

篇章理解中的表征理论

崔 耀

中国科学院心理研究所 (北京, 100012)

关键词: 自然语言 篇章理解 知识表征 命题理论 图式

〔提要〕 自然语言篇章理解需要综合地运用各种知识;同时,也需要对篇章的结构以及各组成部分之间的关系进行分析。因此,合理地表征知识、恰当地描述意义结构,这已经成为自然语言篇章理解中的一个关键性问题。本文从知识表征和结构描述两个方面介绍了国外研究者的若干有关理论和模型。

自然语言是人们在日常生活中用来传递信息、交流思想的工具。言语活动是人类的一个复杂的认知活动。它不仅要求言语双方对他们所使用的语言中的词和语法规则具有共同的解释,而且要求双方至少在某些方面具备相同或相似的知识背景、生活经验和习惯。尽管研究者在某些理论观点和具体研究方法上存在着很大的分歧,但是它们在研究中所依赖的基本假设是一致的,即:各种语言都具有自身独立的语言知识(knowledge of language)。这些语言知识必须与一些认知过程,如:感知觉、记忆等以特定的途径相结合,才能获得言语活动所要传递的信息。在这个结合过程中,必须找出各种语言单位与言语者所要描述的事物之间的关系,这些关系是非语言的¹¹。因此,自然语言理解需要综合地运用语法的、语义的和语用的知识。

篇章是由若干句子或段落形成的言语作品。言语作品义是言语中最大的语义单位。²由于言语活动是对复杂的世界事物的认知过程,因而,篇章具有较为复杂的意义结构。同时,篇章理解也必然要依赖于大量的世界知识。所以,自然语言篇章理解所要解决的一个关键问题就是如何表征这些知识以及如何建立恰当的意义结构。

1 命题理论: Kintsch & Van Dijk³于1978年提出了命题理论(the propositional theory)。其意图是使用命题表征,将篇章的结构和篇章所描述的内容结合起来。命题是对篇章所描述事物的表征形式。篇章和篇章的意义均通过命题进行表征和分析。谓词和变量组形成命题表达式。通过命题表达式,将自然语言写成的故事转换成单变量或多变量的命题陈述句。这样,一个故事就可以通过一阶谓词逻辑的运算方法,得到严格的结构化,进而完成适当的逻辑推理。在命题理论中存在着两种基本的结构关系:宏结构和微结构。当命题的构造完毕之后,理解过程的下一个环节就是通过检验变量的重叠来抽象出微结构。通过实验他们发现:读者在工作记忆中一次只能容纳四个命题。因此,微结构的形成受工作记忆容量的限制。如果工作记忆中所保持的四个命题中的一个命题所包含的变量与正在读到的那个命题的变量相同,则这两个命题就链接在一起,形成一个微结构。显然,由变量重叠而产生的微结构只能建立局部联系。篇章整体的意义结构需要通过宏规则才能建立。这些宏规则包括:概括(generalization);删除(deletion)以及整合(integration)。通过实验,他们发现,篇章的可读性以及读者的理解程度,取决与篇章自身的宏结构以及读者头脑中已经

具有的宏结构的完备程度。宏结构在读者头脑中表征得越好,读者对篇章的理解就越深入。他们还发现,篇章所需要进行的推理越多,阅读过程就越艰难。读者在理解正在输入的句子时倾向使用已输入的词作为参考,只有当由此产生的解释不连贯时,才使用整个意义结构。这些实验结果支持了命题理论。1983年他们对命题理论进行了修改,将表征分成三个层次: surface trace, textbase以及situation model。加强了该理论对深层结构的加工能力,完善了根据故事所描述的内容所形成的心理模型的整体性。

命题理论将篇章用一阶谓词逻辑的方式进行表征和加工,可以得到严密、清晰的结构,并能获得非常有效的推理机制。但是命题表征最大的问题是失去了篇章原有的语言单位在表面结构上的联系。同时也失去了一部分语义联系。另外,利用重叠法抽取微结构,往往会将变量重叠与变量间的相互参照混淆起来,出现错误的推理。而且,命题理论建立的表征是以篇章的表面结构为依据的,对于表征篇章的深层结构的能力较弱,也没有建立相应的知识表征和知识组织方式。

2 故事语法:不同体裁的篇章具有不同的结构。七十年代末,一些研究者对某些特殊的篇章类型进行了研究。他们认为,可以使用一些与Chomsky在进行句法分析时所使用的转换规则类似的重写规则,生成篇章所具有的结构。其中具有代表性的工作是Rumelhart 1975年提出的故事语法^[4]。根据对于寓言故事结构的分析,Rumelhart提出了故事语法(storygrammar)的概念,故事语法的基本核心是一系列用来分析和构造故事结构的重写规则,如:

故事→布景(setting)+情节(episode)

布景→状态(state)*

情节→事件(event)+反应(reaction)

事件→情节或状态变化或行为或事件

反应→内部反应+外部反应

内部反应→情绪或状态

上述重写规则可以具有如下的语义规则形式:

布景allows情节

状态+状态……(即:状态可以复合)

事件initiates反应

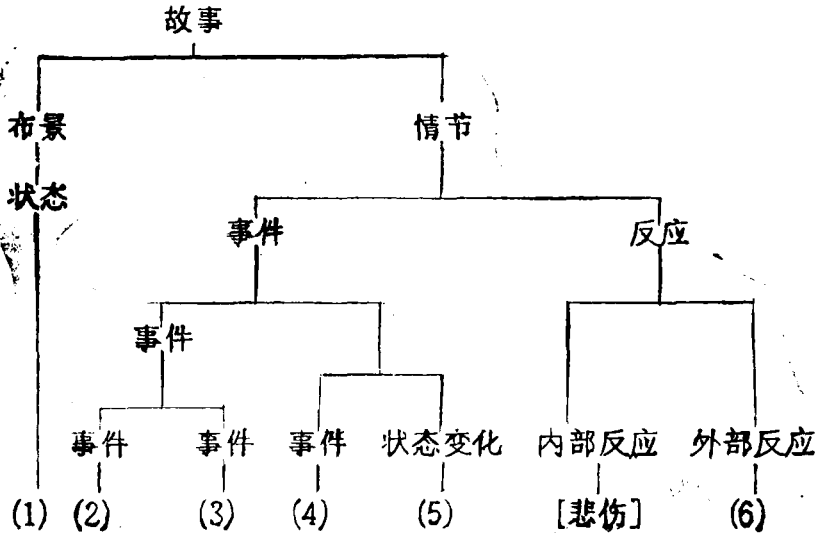
事件causes事件或事件allows事件

内部反应motivates外部反应

根据上述规则,可以将一个故事表征为一个树状结构,如:Rumelhart^[4]将下述故事:

玛姬紧抓着系着漂亮新气球的绳子(1)。突然,一阵风把气球刮跑了(2)。气球落在了一棵树上(3)。它碰到了一根树枝(4)并且放了炮(5)。玛姬哭个不停(6)。表征为下图:从下例中可见,故事语法提供了一种便于表征故事所描述的内容间关系的层次结构。它使故事中表示不同意义的单位能够有机地结合在一起,形成一个整体。由于重写规则中语义规则的约束,故事分析过程中能够对将要出现的篇章成分做出预期,并且可以通过推理获得故事的隐含内容。例如,在上述故事中只描述了一个外部反应,哭;而层次结构中的内部反应,悲伤,则是通过推理得到的。

继Rumelhart之后,Mandler & Johnson^[5]、Thorndyke^[6]以及Mandler^[7]发展了故事语法,并通过了一系列实验证明了故事语法具有一定的心理真实性。故事语法提出了故事



结构在人们头脑中的一种可能的表征形式。通过这样的表征和相应的加工过程，阅读者理解了故事，并且形成了在阅读过程中所必须具备的、有关故事结构的一般性知识。

故事语法的产生，主要是受生成语言学的影响。研究工作多集中在七十年代中后期。研究的目的是找出一套与句子分析过程中所使用的语法规则相仿的篇章语法规则。它强调的是篇章成分的线性关系和连锁关系。进入八十年代，人们逐渐认为，适用于句子分析的抽象方法和纯化方法对故事或篇章是行不通的。这是因为构成篇章的因素远比构成句子的因素复杂。篇章理解需要综合地使用各方面的知识，以对篇章的意义进行分析。篇章理解最重要的方面不是语法或规则系统，而是篇章的意义结构和理解过程所依赖的知识表征和知识组织方法。而且从理论上确定篇章是否符合某种语法类型，比判断一个句子是否符合句法要困难得多。因此，八十年代后篇章理解研究的重点已不再是从语法角度上分析篇章结构。尽管如此，篇章结构在篇章理解过程中的作用是不容忽视的。上述研究重点的转移只是表明了篇章理解必须综合地运用各方面的知识。

3 框架：在Minsky提出框架（frame）概念以前，与之类似的思想在心理学和人工智能领域中均早已存在。心理学研究证明，在人类的思维和理解活动中，当分析和解释新情况时，要使用过去经验中积累的知识。这些知识规模巨大，并以特定的结构形式保存在人的记忆中。因此，篇章理解一定要涉及到比单个命题更大的知识结构。Minsky认为这个知识结构可以用框架来表示。在框架中，新的信息可以用从过去经验中产生出来的概念来分析和解释。

框架作为一种知识结构，由槽（slot）及槽的值两部分组成。一个事物可以用一个框架表示，框架的名称即代表该事物。事物的特性可以用框架中的一组槽来描述。槽的名称就是特性的名称。一个槽中填入的值，就是对该槽所对应的事物某个特性的具体描述。槽的值可以空缺，也可以预置。例如，“人”的某些特性可用如下框架描述：

人	李洪
职业	职业 程序员
体重	体重 62公斤
身高	身高 170厘米
	属于 人

在上述两个框架中，“人”的三个槽全部空缺，可以作为一个相对抽象的数据结构而成为一个网络中的上层节点。“李洪”这个框架的所有槽都预置了相应的值。李洪是人的一个实例，因而在一个网络中框架“李洪”是框架“人”的一个子节点。为了建立起“人”与“李洪”的联系，就要在框架“李洪”中增加一个槽，其名称为“属于”，其值为“人”。由此可见，框架是可以嵌套的。当仅仅使用一个框架很难表示一个复杂的概念或要表示若干概念之间的关系时，就必须利用框架间的嵌套，建立起一个连续的网络结构。因为，框架间的嵌套可以使若干较小的框架，通过表示框架相互间关系的槽而有机地结合在一起，组合成一个较大的知识结构，所以，它为表征不同水平上的知识提供了灵活、有效的手段。同时，框架也能方便地表征篇章结构和篇章所描述的内容。因此，框架结构是自然语言理解中广泛应用的一种表征方式。

4 脚本：脚本(script)是Schank和Abelson领导的Yale认知科学课题组⁹提出的、用于进行篇章理解的知识表征结构。他们通过大量心理学实验验证了脚本的心理真实性，并通过计算机进行了模拟。

脚本是在Schank创立的概念依赖理论(Conceptual Dependency Theory)¹⁰的基础上，结合人类理解过程的一些特点而建立的。Schank认为，对于语言的表征是和人们所具有概念结构密切相关的。因此，仅仅依靠概念依赖理论所建立的概念表达式是无法将语言所描述的事件表征清楚的。在理解过程中存在着比概念表达式更大的知识单元。这个知识单元就是脚本。人们在日常生活中经常遇到的一些事件，如，娱乐、就餐、旅行等等，都是由一系列相对固定的行为序列和特定的环境条件所组成的。脚本将这些行为序列和环境条件组织在一起，形成关于这些事件的知识单元。所以，脚本规定了参与某个事件的各种人物、事件发生的背景以及在这种背景下事件的参与者按照惯例可能从事的行为。在脚本中也有空槽。与框架类似，脚本的使用过程也是一个空槽的填充过程，其中伴随着通过缺失值(default value)进行推理等环节。由于脚本提供了事件发生的背景以及事件中应该出现的行为序列，所以，脚本不仅是一个知识存储结构，而且也是在自上而下的加工过程中提供加工依据的预期源。阅读者可以根据脚本所提供的事件发展顺序，在输入中寻找预期的目标。

脚本概念的提出，对自然语言理解研究产生了很大的影响。但是，脚本的结构并不十分合理。只要其中的内容稍有变动，就要建立一个新的脚本。这样就造成了大量的重复。同时，对于不同的脚本中所包含的知识也无法进行概括和分类。而人类具有记忆和解释自身行为的能力，能够通过亲身经历，不断丰富和完善自己的知识系统。显然，脚本的思想是具有一定的心理依据的，但其结构却是不合理的。因此，Schank在八十年代初开始对脚本概念进行了较大的修改，提出了动态记忆(Dynamic Memory)的思想。其核心是，人们是通过情节学习进行记忆的。每当处于一个事件之中，人们都会想起一些过去经历过的有关情节，并可以根据已有的经历对事件的发展进行预期。如果预期正确，则原来的知识结构不变。反之，则要对预期的失败加以记录。如果同样的预期失败反复发生，则要对原有的知识结构进行相应的改动，并对重复的内容进行清除或概括。因此，自然语言理解所依赖的知识

结构应该是一个情节性的动态的记忆结构。它由预期驱动,从预期失败中学习,从对预期失败的解释中获得新的、概括性的知识。上述思想的实现是通过目标(goal)、规划(plan)、场景(Scene)、记忆组块(memory organization packet 简称MOP)、和主题组织点(thematic organization point简称TOP)等不同水平上的知识单元所形成的网络结构进行的。其中TOP是最抽象、最高层的单元。

5 图式理论图式理论不是某一个人单独提出的,它是对一类具有共同特点的理论的总结。1932年心理学家S.F.Bartlett开始使用的图式的概念来解释人的高级心理活动。他认为:图式是某种组织结构,它是人对过去的反应和经验的一种积极的组织。图式可以对新获得的材料进行重构和改造。随着认知心理学和人工智能研究工作的深入,图式在知识表示和知识组织中的作用越来越突出。同时,图式的含义也更加丰富。M.Minsky^[8]提出的框架结构的理论;D.E.Rumelhart^[4]等人发展的故事语法;R.C.Schank^[9-10]从概念依赖理论出发逐步形成的脚本(script)结构和动态记忆理论(dynamic memory theory)以及基于解释的自然语言理解方式;这些工作都对图式理论的发展和革新做出了重大贡献。以这些工作为代表的当代的图式理论认为图式具有如下特性:

(1)图式是带有变量的:图式所组织的信息都包含一个固定的核心(fixed core)和一些变化的方面。变化的方面是根据具体情况才能确定的变量。变量既可以由环境赋值,也可能无法从环境中获得具体值。当无法在环境中获得变量值的时候,图式的固定的核心就可以通过缺省值的方式自动地对变量进行赋值。

(2)图式可以互相嵌套:图式并不是一个封闭的知识集。一个图式中可以包含着另外一个图式。图式的嵌套可以形成各种网络。同时也自然地表示了各个不同图式间的关系,为知识的归类提供了适当的结构。

(3)图式可以用来表征各种抽象水平上的知识:图式既能够用于表示象桌椅这样十分具体的实物,也可以表示如信念、需要那样的抽象概念。

(4)图式表征的是知识而不是定义:图式只是组织了我们在真实世界中的经验和已经掌握了的知识。这些知识和经验都是具有具体结构和内容的。通过图式所描述的是事物的一个具体的形象或概念的具体结构。

(5)图式是活跃的认知结构:认知活动的各种过程和所有环节都需要激活相应的图式群。在认知活动中图式会发生变化和重构。图式中的核心所保存的知识可以为分析和理解过程提供预期,引导处理的进程。

八十年代开始,随着神经网络(Neural Network)在人工智能领域内的复苏,特别是1985年Cognitive Science出专刊提出了联结机制(Connectionism),1986年PDP(Parallel Distributed Processing)^[11]的问世,基于图式理论的表征方法发生了根本的变化。研究者们提出了传统的图式表征方法难于解决三个问题。首先,传统图式表征法必须先确定图式中哪些是常量,哪些是变量。而在实际应用中这些有时是很难确定的。神经网络的表征方法则将图式中的所有组成部分都定为变量。图式由一系列的微特征(microfeatures)表示。神经网络根据输入,通过调整网络中各种神经元之间联系的强度,即网络中的权,以达到最大的匹配优良度(maxima of goodness-of-fit)。此时神经网络的状态,就是网络所表征的图式。其次,神经网络不必确定情景中哪个部分属于某个图式,哪个部分不属于。网络中的所有单元都与情境发生联系。这些联系的强弱决定了图式的性

质。最后,传统图式表征方法必须确定哪些关系应该结合在一起,以形成一个图式。而神经网络不必确定这些。它最大的好处就是能够通过一定的算法和有关知识,确定网络的结构和权的调整方式及调整方向,并使网络经过学习适当的样本集,形成合理的权集合,从而使需要表征的图式埋藏在神经网络中。这就是图式的隐式(implicit)表征方法。1987年Touretzky〔12〕用神经网络实现了框架结构的表征方法。同一年Dolan & Dyer〔13〕用神经网络实现了脚本。可以认为,传统的图式表征方法和神经网络思想有机地结合将为自然语言篇章理解提供更加灵活和有效的表征方法。

6 参考文献

- 〔1〕 Kempson R.M., The relation between language, mind, and reality, in: R.M.Kempson (ed.) *Mental Representations: The interface between language and reality*, Cambridge University, Press, 1988
- 〔2〕 贾彦德, 语义学导论, 北京大学出版社, 1986
- 〔3〕 Kintsch, W. & Van Dijk, T.A., Toward a model of text comprehension and production, in *Psychological Review*, Vol.85, 1978
- 〔4〕 Rumelhart, D.E., Notes on a schema for stories, in: D.G. Bobrow & A.M. Collins (eds.), *Representation and Understanding: Studies in cognitive science*, New York, Academic Press, 1975
- 〔5〕 Mandler, J.M. & Johnson, N.S., Remembrance of things parsed: story structure and recall in *Cognitive Psychology*, Vol.9, 1977
- 〔6〕 Thorndyke, P.W., Cognitive structures in comprehension and memory of narrative discourse in *Cognitive Psychology*, Vol.9, 1977
- 〔7〕 Mandler, J.M., *Stories, Scripts, and Scenes: Aspects of Schema Theory*, Hillsdale New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 1984
- 〔8〕 Minsky, M., A framework for representing knowledge, in: p.H. Winston (ed.) *Psychology of Computer Vision*, New York, 1975
- 〔9〕 Schank, R.C., *Conceptual Information Processing*, North-Holland Publishing Company, 1975
- 〔10〕 Schank, R.C., *Dynamic Memory: A theory of reminding and learning in computers and people*, Cambridge University press, 1982
- 〔11〕 McClelland, J.L., Rumelhart, D.E. & et al, *Parallel Distributed Processing: Explorations in the microstructure of cognition*, Vol.2: Psychological and Biological models, MIT Press, 1986
- 〔12〕 Touretzky, D.S., Representing conceptual structures in a neural network, in *proceedings of the IEEE First International Conference of Neural Networks San Diego: IEEE*, 1987
- 〔13〕 Dolan, C.P. & Dyer, M.G., Symbolic schamata, role, binding, and the evolution of structure in connectionist memories, in *Proceedings of the IEEE First International Conference of Neural Networks, San Diego: IEEE*, 1987