

国家自然科学基金委员会信息科学部  
AI战略研讨会, 2005.06, 北京

---



# 机器学习的研究

周志华

Email: [zhouzh@nju.edu.cn](mailto:zhouzh@nju.edu.cn)

南京大学计算机软件新技术国家重点实验室

根据邀请函的要求，主要汇报以下方面的内容：

1. 机器学习简介
2. 重要性(科学技术、社会发展等对该学科的需求)
3. 国际动向(主要谈美国的一些情况)
4. 发展趋势展望
5. 几个重要问题
6. 国内研究情况
7. 建议措施



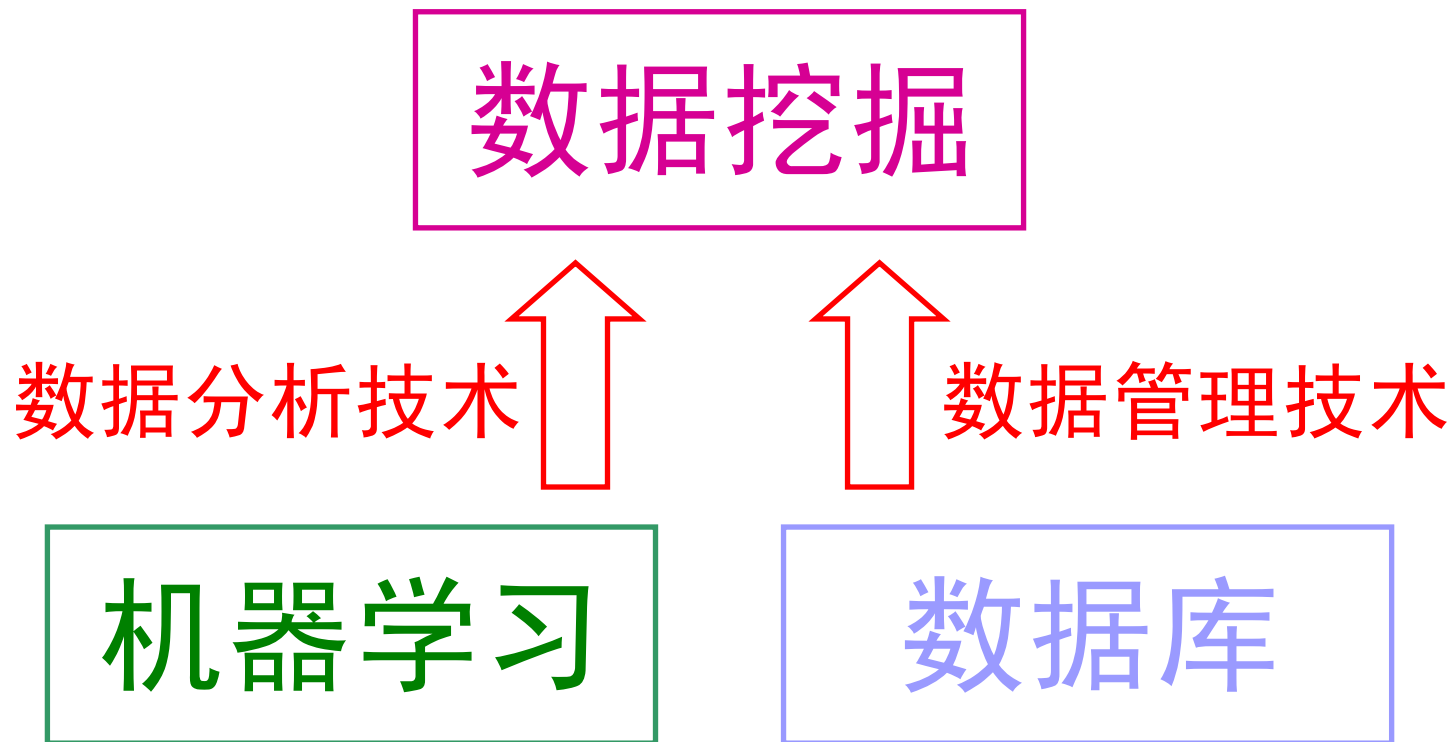
机器学习是人工智能的核心研究领域之一

任何一个没有学习能力的系统都很难被认为是一个真正的智能系统

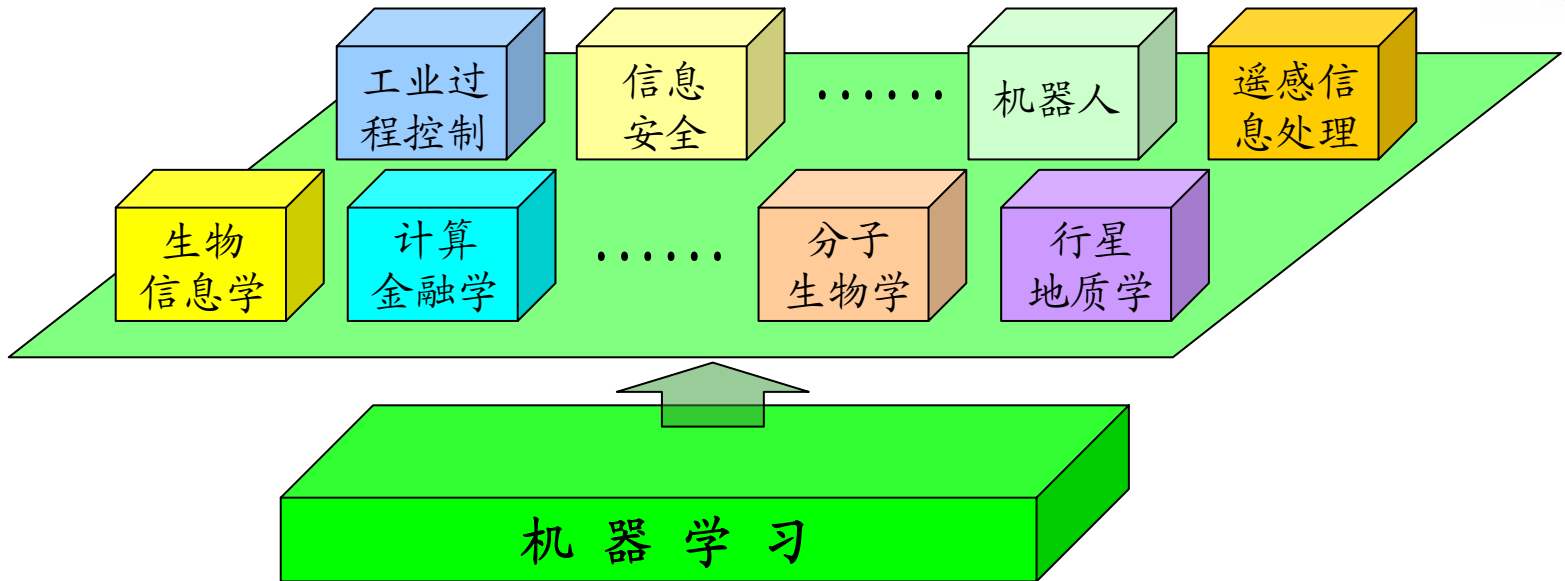
经典定义：利用经验改善系统自身的性能

随着该领域的发展，主要做**智能数据分析**，并已成为智能数据分析技术的源泉之一（值得注意的是，主流已经不再是做“会学习的机器（人）”）

典型任务：预测



# 机器学习的重要性



美国航空航天局JPL实验室的科学家在《Science》（2001年9月）上撰文指出：机器学习对科学研究的整个过程正起到越来越大的支持作用，……，该领域在今后的若干年内将取得稳定而快速的发展

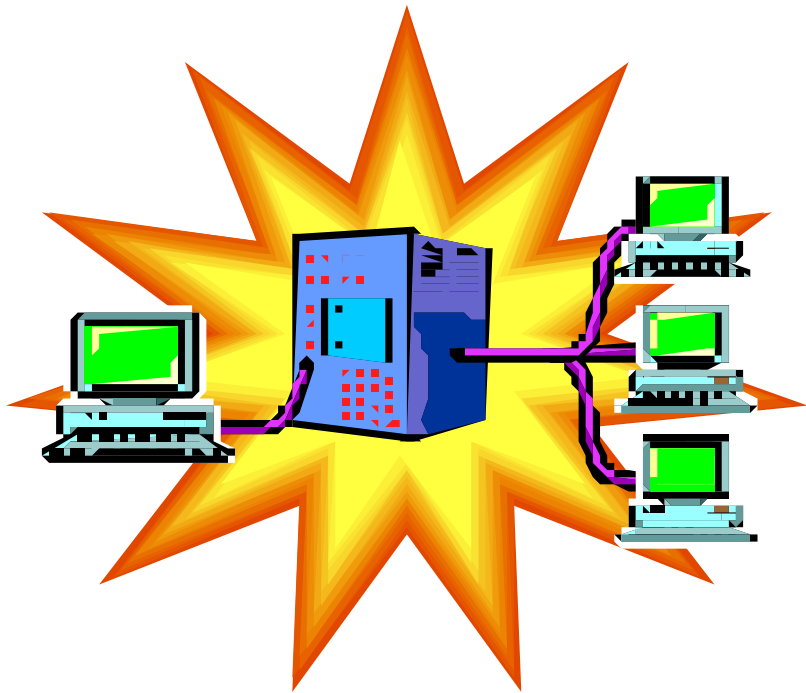
# 机器学习的重要性



美国航空航天局JPL实验室的科学家在《Science》（2001年9月）上撰文指出：机器学习对科学研究的整个过程正起到越来越大的支持作用，……，该领域在今后的若干年内将取得稳定而快速的发展

## 入侵检测:

是否是入侵? 是何种入侵?



## 如何检测?

- **历史数据:** 以往的正常访问模式及其表现、以往的入侵模式及其表现.....

- **对当前访问模式分类**

这是一个典型的机器学习问题

常用技术:

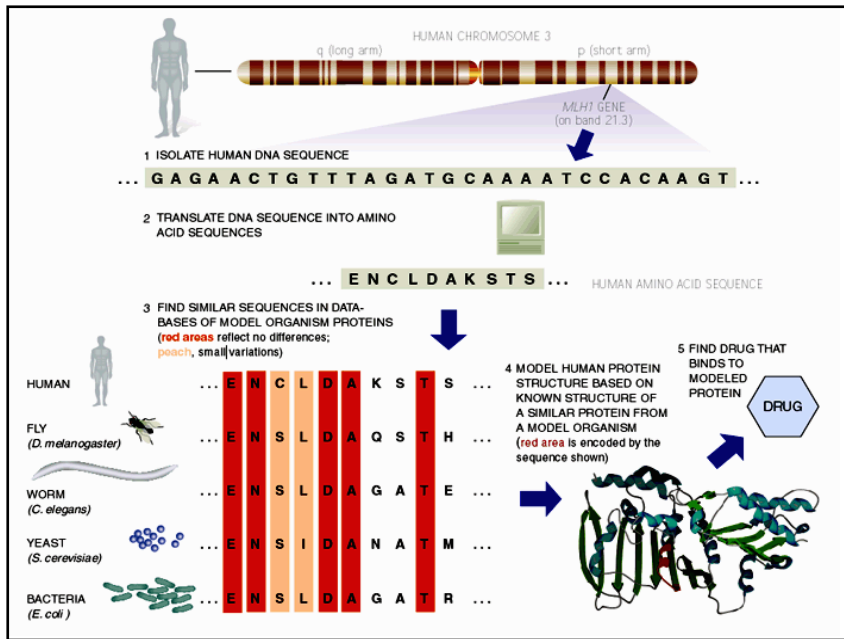
神经网络      决策树

支持向量机    贝叶斯分类器

k近邻    序列分析    聚类

.....

# 机器学习的重要性 例子2: 生物信息学



常用技术:

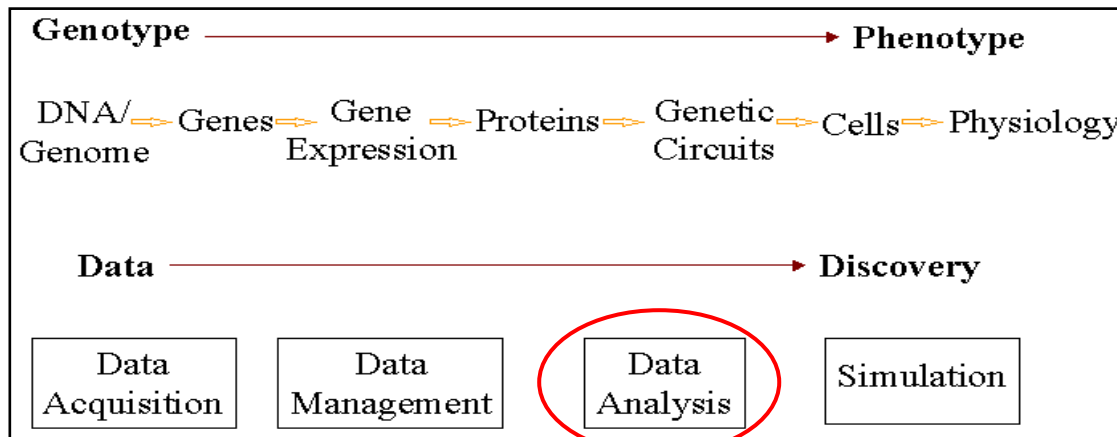
神经网络 支持向量机

隐马尔可夫模型

贝叶斯分类器 k近邻

决策树 序列分析 聚类

.....





# 机器学习的重要性 例子3: 搜索引擎



Google的成功，使得Internet搜索引擎成为一个新兴的产业

不仅有众多专营搜索引擎的公司出现（例如专门针对中文搜索的就有慧聪、百度等），而且Microsoft等巨头也开始投入巨资进行研发

Google掘到的第一桶金，来源于其创始人Larry Page和Sergey Brin提出的PageRank算法

机器学习技术正在支撑着各类搜索引擎（尤其是贝叶斯学习技术）



DARPA 2003年开始启动PAL计划

(Perceptive Assistant that Learns)

5年期，首期（1-1.5年）投资2千9百万美元

这是一个以机器学习为核心的计划（涉及到AI的其他分支，如知识表示和推理、自然语言处理等）；包含2个子计划

目标：

“is expected to yield new technology of significant value to the military, business, and academic sectors”

“develop software that will help decision-makers manage their complex worlds of multiple simultaneous tasks and unexpected events”



## RADAR

(Reflective Agents with Distributed Adaptive Reasoning)

承担单位为CMU，首期7百万美元

目标：“the system will help busy managers to cope with time-consuming tasks”

“RADAR must learn by interacting with its human master and by accepting explicit advice and instruction”

# 国际动向 美国的PAL计划—CALO子计划(1)

---



CALO (Cognitive Agent that Learns and Observes)

承担单位为SRI，首期2千2百万美元

除SRI外，这个子计划的参加单位有20家：

Boeing, CMU, Dejima Inc., Fetch Tech Inc., GATech,  
MIT, Oregon HSU, Stanford, SUNY-Stony Brook, UC  
Berkeley, UMass, UMich, UPenn, Rochester, USC,  
UT Austin, UW, Yale, ...

CALO无疑是PAL中更核心的部分

# 国际动向 美国的PAL计划—CALO子计划(2)



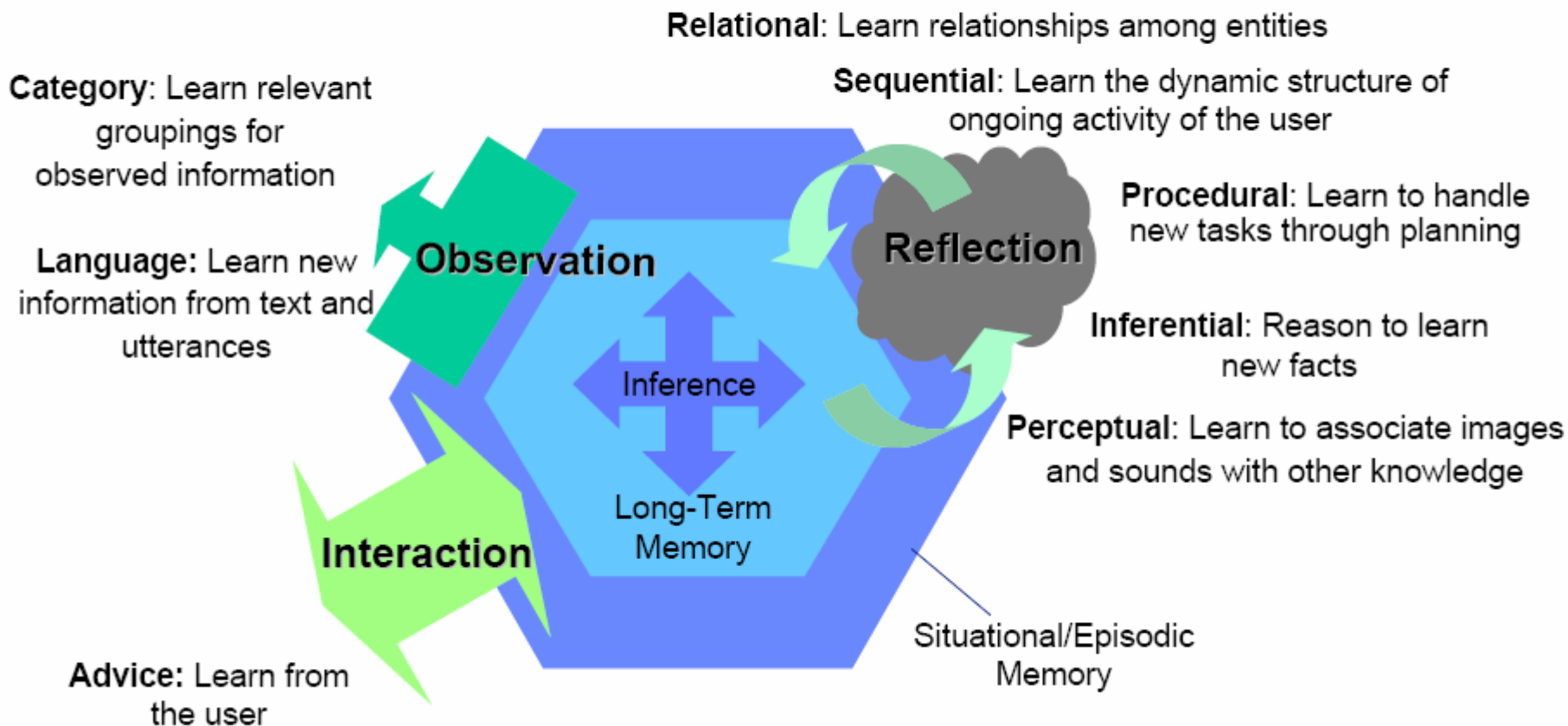
目标: “the name CALO was inspired by the Latin word ‘calonis’, which means ‘soldier’s assistant’”

“the CALO software, which will learn by working with and being advised by its users, will handle a broad range of interrelated decision-making tasks ... It will have the capability to engage in and carry out routine tasks, and to assist when the unexpected happens”



从CALO的目标来看，DARPA已经开始把机器学习技术的重要性放到了国家安全的角度来考虑

## CALO Learning





下述事件（大致）标志着机器学习正式成为一个学科

- 1983年，R.S. Michalski等人撰写  
《机器学习：通往人工智能的途径》一书
- 1986年，Machine Learning杂志创刊



## 主要范式的发展:

- 80年代中叶以前: 符号主义, 代表: ILP

受到传统人工智能研究的深刻影响, 以逻辑推理为基础

- 80年代中叶至90年代初: 连接主义, 代表: NN

对传统人工智能的批评: “看上去漂亮, 但解决不了实际问题”

对上述批评, AI的不同分支学科实际上都做出了自己的回应, ML的回应是连接主义受到重视

NN并不漂亮 (至少在理论体系上远远没有ILP那么漂亮), 但解决了不少实际问题





- 90年代中叶至今：统计学习，代表：SVM

NN虽然解决了不少问题，但解决问题时的“试错性”引来了“trick”的批评

作为回应，统计学习开始占据支配地位。虽然SVM仍然有“试错性”，但毕竟在理论上比NN漂亮得多（实际上，统计学习与连接主义一脉相承）

- 今后：？

.....

从主要范式的发展可以看出，ML实际上是一个应用驱动的学科，其根本的驱动力是“更多、更好地解决实际问题”

由于近20年的飞速发展，机器学习已经具备了一定的解决实际问题的能力，似乎逐渐开始成为一种基础性、透明化的“支持技术、服务技术”

**基础性：**在众多的学科领域都得以应用（“无所不在”）

**透明化：**用户看不见机器学习，看见的是防火墙、生物信息、搜索引擎；（“无所不在”）

“机器更好用了”(正如CALO的一些描述：“you won't leave home without it”；“embodied as a software environment that transcends workstations, PDA's, cell phones, ...”)



把机器学习真正当成一种支持技术、服务技术，  
考虑不同学科领域对机器学习的需求，找出其中  
具有共性的、必须解决的问题，并进而着手研究

一方面可以促进和丰富ML本身的发展，另一方面可以促进使用ML技术的学科领域本身的发展

作为“应用基础”，与“ML应用”有根本的区别：

- 基础性：不是直接做应用，而是做“更广泛的应用”或“更成功的应用”所需要的方法和技术
- 广泛性：重点不是去解决单一应用所面临的问题，而是要解决众多应用领域所面临的共性问题

# 重要问题 (1)

---



机器学习中长期存在、可能永远无法得到最终解决、但又非常重要的几个问题：

## 1. 提高泛化能力

更“准”

## 2. 提高学习速度

更“快”

## 3. 提高可理解性

更“明白”

# 重要问题 (2)

---



机器学习在走向实用过程中出现的、非常重要的问题：

## 1. 高维数据的处理

成百上千甚至上万个属性

## 2. 类别不平衡、代价敏感数据的处理

不同类别的样本往往分布悬殊、并且有显著不同的代价

## 3. 未标记数据的利用

少量的有标记数据、大量的未标记数据

# 重要问题 (3)

---



与人工智能其他领域关系非常密切的、非常重要的问题：

## 1. 有结构数据的学习

“结构”中蕴藏了重要的信息

## 2. 领域知识的利用

通用的“最优学习器”只能是一个幻想；既然面临特定领域，就有很好的领域知识可以利用

国内有很多高校和研究机构有相关研究，  
例如：

- 清华大学张钹院士/安徽大学张铃教授研究组：神经网络学习（几何覆盖算法、商空间等）
- 北京大学何新贵院士研究组：神经网络学习（过程神经网络等）
- 总参李德毅院士研究组：概率模型（云模型等）
- 中科院自动化所王珏教授研究组：符号学习（规则+例外等）
- ... ..

# 国内研究情况 具体指标



邀请函列出了以下内容，但由于对其他研究组的具体指标不了解，只能介绍本人所在的南京大学研究组的有关情况：

- **科技投入情况**：依赖于自然科学基金的支持（杰出、面上、青年）
- **成果产出情况**：论文、专利、人才
- **研究人才状况**：教师3人、博士后1人、学生若干
- **研究活动情况**：比较活跃
- **文章与专利的数量、质量**：近5年来国际刊物/会议论文约60余篇，重要国际刊物（IEEE Trans或相当）10余篇，权威国际刊物AIJ、TKDE、权威国际会议IJCAI、ECML均有论文发表；专利已获授权2项，另已受理若干
- **在国际上的地位与影响**：据不完全统计，近5年论文被国际同行他引120余次（其中SCI他引60余次）（包括一些著名研究机构\著名学者\权威刊物）；2002年发表的1篇论文被ISI列为2000-2004期间被引用最多的“top 1%论文”；一些工作得到国际同行（包括一些著名学者）的高度评价；本人应邀担任6家国际刊物的副编辑/编委/客座编辑，20余国际会议顾问委员/程序委员，一些境外基金机构特邀评审，20余国际刊物（包括8种IEEE Trans）的审稿专家等



# 国内研究情况 与国际差距

---



通过近年来的努力，国内机器学习界已经做出了一些比较好的工作，在国际上也逐渐开始产生影响；但与领先国家相比，差距还非常大

几个表现：

在权威刊物、会议发表论文 少见

权威刊物编委、权威会议程序委员 罕见



## 一些比较公认的相关权威刊物和会议（仅供参考）

### 相关权威刊物（字母序）：

- **AIJ** (Artificial Intelligence)
- **JAIR** (Journal of Artificial Intelligence in Medicine)
- **JMLR** (Journal of Machine Learning Research)
- **MLJ** (Machine Learning)
- **NCJ** (Neural Computation)
- **TKDE** (IEEE Trans Knowledge and Data Engineering)
- **TOIS** (ACM Trans Information Systems)
- **TPAMI** (IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence)

### 相关权威会议（字母序）：

- **AAAI** (National Conf. AI)
- **COLT** (ACM Ann. Conf. Learning Theory)
- **ECML** (Euro. Conf. Machine Learning)
- **ICML** (Intl. Conf. Machine Learning)
- **IJCAI** (Intl. J. Conf. AI)
- **NIPS** (Ann. Conf. Neural Information Processing Systems)
- **SIGKDD** (ACM Intl. Conf. Knowledge Discovery and Data Mining)
- **UAI** (Intl. Conf. Uncertainty in AI)



# 建议措施(1)

---

- 加大投入

- 项目数量、额度
- 减少设备经费比重、提高人力和交流经费比重

- 引导和促进交流

- 国内交流:

- 1) 鼓励和引导国内优秀研究组之间的相互访问;
- 2) 鼓励和引导国内优秀研究组之间的合作

- 国际交流:

- 1) 鼓励和支持参加权威国际会议;
- 2) 鼓励和支持国内学者访问境外高水平研究组;
- 3) 鼓励和支持境外学者对国内研究组1-3个月的访问  
与2)相比, 3)这样的访问更有助于提高研究组乃至国内其他相关研究组的水平

# 建议措施(3)

---



- 评估机制

- 逐渐与国际接轨:

- 1) 重视权威会议;
- 2) 无论刊物还是会议, 重档次、轻数量
- 3) 重视国际引用和评价

- 促进提升国际影响:

- 1) 鼓励和支持国内学者担任国际刊物编委、国际会议程序委员等;
- 2) 鼓励和支持国内学者在境外演讲介绍国内研究组的工作



---

请各位专家  
批评指正!