

# 基于外域范例可拓推理的研究

余嘉元

(南京师范大学 心理学系 南京 210097)

**摘 要** 基于范例推理(CBR)是人类常用的一种解决问题方式,也是人工智能的一种研究范式,在许多领域都得到了应用。但 CBR 也可能受到心理定势和负迁移的影响,对于创造性思维有一定的负面作用。研究对 CBR 进行了改进,提出了在外域搜索范例并作可拓变换的方法,称为基于外域范例的可拓推理,并将它运用到产品创新构思系统的设计中,为把认知心理学应用到国家经济建设中提供了新思路。

**关键词** 基于范例推理;创造性思维;问题解决;产品开发

**中图分类号** B842.5

**文献标识码** A

**文章编号** 1003-5184(2007)03-0029-03

## 1 问题的提出

让心理学为国家经济建设服务是人们多年来的愿望,研究选择了 Schank 提出的基于范例推理(CBR)作为实现该愿望的切入点。CBR 是人类常用的一种推理方式,即人们遇到一个新问题时,通常并不是根据一般的原则进行推理,而是回忆以前遇到类似问题的解决办法,然后把这个办法运用到当前的问题上<sup>[1]</sup>。那么究竟怎样让它服务于经济建设呢?研究提出了基于外域范例可拓推理的方法,并探讨了将其应用到产品创新构思设计中的可能性。

## 2 基于范例推理

基于范例推理(CBR)属于类比推理的范畴,人们对于这种推理进行了大量研究,提出了许多有价值的理论<sup>[2]</sup>,这些成果推动了人工智能专家对 CBR 的研究,他们提出 CBR 是由范例库、检索机、匹配算法、调整机制四个部分组成的。在范例库中储存了先前的经验,这些经验是以范例的形式保存的,检索机就是以一种有意义的方法排列范例,匹配算法是计算面临的新问题和原有范例之间的相似度,调整机制是用来推演得出对新问题的解决办法<sup>[3]</sup>。CBR 的工作过程可以被总结为 4R:Retrieve(提取)、Reuse(重用)、Revise(修改)和 Retain(存储)<sup>[4]</sup>,该过程是将需要解决问题(称为新范例)的特征或属性进行定义,在范例库中搜索与新范例最接近的已有范例(称为旧范例),把它看作是对解决新范例最有潜在价值的旧范例,根据事先确定的修正规则对于旧范例解决问题的方法进行修改,使之适合于新范例的解决;将已经获得解决方案的新范例储存到范例库中。显

然,CBR 系统能够充分地利用原有的知识经验,较为快捷地解决面临的新问题。

但是,人们在利用经验解决新问题的时候,经验都起到了促进作用吗?当经验从旧范例迁移到新范例时,只是表现为正迁移吗?心理学家给出的答案是否定的,原有经验可能会产生某种心理定势,也可能产生负迁移的作用,这些都是有碍于问题解决的。但是迄今为止,人工智能专家还很少意识到这个问题。作为心理学工作者,非但要继承人工智能专家的研究成果,而且要突破原有的框架,于是将 CBR 发展为基于外域范例可拓推理的方法。

## 3 基于外域范例可拓推理

认知心理学在研究问题解决中的一个常用方法就是考察专家是怎么做的,加拿大的 Dunbar 教授等对现代分子生物学实验室科学家们的工作进行了长期的观察和分析,发现他们经常使用的类比推理方法有 3 种:本域推理、近域推理和远域推理<sup>[5]</sup>。本域推理就是将当前问题和本领域中成功范例相类比;近域类比就是将当前问题和邻近领域中有关范例进行类比,这两个领域同属于一个更高层次的学科;远域类比就是将当前问题和联系很少的其他领域中范例进行类比。目前得到应用的大多数 CBR 系统是基于本域类比的,因为它们通常只是在范例库中储存了本领域的成功范例。

很显然,基于本域类比的 CBR 在创新程度方面是不够理想的,为了突破这种局限性,研究提出了基于外域范例的可拓推理方法,所谓外域就是本领域以外的领域,它包括了 Dunbar 所说的近域和远域。

该方法着重对 CBR 中范例库构造、检索策略、推理方法提出了改进措施。

目前范例库的结构可以分为两种,平面结构和分级结构<sup>[6]</sup>。所谓平面结构就是将所有的范例都存放在一个数据库中,分级结构是将范例库划分为若干个子库,但其中的范例仍然是属于同一个领域的,只是所处的级别不同。而产品的创新设计要求人们能够进行大范围的发散性思维,于是研究提出了“分域结构”的范例库形式,就是把不同领域的范例存放在不同的子库中,每个子库用一个“域值”表示。由于每个范例都是由多个属性所表征的,人们很难根据范例的单个属性对其进行分域,因此采用了 SOM 神经网络对范例进行分类,SOM 网络能够模仿人脑神经系统的自组织特征映射功能,它的网络拓扑结构是由输入层和竞争层(也称输出层)组成,输入层神经元的数量和输入向量的维数相同,竞争层是一个二维平面阵列,分类结果可以在该层面上显示出来。SOM 网络的算法是一种无教师示教的聚类方法,它能够将任意高维的输入数据映射成一维或二维的离散图形。该方法已经在土壤、文本等多个领域的自动分类中得到应用,研究中所要分类的对象和文本分类的性质非常类似,因此采用了相似的算法<sup>[7]</sup>,即首先将所有输出结点向量初始化为小随机数,然后计算每一个输入向量同所有输出结点的欧氏距离,其中距离最小的输出结点成为获胜结点,并把该输入向量映射到获胜结点,然后调整该获胜结点和邻域内结点的权重,这就是网络的训练过程。运用相同过程把所有在高维空间的输入向量提交给网络进行训练,并非线性地映射到竞争层的二维阵列上,它反映了输入向量的分类情况。然后将所划分各个类别称为不同的“域”,并将其编号称为“域值  $a_i$ ”。

关于范例的检索方法有三种方法:最近邻法、归纳推理法和知识引导法,其中最常用的是最近邻法,该方法将新范例和旧范例都看作是高维空间的点,采用属性间的加权求和来计算这些点之间的距离,并称为相似度,然后将距离最小的范例检索出来。该方法的缺点是只在问题的本领域内进行检索,其创造性程度是有待提高的,于是将该方法扩展为“偏近邻法”,它用一个二元数组表示相似度,其中第一个数字表示“域值交  $c$ ”,令  $c = a_i^T a_j$ ,若  $i = j$ ,则  $c = 1$ ,若  $i \neq j$ ,则  $c = 0$ ,所谓“基于外域的推理”就是要求  $c$

值必须是 0,第二个数字称为“偏距离”,即范例之间除了域值以外的其他属性间的距离。研究采用的是欧氏距离<sup>[8]</sup>,该距离越小则两个范例越相似。运用偏近邻法的目的是要在新范例以外的领域中搜索到最相似的范例,因此称为基于外域范例推理(Out-field Case-based Reasoning,简称 OCBR),它类似于人们所说的“他山之石,可以攻玉”的道理,在新范例以外的领域中找到了解决问题的方法,这反映出了较高的创造性,OCBR 就是这种创造性思维的体现。

由于范例库中所包含的范例是有限的,从中搜索到的解决方法不一定能够解决新范例的问题,于是就需要对已有的方法进行修正,但目前提出的各种修正算法都没有充分反应推理过程中的创造性,为此研究提出将可拓推理方法整合到该系统中。可拓推理模拟了人们在进行创造性思维时既有发散又有变换的特点,它通过对范例中的知识进行可拓变换,产生出创造性程度更高的新方案。其具体方法<sup>[9]</sup>是首先建立设计过程的菱形思维模型,即从某一主功能物元出发,利用物元的可拓方法,开拓出多个支功能物元和上下位功能物元,实现功能创新设计的发散性思维,再从可行性、优劣性、真伪性、相容性出发,对发散设计得到的大量物元进行评价,筛选出符合要求的少量物元,从而实现创新设计的收敛性思维。然后利用物元和事元的置换、分解、增删、扩缩和复合变换,研究设计创新过程的相关关系和传导规律,这种方法已经在机械产品和鞋类产品的创新设计中取得了成功<sup>[10]</sup>。

由于所提出的方法强调在外域子库中搜索范例,然后进行可拓推理,因此称为基于外域范例的可拓推理(Out-field Case-based Reasoning of Extension,简称 OCBRE)。

#### 4 应用和讨论

为了将 OCBRE 方法应用到经济建设中,运用 VB.NET 脚本语言编程,在 .NET 平台和 ACCESS 数据库上,初步建立了基于外域范例可拓推理的产品创新构思系统。当用户向系统输入所需解决的新问题时,系统能够模拟人进行推理和创造性思维的方法,在范例库中搜索到有参考价值的旧范例以及相应的创造法则和创新技法,可以辅助人们进行产品创新构思。

在建设该产品创新构思系统时,首先要搜集相当数量的创新范例,提取出用以描写范例的特征(即

属性) 这些特征包括 :学科特征、企业特征、市场特征、产品类型特征、产品成本特征、产品寿命周期特征、产品功能特征、创造法则、创新技法特征。

该系统将上述的前 7 种特征作为输入 ,然后它会自动搜索到可供参考的旧范例 ,以及该旧范例所使用的创造法则和创新技法。

当然 ,OCBRE 在产品创新构思中的应用还只是迈出了第一步 ,还有许多问题需要探索。例如心理学中关于专家和新手的比较研究表明 ,专家之所以能够比新手更好地解决问题 ,是由于专家具有更多的经验和知识 ,那么如何使 OCBRE 系统既能储存更多的范例 ,而且便于维护和检索呢 ? 另外 ,正像没有专家能够对所有领域都熟悉一样 ,要建构一个对各领域知识都精通的 OCBRE 系统也是不现实的 ,因此就只能对各个领域分别建立系统。那么怎样来协调各个子系统呢 ? 为了模拟人的发散性思维 ,在研究中运用可拓推理方法进行了变换 ,但是专家在进行创造性思维时究竟采用了哪些算子 ,也需要心理学家做更多的实证研究。

尽管存在许多不足 ,但该研究毕竟是为心理学在经济建设中的应用提出了一条新思路 ,进行了新尝试。

参考文献

1 余嘉元.当代认知心理学.南京 :江苏教育出版社 ,2001. 248 - 249.

2 张向葵 张雪琴 高琨 等.类比推理研究综述.心理科学 , 2000 6 :725 - 728.

3 姚志强 余嘉元.基于范例推理 :原理、研究及应用.宁波大学学报(教育科学版) ,2004 4 :13 - 18.

4 Aamodt A ,Plaza E. Case - based reasoning : fundamental issue , methodological variation , and system approaches. AI Communications ,1994 7( 1 ) 39 - 59.

5 Dunbar K. How scientists really reason : scientific reasoning in real - world laboratories. In :Sternberg R. J. ,Davidson J. E. , Eds.The Nature of Insight. Cambridge , MA :MIT Press ,1995. 365 - 396.

6 Matas J C. Development , implementation and evaluation of an activated sludge supervisory system for the granola WWTP. Doctor thesis ,University of Girona 2000.

7 张毓敏 谢康林.基于 SOM 算法实现的文本聚类.计算机工程 2004 1 :75 - 77.

8 罗忠良 王克运 康仁科 等.基于案例推理系统中案例检索算法的探索.计算机工程与应用 2005 25 :230 - 232.

9 赵燕伟.机械产品可拓概念设计研究.中国工程科学 , 2001 5 :67 - 71.

10 赵燕伟 苏楠 周鹏 等.基于可拓变换的鞋类产品个性化定制设计研究.工程设计学报 2006 5 :342 - 345.

Study on Out - field Case - based Reasoning of Extension

Yu Jiayuan

( Department of Psychology , Nanjing Normal University , Nanjing 210097 )

**Abstract** :Case - based reasoning( CBR )is a problem solving method that human often use , also the research pattern of artificial intelligence. It has been applied in many areas. However , CBR has been affected by psychological set and negative transfer , it will be disadvantage for creativity thinking. CBR has been improved in this study. The out - field case - based reasoning of extensor( OCBRE ) has been introduced and applied in the design of product innovation system. It is a new way to apply cognitive psychology in economic construction.

**Key words** :case - based reasoning ; creativity thinking ; problem solving ; product innovation