

基于分布式认知理论的扩展资源模型*

王常青¹⁺, 邓昌智¹, 马翠霞¹, 华庆一², 戴国忠¹

¹(中国科学院 软件研究所,北京 100080)

²(西北大学 计算机系,陕西 西安 710069)

An Extended Resources Model Based on Distributed Cognition Theory

WANG Chang-Qing¹⁺, DENG Chang-Zhi¹, MA Cui-Xia¹, HUA Qing-Yi², DAI Guo-Zhong¹

¹(Institute of Software, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

²(Department of Computer Science, Northwest University, Xi'an 710069, China)

+ Corresponding author: Phn: +86-10-62561624 ext 8013, E-mail: wcq@iel.iscas.ac.cn, http://www.iscas.ac.cn

Received 2004-05-17; Accepted 2004-10-09

Wang CQ, Deng CZ, Ma CX, Hua QY, Dai GZ. An extended resources model based on distributed cognition theory. *Journal of Software*, 2005,16(10):1717-1725. DOI: 10.1360/jos161717

Abstract: Distributed cognition theory plays a role of instructor in Human-Computer Interaction research by coordinating interaction between human and computer and combining advantages of them. Though Resources Model based on distributed cognition theory has been successfully employed for analyzing human computer interaction, the model, to some extent, leads to confusion in the representative forms because of the absence of support to complex user tasks and correct definitions of elements. Therefore, an extended resources model (ERM) is constructed by using distributed cognition theory to connect actions with representations in Human-Computer Interaction and to guide the design and realization of interfaces. The Extended Resources Model supports actions with static constructions and interactive strategies so as to decrease human cognitive burdens of interaction. This work will be beneficial to designing interfaces according to human's cognitive characteristics.

Key words: human-computer interaction; distributed cognition; interaction; extended resources model; interaction strategy

摘要: 分布式认知理论通过协调人机对话,结合人和计算机各自的优势解决问题,在人机交互研究中扮演了指导者的角色.尽管分布式认知理论支持的资源模型在分析人机交互时取得了成功,但模型存在不能提供复杂用户任务支持、缺乏对模型中元素的准确定义等问题,在一定程度上导致了表现形式上的混乱.使用分布式认知

* Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant Nos.60033020, 60073050 (国家自然科学基金); the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant No.2003AA411330 (国家高技术研究发展计划(863)); the National Grand Fundamental Research 973 Program of China under Grant No.2002CB312103 (国家重点基础研究发展规划(973))

作者简介: 王常青(1978 -),男,博士,山东青岛人,主要研究领域为人机交互,界面评估,分布式认知;邓昌智(1978 -),男,博士生,主要研究领域为人机交互,个人信息管理;马翠霞(1975 -),女,博士,主要研究领域为人机交互;华庆一(1956 -),男,教授,博士生导师,CCF高级会员,主要研究领域为人机交互概念建模;戴国忠(1944 -),男,研究员,博士生导师,CCF高级会员,主要研究领域为人机交互,计算机图形学.

理论构造了扩展资源模型,建立人机交互活动中的动作和表征之间的联系,从而指导界面的设计和实现.扩展资源模型从静态结构和交互策略两个方面对界面交互动作提供支持,在交互中减少人的认知负担.该研究对设计符合人的认知特点的界面具有一定的指导作用.

关键词: 人机交互;分布式认知;交互动作;扩展资源模型;交互策略

中图法分类号: TP391 文献标识码: A

在人机交互(human-computer interaction,简称 HCI)研究中,认知理论一直扮演着指导者的角色.认知心理学通过研究人类信息处理的过程指导人机交互的设计、评估等活动.在交互中,认知模型已经成功应用在 3 个领域^[1]内:使用认知模型预测任务的执行时间,以检查不同设计的有效性;在程序中使用认知模型提供嵌入式的助手,辅助人类用户的操作;模仿人类的行为,作为用户的代理.然而,传统的认知理论认为,认知过程仅仅和人脑活动有关,将认知过程和计算机的活动相割裂,从而导致界面系统难以使用.

引入分布式认知理论对人机交互活动进行分析是解决上述问题的有效途径之一.Wright 等人^[2,3]提出的资源模型使用“资源”来描述交互活动,评价人机界面,成为领域内最有影响的描述模型之一.然而在某些应用中,资源模型也存在描述不清晰、不能支持复杂交互等问题.本文在资源模型的基础上提出一个扩展模型,能够减轻用户使用过程中的认知负担,也为此后的界面评估工作奠定了基础.

本文第 1 节介绍分布式认知理论和把认知理论应用于人机交互中的相关研究.第 2 节介绍资源模型,并在此基础上引出扩展资源模型.第 3 节是一个实例,使用扩展资源模型分析立体几何证明过程,检验模型的可行性.最后是对全文的总结.

1 分布式认知和人机交互相关研究

1.1 分布式认知

在传统的个体认知指导下,HCI 研究把重点放在了单个计算机的桌面隐喻上,人为地在认知主体的内部和外部之间设置了鸿沟^[4],然后设法跨越这种鸿沟.这种设计的直接后果就是导致在交互过程中,计算机和界面处于认知活动的外部,只能通过转换来进入认知过程^[5].这种设计指导的认知系统无疑阻碍了自然、高效的人-机信息交流,用户在使用界面的过程中,需要把许多精力放在对界面对象的操纵上,而不是完全放在实现任务上.

20 世纪 80 年代中期,Hutchins^[6]等人明确提出了分布式认知的概念,强调认知活动不仅仅依赖于人的大脑活动,也涉及到环境、媒介、文化、社会和时间等,为认知心理学提供了一个全新的视角.分布式认知的观点认为,认知过程是分布在内部表征和外部表征之间的,既包括人的思维活动,也包括外界为这种活动提供的工具、社会环境、工作场所等一切与认知活动相关的东西.认知过程在 5 个侧面存在分布式的现象^[7]:在个体内分布、分布于媒介中、分布于文化环境、分布于社会中以及随时间分布.这些分布现象或多或少地影响着人的认知活动,人们常常下意识地利用认知的这种特点帮助自己完成任务.由于特别适合于理解人机交互活动中人和技术的相互作用,分布式认知的观点将在 HCI 的研究应用中起到理论基础的作用^[4].

1.2 认知对人机交互研究的指导

近年来,使用认知指导 HCI 的研究日益得到关注,目前的研究主要集中在两个方面.

一方面是从认知理论如何与 HCI 研究相结合入手.如 Zhang^[8],Wright^[3]等人的研究证明:合适的外部表征能够支持基于认知的记忆或者感觉判断,从而减少完成任务的难度.Scaife 和 Rogers 在 1996 年指出,图形作为外部表征时,它的属性会影响人的思考和推理.此外,文献^[9-11]讨论了专家行为和系统之间的交互,从不同角度讨论了用户使用内部知识和外部信息与系统进行交互时表现出来的交互特点.上述研究集中于建立自上而下的理论框架,试图表现不同类型中外部信息与用户在交互中使用的内部信息之间的联系.

另一方面是从人机交互的动作分析出发.Hutchins^[6]给出了飞行座舱的例子,研究如何表示现实世界状态以及如何达到目标,但是他的工作中缺少把外部世界的状态和人的动作联系起来的部分.Ritter^[12]等人使用认知

模型作为用户的替身测试界面动作效率,在 5 个不同实例中使用认知模型模拟用户的行为.Wright,Smith 等人^[2,13]使用分布式认知的资源模型分析菜单设计和飞行仪表显示等简单交互.这种模型明确描述了交互动作,分析系统界面和人在交互中的具体角色,对界面作出评估.这种模型曾经成功地描述和分析了 step-by-step 的界面安排、8-puzzle 等简单交互问题,是一种影响广泛的模型.

2 扩展资源模型(extended resources model,简称 ERM)

2.1 资源模型

在进一步论述之前,有必要对“资源”的含义加以说明.在心理学中,资源(resource)是提供给处理过程的一定数量的信息.而在本文中,把资源定义为能够在交互的步骤中指导动作的信息集合,在交互环境下,这个信息集合是能够清晰定义的.

在认知科学的研究中,相当多的努力都放在了认知过程的内部和外部表征之间的关系上,而对交互中动作和表征之间的关系则说明较少,而这恰恰是 HCI 关注的重点.Wright 等人^[2,3]研究了使用分布式认知理论分析人机交互行为的方法,提出描述人机交互行为的资源模型.这种模型使用计划、目标等 6 个元素描述交互动作以及它们的分布式特性^[14],明确建立了表征(representation)和动作(action)之间的联系,是一种影响广泛的描述方法.资源模型采用执行计划、构建计划等策略完成界面分析、飞行座舱设计等多种应用,能够分析和比较交互任务中类似于某项任务需要些什么基本信息?如何表现这些信息等基本问题.但是,在较复杂的界面应用中,资源模型的能力出现了不足:

- (1) 缺乏对模型中元素位置(内部或者外部)的明确定义,模型中的信息结构没有明确指出所处的位置,以及由于位置不同而对认知结果的影响;
- (2) 缺少对认知系统中用户能力的探讨,用户的参与被计划、目标和动作-效果关系所限定,缺少对用户推理、归纳等任务的支持;
- (3) 资源模型提供的交互策略比较简单,如计划建立、目标匹配等,对于比较复杂的系统,尤其是对于 3D 环境下计算机辅助证明等需要一定智能的界面的要求难以满足.

由于上述问题,我们对资源模型进行了改进,提出扩展资源模型.ERM 并不试图解释 HCI 领域中的一切交互活动.我们使用模型完成三维环境中知识的表达、获取以及推理等人机交互活动,希望在 ERM 的管理下,人机通过协作解决问题.就适用范围而言,资源模型比较适合于描述交互活动中的动作,但是对比较复杂的认知活动,如逻辑推理、证明等支持不足,而 ERM 可以提供对推理的支持.

ERM 包括静态的模型结构和动态的交互策略两部分.

2.2 模型结构

模型结构描述了 ERM 的组成元素以及它们之间的相互关系,包括 6 种资源:上下文、约束、历史、目标、供给、偏爱,如图 1 所示.

定义 1. 形式上, $ERM=(Con,RC,His,Goal,Aff,Bias)$.

2.2.1 上下文(context)

本文中,我们借用上下文的概念来描述交互过程某一时刻认知系统的状态.这个系统状态包括交互系统中辅助工具(artifact)的状态、用户内部表征(internal representation)的状态以及二者之间的关系.

定义 2. 一个上下文是一个四元组: $Con=(R,KB,G,t)$.其中, R 是系统资源集合,描述了 ERM 中描述的资源及相互关系; KB 是与上下文相关的一组知识,描述系统以前解决类似问题的经验; G 表示交互手段,是系统能够提供的交互能力; t 表示时间戳.

我们定义两个上下文之间的关系 $re:Con1 re Con2$,当且仅当 $(R1 re R2) \cap (G1 re G2)$,其中, re 为等价(\equiv),充分(\leftarrow),必要(\rightarrow).

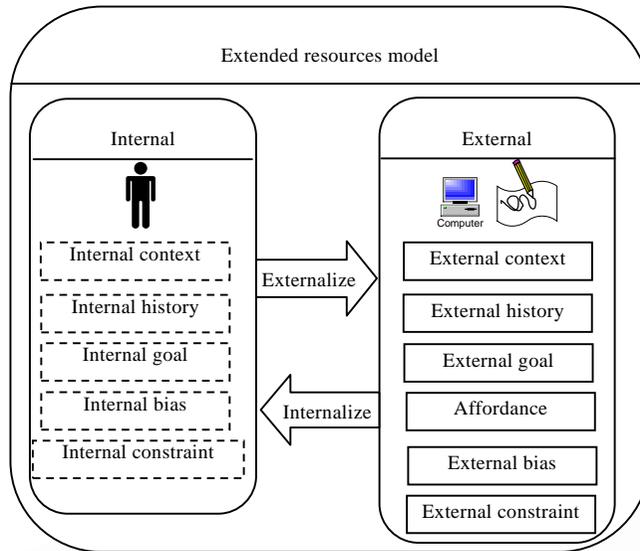


Fig.1 The extended resource model abstract information structure

图 1 扩展资源模型抽象结构

2.2.2 约束(constraint)

我们定义约束为问题解决过程中的规则,如在汉诺塔问题中,问题规则是:小的碟子可以放在大的之上,反之则不可以.对于每一个可能的动作,都可以将这些规则定义成为一组条件.例如,若 Act_x 是把第 i 个盘子移动到第 j 根柱子上,那么 $PreC_x(Act_x)$ =(柱子 j 上最上面一个盘子不能小于盘子 i).

定义 3. 形式上,约束是一系列四元组: $RC=\{(Act_0,PreC_0,PostC_0,FuncC_0),(Act_i,PreC_i,PostC_i,FuncC_i)\dots\}$,其中:
 Act_i 表示一个动作;

$PreC_i$ 是一组前置条件: $PreC_i=(PreC_0,PreC_1,\dots,PreC_n)$,表示满足 $PreC_i$ 后, Act_i 可以执行;

$PostC_i$ 是一组后置条件: $PostC_i=(PostC_0,PostC_1,\dots,PostC_n)$,表示 Act_i 执行后可能的结果;

$FuncC_i$ 是一组上下文与不变量的映射: $FuncC_i=(FuncC_0,FuncC_1,\dots,FuncC_n)$,表示 Act_i 执行中,需要遵循的不变量.

2.2.3 历史(history)

定义 4. 历史是一系列上下文和动作的二元组: $His=\{(Con_0,Act_0),(Con_1,Act_1),\dots,(Con_n,Act_n)\}$.其中:

Con 表示与动作相关的上下文;

Act 描述了发生的动作,实现不同上下文之间的映射, $Act_i(Con_i)=Con_{i+1}$,其中 $con_i \rightarrow con_{i+1}$.历史可以使用 Con 提供的资源集合和 Act 进行索引.

历史是用户-界面对上已发生的动作序列,是一个确切的顺序列表.实现中,历史可以内部化也可以外部化,历史的内部化存在于用户的记忆中,依赖用户对以往相似场景的回忆指导认知活动;外部化的历史记录用户的操作过程和当时的上下文,用运行时助手的方式呈现给用户.

2.2.4 目标(goal)

定义 5. 一个目标是: $Goal=\{(Con_{start},Con_1,\dots,Con_n,\dots,Con_{end}),Comp\}$.其中, Con 是表示任务状态的上下文; $Comp$ 是对任务当前上下文与目标进行比较的方法.

定义 6. $Comp(Con,Goal_n)=\{null,等价,充分,必要\}$,其中, Con 表示当前上下文, $Goal_n$ 表示第 n 个子目标, $null$ 表示不能比较.等价、充分、必要的定义和两个上下文之间的关系相同.

目标是整个认知过程的最终状态.在传统的认知理论中,任务的目标被认知系统中的人内部化,配合上下文、历史等指导动作的决策.分布式认知允许目标的外部化,由系统使用一个抽象结构实现.在认知过程中,目标可能被解析成一系列子目标.

2.2.5 正供给与负供给(positive affordance and negative affordance)

供给一词是从心理学上借鉴而来的,最先由 Gibson^[15]在 1977 年引入,是指用推断的方式使用某些工具.这里,我们定义供给的概念为系统当前上下文中提供给用户的动作选择.这个定义规定了供给是完全外部化的,而不是内部/外部混合的,同时,这个定义比上述定义范围更为狭窄,与系统上下文形成严格的一对多的关系映射.

定义 7. 一个供给是一个动作集合: $Aff = \{Act | Act(Con) = Con_i, \text{且 } con \rightarrow con_i\}$,其中 Con 为当前上下文, con_i 为一个可能上下文.

供给外部化要求系统显式地提供与当前上下文相关的供给,这个供给的确定应当与用户思维习惯相符合,系统中提供的供给来源于理想中的自然交互,而具体实现形式与应用相关.在第 3 节的几何画板实例中,使用纸-笔隐喻构造系统,供给就是系统所提供的,在纸笔环境下人们早已习惯的操作(如用一个平行四边形代表 3D 环境下的平面),此外,供给还包括对几何证明中推理过程提供的辅助,如推理过程中从当前已知条件能够直接得到的中间条件.

这里,我们对供给的概念进行了扩展,供给不仅仅指当前上下文中用户可能的下一步动作,也指能够直接得到目标的动作集合.为了区别起见,我们将这种供给称为负供给(negative affordance,简称 NA),而前面所定义的供给(定义 7)称为正供给(positive affordance,简称 PA).通过负供给的概念,我们能够得到虚拟状态的可能的前提,适合于目标明确的逆向推理过程.

定义 8. 负供给: $NA = \{Act | Act(Con_j) = Goal_i, \text{且 } con_j \rightarrow Goal_i\}$,其中, Con 为当前上下文, con_i 为一个可能上下文.这样, $Aff = PA \cup NA$.

2.2.6 偏爱(bias)

偏爱是人们根据环境、知识和感知、认知的结果而对动作作出的有倾向性的选择^[8].例如,在餐馆就餐的例子中,用户通过了解外部状态,包括餐馆环境、一起就餐的人等的判断,结合自己就餐历史的回忆,可以形成动作的偏爱,根据这个偏爱,用户可以对餐馆提供的正供给——菜单上提供的选择进行决策;另一方面,用户也可以观察餐馆中正在就餐的其他人点餐的情况,直接向环境要求一个负供给,点出相应的菜肴,完成决策活动.

定义 9. 形式上,偏爱是对当前供给的选择: $Bias = \{Act_i | Act_i \in PA \cup NA\}$.

这里,对传统中偏爱的定义加以改变,偏爱不仅仅是人们感知的结果,也可以扩充到外部环境中,成为对当前上下文中供给的判断.偏爱决定系统对供给的选择,ERM 中的外部偏爱不仅仅是系统对用户选择动作的辅助,也是对以前用户知识的积累.传统中偏爱是完全内部化的概念,在 ERM 中,偏爱可以内部化也可以外部化,具体形式取决于实际系统.

文献[2,3]中历史对供给的影响与本文提出的偏爱的区别在于,历史对供给的影响局限在正供给的范围内,包括根据历史作出的选择或者根据历史作出的剔除,而偏爱不仅仅支持这种选择和剔除活动,同时也包含对负供给中选择动作的支持.

内部偏爱的产生来自于从内部和外部表征得到的信息,外部偏爱由软件系统实现.

2.3 交互策略

ERM 的交互策略包括目标匹配、偏爱建立与评估、计划建立与实施 3 种.这些策略分别描述了交互任务中不同阶段用户可能的动作以及界面系统提供的操作,在用户使用界面系统的过程中可以单独出现也可以同时(作为问题解决的不同阶段)出现,或者组合使用.

2.3.1 目标匹配(goal matching)

目标匹配策略最早出现在资源模型中,在任务执行过程的每个阶段中都可能使用.这里,我们引入了约束、上下文和正负供给等结构元素描述交互动作,如图 2 所示,目标匹配策略关注系统目标(或者子目标)、上下文和采取的动作之间的联系.人们使用目标匹配策略解决问题的时候,仅仅依靠上下文、供给、约束和任务的目标完成动作.当供给完全外部化时,这种策略便成为基于显示的交互^[3].

目标匹配是一个动态的过程,这个过程中,上下文可能发生变化.一个支持目标匹配的系统需要提供某种人工智能的策略,协助用户从当前供给中得到子目标,以完成目标匹配的过程.

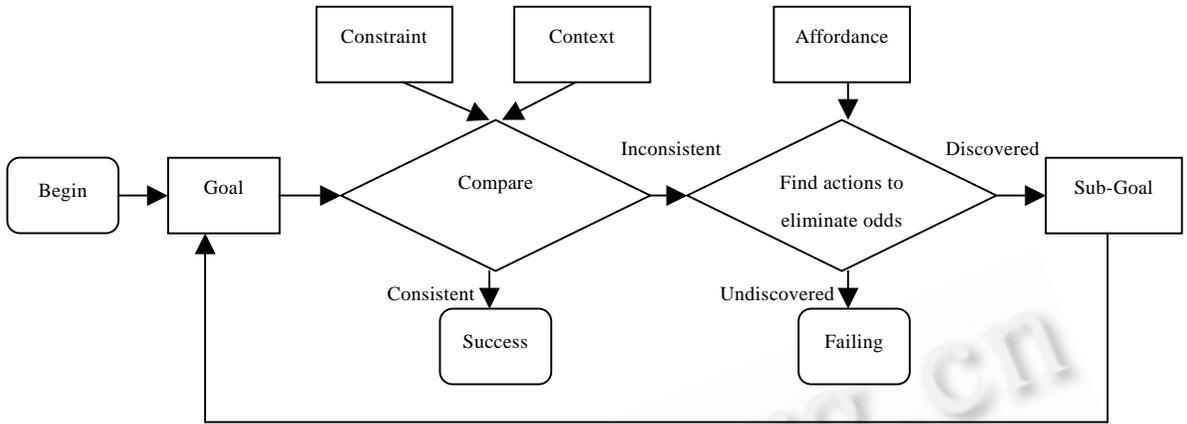


Fig.2 The goal matching strategy

图 2 目标匹配策略

2.3.2 偏爱建立与评估(biases construction and assessment)

如图 3 所示,人在判断、推理等认知过程中,经常需要基于确定的当前上下文得到下一步的可能动作,或者根据动作的目标得到可能的动作,这两种基本思维方式决定了两种偏爱建立的方式:采用正供给的偏爱和采用负供给的偏爱.这两类偏爱都输出子目标.实验证明,偏爱直接决定了问题解决的方便程度^[8],如果偏爱和问题的结构一致,将方便问题的解决,反之,将阻碍问题的解决,而当偏爱与问题结构没有关系时,对解决问题也没有影响.

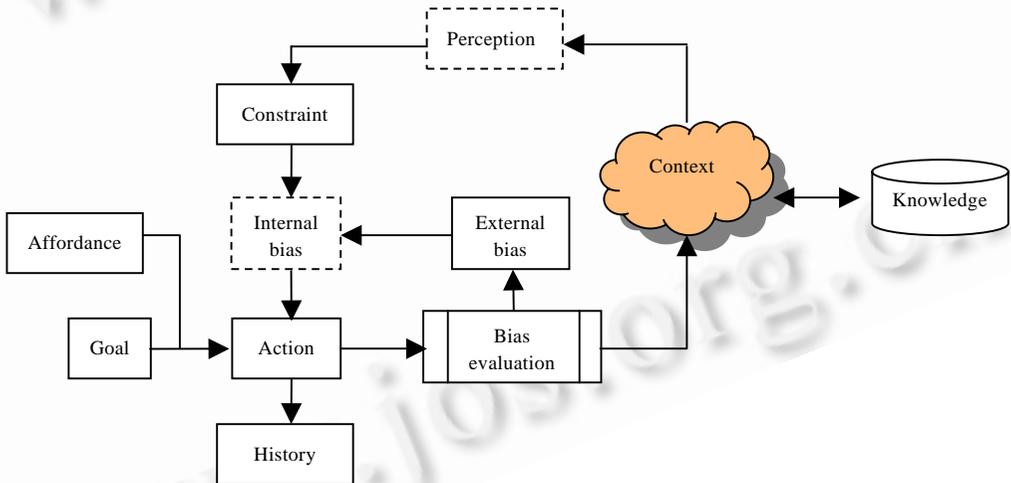


Fig.3 The biases construction and assessment strategy

图 3 偏爱建立与评估策略

这个策略包括了用户的内部认知活动和外部辅助工具(artefact)的活动.策略过程可以描述如下:

- (1) 问题抽象化:使用上下文、约束和目标来描述问题,得到 ERM 表示的、与表征无关的问题结构;
- (2) 加载知识:搜索上下文,寻找解决类似问题的知识;
- (3) 得到外部偏爱:初始化当前解决方式为外部偏爱;
- (4) 得到偏爱执行结果,与外部偏爱相比较,进行可用性评估;
- (5) 根据评估结果修改外部偏爱.

偏爱建立与评估策略和目标匹配策略的区别在于,后者具有明确的目标,活动都是围绕实现事先确定的目标展开;而前者没有明确目标,或者虽然有但不依赖于目标,偏爱是认知系统在对问题解决方法和当前系统状态的基础上作出的判断,有效性依赖于偏爱评估完成.

偏爱评估对偏爱所产生的子目标进行估计,考虑该子目标实现的可能性。

2.3.3 计划建立与实施(plan construction and implementation)

使用计划的交互策略在前人的工作中已经得到了详细讨论^[2,3,12,13],作为一个交互策略,计划建立与实施的最简单的形式是依次确定供给中的下一个步骤直到目标完成为止,也有可能是在建立计划时没有一个特定的目标,目标伴随着计划的执行而逐步明确。

在计划建立和实施的过程中,允许计划外部化,外部化的计划允许被系统保存,与历史一起构成计划中动作和已完成动作的列表,也允许使用上下文、约束和目标来比较计划中下一步动作的可行性。

3 实例分析

我们使用 ERM 设计了一个支持立体几何证明的界面实例。由于几何证明过程中需要大量人-机交互动作,同时也是一个简单、易懂和常见的人机交互应用。这里,我们选取立体几何中三垂线定理的证明过程进行讨论。

$$ERM_{start} = \{Con_{start}, RC, null, Goal_{start}, Aff_{start}, Bias_{start}\},$$

(1) $Con_{start} = \{R_{start}, null, G_{start}, t_0\}$ 为开始时刻系统上下文,其中:

$R_{start} = \{\text{面 } \alpha, \text{线 } PA, \text{线 } PO, \text{线 } AO, \text{线 } a, \text{点 } P, \text{点 } A, \text{点 } O, P \in PA, A \in PA, A \in AO, O \in AO, \dots, PA \perp \alpha, PO \cap \alpha = A\}$;假设开始时刻没有类似问题解决过程,知识为空; $G_{start} = \{G_{line}, G_{plane}, G_{vertical}, G_{parallel}, G_{ground}, G_{move}, \dots\}$, G_{line} 表示直线手势, G_{plane} 表示平面手势, G_{ground} 表示旋转手势, \dots ; t_0 为开始时刻。

(2) $RC_{start} = \{(act_0, preC_0, postC_0, funcC_0), (act_i, preC_i, postC_i, funcC_i) \dots\}$, 其中:

$act_0 =$ 定义如(4)中所给出的; $preC_0 = Con_{start}$; $postC_0 = null$; $funcC_0 = null$ 。

(3) 开始时刻历史为空。

(4) $Goal = \{(Con_0, Con_1, Con_2, \dots, Con_{end})Comp\}$, 其中:

Con_{end} 是问题结束时系统上下文, $Con_{end}.R = \{\text{面 } \alpha, \text{线 } PA, \text{线 } PO, \text{线 } AO, \text{线 } a, \text{点 } P, \text{点 } A, \text{点 } O, \text{点 } P \in \text{线 } PA, \text{点 } A \in \text{线 } PA, \text{点 } A \in \text{线 } AO, \text{点 } O \in \text{线 } AO, \dots, \text{线 } PA \perp \text{面 } \alpha, \text{线 } PO \cap \text{面 } \alpha = \text{点 } A, \text{线 } a \perp \text{线 } PO\}$ 。

Con_0 是一个可能的中间上下文, $Con_0.R = \{\text{面 } \alpha, \text{线 } PA, \text{线 } PO, \text{线 } AO, \text{线 } a, \text{点 } P, \text{点 } A, \text{点 } O, \text{点 } P \in \text{线 } PA, \text{点 } A \in \text{线 } PA, \text{点 } A \in \text{线 } AO, \text{点 } O \in \text{线 } AO, \dots, \text{线 } PA \perp \text{面 } \alpha, \text{线 } PO \cap \text{面 } \alpha = \text{点 } A, \text{线 } PA \perp \text{线 } a\}$ 。

Con_1 是另一个可能的中间上下文, $Con_1.R = \{\text{面 } \alpha, \text{线 } PA, \text{线 } PO, \text{线 } AO, \text{线 } a, \text{点 } P, \text{点 } A, \text{点 } O, \text{点 } P \in \text{线 } PA, \text{点 } A \in \text{线 } PA, \text{点 } A \in \text{线 } AO, \text{点 } O \in \text{线 } AO, \dots, \text{线 } PA \perp \text{面 } \alpha, \text{线 } PO \cap \text{面 } \alpha = \text{点 } A, \text{线 } PA \perp \text{线 } AO\}$ 。

Con_2 也是另一个可能的中间上下文, $Con_2.R = \{\text{面 } \alpha, \text{线 } PA, \text{线 } PO, \text{线 } AO, \text{线 } a, \text{点 } P, \text{点 } A, \text{点 } O, \text{点 } P \in \text{线 } PA, \text{点 } A \in \text{线 } PA, \text{点 } A \in \text{线 } AO, \text{点 } O \in \text{线 } AO, \dots, \text{线 } PA \perp \text{面 } \alpha, \text{线 } PO \cap \text{面 } \alpha = \text{点 } A, \text{线 } a \perp \text{面 } PAO\}$ 。

...

(5) 正供给 $PA = \{act_0, act_1, \dots\}$, 其中 $act_0(Con_{start}) = Con_0, act_1(Con_{start}) = Con_1$,

负供给 $NA = \{act_2, \dots\}$, 其中 $act_2(Con_2) = Con_{end}$ 。

(6) 由于缺少相关知识,随机建立外部偏爱。

如图4所示,实线箭头表示当前系统上下文,而虚线箭头表示从当前出发,模型提供的可能的中间上下文。用户结合外部偏爱、供给决定下一步的动作。随后使用模型提供的交互策略执行任务。

通过上述步骤,我们使用 ERM 描述了几何白板中的立体几何问题,并且建立了人-机共同解决问题的环境。在这个环境中,系统提供了历史、约束、供给以及偏爱等支持,用户使用过程中可以减少记忆负担,并能够用符合认知习惯的方式使用系统,因而证明问题过程中所需要的认知负担得以减少。

除了上述应用外,ERM 还可以用于比较不同界面设计、作为界面评估的理论依据等方面。

4 结论以及进一步工作

本文讨论了分布式认知理论对于人机交互设计的影响,引入了上下文、约束、偏爱等元素描述问题解决过程,提出一种扩展的资源模型 ERM,用于描述复杂界面应用中的交互任务,建立符合人类认知特定的界面系统。

- [8] Zhang J. The nature of external representations in problem solving. *Cognitive Science*, 1997,21(2):179–217.
- [9] Shah K, Rajyaguru S, St. Amant R, Ritter FE. Connecting a cognitive model to dynamic gaming environments: Architectural and image processing issues. In: *Proc. of the 5th Int'l Conf. on Cognitive Modeling*. Bamberg: Universitats-Verlag Bamberg, 2003. 189–194. <http://citeseer.ist.psu.edu/622356.html>
- [10] Kitajima M, Polson PG. A comprehension-based model of correct performance and errors in skilled, displayed-based, human-computer interaction. *Int'l Journal of Human-Computer Studies*, 1995,43(1):65–100.
- [11] Howes A, Payne SJ. Display-Based competence: Toward user models for menu-driven interfaces. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1990,33(6): 637–655.
- [12] Ritter FE, Baxter GD, Jones G, Young RM. Supporting cognitive models as users. *ACM Trans. on Human Computer Interaction*, 2000,7(2):141–173.
- [13] Smith S, Duke D, Wright P. Using the resources model in virtual environment design. In: Smith S, Harrison M, eds. *Workshop on User Centered Design and Implementation of Virtual Environments*. York: The University of York, 1999. 57–72.
- [14] Walenstein A. Cognitive support in software engineering tools: A distributed cognition framework [Ph.D. Thesis]. Burnaby: School of Computing Science, Simon Fraser University, 2002.
- [15] Gibson JJ. *The theory of affordances. Perceiving acting and knowing*. Hillsdale: Erlbaum Associates, 1977.

附中文参考文献:

- [7] 周国梅,傅小兰.分布式认知——一种新的认知观点. *心理科学进展*,2002,10(2):147–153.

《2005 年度计算机科学技术发展报告》征稿启事

为总结计算机科学技术发展的热点问题和现状,展望未来发展趋势,为政府部门的决策提供依据,为科研人员、高校教师及学生提供参考,中国计算机学会拟每年编写一本具有权威性的计算机科学技术发展报告。报告将由清华大学出版社出版。

2005 年度的报告编写工作已经开始,现面向全社会征稿。

一、征文要求

- 1、文章主题要求反映 2005 年度计算机科学技术领域的热点问题,或突破性技术。
- 2、报告的内容应侧重于国内外研究现状、关键技术及发展趋势。
- 3、文章言简意赅,字数 2 万字左右。

二、重要日期

投稿截止日期: 2005 年 11 月 15 日

录取通知日期: 2005 年 12 月 15 日

修改稿返回日期: 2006 年 1 月 30 日

三、联系人

李洁: (010)62553754; lijie@admin.iscas.ac.cn

操云甫: (010)82617466; yunfu@admin.iscas.ac.cn