

空间认知浅述

****, 武汉, 430079

[摘要] 空间认知是一门有关从空间环境获取、组织、利用和再现信息的科学。人类的空间认知与语言密切相关。研究空间认知有利于计算机智能化。
[关键词] 空间认知; 空间描述; 空间表达

一、概述

空间认知(Spatial cognition)是一门有关从空间环境获取、组织、利用和再现信息的科学。

人类的发展和其空间认知能力有极大联系,可以说强大的空间认知能力成就了人类。研究空间认知,揭示空间认知的原理,有助于提高人类的空间认知能力,也是提高计算机认知水平的必然要求。

大量的学科与空间认知理论直接或间接地紧密相连,其中心理学和脑科学与空间认知联系最为紧密。空间认知研究在沟通心理学和脑神经科学上,起着至关重要的作用。两个学科的研究人员通过运用空间认知理论研究人脑的心理活动和脑神经工作方式的联系,取得了可喜的进展;另一方面,通过不断的检验这些理论,用事实和实例证实或证伪一些空间认知理论,补充完善了空间认知理论的体系框架。

空间认知的终极目标是能够完全区别并了解空间内所有物体的各自运动状态和相互关系。

二、空间认知:基础和应用^[1]

1. 认知相关 (Epistemological Issues)^[2]

略去地理学中空间分析的历史,空间分析的地理学研究包括 5 个方面,信息的获取;空间信息的结构和处理方法;空间的转移和变换;空间信息的信息表达方式,以及空间整体和局部的相似与不同。

空间认知的前提是空间,其中包含细碎的可能,空间认知的任务就是理解分析它。理解和分析的前提是适应和交互。主体适应环境就是和客体不断交互。

认知即取决于脑(认知主体)的结构,还和环境的耦合度有关。高度耦合的环境,是认知的难点。高耦合的客体大致可以分为两类: Reflex-based architectures,以及 Affordance-based architectures。打个比喻,前者像一个漫反射的面,不管光从哪个方向照入,反射光的都像是环境光,你无法判断光的来源,因为它是无法认知的。相对地,Affordance-based architectures 的客体存在与外界的交互,是可认知的事物。

总言之,从这个意义上,认知就是对环境的解耦,低耦合的物体有利于认知。

从另一个角度看,认知也是一个对耦合物体解耦的过程,就是把耦合的世界不断离息的过程。Decoupled architectures 分为三大部分: Deictic architectures, base-level representational architecture 和 Metarepresentational architectures。三者的关系层层深入,处于认知的终级阶段 Metarepresentational architectures,顾名思义,就是对物体的最本质抽象,认知到了物体的“元”。(“元”,“元数据”的“元”)

小结,认知是通过与外界交互,不断对混沌的环境解耦,了解周围事物本质的过程。认知的终极目标,就是提取事物的本质(“元”),洞悉事物呈现/存在的规则。

2. 空间的呈现和表达 (Software applications, multimedia, GIS, diagrammatic reasoning and beyond)

空间认知,是对事物和环境的认知,需要对空间进行度量。度量的方式可以是空间参考系,用统一绝对(哪怕是局部绝对)的坐标来度量。还可以通过相对关系来定义空间。如下图。

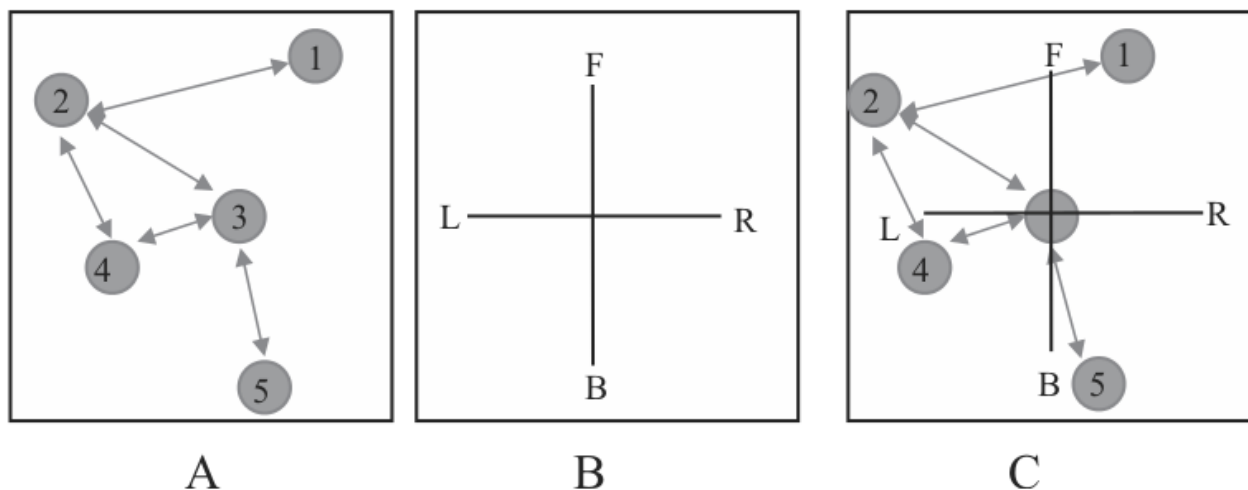


Figure 1. 1A is a schematic illustration of a cognitive vector space, 1B illustrates a self-reference system consisting of a representation of the front-back/right-left axes of the body, and 1C illustrates superposition of a self-reference system on the cognitive vector space. The metric coordinates of the objects represented in the vector space are computed by the self-reference system.

空间度量并不总能区分事物,占据统一空间的事物可能是不同的,如果要区分他们,我们的认知体系还需要引入别的参考,还需要讨论物与物之间可分性的问题。在计算机中,事物可以通过自参考,来区分自己和环境,就像 Python 里特殊的 self 参数做的那样。这样的认知假设,可以解决“真假美猴王”的问题。

至于如何量化,我看到的有 Architecture of CHAMELEON, 将空间看成未知,通过多种手段探知,再综合,即:

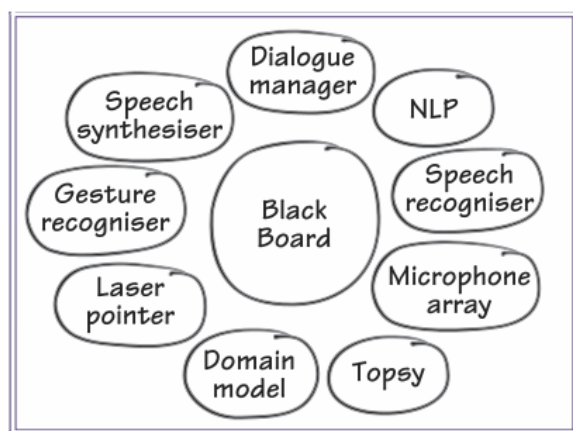


Figure 3. Architecture of CHAMELEON

它将认知过程描述成:

PROCESSING(6):

LASER:

- (1) wakes up when it detects registering of F-int
- (2) reads F-int and sees it's from DOMAIN-MODEL
- (3) produces F-out (pruning + registering)
- (4) places and registers F-out on blackboard

方法多种多样,还可以参考:参考 3^[3]、参考 4^[4]、参考 5^[5]、参考 6^[6]。

其中的一个用 Lisp(计算机历史上第二个高级语言)的方言 MacScheme 写成的游戏 HyperGami,是最早出现的和空间感知相关的游戏。

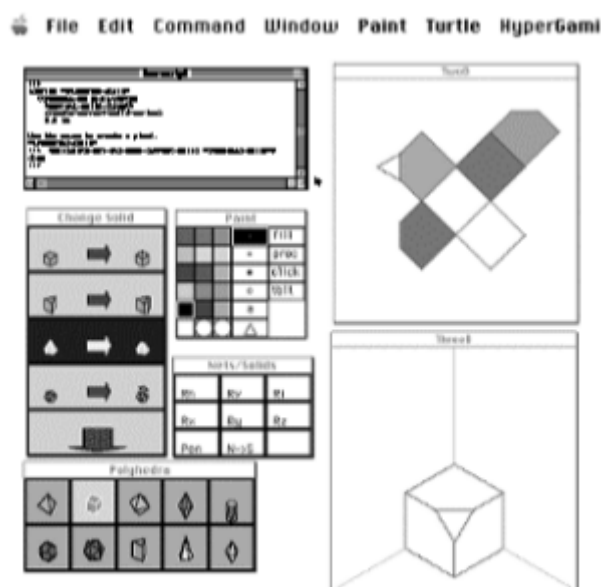


Figure 1. The HyperGami screen in the course of a sample project

上述的空间表达方式中很大一部分是基于语义的空间信息表达,就像用“P 271”表达一个点。又或者用

$a(R;S) \quad c = aRb \text{ and } bSc$

for example: North;NorthEast = {North or NorthEast}

meet;inside = {inside, covered, overlap}

来表达空间的包含叠置关系。这符合人的思维方式,也是计算机的思维方式(当然,计算机就是用人类的思维方式设计的),便于人类理解与计算机实现。

3. 语言与空间表达 (Language and Space)

这一部分讨论空间认知与表达时语言不精确带来的麻烦。

通常我们用介词来指示空间位置,如 "Put the book on the table". 但如果一个介词无法无歧义地传达含义时,我们就需要加上别的限定词,如这句 "Stack the book on the pile of books",为了明确表达空间指代,我们需要强调 "the pile of".

通常言,限定越多,空间表达就越具体,歧义越少,模糊性越低。但语言有它的极限,除了表达不当造成的歧义,其自身局限性也给空间指示带来了麻烦。举一个不相关的例子,自由软件,在中文里就没什么问题,但其英文:"free software",就会给人造成困惑,因为 free 在英文中既是自由,还有免费、不要钱的意思。所以自由软件运动核心人物 Richard Matthew Stallman 在提及自己的自由软件时总强调说那不是 "free beer" 的 "free",是 "free speech" 的 "free",是 "free as in freedom"。同样地,中文也有其局限性。

解决这个问题的方法是创造一种是符号化的歧义更少的语言来表达空间关系,引入充分的空间谓词,而不是用自然语言。

4. 记忆、意识和空间感 (Memory, Consciousness and Space)

这一部分通过心理学实验讨论了人脑的记忆、意识和空间感知。

论文 *Given-New Versus New-Given?: An analysis of reading times for spatial descriptions*^[7] 通过研究人类的空间描述相关文字的阅读习惯,用实验验证了 Johnson-Laird 在 1983 年的三个猜想^[8]:

1. 高耦合的空间理解起来更难
2. 人们通过逻辑推理和语言解释在心里重建空间模型;
3. 语言是人认知空间的重要工具。

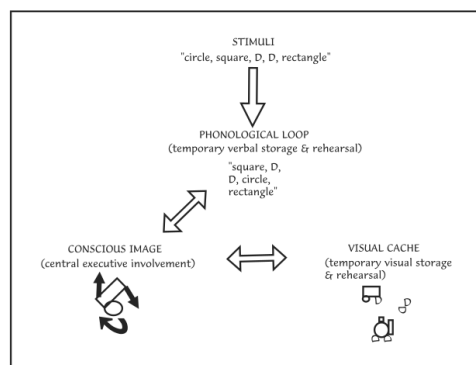


Figure 2. Diagram of relationship between phonological loop/visual cache components and conscious imagery during mental synthesis (from Pearson, Logie & Gilhooly, 1999)

三、总结

研究人类的空间认知原理可以启发计算机认知方式,对计算机智能化有着重要意义。揭示空间认知的奥秘,就有了打开崭新未来世界之门的钥匙。未来空间认知研究的主方向依旧还是对人脑认知机理的揭示,因为人脑就是人类最大的一笔财富。

参考文献:

- 【1】：Seán Ó Nualláin. Spatial Cognition – Foundations and applications[J]. Spatial Cognition: Foundations and applications , Selected papers from Mind III, Annual Conference of the Cognitive Science Society of Ireland, 1998.
- 【2】：Maurizio Tirassa, Antonella Carassa, Giuliano Geminiani. A Theoretical Framework for the Study of Spatial Cognition[J]. Spatial Cognition: Foundations and applications , Selected papers from Mind III, Annual Conference of the Cognitive Science Society of Ireland, 1998.
- 【3】：John Kelleher, Tom Doris, Qamir Hussain. SONAS: Multimodal, Multi-User Interaction with a Modelled Environment[J]. Spatial Cognition: Foundations and applications , Selected papers from Mind III, Annual Conference of the Cognitive Science Society of Ireland, 1998.
- 【4】：Mike Eisenberg, Ann Eisenberg. Designing Real-Time Software Advisors for 3D Spatial Operations[J]. Spatial Cognition: Foundations and applications , Selected papers from Mind III, Annual Conference of the Cognitive Science Society of Ireland, 1998.
- 【5】：Robert K. Lindsay. Using Spatial Semantics to Discover and Verify Diagrammatic Demonstrations of Geometric Propositions[J]. Spatial Cognition: Foundations and applications , Selected papers from Mind III, Annual Conference of the Cognitive Science Society of Ireland, 1998.
- 【6】：Andrew U. Frank, Martin Raub. Formal Specifications of Image Schemata for Interoperability in Geographic Information Systems[J]. Spatial Cognition: Foundations and applications , Selected papers from Mind III, Annual Conference of the Cognitive Science Society of Ireland, 1998.
- 【7】：Thom Baguley & Stephen J. Payne. Given-New Versus New-Given?: An analysis of reading times for spatial descriptions[J]. Spatial Cognition: Foundations and applications , Selected papers from Mind III, Annual Conference of the Cognitive Science Society of Ireland, 1998.
- 【8】：Byrne, R. M. J., Johnson-Laird, P. N.. Spatial reasoning. Journal of Memory and Language, 28, 564–575, 1989.