

43-46

语义类比: AI 的一个重要发展方向

董明楷 张明义

(西南师范大学计算机科学系 重庆 630715)

TP18

摘要 In this article, we will point out the importance of analogy in the process of cognition, by studying analogy's history and modern analogy. Base on the classical analogy reasoning, we will analysis many kinds of analogy in reality. Semantic flexibility (especially Monster analogy) has made the model of analogy insufficient. It is necessary to broaden the concept of analogy. We'll focus on semantic analogy to expound the meaning and form of extension, then indicate its status and role in AI system.

关键词 Semantic analogies, Nonmonotonic, Symbolic computation, Semantic flexibility.

类比在东西方文化中都具有十分悠久的历史。近几个世纪以来,其地位变得越来越重要,以至于被人们当作是人类基本的认识过程。穆勒曾说:“没有哪一个词比类比这个词用得更频繁,更富有含义”。类比不但是人类认识自然、社会、思维现象的科学方法,而且是诱导人们爆发思想火花,进行创造性思维的重要手段。现在许多认知方面的研究都以类比为引导。例如,在训练过程中认真地利用类比来从容地设计界面是很有可能。一般而言,任何抽象的任务都可以认为是求解。同样地,类比则被普遍认为是问题求解的转折点,虽然可能在心理实验室中诱导类比观察是不易处理的,但许多实验已成功地探索出了一些方法,如对几何问题、简单理解和计算机设计技巧的获得等的推理。

类比概念是 AI 和认知科学的共同研究范畴。许多 AI 方面的文章都把类比推理作为一种媒介——怎样获取知识,怎样表达意思,怎样进行创造和引伸等等。类比问题在知识表示、可计算逻辑和机器学习中经常登台亮相。如在机器学习中,用类比推理进行学习问题包括两个过程:(1)组织和搜索过去经验的回想过程;(2)类推转换过程。它是一种具有潜在重要意义的问题求解方法。温斯顿把类比作为分类和构造情景描述的一个有力机制加以研究。Carbonell 建立了基于扩展的手段-目的分析(MEA)的类推问题求解计算模型。许多类比系统象大多数 AI 系统一样是一个逐步求精的过程。现有的 AI 类比模型显然建立在对认知现象的经验观察的基础上。因此,类比问题也出现在机器模拟中。许多现有的 AI

类比系统使用了相当多的机制。有的从复杂的记忆表示法着手;有的从单一类比着手;有的则从以经验为基础的映射领域来构造多项类比;有的包括并行的或循环的过程;有的则是顺序的。大部分系统既使用自上而下推理,又使用自下而上推理,但它们使用的方法不同。有些系统把类比作为传统推理的例子;有些则把它放到通常的规则产生系统中。形形色色的 AI 类比模型的急剧增加刺激了关于类比共有精髓和概念拓展的探索,使 AI 的研究发展更为迅猛。

一、类比推理的发展概况

类比被普遍认为是学习和认知发展的基本途径,其历史由来已久,应该说自人类出现开始,类比思想即已出现,尽管当时的人们可能是无意识地运用类比起来认识和改造自然。随着人类文明的进步,类比思想才逐步被人们所提出和概括,纳入逻辑推理的范畴。

1. 类比在中国的发展

许多人认为类比自己来自于西方,实际上类比在古代中国早已出现。在先秦两汉时期,即已记载了许多逻辑家关于类比的论述,如《察今》、《邹忌讽齐王纳谏》中都很好地运用了类比进行推理,令人信服。在古代中国,推理是建立在类的基础之上的,是以类为推,习惯称为推类或类推,其主要形式是类比和演绎。事实上在演绎之前类比即已被广泛地运用。墨子亦是较早的逻辑家,《墨经·小取》篇总结了类比推理的各种形式,其中譬、援、推都属于类比推理或类比的运用。荀子提出“以近知远”也是类比推理。

董明楷 硕士生,研究方向:人工智能与现代逻辑。张明义 教授,研究兴趣:类比推理、人工智能。

墨家同时也指出了类比推理中可能发生的错误,说明类比推理是或然性的。《吕氏春秋》、《淮南子》发展了墨家的思想,明确提出了“类固不必可推知”和“类不可必推”的命题。

至汉代以后,类比的发展更为迅速,尤其是在中古时代至近代,出现了许多哲学家,他们对类比的研究更加全面。朱熹提出推类反求,“子贡闻一以知二,颜渊闻一以知十”,这是使用类比进行类推。明代王廷相说类推根于因果的联系,“由此推彼,由因求果,由果推因”,李贽特别重视类的作用,指出“夫见瓶水冻知天下之寒,尝肉之膾炙饕中之味。物有其类,可推而得”。事物是同类的,故可类推而得知;类与似有区别,区别事物用分类法。明朝末期西方逻辑思想通过传教士而进入中国,其思想集中于《名理探》,明末清初的思想家则中西结合,提出了更完善的类推推理体系。王夫之认为“凡物非相类则相反”,万物有类,才能作出比较推论,他使用的比类相观法,也就是类比法。此后颜元提出类推要有“可伦”的原则,所谓“可伦”即有可类比性,否则为不伦,成为异类,异类不比。总体来说,他们都特别重视类的作用,并对类比的规则作了说明,更为普遍的是他们在实际中都广泛地运用类比进行推理。

2. 西方类比的历史

形式多样的类比可以在整个西方思维的历史上看到,类比这个词与希腊语中的几何或数字的比例、比率相对称。即,它是指两个由数字或几何图形组成的集合的排列,那种每个集合中的数字或图形通过相同的数学操作,转换或比例而相联系。几何类比如 $\star, \star::\diamond, \diamond$, 数字类比如 $1:2::2:4$, 几何词义类比如圆:球::矩形:圆柱。亚里士多得则把类比概念扩展为包括两种附加表达形式:(1)分类的关系,(2)感觉相似,尤其是功能的相似。因此相应的形式有:A对B,C对D,亚里士多得还概括了功能方面的形式:A在B中,C在D中。这里在什么中是指种类,表象或功能相似。

在亚里士多得之后,至少有两条有意义的途径是从类比的历史中获得的。一条途径是在文艺复兴和思想启蒙时期,依靠类比来描述什么叫科学。亚里士多得的类比概念在整个文艺复兴时期被精确地有价值地利用。例如伽利略对行星及其卫星运行的观察现象的解释;开普勒对宇宙的数学观测;以及Boyle的化学研究。因为类推推理在科学中被实际运用,科学方法概念的构造者们,如弗朗西斯·培根,都把类比看作是推理家族中一个受尊敬的成员。穆勒在他的《逻辑系统》一书中继承和发展了亚里士多得的观点,把类比定义为“关系相似”。另一条途径

是在修辞学和语言学方面。在整个中世纪时期,修辞学家们通常把类比当作是三段论的一种——作为辩证法的一种重要形式。之后,类比概念便得到拓展,被语法家们用来解释字形和词形的历史变化(相同的含义应该用相同的形式来表示)。除了象词法处理之外,类比作为在语言变化中的一个基本过程,“是在希腊和罗马一千多年来引人注目的事情。”当19世纪的语言学家们开始了他们认为对语言学来说是科学的工作时,类比概念则变为集其中心于解释语言的变化,形式与功能的关系。类比被看作是语言的基本外壳,包括语言的和句法的变化。

3. 现代类比

现在类比概念作为一种分析工具,作为与修辞学或教育学的工具,它已被大大地扩展了。的确,穆勒的定义——关系的相似——现在被许多心理学家,计算机科学家和认知科学家所响应。实际上,尽管类比概念得到扩展和因为它在科学发现中的实用而得到较高的赞誉,但类比仍然只是逻辑的一个可怜的孩子——与演绎相对照,它是推测性的,非单调性的。类比与归纳推理、辩证推理和修辞推理等模型一样具有同样的地位。在现代认知心理学和AI的研究中,类比显得越来越重要,人们对类比的研究也成为热点。

二、语义类比

对于现代类比的形式,一般来说有三段论、多项选择式和语义类比,它运用的方式可能不尽相同,有的运用功能类比,有的运用形象类比,而有的则用仿生类比,但它们都立足于一点——相似或同类,而且大多数是从语言概念的角度来进行类比的。在认知科学和AI的研究中,类比基本上是建立在语义基础之上的,许多其它形式实际上也可以归结为语义类比。通常来说,几何或图形的类比还容易解决,其类比模型也易于建立,但要进行语义类比,其原理和模型就要复杂得多。下面将从语义弹性尤其是奇异类来分析语义类比。

1. 语义弹性(Semantic Flexibility)

语义弹性主要是语义的多义性,类比中的语义弹性具有多种形式。

(1)多项式 对许多类比来说都明显地不只一种有效的答案。一个简单的例子便是下面这个数字类比 $10:1::20:?$ 。如果认为它是被10除的关系或取第一个数字的关系,那么可以用2来完成这个类比。但实际上,如果你假设其关系为小于时,它可以用任何一个小于20的数来完成。类比——华盛顿:林肯::1:?,可以用15来填充(第一届和第十五

届总统);或者用 5 来填充(美国货币上的人物)。由于语义的多义性,多项答案的可能绝不可忽略。实际上最佳答案依赖于具体的一段话,类比项的个数,或者一些暗含的相等的东西,包含多义性的类比把理解者带入了一个迷宫,这就依靠于理解者推测类比构造者的意图的能力。

(2)不成比例的类比 下面方程是四元类比的一般形式: $\langle A, R_1, B \rangle \cdot \langle C, R_2, D \rangle \square \langle R_1, R_2, R_3 \rangle$ 。这里,类比是用有序集合和关系来描述的。特别地,假设关系 R_1 和关系 R_2 是相同的,并且它们的关系是间接的,就一般而言,一个简单的或相称的类比是高度对称的。也就是说, A 和 B, C 和 D 能被转换而不发生意义的变化。如:

鳃:鱼::肺:人——肺:人::鳃:鱼

同样将 B 和 C 对换而不改变意义也是可能的,如——鳃:肺::鱼:人,但无论如何,这种转换都明显地有意义的改变,关系也随之发生了改变。关系 R_3 的表述指出了 A/B 关系和 C/D 关系的区别与联系。这种表述常可以安全地被忽略掉,但它们总是存在的。

(3)不规范的类比 也常常出现,例如河:故事::牛奶: ?。如果给出充分的语义线索,那么人们将可能找到解决办法并且使解决办法合理。但人们常被表面的或文字的东西所阻挡,很难找出对象间的相关性,使得人们得出不同的解决办法。反常现象的出现能使类比构造得更加困难。例如,拖曳:拉::行进:犁地 这个类比给理解者踢了一个香蕉球,又如——速度:重量::节:千克。

由于语义弹性的存在,因此正如 McCauley 指出的,从一定意义上讲,任何事物都在某种程度上具有相似或相关性。

2. 奇异类比(Monster Analogies) 从前面关于类比语义弹性的分析可以看出,奇异类比的出现是情理之中的事,通常一个奇异类比具有如下特征:(1)创造一个奇异类比很困难;(2)没有哪种现有的计算机系统能够接受一个奇异类比作为输入而不依靠基于判断标准的重新描述;(3)没有哪个类比机能处理一个奇异类比。无论如何,奇异类比对人来说不一定是难于理解的,但对于类比机却不然。奇异类比有以下几种形式:

(1)具有复杂结果的奇异类比

对任一类比可能不只一个答案,多种答案通常都在某种程度上是相互分离的,但具有复杂结果的奇异类比却可能将多种含义包括在一起,构成一个复杂的答案,这很明显具有一定的迷惑性。如类比——直升飞机:蜂鸟::潜艇: ?。至少可以有两种方

法来解释:(1)人道的对应有机生物,能飞的对应会游的;(2)能够停住的,对于两种解释来说,海马都是一个满意的答案。实际上这是因为这种类比的各元素具有多种关系或映射,使得理解者难于选择具体该用哪一种关系或映射。

(2)不基于语言基础的奇异类比

人们能很容易地构造下面这样的类比 $l: ell:: x: eks$ 。对处理字符串类比的系统来说,这个奇异类比是不规范的,因为第四个元素不是 exx ,原因在于这个奇异东西依赖于字母表的字母部分地映射到音位上这样一个事实。因此,在使用字母而不是支持语言符号的一套表记法中,字母 l 拼作 ell,字母 x 拼作 eks。当然在处理字符串类比的 AI 系统中这种正确拼音的信息是没有被包含的。一般说来,用于类比的 AI 系统不可能脱离它们自身的语义。

(3)不合比例的奇异类比

人们通常想象认为 A, B 元素的关系与 C, D 元素的关系是相同的——即 R_1 和 R_2 相同,但这种看法仅仅是一种习惯,事实上,许多其它类型的对照也可能存在,如圆:球::三角形:圆锥体,通常旋转变换将每两个元素都联系起来了,改换了顺序之后,即圆:三角形::球:圆锥体,则将元素以不同的关系相联系起来(即二维的对应于三维的形式)。这种形式的奇异类比称之为二重类比。解决二重类比的目的是不只是为了找到位于 R_1, R_2, R_3 之下的类比的解决办法,而且也为了找到一种 A, B, C, D 的重新组合,这种组合能产生不同的,密切相关的 R_1, R_2, R_3 。

(4)违背 $A: B:: C: D$ 形式的奇异类比

这种奇异类比形式较多,可以只有两个或三个元素,也可以多于四个元素。如“雷达就象蝙蝠”,又如——鸟:麻雀::哺乳动物:狗:猪:兔子:鸭嘴兽,这表明对于给定的 R_1 ,有许多可以接受的方案。类比——枪:子弹,猎犬:打猎::笔:墨水,纸:写字——中是以一组词作为一个元素。虽然类比的一般形式可以给为 $A: B:: C: D$,但其每一个组成部分都可以由一个以上的元素构成,而且可以有两个组成部分是暗含的。

(5)自相关的类比

我们可以构造一种其后两个元素有它自身的解释的类比,或构造一个推断其它类比的类比,如——柏拉图的类比:哲学的::麦克斯韦的类比:物理学的。也能包括类比概念本身的推断,如——这种表示:类比::“这句话是错的”:反驳。此外类比可以插到其它类比中,如——(行星:太阳::电子:原子核):简单的::这个类比:复杂的。对付这种自相关的、似是而非的类比的语言会超出现存的 AI 系统的

能力。

还有一些既包含语义弹性,又包含图形、声音等其它信息的奇异类比,这种类比更为复杂,更难以用 AI 模型来实现。

三、语义类比的拓广

通过对语义弹性尤其是对奇异类比实例的剖析,例证了现有类比的不足之处,也就是说语义弹性使现存的类比模式不能正确予以表达,或不能完整地表达,尤其是对奇异类比显得无能为力。很明显原有的类比概念已不能包容许多语义弹性类比特别是奇异类比的实例,这就使得类比概念的拓广成为必要。在 AI 模型中要求语义基础在其细节和主体结构上都是可扩展的,这样才能进行语义类比拓广。

类比赖以成立的基础是相似性,这是类比原始概念的基石。但长期研究表明类比不只是以共有特色为基础的相似性的设计,区别与相异性仍然是重要的。要对事物进行类比,最主要的是将两对象关联起来,不管是相似、相同、或是相反,即首先要将两对象的关系建立起来,而后才能确定是否能进行类比,或怎样进行类比。实际上关系图或关联图可能比文字的或表现映射图更为重要,它更能反映对象间本质属性的关联程度。这很明显不只是暗喻所进行的语言表现的比较,而是有更深层次的比较。

由于语义弹性的存在,人们可以在任何事物的基础上把任意两种事物关联起来,因而语义类比的拓展实际上就是怎样进行关联。通常来讲关联有三种形式:①对照形式——对相似性的感察力;②对比形式——对区别的领悟力;③附属形式——对不变性或联系的感察力。此外,联系、区别或不变性都可以基于任意事物之上(如尺寸,属性,关系等)。这样,我们就可以在语义的基础上进行拓广了。即,对于语义弹性,我们在对事物进行关联时,可以从相似性上关联,也可从差异上进行关联,还可以从事物的不变性进行关联。关联的最终结果就是要将语义弹性限制在一定的范围内,然后由关联的程度来决定取舍。实际上关联是上下文有关的,因为语义其本身即是上下文有关的,关联问题对于 AI 模型来说,基本上可以说成是匹配问题。

另一种形式即是将多种形式综合起来,把联系、区别和不变性都综合在一起,对这一系列关系进行“整合”(Integrate)。“整合”的方式有两种:一是前后文信息动态的和知识丰富的语义基础的合并;一是推理约束间的多种方法的合并。我们所“整合”的关系可能是同构、同态、接近、对比或者模糊的,但只要整合之后能用一定的数学模型来描述,那么要在 AI

模型中实现就容易得多,我们的拓广也就是成功的。语义拓广在“整合”问题求解中具有重要的意义。

此外符号化计算也为类比系统的研究开辟了一条新途径,成为 AI 类比系统的一个重要研究内容。有些关联系统可以认为是符号化的,如果它们包括具有以下特点的机构:(1)动态的连接;(2)符号的运行;(3)有链的标志。从不同角度来说,连贯系统似乎简化了详述概念变化机构这个问题,也就是说它们可能成为类比过程的结果的模型,而不是过程本身。在这里为类比定义的符号逻辑系统是通过以下两点进行操作的:(1)基于造句法或命题语义的问题求解的算法和试探法(如数据);(2)用命题和它们的组成实体谓词和参量的语义所表述的推理公理(规则,程序)。

结论 认知理论和 AI 模型趋向于把注意力集中在为不同目的而构造的各种类比,类比思维明显依赖于人的那种表达概念的关系的能力。无论如何,类比不应该被视为与一个简单的形式、格式或实体论相等。语义弹性特别是奇异类比例证了现有类比之不足,使类比概念的拓广成为必要。类比概念的语义拓广能拓宽 AI 的道路和丰富认知研究,语义类比已成为 AI 的一个重要发展方向。在进行了拓广方式的探索之后,下一步的工作即是建立其数学模型,使 AI 类比模型能顺利地实现。

参考文献

- [1]北京逻辑学会编,归纳逻辑,中国人民大学出版社,1986年9月
- [2]钱学森,关于思维科学,上海出版社,1986年
- [3]李衍华,普通心理学,高等教育出版社,1989年
- [4]蔡庆生、徐慧敏,一种类比学习系统 GAP,模式识别与人工智能,2(1),1989.3
- [5]赵沁平、李波、罗玉龙,关于类比推理若干基本问题的研究,计算机科学,1993.2
- [6]Robert R. Hoffman, Monster Analogies, AI Magazine, 1995
- [7]J. G. Carbonell, Learning by Analogy: Formulating and Generalizing Plans from Past Experience. In Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach, eds. R. S. Michalski et al., 371-392. San Francisco, Calif.: Morgan Kaufmann, 1983
- [8]P. Thagard, The Greatest Analogies in the History of Science, Canadian Artificial Intelligence 14-20. (Winter)1993
- [9]R. N. McCauley, Acceptability, Analogy, and the Acceptability of Analogies, Behavioral and Brain Sciences 12: 482-482. 1989
- [10]K. L. Holyoak et al., Analogical Mapping by Constraint Satisfaction, Cognitive Science 13: 295-355. 1989