

创造性设计方法

人工智能

计算模型
认知科学

②

6-9,28

创造性设计方法的研究*)

The Research of the Creative Design Methods

陈建国 潘云鹤

TP18

(浙江大学人工智能研究所 杭州 310027)

Abstract The creativity is one of the essential characteristics of human intelligence and is also one challenge to artificial intelligence(AI). This paper introduces the psychological and AI researches on the concept reconstruction and points out that the concept reconstruction is one of the important creative sources. The main methods and the corresponding computation models about creative design are presented. Finally, the paper indicates that two bottleneck problems of the creative design are the domain skills and the result evaluation.

Keywords Creative design, Decomposition and combination, Space exploration and transformation, Computation model

1 前言

创造是人类智能的一个根本特征,也是人工智能(AI)研究的一大难题。创造在其它领域已得到广泛的研究,但在人工智能领域中,对它的研究却不多。Boden 在她的“创造性思维”一书中,试图将创造引入人工智能^[1]。她提出人工智能和认知科学对思维机制的研究有助于澄清创造的本质,并从人工智能和心理学研究的角度讨论了创造问题。Schank 也认为,创造是人类的自然现象,值得严格解释。只有从人工智能和认知科学出发,才能清楚地理解人类的创造思维^[2]。

什么是创造? Boden 并没有作出明确定义,在一定程度上无法给定一个通用的定义,传统的创造观是:创造想法既要根本上新颖又要有价值。“根本上新颖”指的是创造性想法必须是前所未有的,对创造者(个人或 AI 系统)是这样(即自我创造, Boden 称之为心理创造);或者,迄今为止,在整个历史中也是如此(即 Boden 称之为历史创造)。在这两种创造中,心理创造更根本,历史创造是心理创造的一个子类。因此, AI 应主要研究心理创造。如果对心理创造的建模方法足够强大,则在某些情况将产生历史创造。所谓“有价值”意味着这个想法必须完成某种需要或目标,新的、随意的幼稚创造是无价值的。

我们认为,创造指的是所得到的问题方案超出了

我们的预料,在问题空间找到了出其不意的、前所未有的、有用的方案,即在传统的创造观上增加了出其不意的创造类型。

创造不是一种特殊的“才能”,并不局限于少量优秀分子的心理特征或科学突破的基本原理的重构。相反,创造是一般人类智能的一个特征,它来源于日常的、普通的心理推理和洞察的建模,例如联想、提醒、感知、类比思考,搜索结构化的问题空间和反思式自我批评,而不是仅仅来自科学突破的基本原理的重构。它不仅涉及认知尺度(新思维的生成),还要有动机和情绪,它与文化背景和个人因素紧密相关。

设计是一种有目标的受约束的决策制定、探索和学习活动。决策制定包含一个变量集,必须确定变量的数值。在决策制定中常用的过程是搜索;探索与决策制定中发生的问题空间的变化紧密相关;学习意味着知识的重构,设计者在一个环境中操作,该环境部分依赖于设计者对目标、约束和相关环境的感知。随着设计者对设计与环境之间的关系的探索,以及设计者学习越来越多的可能设计,这种感知将发生变化。

本文将创造性思维运用于设计。文中讨论了关于创造的基于概念重构的心理和 AI 研究,以及创造的三种主要方式,即分解组合、探索、以及转换。根据创造的方式,着重探讨了在创造性设计中的计算模型、存在的困难和进一步研究的方向。

*)浙江省自然科学基金资助课题。陈建国 博士生;潘云鹤 中国工程院院士,浙江大学校长,博士生导师。

2 基于概念重构的心理及 AI 研究

心理学家研究创造已经有许多年了,其中一个著名的创造力理论是 Gestalt 假设,人们以各种方式对该假设进行了研究和试验,这有助于我们理解创造性思维。

Gestalt 假设将创造解释为类似于感知的重构^[3]。当对某一事物的感知瞬间发生根本变动时,便发生概念重构,例如,若定神注视图 1 左面的立方体,它会突然反转,里面的会翻到外面。同样注视图 1 右面,原来的奖杯会突然变成双人脸。Gestalt 心理学家试图对这些现象理论化。他们指出,在一定条件下,问题方案可能发生类似的突然重构。这种重构可方便且容易地引出创造性的问题方案。这常归属于对问题性质的突发性的洞察。Gestalt 理论认为创造思维不同于普通的通过概念重构的问题求解,一旦开始重新描述,建立问题的创造方案的过程是容易的,即知识的突然重构将立即且容易导致创造性问题方案的产生,在最坏情况下也不会难于简单问题的求解。大量实验证实了这一理论。Gestalt 理论的困难在于需用新的角度观察事物。



图 1 立方体和奖杯

但是, Burnham 和 David 等人的研究却表明,知识的重构并不是创造的唯一关键要素。有些心理学家研究认为,创造仅是普通问题求解方法的一种扩展。大量的心理资料指出,创造并不会产生不同寻常的、单一的过程(例如概念重构),而是产生有意识的、渐进的问题求解过程。

近来,研究创造的一种 AI 模型认为,问题求解是在明确的知识空间中的搜索以获取已知的方案,而创造是指在一个巨大的隐含的知识空间中的搜索以获取新的方案^[4]。创造与问题求解的差别不是由于一个不同的机制(即表达的重新描述),而是由于所发现的方案类型:创造的方案集合了不同于普通问题的知识。建立这个模型的难点在于:(1)创造如何与问题求解集成;(2)在创造者巨大的而又隐含的知识空间中如何搜索有用知识;(3)一旦找到有用知识,如何适当地将它应用于原先的问题。

因此,我们认为,概念重构是一个创造来源,但并不是唯一的。概念的重构可以瞬间完成;它也可以通过有意识的、渐进的问题求解过程来实现,即从现有的概念源中生成新的结构。

Schank 提出,创造应有一个程度尺度,即创造不是一个全有或全无的问题。因此,创造是多维的,需要指定相关的尺度说明给定思维或设计的创造程度。Ram 认为,新的推理方法和控制亦可导致创造性的新事件。

3 创造设计的三种类型

创造有三种主要类型,涉及生成新思维的不同方法。每一种均将导致令人惊奇的结果。Boden 认为,只有第三种类型才会引出“令人震惊”的结果。三种类型均包括一些历史创造的例子,但在历史书中提及的创造性成果更多地属于第三种创造类型^[5]。

第一种类型包括熟悉想法的新的分解与综合,称为组合创造。例子有:大量的诗人的心象、类比。新联合的想法共享一些内在的概念结构。类比得到了较大的发展,并已用于修辞学和问题求解。但是,即使是合适的类比或联想生成也需涉及明智的结构映射,这里不仅要结构相似,而且还需依据相似的强度和深度进行判断。

第二种和第三种类型紧密相关,与第一种相比,它们之间的相似更大,它们分别是“探索”和“转换”创造。前者包括通过结构概念空间的探索形成新思维,通常会导致新颖和意想不到的结构;后者包括对某些空间尺度进行转化,从而将产生先前不可能产生的新结构。所涉及的维数愈根本、转换愈有力,则新的想法愈出人意外。这两种创造相互渗透,因为空间探索包括了对表面约束的少量修改,修改与转换的区别是一个判断的程度问题。如果空间的定义愈好,这种区别将愈清楚。

目前,大多数人所作的创造属于探索性创造,因为他们从其文化中继承了公认的思维模式,然后搜索并作一些表面修改,以探索其内容、边界和潜力。但是,人们有时转换功能的概念空间,改变或删除一个或多个维数,或增加新的维数。这样的转换使以前不可能的想法成为现实。这种转换越彻底,对转换的维数越根本,则可能得到的新结构越不同于原先的结构。如果这种转换过于极端,新旧空间之间的联系则将变得很不明显。在这种情况下,新结构将很可能是无用的,因而很容易被放弃。

4 创造设计的计算机模型

创造不仅仅只是在设计中引入新事物,当然对于任何宣称的创造性过程,这是一个必要条件,创造设计

是指,新事物的引入所得到的结果是预料不到的,同时又是有价值的。常规设计遵循已定义的模式,随后发生的过程也已由模式定义。作为非常设计的一部分的创造设计改变了已有模式,产生了未预料的和与原有模式不一致的结果。这些新结果在当前环境或在已改变的环境中是可以理解的。

创造的计算机模型包括所有这三种类型,然而,对第二种(探索)类型的研究是最为成功的。这并不是说,探索创造易以重现。通常它需要大量的领域技能和分析能力,以便首先定义概念空间,确定探索潜力的过程。但是,组合和转换创造却更难理解。

造成这种结果的原因是因为我们难以探索人类联想记忆的丰富程度,难以确定我们的评估并以计算形式来表示。前一种困难影响了模拟组合创造的尝试;而后一种困难伴随每一种创造,但对于第三种类型尤其严重。

4.1 创造与模式

模式是一种知识结构,它能提供预料事物的框架。用于计算机和创造设计的特殊方法是基于模式的使用,以理解和解释所涉及的部分过程。

在创造设计中影响模式的过程有两类^[6]。第一类过程是在一个现有模式中加上变化,例如,将一个新变量加入至设计描述之中,这种增加以同构方式扩展模式。因此,原有的模式完全包含在新模式之中,如图2所示。这种方式的结果是先前模式现在只能解释部分当前模式。第二类过程包含的变化是用新模式替代先前模式。这种情况的产生有许多方法,但是,这类创造设计不是在现有模式中增加不能解释的新变量,而是在现有情景中以新的角度观察问题,使新想法出现。只有使用与当前模式完全不同的模式才能理解这些新想法,如图3所示。

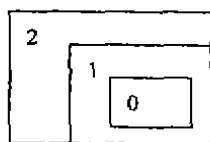


图2 附加模式

每个后续模式完全包含原有模式

4.2 分解组合的创造模型

一种创造方法是通过汇合两种模式以产生未预料的结果。第一种模式提供常规的期望集,而第二种模式用于理解未预料结果,通过类推幽默模型,可以找到产生一种创造设计的模型。幽默来源于两个或多个不一

致的、不相称的、不调和的片断或环境,将它们在一个复杂对象中合成或装配在一起,或以特殊的方式获取相互关系。

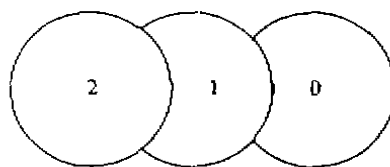


图3 替代模式

当前模式包含部分或不包含原有模式

在AI中,可以通过例如笑话和类比的研究进行组合创造。这些研究均需要语义模型或内部连接知识库作为基础。很清楚,从这样的资源中抽出随意的联想是简单的。但在具体背景中,这样的联想很可能是无效或不合适的。对于除“自由联想”之外的所有组合,联想连接的性质和结构也很重要。

前期相对成功的AI产生的幽默例子是Jape,这是一个产生双关谜语的程序。程序使用语言学与音韵学知识、语义学、句法和拼法相结合。使用词汇的这些方面的不同组合以及不同的结构方式,产生了多种笑话类型。

至于类比的AI模型,大多数模型使用领域通用的映射规则来生成和评价类比。一些这类模型的设计者通过与心理实验结果的比较,声称存在大量证据支持他们的领域通用方法。在这些模型中,概念的表达及其映射至其它概念之间存在清楚的区别。通常,类比涉及的两个概念保持不变。

一些类比AI模型允许更灵活的概念表达。一个例子是Copycat程序。这是一个寻找字符串之间类比的系统,其概念是环境敏感的字符描述。随着处理的进行,其概念将发展。该研究的理论假设是,找到新的类比如以新的方式领悟事物。因此,它不仅依据已有的固定表达,而且以一种环境敏感的方式构造自己,共同发展新的类比和感知。它维持良好映射的已构描述并加以发展,抛弃导致僵局的方法并开展其它方法。该模型允许生成并评估范围广泛的类比。Copycat方法接近于人类思维易变的复杂性。总之,组合创造也是高度复杂的。

浙江大学在基于类比的AI创新设计方面也作了大量研究。其中的一个应用是利用多个相似事件以生成MIS表格^[7]。这种方法提出了多源类比的拆分和重组理论以及利用该理论进行MIS表格的自动生成。它将类比建立在多个类比源的基础上,把源拆分为若干

子源,然后进行类比映射和重组。利用多源类比使计算机生成一些意想不到的结果,因而通过对多个相似事件的分解组合使计算机具有创造的能力。

4.3 探索和转换的创造模型

AI 系统可以对探索和转换性创造进行建模。概念空间、以及探索和转换空间的方法可以用计算概念来描述。例如,Gero 提出了一个概念模式设计原型以描述状态空间的定义、探索及转换^[1]。该原型清楚地表示了功能-行为-结构+知识框架。因此,设计的状态空间表达有三个子空间或抽象:结构空间(常称为决策空间)、行为空间(常称为性能空间)和功能空间(定义了实体的目标),图4表示了构成设计状态空间的三个子空间。功能可映射至行为,行为也可映射至功能;结构可映射至行为,反之亦然。

一个“创造型”程序可用于范围广泛的领域和概念空间,然而,使通用程序在特殊领域中适用,需要附加大量专门知识。一般来说,要设计一个拥有相关概念空间表达和合适探索过程的程序,必须掌握大量的领域技术。

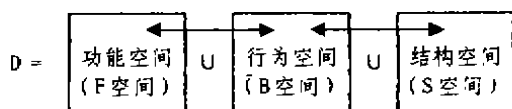


图4 由三个子空间组成的设计状态空间

几乎所有现有的“创造”计算机都仅仅涉及探索预先定义的概念空间,它们允许有限的少量修改,因而不可能取得全新的、真正令人震撼的意外。但是,有几个AI系统不仅尝试探索其概念空间,而且以无限制的方式转换概念空间。

转换系统包括AM、EURISKO和一些基于遗传算法(GA)的程序。有些系统已产生出人类专家在没有计算机辅助时从未得到过的有效结构。大多数遗传算法程序仅仅探索预定空间,在其中寻找一个“最佳”位置。但是,有一些程序或多或少从根本上改变其生成机制。例如,在图形方面的遗传算法研究允许概念空间的肤浅修改,得到的结果虽然新,但仍清楚属于与生前图形相同的范畴。若将图形生成代码的核心增大和复杂化,则新生成的图形可能与父图像不相似,与更远的祖先图像更没有相似。

转换并不总是创造。转换规则的AI系统不一定比不转换规则的系统优越。重要的是,一些AI建模人员故意避免赋予程序修改核心代码的能力,即他们防止在概念空间的根本转换,只允许探索和相当肤浅的

修改。这样做的一个原因是,人类可能在一定时间内对探索给定空间比以不可预计的方式转换空间更感兴趣。在创造性AI模型中避免剧烈转换的另一个原因是难以自动评估。

5 评估

大多数创造性AI模型仅仅尝试探索而非转换的主要原因是:如果空间被转换,则得到的结构可能没有价值,如果转换后的结构没有价值,则根据对创造的定义,这样的思维只是新的,但它不是创造性的。

如果AI系统能够发现新结构的不足,并相应地放弃或调整转换,就不会出现问题。一个真正自动的AI生成器将有足够强大的评价机制进行自动调节。目前,几乎还没有这样的系统。一些冒险的转换程序不含任何评价准则,评价使用人交互完成。

原则上,未来的AI模型应包含足够强大的评价准则,使它们能有效地转换概念空间。但是,要使这样的计算机自我评价成为可能,必须足够明确地描述需要执行的有关数据。

要确定我们在评价中使用的准则是相当困难的,证明和仅仅是因果说明对这些准则的依靠会更困难。例如,要说明为什么喜欢和不喜欢某种东西要涉及许多有关的动机和情绪。对此,目前的AI几乎是无能为力,此外,人们的价值观以及我们要证明为“创造”的新事物随着不同文化而不同,且随着时间的不同而改变。在有些情况它们表现为不可预测和毫无道理。

结论 表达的重新描述可能是一个很好的人类创造机制。人们肯定有能力重新表述他们的见解。但是,认为表达的重新描述是人类创造的唯一来源也存在一些缺陷。它不能解释我们习惯上称之为创造的许多行为,它与有些心理证据不一致。概念的重构可以瞬间完成,它也可以通过有意识的、渐进的问题求解过程来实现。

心理研究和创造性AI模型提出了一个更广泛的创造观。在这个创造观中,借助可探索一个大型的、隐含的知识空间以获取新的问题方案的各种技术,推理者拓宽他们的问题求解能力。一些创造思想通常可通过组合、探索或转换产生。

创造性设计的两个瓶颈是:(1)探索或转换概念空间中的映射所需要的领域技能;(2)结果的评估,这对转换尤为重要,同时也特别困难。这两个瓶颈相互影响,因为细致的评估需要大量的领域技能。迄今为止,在使用程序的生成过程中,评估通常是不明确的,或使用人交互完成。仅仅只有几个AI模型可关键性地判断它们自身的原有想法,几乎没有模型能结合评估和

(下转第28页)

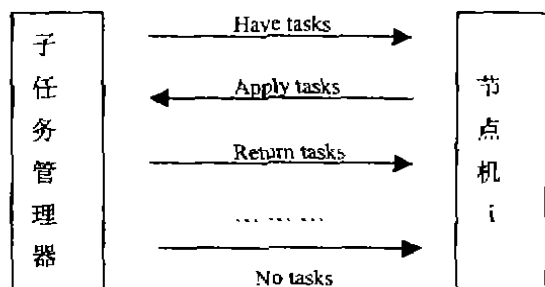


图1

(1)在定义 PVM 的主机—主机通信的文件中增加 DM_TASKSHAVE 和 DM_TASKSNO 的入口及其相应的处理函数,实现通知节点机进行任务的申请以及停止任务的申请,并做相应的善后处理。

(2)在 PVM 的库中增加处理任务申请工作的消息句柄 tasksapply()。

(3)对 pvm_spawn() 进行较大的改动,将子任务的分配和管理工作从本机 pvmd 转移到子任务管理器上。

(4)根据调度策略编写子任务管理器代码。子任务管理器在派生任务时临时创建的一个 PVM 任务,它负责接收各个节点机的任务请求消息,并调用句柄 tasksapply() 进行任务分配。

结束语 本文引入节点机主动的动态任务调度策略让工作节点机在任务调度中承担主动的角色,利用

节点机能够准确掌握本机负载信息的优点,实现了系统负载均衡和效率的提高,它和以往的任务调度策略相比具有以下特点。

(1)节点机主动地获得任务,自主协同控制分配任务数;

(2)负载信息掌握准确,容易实现负载均衡;

(3)任务分几次进行动态分配,随时可以适应系统由于不确定因素而产生的变化;

(4)节点机和子任务管理器的交互过程简单,既不占用过多的网络带宽又有较高的工作效率;

(5)不用集中搜集各节点机的负载,节约网络带宽;

(6)策略实现简单。

本文的工作已在 PVM/LINUX 网络环境下实现。半年多的运行表明,该策略的实现运行稳定可靠,和以往的任务调度策略相比,系统负载均衡和系统整体效率都有较大的改善。

参考文献

- Geist A L, Beguelin A, et al. PVM3 User's Guide and Reference Manual. Oak Ridge National Laboratory: Technical Manual ORNL/TM-12187, 1994
- 鞠九滨, 王勇. 调度 PVM 任务. 计算机学报, 1997, 20(5): 470~474
- 鞠九滨, 魏晓辉, 徐高潮, 尹玉. DPVM 支持任务迁移和排队的 PVM. 计算机学报, 1997, 20(10): 872~877
- 周桂林, 李三立. 网络并行计算环境中的任务派生机制和进程调度策略. 计算机研究与发展, 1997
- of Boden's the creative mind. Artificial Intelligence, 1995, 79:129~143
- Turner S R. The Creative Mind. Artificial Intelligence, 1995, 79:145~159
- Wills L, et al. Towards more creative case-based design systems, AAAI-94
- Boden M A. The Creativity and artificial intelligence. Artificial Intelligence, 1998, 103(1/2): 347~356
- Gero J S. Computers and Creative Design. CAAD Futures, 1995
- 张畅, 徐冬裕, 潘云鹤. 基于多源类比的 MIS 表格生成. 计算机研究与发展, 1998, 35(1): 63~68
- Gero J S. Design prototypes: a knowledge representation schema for design. AI Magazine, 1990, 11(4): 26~36
- Boden M A. The Creative Mind: Myths and Mechanisms. Basic Books, New York, 1991
- Schank R C, et al. The engineering of creativity: a review

(上接第9页)
转换。

一个人在创造设计时,其思维可能以多种方式依赖于他所在设计小组的其它人员的思想,即创造设计的环境问题。目前, AI 建模中几乎还没有考虑这样的影响。原则上,合作的或分布知识库的 AI 模型有助于理解创造。但是对创造的理解目前仅局限于个人的思维。总之,在 AI 创造的研究中,我们还有很多工作要做。

参考文献