对粒度的理解不完全一样。

3.3.1 商空间模型

商空间的模型用一个三元组来表示,即 (X, F, T) , 其中 X 是论域, F 是属性集, T 是 X 上的拓扑结构。当取粗粒度时,即给定一个等价关系 R (或说一个划分),于是可以说得到一个对应于 R 的商集,记为 $[X]$, 它对应于的三元组为 $([X], [F], [T])$, 称之为对应于 R 的商空间。商空间理论就是研究各商空间之间的关系,各商空间的合成、综合、分解和在商空间中的推理。

3.3.2 基本定义及定理

定义 1: 设 $R \in T(X \times X)$, 若满足:

$$1) \forall x \in X, R(x, x) = 1$$

$$2) \forall x, y \in X, R(x, y) = R(y, x)$$

$$3) \forall x, y, z, \text{ 有 } R(x, z) \geq \sup_y (\min(R(x, y), R(y, z)))$$

则称 R 是 X 上的一个等价关系,对等价关系 R , 通常将 xRy 记为 $x \sim y$ 。

定义 2: $\forall x \in X$, 令 $[x] = \{y \mid x \sim y\}$, 称为 x 的等价类。

定义 3: 令 $[X] = \{[x] \mid x \in X\}$, 则称 $[X]$ 是关于 R 的商集。

定义 4: 设 R 是 X 上的一个模糊等价关系,由命题得到一个与它等价的 X 的商空间 $[X]$ 上的归一化等腰距离 $d(\dots)$ 。对 $\forall a \in [X]$, 定义 $u_a(b) = 1 - d(a, b)$, $\forall b \in [X]$ 。于是,每个 u_a 就定义了 $[X]$ 上的一个模糊集。由这些模糊集构成的空间就是对应于模糊等价关系 R 的模糊商空间 $\{u_a \mid a \in [x]\}$, 或称其为 X 上的一个模糊知识基。

定义 5: 设 R_1, R_2 是 X 上的两个模糊等价关系,若对 $\forall (x, y) \in (X \times X)$, 有 $R_2(x, y) \leq R_1(x, y)$, 则称 R_2 比 R_1 细,记为 $R_1 < R_2$ 。

命题: 设 R 是 X 上的一个模糊等价关系,若 $\forall x, y \in X, x \sim y \Leftrightarrow R(x, y) = 1$, 则“ \sim ”是 X 上的一个普通等价关系,令其对应的商空间为 $[X]$ 。

定理 1: 设 R 是 X 上的一个模糊等价关系, $[X]$ 是命题中定义的商空间, 令

$\forall a, b \in [X], d(a, b) = 1 - R(x, y), \forall x \in a, y \in b$, 则 $d(\cdot, \cdot)$ 是 $[X]$ 上的距离函数。

定理 2: 上述定义的关系“ $<$ ”下, 所有 X 上的模糊商空间全体构成一个完备半序格 R 。

通过以上定义和定理, 就能把在精确粒度下的商空间的理论和方法推广到模糊粒度计算中去。

3.3.3 商空间理论和其他理论的关系

1) 在模型上, 三者都是描述人类能按不同粒度来处理事物的能力的模型。商空间理论、粗糙集理论认为概念可以用子集来表示, 不同粒度的概念可以用不同大小的子集来表示, 所有这些表示可以用等价关系来描述; 词计算理论认为概念是用“词”来表示, 而描述“词”的有效的方法就是模糊集理论。

2) 在研究的对象上, 商空间理论、粗糙集理论、词计算理论都将所讨论的对象的集合构成论域, 但讨论对象之间的关系时, 却各有不同:

a. 粗糙集理论的原型是由关系数据库抽象而得的, 故其模型为 (X, F) (其中 X 是论域, F 是属性集), 即通过元素的不同属性值来描述元素之间的关系, 并用元素按不同属性进行的分类来表示不同的概念粒度。

b. 词计算理论主要研究(从粒度计算的观点来看它)如何描述由词界定的不同粒度的对象, 它更擅长描述由形容词、副词表达的不同粒度的概念, 如“非常好、好、很不错”等等。因为这些词有程度不同的差别, 故在一定意义下词计算理论也给出了描述元素之间的关系, 但只限于由属性的强弱程度不同所形成的关系。

c. 商空间理论的原型是分层递阶方法, 故其模型为 (X, F, T) (其中 T 是 X 上的拓扑结构), 即除了元素的属性外, 还引入元素之间的关系 T , 从这个意义上来说, 粗糙集理论是商空间理论的一个简单的特例。当然各自研究的着重点和侧重点不同。

商空间理论着重研究不同粒度世界之间的互相转换、互相依存的关系, 是描述空间关系学的理论; 而目前的粒度计算(如粗糙集理论等)主要是研究粒度的表示、刻划和粒度与概念之间的依存关系。更主要的不同在于: 商空间

理论是在论域元素之间存在有拓扑关系的情况下进行研究的, 即论域是一个拓扑空间; 而现在的粗糙集理论, 其论域只是简单的点集, 元素之间没有拓扑关系(只是商集理论, 而不是商空间理论), 故它们讨论的是无结构的特殊情况^[7]。

4 结束语

文中介绍了粒度计算的概念及其研究的问题, 以及商空间理论、词计算理论、粗糙集等粒度计算模型, 最后分析了它们之间的关系。可以看出这三个不同的粒度计算模型, 思考问题的出发点和解决问题的任务都不尽相同, 各有千秋。但是三者都有一个共同的特点, 那就是都考虑到人类智能中, 有从不同粒度思考问题的这一特点。如何将三者的优点结合起来, 形成更强有力的粒度计算的方法和理论, 是今后值得研究的课题。

参考文献:

- [1] 张 钹, 张 铃. 问题求解理论及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1990.
- [2] Zadeh L A. Towards a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1997, 19(1): 111 - 127.
- [3] Yager R R, Filev D. Operations for granular computing: mixing words with numbers[C]//Proceedings of 1998 IEEE International Conference on Fuzzy Systems. San Diego, USA: [s. n.], 1998: 123 - 128.
- [4] Yao Y Y. Granular computing: basic issues and possible solutions[C]//Proceedings of the 5th Joint Conference on Information Science. USA: [s. n.], 2000: 186 - 189.
- [5] YAO Y Y. Rough Sets, Neighborhood Systems, and Granular Computing[M]. Regina, Saskatchewan, Canada: [s. n.], 1999.
- [6] Pawlak Z. Granularity of knowledge, indiscernibility and rough sets[C]//Proceeding of 1998 IEEE International Conference on Fuzzy Systems. San Diego, USA: [s. n.], 1998: 106 - 110.
- [7] 张 铃, 张 钹. 模糊商空间理论[J]. 软件学报, 2003, 14(4): 770 - 776.

(上接第 96 页)

- [1] 应用模型研究[J]. 大连理工大学学报, 2003(1): 124 - 128.
- [2] 陈 静, 冯学军. 基于 CORBA/Web 技术构建三层体系结构的应用[J]. 计算机时代, 2002(4): 21 - 24.
- [3] 杨媛媛, 王 浩, 陈亚光. 基于 CORBA/Java 的远程医疗数据库系统[J]. 计算机工程与应用, 2002(13): 229 - 231.
- [4] 陈胤环, 杨向萍, 励泰兴. 基于 CORBA 的远程诊断系统模型[J]. 计算机应用研究, 2003(7): 119 - 120.
- [5] 秦学勇, 吴国凤, 韩 飞. 基于 CORBA 的三层 Web 体系结构的数据库访问[J]. 微机发展, 2003, 13(8): 111 - 113.
- [6] Object Management Group. CORBA services: Common Object

Services Specification[M]. [s. l.]: Object Management Group, 1997.

- [7] Huang Jin. Internet/CORBA - based multi - agent system for design and manufacturing[Z]. 1999.
- [8] Vogel A, Duddy K. Java Programming with CORBA[M]. New York: John Wiley, 1998.
- [9] Evans E. Using Java Applet and CORBA for Muti - User Distributed Application[J]. IEEE Internet Computing, 1997, 1(3): 43 - 55.