

人工智能中概念的模糊量化

Concepts' Fuzzy Quantifying in Artificial Intelligence

殷 业 张文龙

(上海师范大学理工信息学院计算机与电子工程系 上海200234)

Abstract Fuzzy concepts abound in humanities and social science. This thesis puts forward a method which describes fuzzy quantity with fuzzy order pair. In this thesis quantification rules for humanities and social science concepts are also discussed, and the humanities concept democracy is quantified as an illustration. By quantification, propositions of humanities and social science can be expressed with mathematical language and eventually make it possible to process these propositions with a computer.

Keywords Concept, Quantification, Fuzzy quantity, Fuzzy set

一、引言

当试图让计算机具有思考某些哲学问题的能力时,我们面临着巨大的困难,但人类终究会去做这件事,解决复杂问题的方法往往是分解问题、从能够突破的地方首先突破。本文讨论定性概念的模糊量化问题,计算机只能处理数据不能处理定性的东西,所以对原来定性的问题要用计算机处理,概念的量化是关键。对从来没有量化的概念进行量化时会遇到方法论和概念重定义等问题,定性概念从定性走向定量是研究的深入。模糊概念大量地存在于人文和社会科学中,L. A. Zadeh 1965年提出了模糊集理论^[1],为定量研究模糊概念提供了有力的工具,但对人文和社会科学概念的量化存在许多具体的方法论问题,本文对定性概念的可量化准则进行了讨论,提出了模糊量的概念,并用模糊序偶完整地表达了模糊量,同时对于一个典型的人文和社会科学概念:“民主”概念进行了量化尝试。目的是使人文和社会科学中的一些定性概念最终也能使用计算机进行分析处理。

二、定性概念的可量化准则

概念在数学上对应一个集合,概念所包含的具体对象就是集合中的元素,概念不可能凭空产生,概念都是对具体对象的抽象。概念所概括的对象可分成两类:一类是主观臆造对象,如:鬼、神、龙、孙悟空的金箍棒。另一类是客观对象,如:人、群体、太阳、大脑。显然,由主观臆造对象组成的概念的量化属于另一范畴,所以我们假定可量化的概念是由客观对象组成的概念。

所谓概念的量化是指对概念中对象属性的量度,如:太阳,我们总是对太阳的大小、温度、磁场等进行量度。所以,我们要对一个概念进行量化研究,必须指出概念的对象和对概念对象的哪一个属性进行量度,并不是所有的定性概念的对象和对象的属性都是十分明显的,如:真理、革命,这需要人们去深入研究,概念量化的过程也是对概念的研究和重认识的过程。

概念是人创造的,人对概念也有一个从产生到深入认识的过程,象“梦”这个概念,人类很早就有了,但真正的实验研究是近代的事,有些概念现在不能量化研究,但随着科学技术的发展和认识的深入可能将来我们能够对其进行量化研究。一个概念是否可以量化,我们可以用这样一个方法来判断:就是对概念的某一属性,是否可以排序,如果可以,那么对该概念的这一属性我们就可以进行量化尝试,如:科研成果的评比。

综上所述我们归纳出概念的三条可量化准则:1. 可量化的概念是由客观对象组成的概念。2. 概念的量化是对概念中对象的可量化属性的量度。3. 对概念的某一属性可以排序,则该概念的这一属性可以进行量化尝试。

例1 科研成果的评价问题:科研成果是一个概念,科研成果的优劣是科研成果的一个属性,科研成果的评价是根据科研成果的优劣进行的排序,所以科研成果的优劣可以进行量化尝试。

例2 对“梦”的研究:梦是一个概念,其对象是大脑的一种精神活动,是客观的,梦的属性有:做梦的时间长短、梦的明确程度、对梦的记忆时限等^[2],为了进行比较和研究我们就有必要对这些属性进行量化和

殷 业 博士,研究方向为数字图像处理、多媒体技术、人工智能、模糊控制,张文龙 教授,系主任。

量度。

三、模糊量的数学表达

当我们需要测量模糊概念的某一属性时,会遇到模糊量的问题,如测量青少年的平均身高,因为青少年概念的边界是模糊的,所以青少年的平均身高自然是一个模糊量。

对由许多复杂因素决定的量也具有模糊性,如:评测学生学习的好坏、衡量商品的价值、体操比赛的打分、大学排名活动中的综合评价指数等。

定义1(模糊量) 当测量一个客观量时,如果无法得到精确值,只能得到精确值的估计值,称该客观量为模糊量。

分析一个模糊量的例子:有一千个学生在操场上,现在让每一个学生在一秒内在原地尽力地顺时针旋转一个角度,对每个人旋转的角度进行测量,求这一千个学生转过的角度之和,即: $\theta = \sum_{i=1}^{1000} \theta_i$ 。实际测量中,由于某种原因学生A的数据无法获得(对于一个结果由成千上万种原因决定,其中有几个原因决定的数据我们无法精确获得是完全可能的)。现在对我们来说, $\theta = \sum_{i=1}^{1000} \theta_i$ 是一个模糊量,我们只有通过估计来得到一个精确值的近似值,同时通过分析得到近似值的相对误差。

有一点我们可以肯定,如果 θ_i 为人1秒内原地顺时针旋转角度的世界记录,那么 $\sum_{i=1}^{395} \theta_i \leq \theta \leq \theta_i + \sum_{i=1}^{395} \theta_i$,最后通过估计我们可以得到:

1. θ 的估计值 $\bar{\theta}$;

2. $\bar{\theta}$ 的相对误差的估计值 $r(r \leq \theta_i / \bar{\theta})$

令 $\mu = 1 - r$ 为估计 $\bar{\theta}$ 的置信度,最后我们得到一个序偶 $(\bar{\theta}, \mu)$,序偶 $(\bar{\theta}, \mu)$ 是对模糊量 θ 的一个完整描述,其中估计 $\bar{\theta}$ 的置信度 μ 是有别于传统评价方法的关键。

定义2(模糊序偶) 设 $\bar{\theta}$ 为模糊量 θ 的一个估计值, μ 为估计 $\bar{\theta}$ 的置信度,则称序偶 $(\bar{\theta}, \mu)$ 为模糊量 θ 的一个模糊序偶。

模糊量 θ 可以进行多次估计,每一次估计得到一个模糊序偶, n 次估计可得到模糊量 θ 的一个模糊序偶列: $\{(\bar{\theta}_1, \mu_1), (\bar{\theta}_2, \mu_2), \dots, (\bar{\theta}_n, \mu_n)\}$ 。

从以上的分析,可以看到,当无法获得模糊量 θ 的精确值时,我们可以得到模糊量 θ 的一个估计值 $\bar{\theta}$,在估计 $\bar{\theta}$ 值时我们总是要分析影响模糊量 θ 的各种因素,抓住主要因素,对次要因素进行分析、估计或忽略,上例中 $\sum_{i=1}^{395} \theta_i$ 就是主要因素, θ_A 就是次要因素,主因是我们的估计赖以成立的依据,次因是模糊产生的原因,

所以我们将用模糊序偶 $(\bar{\theta}, \mu)$ 表示模糊量的方法叫做主因分析。

主因分析得到了模糊量的两个成分:确定因素(主要由 $\bar{\theta}$ 反映)和模糊因素(主要由 μ 反映),它完整地表述了一个模糊量。其实主因分析不是新的发明,物理学中物理量的测量都是由两部分组成的,一是测量值,二是测量误差。物理学认为,对客观物质的测量不存在绝对精确的测量值,当测量值的精度在允许范围内时,测量值就被认为是足够精确的。误差总是存在,就连长度、时间、质量的标准也在不断进化,也有误差,只不过技术的进步使误差越来越小。模糊序偶(测量值,相对误差),是对被测量量的一个估计,模糊序偶完整地表达了模糊量的两个因素(确定因素、模糊因素),一个具体的模糊量的模糊序偶 $(\bar{\theta}, \mu)$ 可以用具体的方法测量或评估。

对一个实际的从未量化的概念进行量化,一般要解决两个问题:第一是进行符合量化要求的概念重定义,第二是量化方法,下面我们用一个典型的人文和社会科学概念:“民主”概念,作量化实例。

四、量化实例—民主概念的可量化定义

为了能对“民主”概念进行量化,首先需对民主概念进行符合量化要求的重定义,我们将重新定义的可量化的民主概念称为:“广义”的民主概念。

为了得到“广义”的民主概念我们先定义以下概念:

定义3(人类群体) 是指具有某些共同属性的人所组成的集体。

如:家庭、公司、国家、民族、政党、阶级、所有秃顶的人等等均为人类群体。

定义4(群体行为) 是指群体中的所有个体或绝大多数个体在一定时期内为完成同一目标具有的共同行为。

如:班级的郊游活动、战争、选举、开会等。

定义5(群体决策) 是指与群体行为、群体利益或群体内部事务相关的决策。

如:选举村长、一个家庭决定购房、班级内决定周末郊游地点等。

传统的民主概念有许多不同的定义,其原意是指人民的权力^[2]。

当我们要将民主概念量化时,发现传统的民主概念的定义均不适用于量化要求,根据概念的可量化准则,我们需明确民主概念的对象和民主概念对象的可量化属性。

定义6(广义民主概念) 是群体中个体参与群体决策的权力以及这种权力在群体决策实现过程中的反

映。

定义7(民主化程度) 是群体中所有个体参与群体决策的权力的实现程度的量度,民主化程度是一个可量化的量。

在广义民主概念中,概念的对象是:群体中个体参与群体决策的权力,民主化程度是这种权利实现的一个量度。当群体为一个国家的全体公民时,广义民主概念转变为传统民主概念。

例3 一个100人的班级,要决定周末郊游的地点,如果由班长一人决定,这个决策的民主化程度为1%,如果由全班同学投票决定,则这个决策的民主化程度为100%,如果这个决策由班委会的5人投票决定,则这个决策的民主化程度为5%。

需要指出的是:群体决策的合理性与民主化程度大小没有简单的正比关系,它们的关系由群体决策的环境决定,如战争中军事行动的决策,应主要由军事首长一人决定。

五、量化实例—民主概念的量化

民主化程度是一个模糊量,由模糊序偶 (D, μ) 表示。本节讨论民主化程度的具体量化方法,假设以下讨论中群体中的每个个体都是具有正常行为能力的人,为了得到量化单位先阐述以下原则:

民主权利人人均等原则,在群体决策中,每个个体所具有的对群体决策的民主权力人人均等。

民主权利人人均等原则是民主化程度量化的基础,它使我们得到了最小的民主权利单位:群体中一个个体的民主决策权利。

Case 1:二人群体做1项决策的民主化程度的量化

(a)如果决策完全由一人决定,则民主化程度 $D=50\%$,置信度 $\mu=100\%$ 。

如果决策由二人平等协商决定,则民主化程度 $D=100\%$,置信度 $\mu=100\%$ 。

(b)如果决策是由一人在征求了第二人的意见后做出,假设第二人的意见在第一人做决策时的权重为 $a_1, a_1 \in [0, 1]$,则民主化程度 $D=(1+a_1)/2$,置信度 μ 由估计权重 a_1 的误差引起,由具体情况确定。

Case 2:二人群体做N项决策的民主化程度的量化

如果N项决策的民主化程度分别是 $(D_1, D_2, \dots, D_n)$,每项决策的重要性权重为 $(a_1, a_2, \dots, a_n)$,则N项

决策的民主化程度 $D=\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_i D_i$,如每项决策的置信度为 $(\mu_1, \mu_1, \dots, \mu_n)$,则N项决策的置信度 $\mu=\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_i \mu_i$ 。

Case 3:N个人的群体做1项决策的民主化程度的量化

(a)如果决策完全由一人决定,则民主化程度 $D=1/N$,置信度 $\mu=100\%$ 。

如果决策由N个人平等投票决定,则民主化程度 $D=100\%$,置信度 $\mu=100\%$ 。

如果决策由M($M < N$)个人平等投票决定,则民主化程度 $D=(M/N)\%$,置信度 $\mu=100\%$ 。

(b)如果决策是由一人在征求了M($M < N$)个人的意见后做出,假设M个人的意见在决策人做决策时的权重为 $(a_1, a_2, \dots, a_M), a_i \in [0, 1]$,则民主化程度 $D=\frac{1}{N}(1+\sum_{i=1}^M a_i)$,置信度 μ 由估计权重 $(a_1, a_2, \dots, a_M)$ 的误差确定。

(c)如果决策是由议会(或其他的决策群体如:委员会)表决的,议会有M($M < N$)个议员,每个议员代表一个选区,第i个议员代表 Z_i 个选民,假设每个议员真实代表选民的意愿的权重分别为 $(a_1, a_2, \dots, a_M), a_i \in [0, 1]$,则民主化程度 $D=\frac{1}{N} \sum_{i=1}^M a_i Z_i$,置信度 μ 由估计权重 $(a_1, a_2, \dots, a_M)$ 的误差确定。

Case 4:N个人的群体做N项决策的民主化程度的量化

如果N项决策的民主化程度分别是 $(D_1, D_2, \dots, D_n)$,每项决策的重要性权重为 $(a_1, a_2, \dots, a_n)$,则N项决策的民主化程度 $D=\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_i D_i$,如每项决策的置信度为 $(\mu_1, \mu_1, \dots, \mu_n)$,则N项决策的置信度 $\mu=\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_i \mu_i$ 。

Case 5:N个人的群体选举领导,选举程序是:先在第i个选区选出 M_i 个选举人(每个选区选举人数与选区选民人数成正比),再由所有选区的选举人投票选出领导。设共有Y个选区,第i个选区有 Z_i 个选民,该选区的第j个选举人真实代表选民的意愿的权重为 a_{ij} ,则该选举的民主化程度为: $D=\frac{1}{N} \sum_{i=1}^Y \frac{Z_i}{M_i} \sum_{j=1}^{M_i} a_{ij}$,置信度 μ 由估计权重 $\{a_{ij}\}$ 的误差确定。

在实际的民主化程度计算中,可能会遇到其他更复杂的情况,但只要遵循民主权利人人均等原则,就可计算出各种情况下的民主化程度及对应的置信度。

如果一个群体的相关决策非常之多,那么每天都有许多,而且时时在产生。要计算这个群体在一段时间内的民主化程度,首先要抓住主要因素,挑选出用于计算民主化程度的按重要性排列的决策序列(决策1,决

(下转第120页)

视音频综合分析方式是实现对新闻节目进行高层语义结构分析的一种有效思路。虽然本方法是解析新闻视频而专门设计的,但其中一些音频信号分析方法,以及视音频信息融合策略也可应用到其他视频节目的场景分析中去。

参考文献

- 1 Yeung M M, Yeo B L. Time-constrained clustering for segmentation of video into story units. In: Int. Conf. Pattern Recognition (ICPR'96), Aug. 1996. 375~380
- 2 Hanjalic A, Lagendijk R L, Biemond J. Automatically Segmenting Movies into Logical Story Units. In: Proc. of the Third Intl. Conf. VISUAL'99, Amsterdam (NL), June 1999
- 3 Yeo B L, Liu B. Rapid Scene Analysis on Compressed Videos. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 1995, 5(6): 533~544
- 4 Boreczk J S, Rowe L A. Comparison of Video Shot Boundary Detection Techniques. In: Proc. SPIE Conf. Storage and Retrieval for Video Databases IV, San Jose, CA, Feb. 1995
- 5 Zabih R, Miller J, Mai K. A Feature-Based Algorithm for Detecting and Classifying Production Effects. Multimedia System, 1999, 7, 119~128
- 6 Wolf W. Key frame selection by motion analysis. In: Proc. IEEE Int. Conf. Acoust. Speech, and Signal Proc. 1996
- 7 Gresle P O, Huang T S. Gisting of video documents: A key

frames selection algorithm using relative activity measure. In: The 2nd Int. Conf. on Visual Information Systems, 1997

- 8 Zhuang Y, Rni Y, Huang T S, Mehrotra S. Adaptive Key Frame Extraction Using Unsupervised Clustering. In: Proc. of IEEE Int. Conf. on Image Processing, Chicago, IL, 1998. 866~870
- 9 Gtgensohn A, Boreczky J. Time-Constrained Keyframe Selection Technique. In: IEEE Multimedia Systems'99, IEEE Computer Society, 1999. 1, 756~761
- 10 Patel N, Sethi I. Audio Characterization for Video Indexing. In: Proc. SPIE on Storage and Retrieval for Still Image and Video Databases, 1996, 2670: 373~384
- 11 Liu Z, Huang J, Wang Y, Chen T. Audio Feature Extraction & Analysis for Scene Classification. IEEE Signal Processing Society 1997 Workshop on Multimedia Signal Processing, Princeton, New Jersey, USA, 1997. 23~25
- 12 Boreczk J S, Wilcox L D. A Hidden Markov Model Framework for Video Segmentation Using Audio and Image Features. In: Proc. of ICASSP'98, Seattle, 1998. 3741~3744
- 13 Zhang H J, Tan S Y, Smollar S W, Gong Y. Automatic Parsing and Indexing of News Video. Multimedia Systems, 1995, 2, 256~266
- 14 马小虎, 张明敏, 严华明. 多媒体数据压缩标准及实现. 清华大学出版社, 1996
- 15 钟玉琢, 乔秉新, 祁卫译. 运动图像及其伴音通用编码国际标准-MPEG-2(ISO/IEC13818). 清华大学出版社, 1997

(上接第123页)

策2, ..., 决策n), 可用此N项决策的民主化程度表示一个群体的民主化程度。

从以上讨论可以看到, 我们将人类历史上从来没有量化的概念, 民主概念量化了, 这样量化了的概念才能让我们最终在计算机上实现处理。尽管人文和社会科学中的概念具有很大的模糊性, 但这正好说明问题的复杂性, 模糊概念具有模糊性是很自然的事, 我们的任务是如何把它用数学语言表达出来, 量化的过程也是一个研究的过程, 相信将来会有越来越多的定性概念可以进行定量研究。

参考文献

- 1 Zadeh L A. Fuzzy sets. Information and Control, 1965, 8: 338~353
- 2 Huntington S P. The Third Wave, Democratization in the Late Twentieth Century. University of Oklahoma Press, 1991
- 3 Freud S. translation by A. A. Brill. The Interpretation of Dreams. Beijing: China Social Sciences Publishing House, 1999
- 4 Gupta M M, Sanchez E. Fuzzy Information and Decision Processes. New York, Elsevier Science Pub. Co., 1982