



中国科学院  
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

# 认知计算引论

何 清

[heqing@ict.ac.cn](mailto:heqing@ict.ac.cn)

中科院计算技术研究所



中国科学院计算技术研究所

Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences



# 内容提要

- 基本概念
- 发展历史
- 作用影响
- 前景展望

中国科学院

Chinese Academy of Sciences





中国科学院  
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

# 基本概念——何谓认知计算



中国科学院计算技术研究所

Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences



# 认知科学定义

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 认知科学(Cognitive Science)是研究心智和智能的科学，包括从感觉的输入到复杂问题求解，从人类个体到人类社会的智能活动，以及人类智能和机器智能的性质
- 它是现代心理学、人工智能、神经科学、语言学、人类学乃至自然哲学等学科交叉发展的结果
- 认知科学研究的目的就是要说明和解释人在完成认知活动时是如何进行信息加工的
- 认知科学研究人类感知、学习、记忆、思维、意识等人脑心智活动过程，是智能科学的重要组成部分





# 认知计算

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 认知计算（Cognitive Computing）源自模拟人脑的计算机系统的人工智能
- 该学科用于教计算机像人脑一样思考，而不只是开发一种人工系统
- 传统的计算技术是定量的，并着重于精度和序列等级，而认知计算则试图解决生物系统中的不精确、不确定和部分真实的问题，以实现不同程度的感知、记忆、学习、语言、思维和问题解决等过程







# 认知计算特征

- 第一，辅助（Assistance）功能
- 认知计算系统可以提供百科全书式的信息辅助和支撑能力，让人类利用广泛而深入的信息，轻松成为各个领域的“资深专家”



# 认知计算特征

- 第二，理解（Understanding）能力
- 认知计算系统应该具有卓越的观察力和理解能力，能够帮助人类在纷繁的数据中发现不同信息之间的内在联系



# 认知计算特征

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 第三，决策（Decision）能力
- 认知计算系统必须具备快速的决策能力，能够帮助人类定量地分析影响决策的方方面面的因素，从而保障决策的精准性。认知计算系统可以用来解决大数据的相关问题，比如通过对大量交通数据的分析，找出解决交通拥堵的办法







# 认知计算特征

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 第四，洞察与发现 (Discovery)
- 认知计算系统的真正价值在于，可以从大量数据和信息中归纳出人们所需要的内容和知识，让计算系统具备类似人脑的认知能力，从而帮助人类更快地发现新问题、新机遇以及新价值





# 发展历史

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 认知科学源于20世纪50年代
- 该名称于1956年的一次信息论的科学讨论会上出现
- 1960以后认知科学开始发展起来
- 1976年，《认知科学》期刊创刊
- 1979年认知科学协会成立，正式确立认知科学新学科





# 发展历史

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 2006年由IBM阿尔马登研究中心认知计算会议
- 2007年又在加州大学召开了认知计算会议





# 发展历史

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 近年来IBM公司成为认知计算的研究先锋
- 2011年，IBM开发的neurosynaptic（神经突触）计算机芯片为现代认知计算的研究拉开了帷幕
- 2012年，在美国犹他州盐湖城举行的“超级计算机大会”上，IBM发布了其关于认知计算的最新研究成果——《Compass：一个认知计算架构的可扩展的模拟器》，这种芯片技术是模拟一个人脑，并且完成人脑的各种功能





# 发展历史

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 2013年10月2日，IBM研究院宣布成立“认知计算研究联合会”
- IBM沃森（Watson）为代表的认知计算系统通过对大数据进行实时运算和分析，实现了自主学习并拥有了类似人脑的能力
- 它在自然语言内容里搜寻关键知识，提供有效信息
- 已经成功应用于医疗、金融和客户服务等领域







# 发展历史

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- IBM近日又宣布将与卡内基梅隆大学、麻省理工学院、纽约大学和伦斯勒理工学院四所大学合作
- 制造一种类似人类大脑的计算机，将能够处理自然语言和非结构化数据，像人类一样通过经验进行学习





# 发展历史

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 我国对认知科学及认知计算的研究尚处于起步阶段
- 多数研究是对国外相关研究的介绍和总结
- 国内涉及该领域的研究人员多数是哲学、心理学领域和信息技术领域
- 许多研究虽然涉及认知计算技术，但多数将其纳入人工智能的研究，很少使用认知计算这一概念





# 发展历史

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 2013年10月11日，在北京举办以“从大数据到认知计算”为主题的认知计算研讨会
- 达成“我们已经进入了认知计算（Cognitive Computing）的新时代”的共识





# 发展历史

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 2013年11月13日在MDCC 2013移动开发者大会上中国工程院院士李德毅发表了题为《大数据时代的认知计算》的演讲，充分体现了当前我国学者对认知计算技术方面研究的高度重视





# 国外重大计划

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 2002年，美国国家科学基金会 (NSF) 和美国商务部 (DOC) 共同资助认知科学，最优先发展领域
- 2003年美国国防高级研究计划署信息处理技术中心开始资助的认知计算项目的重点也是研制一种能够对环境、目标和自身能力进行思考，具有学习能力，能与使用者互动并解释其推理，以及应对突发事件能力的认知计算机系统







# 国家重大计划

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 2008年国家自然科学基金委员会发布了“视听觉信息的认知计算”重大研究计划
- 包括多模态信息协同计算、自然语言(汉语)理解、脑-机接口、驾驶行为的认知机理和无人驾驶车辆集成验证平台等领域
- 该重大计划的实施将有力地推动我国认知计算领域相关研究的发展
- 在视听觉信息计算以及与视听觉认知相关的脑-机接口等关键技术方面取得重大突破





# 国家重大计划

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- (1) 基于视听觉认知机理的无人驾驶车辆与行驶环境理解
- 针对无人驾驶车辆行驶需求，研究生物视听觉信息处理不同阶段的认知机理和计算模型：包括视听觉信息早期处理（视听觉信息预处理与增强）、中期处理（降维、特征选择与提取）和后期处理（分类、识别与理解）等不同阶段的认知机理与可计算模型





# 认知计算的重大研究计划

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 1) 基于视听觉认知机理的无人驾驶车辆  
该集成项目体现在本重大研究计划资助下所研发的智能车关键技术与器件（如控制器、激光雷达、传感器和芯片技术等），研制无人驾驶车辆平台，实现复杂交通环境下高性能长距离自主行驶。
- 2) 基于生物视觉机理的交通环境理解与目标检测研究  
基于生物视觉机理及其视觉皮层信息处理机制的交通环境理解新模型和高效视觉信息处理方法。





# 认知计算的重大研究计划

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- (2) 先进脑机接口与脑认知图像重建
  - 1) 先进脑机接口借鉴认知科学的已有研究成果，重点研究人脑行为意图信息可靠、快速获取、处理、分析和应用的新方法与新技术
  - 2) 脑认知图像三维重建重点研究人在一种或多种脑神经影像设备下的视觉场景激励方法、脑神经影像的表征与时空关联关系以及视觉场景激励与脑认知影像之间的数学映射模型，给出动态脑认知影像的三维重建模型和方法，探索理解与重现脑认知过程







# 认知科学的发展阶段-计算理论

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 20世纪40年代到50年代末——计算理论阶段
- 代表人物
  - 丘奇 (Church)
  - 图灵
  - 冯·诺伊曼







# 认知科学的发展阶段-计算理论

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 美国数学家丘奇最早在他的《初等数论中的一个不可解问题》中，提出了人类的认知和其它任何具有输入输出关系的函数一样，都是可定义可计算的
- 图灵在其著名的“图灵机”和“图灵测试”中，认为认知和智力的任何一种状态都是图灵机的某一种状态，认知和智力的任何活动都是图灵机定义的可以表达的、可以一步一步地机械实现的“计算”





# 认知科学的发展阶段-计算理论

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 诺伊曼在“冯·体系结构计算机”中
- 将人类的大脑思维模拟为中央处理器对一系列指令序列的处理
- 将人类记忆的认知信息和学习技能模拟为存储器中存储的数据和程序
- 将接受信息和改造世界模拟为输入 / 输出
- 将认知统一在“计算机”这一认知模拟器中
- 其中心思想仍然是中央处理器对指令的计算





# 认知科学的发展阶段-符号处理理论

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 从20世纪50年代末到80年代初期
- “认知是对符号的计算机处理”的理论
- 认知是个信息处理系统，并将描述认知的基本单元定义为“符号”
- 不同的认知活动都可以模拟为一个计算机程序
- 因此，人类的认知就是计算机程序对符号的一系列处理，包括输入符号、输出符号、存储符号、复制符号、建立符号结构及条件性转移，从而实现智能





# 认知科学的发展阶段-符号处理理论

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 艾伦·纽维尔和赫伯特·西蒙是这个阶段认知科学研究的杰出代表
- 他们将任何可被人类感觉器官感知、智能系统分辨、认知功能实现的有意义的认知模式，如图像、声音、文字、语言、意识等，都编码为物理符号
- 而将人类的某个认知活动模拟为一个计算机程序







# 认知科学的发展阶段-符号处理理论

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 艾伦·纽维尔和赫伯特·西蒙合作开发了最早的模拟人类认知的启发式程序“逻辑理论家(Logic Theorist)”，并在著名的“达特茅斯会议”上发布，引起认知科学研究领域的极大轰动
- 他们进一步研究人类认知中求解难题的共同思维规律，开发出能够求解11种难题的著名计算机程序“通用问题求解器(General Problems Solver)”，从而将符号处理阶段的认知科学的研究发展到了一个顶峰







# 认知科学的发展阶段-多理论交叉

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 20世纪70年代到今天
- 人工神经网络理论
- 模块理论
- 环境作用理论
- ..... .





# 认知科学的发展阶段-多理论交叉

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- “人工神经网络理论” 又称“联结主义理论”，该理论把人类的认知模拟为多个人工神经元所组成的神经网络来处理信息，是一种信息处理系统，信息是交互作用的人工神经元的激活模式，信息并不存在于特定的神经元中，而是存在于神经网络的联结中或权重里，通过调整权重就可以改变网络的联结关系并进而改变网络的功能





# 认知科学的发展阶段-多理论交叉

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- “模块理论”由福德(Forder)首次提出，受计算机硬件和软件中的模块化思想影响，福德认为人类认知的主体大脑，在结构及功能上实际都可以划分为若干个高度专业化并相对独立的认知模块，这些模块的结合及相互作用实现了人类的认知功能。
- 因此，认知科学研究的重点应该是大脑功能模块的划分及相互作用机制的研究





# 认知科学的发展阶段-多理论交叉

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- “环境作用理论”认为，认知科学的研究不应该仅仅局限在表达 (Representation) 和推理 (Reasoning) 等认知方法和理论的研究中，还应该从系统的角度来研究，尤其注重认知体所在的环境及现场对认知的影响
- 人类的认知不只是认知个体大脑的思维活动，还取决于环境，发生在个体与环境的交互作用之中。





# 认知科学的发展阶段-多理论交叉

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- “环境作用理论”研究的代表人物是MIT的Brooks教授
- 他的《没有表达的智能》、《没有推理的智能》等一系列的论文，强调了认知体与环境交互作用对认知的重大影响，并以研究成果“人造昆虫”将这一理论推到了高峰







# 认知科学的学科结构

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

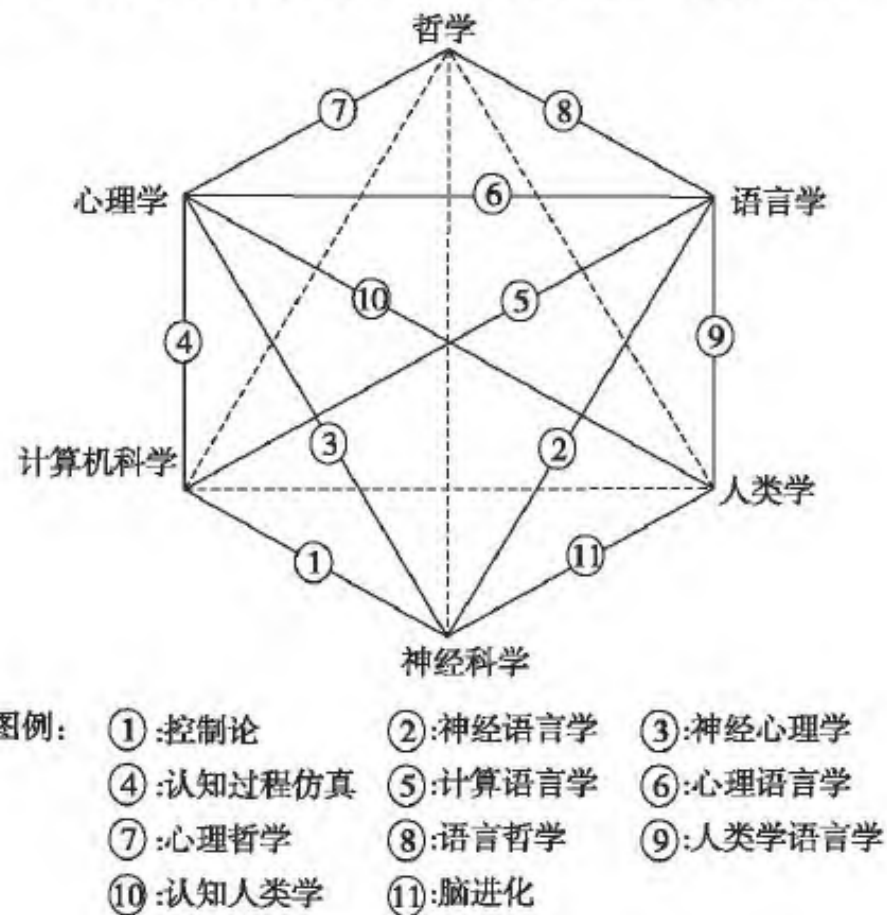


Figure 2 Subject structure of cognitive science

图 2 认知科学的学科结构图



# 认知模型的相关研究

- 符号主义认知模型
- 联结主义认知模型
- 脑逻辑认知模型
- 认知模型的最新研究

中国科学院

Chinese Academy of Sciences





# 符号主义认知模型

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 认知对象是符号
- 符号主义认知模型主要思想是把认知当成对理性符号的处理，借助于不同的产生式规则，对符号进行替换运算。产生式规则被描述成“条件——动作”形式，它模仿了人类在推理和解决问题对应不同条件执行的相应动作





# 符号主义认知模型

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 符号主义认知模型的主要代表是Newell A提出的状态算子和结果模型SOAR (State Operator And Result)
- SOAR是围绕着算子的选择和应用功能来组织产生式规则，其高层结构由控制策略、成果记忆区和工作记忆区组成。基于上述思想的SOAR实现了短时记忆的功能，并且很好地使概念、事实、规则有机结合在一起







# 符号主义认知模型

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- Anderson J K提出的思维适应性控制模型 ACT (Adaptive Control of Thought)
- ACT模拟人类高级认知过程的产生式规则，产生式规则系统由三个记忆部分组成：工作记忆、陈述性记忆和产生式记忆。产生式规则既可以由工作记忆根据现场情况临时产生，也可以是陈述性记忆存储的以往的产生式规则，还可以是产生式记忆中推理出的新的产生式规则
- ACT实现了长期记忆的功能







# 联结主义认知模型

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 联结主义认知模型是一个巨大的信息节点交互网络，各节点与其他每个节点之间相互联结、相互影响，它的认知对象是在这个网络中传递的信息
- 联结主义认知模型模拟了人类的思维过程，具有自学习和自适应的能力





# 联结主义认知模型

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 联结主义的典型代表是McClelland等人创立的并行分配过程模型PDP (Parallel Distributed Processing)，又称人工神经网络
- PDP模拟了人类的神经网络，其特色在于信息的分布式存储和并行协同处理。虽然单个节点的结构极其简单，功能有限，但大量节点构成的网络系统所能实现的功能却很强大...





# 脑逻辑认知模型

- 脑逻辑认知模型是模拟大脑的认知机制而非生理解剖结构建立起来的认知模型
- 该模型包括思维引擎、记忆体和感知及动作缓存机制，力图研究记忆的意识对认知行为的影响

中国科学院

Chinese Academy of Sciences



中国科学院计算技术研究所  
Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences



# 脑逻辑认知模型

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- Calgary大学的Wang Ying—XU教授详细阐述了脑逻辑认知模型对人类认知的模拟、脑逻辑认知模型中如何实现认知中数据、信息、知识和行为问的关联。脑逻辑认知模型为计算机模拟自然智能行为和认知方法建立了基础 “
- 国内学者提出的基于粒计算的认知模型和机制主义模型同样属于脑逻辑认知模型





中国科学院  
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

# 认知计算的未来展望



中国科学院计算技术研究所

Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences





# 认知计算的未来展望

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 在下一个计算时代，计算系统将具备学习、适应和感知的能力
- 这将从根本上改善人们的生活、工作和人际交往的方式，这就是认知计算时代
- 计算机将成为人类能力的扩展和延伸
- 认知计算意味着更高效的信息处理能力、更加自然的人机交互能力、以数据为中心的体系设计，以及类似人脑的自主学习能力，这为人类应对大数据挑战开启了新方向





# 认知计算的未来展望

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 认知计算系统所具备的四个层次的特性——辅助、理解、决策、发现，将是人类面对大数据时代的挑战
- 辅助能力
  - 做出智慧决策的保障
  - 百科全书式的信息辅助和支撑
  - 人类轻松成为各个领域的“资深专家”





# 认知计算的未来展望

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 非凡的观察和理解能力，帮助人类在纷繁信息中发现其内在的关联和涌现的趋势
- 快速决策能力，帮助人类定量地分析影响决策的方方面面，降低失误，保障决策的精准性
- 发现及洞察能力，将实现从“演绎”到“归纳”的突破，真正让机器具备类似人脑的“认知”能力，帮助人类发现当今计算技术无法发现的新洞察，新机遇及新价值





# 认知计算的未来展望

- 目前作为认知计算系统的先锋，IBM的沃森系统已经应用于医疗、金融和客户服务等领域，以其更加智能、精准的大数据分析能力，降低误诊、拯救生命和提升客户体验



# 认知计算的未来展望

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 未来，认知计算在人类生活的各个方面都将带来根本性的改变
- 在实时金融风险控制领域，认知计算技术可以让人们实现秒级的风险检测与防范
- 在教育领域，认知计算通过实时分析技术，为学习者制定个性化的教育计划并及时评估学习效果，以此优化教育方案，提高教育质量和效率







# 结束语

中国科学院

Chinese Academy of Sciences

- 认知计算是一个能够给人类生活带来不可思议变化的智能技术
- 认知计算是一个贯穿整个计算机软硬件的整体创新，它的实现需要来自各个领域科学家的共同努力，需要一个漫长而艰苦的研究过程
- 但是认知计算技术的发展，必将是未来科技发展的趋势





## 参考文献

- 1.Thagard P Theory and experiment in cognitive science 2007(18)
- 2.Shepard R N The step to rationality:The efficacy of thought experiments in science,ethics,and free will 2008(01)
- 3.Boudewijnse G A;Braddon-Mitchell D;Jackson F Philosophy of mind and cognition,an introduction.Victoria (Australia):Blackwell 2008(03)



## 参考文献

- 4. Stenning K; Oberlander J A cognitive theory of graphical and linguistic reasoning: Logic and implementation 1995(01)
- 5. Chater N; Brown G D A From universal laws of cognition to specific cognitive models 2008(01)



- 6. Fei Xu; Griffiths T L Probabilistic models of cognitive development: Towards a rational constructivist approach to the study of learning and development 2011(03)



## 参考文献

- 7.W(o)llmer M;Eyben F;Graves A Bidirectional LSTM networks for context sensitive keyword detection in a cognitive virtual agent framework 2010(03)
- 8.Feng Kang;Yao Nan-sheng Cognitive model based on single unit event 2012(01)
- 9.Simon H A Cognitive science:The newest science of the artificial 1980(01)





## 参考文献

- 10. Johnson-Laird P N Mental models in cognitive science 1980(01)
- 11. Wells A J Turing's analysis of computation and theories of cognitive architecture 1998(03)
- 12. Fehling M R Unified theories of cognition: Modeling cognitive competence 1993(1-2)



## 参考文献

- 13.Arzi Gonczarowski Z;Lehmann D  
From environments to representations-a  
mathematical theory of artificial  
perceptions 1998(02)
- 14.Pylyshyn Z On computation and  
cognition:Toward a foundation of  
cognitive science:A response to the  
reviews by A K Mackworth and M J  
Stefik 1989(02)



## 参考文献

- 15.Cooper R;Fox J;Farrington J A systematic methodology for cognitive modeling 1996(1-2)
- 16.Hernández-Orallo J;Dowe D L Measuring universal intelligence:Towards an anytime intelligence test 2010(18)
- 17.Neokleous K C;Avraamides M N;Neocleous C K Selective attention and consciousness:Investigating their relation through computer



## 参考文献

- 18.Laird J E;Newell A;Rosenbloom P S  
Soar:An architecture for general intelligence 1987(01)
- 19.Anderson J R;Bothell D;Byrne M D  
An integrated theory of the mind  
2004(04)
- 20.Bowers J S On the biological plausibility of grandmother cells:Implications for neural network theories in psychology and neuroscience  
2009(01)



## 参考文献

- 21.Wang Ying-xu;Wang Ying Cognitive informatics models of the brain 2006(02)
- 22.Schockaert S;Prade H Solving conflicts in information merging by a flexible interpretation of atomic propositions 2011(11)
- 23.Chepenik L G;Wang Fei;Spencer L Structure-function associations in hippocampus in bipolar disorder 2012(01)





## 参考文献

- 24. Geranmayeh F; Brownsett S L E; Leech R The contribution of the inferior parietal cortex to spoken language production 2012(01)
- 25. Freeman W J; Ahlfors S P; Menon V Combining fMRI with EEG and MEG in order to relate patterns of brain activity to cognition 2009(01)
- 26. Piantadosi S T; Tily H; Gibson E The communicative function of ambiguity in language 2012(03)<sup>59</sup>



## 参考文献

- 27.Bittrich K;Schulze K;Koelsch S  
Electrophysiological correlates of verbal  
and tonal working memory 2012(13)
- 28.Krawczyk D C;McClelland M  
M;Donovan C M An fMRI investigation of  
cognitive stages in reasoning by analogy  
2010(25)
- 29.M(o)ller R;Schenck W Bootstrapping  
cognition from behavior-a computerized  
thought experiment 2008(03)



## 参考文献

- 30. Baddeley A The episodic buffer: A new component of working memory 2000(11)
- 31. Newport E L; Hauser M D; Spaepen G Learning at a distance II Statistical learning of non-adjacent dependencies in a non-human primate 2004(02)
- 32. Feist M I Space between languages 2008(07)



## 参考文献

- 33.Espinilla M;Liu Jun;Martínez L An extended hierarchical linguistic model for decision-making problems 2011(03)
- 34.Ye Ning;Sun Yu ge;Wang Xu Recognition based on common spatial patterns and ANN for brain computer interface signal 2010(01)
- 35.Angelika L;Benno G;Alfonso C Asymmetric fMRI adaptation reveals no evidence for mirror neurons in humans 2009(24)



## 参考文献

- 36.Zhi Lian-he;Li Yu-xiao;Zhao Shu-jun  
Feature extraction of fMRI data based  
on discrete wavelet transform 2010(06)
- 37.Anderson J R;Carter C S;Fincham J  
M Using fMRI to test models of complex  
cognition 2008(08)
- 38.Davis D N Cognitive architectures for  
affect and motivation 2010(03)





## 参考文献

- 39. van Atteveldt N; Roebroek A; Goebel R Interaction of speech and script in human auditory cortex: Insights from neuro imaging and effective connectivity 2009(1 2)
- 40. Furdea A; Halder S; Krusienski D J An auditory oddball (P300) spelling system for brain computer interfaces 2009(03)



## 参考文献

- 41. Ulrich A;Markus K;Shah K Testing the theory of embodied cognition with subliminal words 2010(03)
- 42. Li Xiao-yong;Gui Xiao-lin Cognitive model of dynamic trust forecasting 2010(01)
- 43. Luo Xiang-yu;Su Kai-le;Gu Ming A model checking approach for solving epistemic riddles 2010(03)



## 参考文献

- 44. Cai Lin-qin; Mei Tao; Sun Yi-ning  
Research on behavior and cognition models of virtual human for decision training 2008(02)
- 45. 冯康; 姚南生  
基于一元事件的认知模型 2012(01)
- 46. 叶柠; 孙宇舸; 王旭  
基于共空间模式和神经元网络的脑机接口信号的识别 2010(01)



## 参考文献

- 47. 支联合;李玉晓;赵书俊基于离散小波变换的fMRI数据特征提取 2010(06)
- 48. 李小勇;桂小林动态信任预测的认知模型 2010(01)
- 49. 骆翔宇;苏开乐;顾明一种求解认知难题的模型检测方法 2010(03)
- 50. 蔡林沁;梅涛;孙怡宁用于决策训练的虚拟人行为认知模型研究 2008(02)



## 参考文献

- 51. 冯康 认知科学的发展及研究方向, 计算机工程与科学, 第36卷第5期2014年5月
- 52. 董超、毕晓君. 认知计算的发展综述, 电子世界, 2014 (5)