

知识作业过程表示方法的研究

李瑾坤^{1,2}

(1. 西南财经大学经济信息工程学院 成都 610074; 2. 电子科技大学管理学院 成都 610054)

【摘要】通过人工智能与知识工程中知识表示方法的比较,分析了知识表示法描述知识作业过程存在的问题;通过案例分析提出了用心智操作(MO)描述编程作业过程的思路,并对MO描述知识作业过程的普适性进行了验证性因素分析。样本数据支持知识作业过程可用九要素的MO概念集全模型进行表征,为提高知识作业效率、知识作业过程管理的方法优化和作业测定提供了基本概念与思路。

关键词 人工智能; 认知工程; 知识作业; 知识作业过程表示; 心智操作
中图分类号 7P18 文献标识码 A

Knowledge Work Process Representation Method Research

LI Jin-kun^{1,2}

(1. School of Economic Information Engineering, Southwestern University of Finance and Economics Chengdu 610074;
2. School of Management, University of Electronic Science and Technology of China Chengdu 610054)

Abstract Based on the computer and cognitive science theory, the representation of knowledge work process is a key point to increase the efficiency of knowledge work. Compared the representation of AI with that of KI, the shortage of these methods is analyzed. With the case analysis, a new method which describes the programming process using the mental operation (MO) is given. The confirmatory factor analysis demonstrates that knowledge work process can be represented using MO. The sample data support that concept collection entire model formed with nine essential factors of the MO can represent knowledge work processes. It provides a basic concept and an idea to increase the efficiency of knowledge work.

Key words artificial intelligence; cognitive engineering; knowledge work; knowledge work process expression; mental operation

软件工程经过50多年的发展,已经具备了完整的理论基础,尤其是数学和逻辑等基础研究发展得很快。现代社会生活、企业经营和管理模式的发展变化又对软件工程的研究提出了新的要求,产生了新的研究方向。

在目前的管理科学研究和实践中,人们通常把脑力劳动过程视为“灰箱”或者“黑箱”,使对脑力劳动的管理建立在缺失过程控制的前馈(胜任特征控制)与反馈控制(激励控制)的基础上。作为一种典型知识作业,软件编程作业的过程管理同样受到该难题的困扰,会导致类似软件危机中的“Philippe”现象的产生^[1]。在20世纪,软件工程发展过程中爆发的“软件危机”,让人们认识到不能缺失过程控制的管理,软件工程管理从目标控制管理转向了过程控制管理。虽然制定了IEEE、CMM、TSP、PSP等

过程管理规范,通过控制整个过程中的各个关键点来控制软件编程过程,促进了在作业级过程控制基础上的科学管理进程。但是,这些规范从未进入作业层次进行管理,关于知识工人生产效率和效率方面的基础研究也进展艰难^[2]。软件工程要真正基于作业过程进行管理控制,必须描述、刻画、表征软件编程的作业过程。因此,进行知识作业过程管理遇到的第1个问题就是知识作业过程如何描述与表示,这是一个涉及计算机科学、认知科学等多学科的基础问题^[3]。

1 知识作业过程的形式化

从认知科学的分析可知,知识作业是人脑运用知识解决问题或任务的过程。如果体力劳动是人运用体力对物理对象(有形对象)的变形过程,脑力劳动

收稿日期: 2007-02-15; 修回日期: 2007-07-11

基金项目: 国家自然科学基金(70471044)

作者简介: 李瑾坤(1970-),男,在职博士生,讲师,主要从事认知工程、知识管理和人工智能等方面的研究。

则是人脑运用知识对主观符号(无形对象)的变形过程,表现出自然智能的特点。从人工智能与知识工程可知,知识作业过程是通过人脑对符号的操作变换,求解问题的过程。脑与计算机异构同功,尽管两者的结构及物质基础具有巨大的区别,但进行智能活动的符号处理过程是相似的。因此,人脑与计算机加工的都是符号^[4],只不过人脑处理的是主观符号(指具有个体的特征),计算机处理的是客观符号。

模拟人脑的工作原理形成了人工智能;反之,通过人工智能的知识表示分析,可以帮助解析人类的知识作业过程。

1.1 知识作业过程的形式化——知识表示

人工智能就是让机器完成人类需要使用智力才能完成的工作的一门科学^[5]。要让机器像人脑一样运用知识解决问题,关键是如何把专家知识总结出来,并表示成现有计算机可以接受和运用的形式^[6]。知识的表示是人工智能中一个基础的问题,谓词逻辑表示法、产生式表示法、框架表示法、语义网络表示法、面向对象表示法都是人工智能中知识表示的常见形式与方法^[6]。

如果将计算机看成是符号系统的物理实现,那么就将被求解的问题形式化,即将对象用统一的抽象符号和固定规则精确地表示出来。对某一过程而言,形式化就是建立一套算法,由计算机来执行^[7]。因此,知识作业过程的表示实际上是知识作业过程的形式化问题。人工智能的知识表示是为了解决机器的认知问题,也为人的知识作业过程描述提供了间接的方法。

本文以认知加工理论为指导,应用认知心理学的“心智操作”概念,直接描述人的认知过程——知识作业过程。

1.2 知识作业过程的MO表示

在出现经典科学管理之前,操作作业过程也如现代编程知识作业过程一样,是一个待打开的“黑箱”。自从泰勒、吉尔布雷思开创性地用“基本动作”与“动素”概念分析操作作业过程后,操作作业过程变为可计量描述与表征的“白箱”,从而奠定了科学管理的基石。如果可用“动作”描述编程知识作业过程,则知识作业过程可由“黑箱”化为“白箱”。根据认知科学的观点,知识作业的“动素”就是人脑内的MO。

中国科学院院士吴文俊认为数学的机械化比其他脑力劳动的机械化应该更为容易,更易于取得突

破。因此,根据程序员编程求解的思维过程,可得到作业的MO序列为:

$$4\frac{1}{2}+1\frac{2}{7}=4\frac{1}{2}\times 1\frac{2}{7} \quad (1)$$

根据3个程序员编程过程的内省法和口头报告法所获得的信息,MO过程如下:

(1) 信息感知。获得该任务与问题是分数加法和分数乘法运算的信息。

(2) 信息提取。激活头脑中已有的分数加法和分数乘法法则的信息知识。

(3) 问题识别。明确问题与任务要求:给出多个两分数之和等于两分数之积的算式,解决两数和等于这两数之积的问题的条件。

(4) 变形处理。根据分数知识对式(1)进行变形处理,可得:

$$4\frac{1}{2}+1\frac{2}{7}=4\frac{1}{2}\times 1\frac{2}{7}\Rightarrow \frac{9}{2}+\frac{9}{7}=\frac{9}{2}\times \frac{9}{7} \quad (2)$$

(5) 特征比较。比较两数分子与分母之间的(异同)关系。

(6) 特征抽取。抽取两数分子相同(9),分母相异(2与7),同为假分数等特征。

(7) 求解推理。两数分母相加等于分子:2+7=9。

(8) 特征整合。两假分数的共同分子(9)为两相异分母之和(2+7)。

(9) 求解假设。两假分数的共同分子为两相异分母之和,则两分数之和等于两分数之积。即若 $a+b=k$,则有:

$$\frac{k}{a}+\frac{k}{b}=\frac{k}{a}\times \frac{k}{b} \quad (3)$$

(10) 假设检验。根据求解假设进行验证,有:

$$2\frac{1}{4}+1\frac{4}{5}=2\frac{1}{4}\times 1\frac{4}{5} \quad (4)$$

(11) 符号描述。用自然语言符号或人工语言符号描述逻辑思路。

(12) 规范结果。整理、规范步骤(10)所得到的结果。

1.3 MO的归纳和抽取

知识作业过程实际上是人脑智慧活动的过程,元认知监控并调节其他智力成分构成认知活动,从认知加工的角度刻画智力操作的心理机制,运用信息加工的过程分析法,对智力活动的内部过程作尽可能的定量描述^[8-9],如使用编码、刺激的组合与比较、推理等人脑对信息加工的方式可有效地描述数学学习过程^[10]。信息加工与计算理论认为智力活动过程(知识作业过程)是由算法所构成的信息符号的

转换(MO)过程^[11]。现代认知工效学把知识作业过程视为“合理编拟”的MO序列。

根据上述认知科学与科学管理的理论以及上述编程作业过程,归纳为以下“动素”级的MO:元认知、辨识、记忆、变形、想象、特征抽取、特征整合、推理、具体化9个因子。

对于本文列举的MO应注意:(1)MO可再细化,再分的程度、是否再分,取决于实际需要与条件;(2)可再定义、增添MO,如同IE中MTM、WF和MOD法的差异与特点。

2 MO的验证性因素分析

2.1 知识作业过程的MO概念结构模型假设

根据认知科学的理论和上述的界定,并结合结构方程方法(structure equation modeling, SEM)和验证性因素分析(confirmatory factor analysis, CFA)思路^[12],MO概念集的结构可以考虑为全模型(full model)结构,如图1所示。

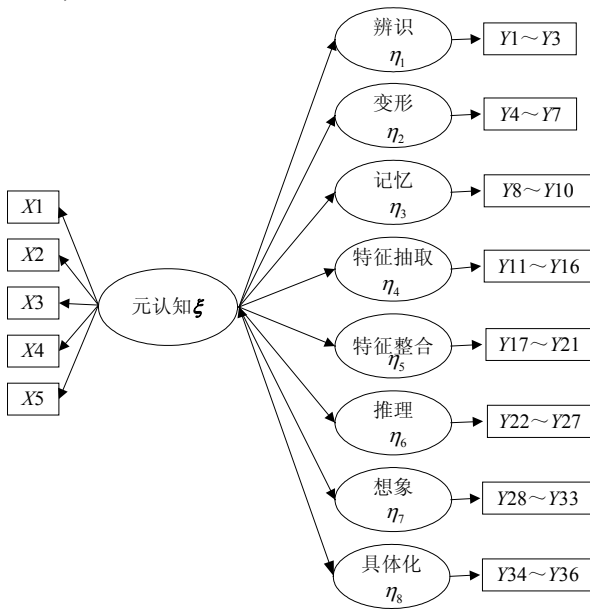


图1 MO概念结构模型

元认知是最高级别的加工操作,它对整个知识作业过程的MO起规划、监控、调节的作用。所以,元认知是外生(exogenous variable)潜变量(ξ),其他MO都是元认知的内生(endogenous variable)潜变量(η)。

MO概念集的结构为 $\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta$,其中, B 为内生变量 η 之间的关系; Γ 为外生变量 ξ 对内生变量 η 的影响; ζ 为结构方程的残差(反映了 η 在方程中未能解释的部分)。

因为本文要验证MO是描述知识作业的“基本动素”、“动素”(9个因子)的存在,以及检验元认知是

控制其他MO的特殊“动素”(因子之间的结构),因此,设 B 为零矩阵,不讨论 η 之间的关系。

ξ 和 η 都是潜变量,它们无法直接观测,而是通过显变量获得其观测值。因此,本文对每个潜变量都设计了3个以上(含3个)的显变量进行度量。测量方程分别为 $Y = AY\eta + \epsilon$ 和 $X = AX\xi + \delta$,由此说明潜变量 η 、 ξ 和测量变量 y 、 x 之间的关系。

在 $X = AX\xi + \delta$ 中, X 为 ξ 的测量变量矩阵; AX 为测量系数矩阵,表示内生潜变量矩阵 ξ 和其测量变量 X 之间的关系; ξ 为内生潜变量矩阵; δ 为测量方程的残差矩阵。

根据图1所示的测量关系,采用测量方程 $Y = AY\eta + \epsilon$ 。其中, Y 为 η 的测量变量矩阵; AY 为测量系数矩阵,表示内生变潜量矩阵 η 和其测量变量 Y 之间的关系; η 为内生潜变量矩阵; ϵ 为测量方程的残差矩阵。

2.2 数据采集与整理

根据研究目标与理论假设,本文对问卷采用Likert五点记分法,要求被试者针对每个题项所描述的思维方式在自己工作中的使用频率进行评价,分为5个等级:经常这样、较多这样、一般、较少这样、偶尔这样。

通过问卷调查方式收集数据,共发放调查问卷235份,回收有效问卷191份。其中,软件工程师118份,其他脑力劳动人员(包括工程技术、管理、营销、财会、行政等人员)73份。

数据用SPSS11.5进行统计处理,用LISREL8.53进行验证性因素分析。因子最小载荷为0.36,删除了小于0.36的4道题项。进行LISREL8.53分析的共有41个观测变量(题项),191个调查对象组成的样本数据,按照测量方程表达的测量关系进行LISREL8.53程序分析。

2.3 结果与讨论

根据理论分析与结构方程方法的验证分析思路,本文采用LISREL8.53程序和极大似然估计,得到了观测数据的结构方程拟合指标结果,如表1所示。

表1 MO集模型与观测数据的拟合指标值

df	χ^2	χ^2/df	RMSEA	NNFI	CFI	IFI
743	1 240	1.669	0.059	0.916	0.924	0.924

表1中的数据说明,图1所示的结构方程模型与观测数据的拟合指标结果比较理想,这表明观测数据支持用如图1所示的9因子模型解析知识作业过程。在知识作业过程中,本文提出的9因子存在,且

由元认知调控其他8个MO的结构关系(因子结构)也成立。知识作业过程可用如图2所示的MO概念结构,即由元认知调控的8个因子所构成的9个基本MO解析知识作业过程。

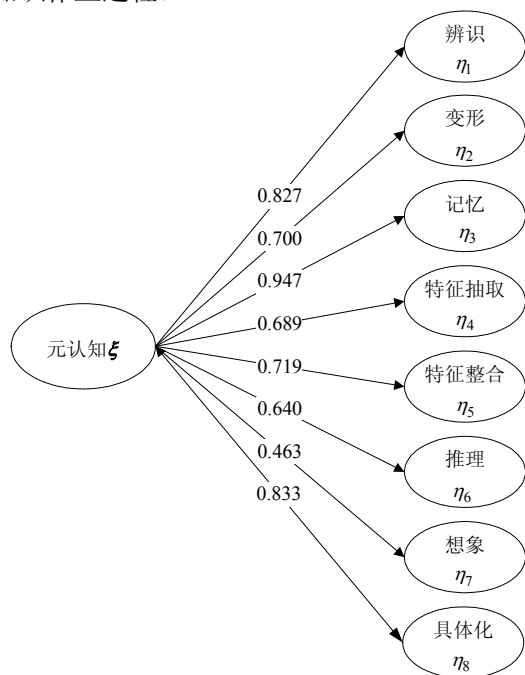


图2 MO概念集的结构

3 结束语

本文的研究表明:

(1) 用人工智能与知识工程的知识表示方法为描述知识作业过程提供了间接的方法。探讨描述知识作业过程的直接方法,不仅是知识作业科学管理的需要,也预示着人工智能方法论上的进步^[6]。

(2) 样本数据的验证性分析结果表明,表征知识作业过程的MO集由元认知调控的8个因子共9个基本MO所构成,并可用MO概念描述知识作业过程。至于还有哪些MO属于或不属于“动素”级的基本MO,如同IE中MTM、WF和MOD方法中对选择动素的差异^[13],仍待研究。

(3) 操作作业方法优化是对动素链的编辑,同理知识作业方法的优化是合理编拟“MO链”。还需对更多的、不同类的知识作业过程进行研究,以探讨、总结具体解析原则与方法。

(4) 根据IE的预定时间标准法PTS原理,把知识作业过程还原为MO,为对知识作业进行测定提供了对象。

总之,深入探讨知识作业过程的MO表示方法并标准化,是实现知识作业科学管理的一条可行路径。因此,本文的研究对于知识作业过程管理和人工智

能都具有基础理论意义。

参 考 文 献

- [1] 李永建, 马顺道. 软件工程中Philippe现象的分析[J]. 计算机工程与应用, 2004, 40: 57-59.
LI Yong-jian, MA Shun-dao. Analysis of "Philippe phenomena" in software engineering[J]. Computer Engineering and Applications, 2004, 40: 57-59.
- [2] DAVENPORT T H, THOMAS R J, CANTRELL S. The mysterious art and science of knowledge-worker performance[J]. MIT Sloan Management Review, 2002: 23-31.
- [3] 王 蕾, 李永建. 软件编程作业过程的心智操作表征[J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(4): 51-53.
WANG Lei, LI Yong-jian. The mind operations description of software programming tasks process[J]. Computer Engineering and Applications, 2006, 42(4): 51-53.
- [4] 郑南宁. 认知过程的信息处理和新型人工智能系统[J]. 中国基础科学, 2000, (8): 9-18.
ZHENG Nan-ning. Information processing for cognition process and new artificial intelligent systems[J]. China Basic Science, 2000, (8): 9-18.
- [5] MINSKY M. Semantic information processing[M]. Mass, USA: MIT Press, 1968.
- [6] 冯 定. 神经网络专家系统[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
FENG Ding. Neural network expert system[M]. Beijing: Science Press, 2006.
- [7] 王黔玲. 论人工智能研究纲领的转变[J]. 社会科学研究, 2004, (6): 54-60.
WANG Qian-ling. On the change of the guiding principle in the study of artificial intelligence[J]. Social Science Research, 2004, (6): 54-60.
- [8] STERNBERG R J, BEYOND I Q. A triarchic theory of human intelligence[M]. New York, USA: Cambridge University Press, 1985.
- [9] STEINBERG R J. The theory of successful intelligence[J]. Review of General Psychology, 1999, 3(4): 292-316.
- [10] 刘卓雄. Sternberg的三元智力理论及其对数学教学的启示[J]. 数学教育学报, 1997, 6(3): 39-45.
LIU Zhuo-xiong. Sternberg's three-element intelligent theory and its enlightenment[J]. Journal of Mathematics Education, 1997, 6(3): 39-45.
- [11] HERBERT A. Simon: search and reasoning in problem solving[J]. Artif Intell, 1983, 21(1-2): 7-29.
- [12] BYRNE B M. Structural equation modeling with lisrel, prelis, and smplis: base concepts, applications, and programming[M]. NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers Mahwah, 1998.
- [13] LI Yong-jian. Research on the representation of the programming task process[C]//The 36th International Conference on Computers and Industrial Engineering (ICCIIE). Taipei, China: National Tsinghua University Press, 2006.

编辑 黄 莘