

机器学习的发展现状及其相关研究

摘要：阐述了机器学习的概念及其研究现状，讨论了其中的关键技术、难点及应用与发展前景，并对机器学习研究中的有关问题提出一些看法。

关键词：人工智能；机器学习；泛化

1 机器学习的发展现状

机器学习 (machine learning) 是继专家系统之后人工智能应用的又一重要研究领域，也是人工智能和神经计算的核心研究课题之一。机器学习是人工智能领域中较为年轻的分支，其发展过程可分为 4 个时期：1)20 世纪 50 年代中期到 60 年代中期，属于热烈时期；2)60 年代中期至 70 年代中期，被称为机器学习的冷静时期；3)70 年代中期至 80 年代中期，称为复兴时期；4)1986 年开始是机器学习的最新阶段。这个时期的机器学习具有如下特点：机器学习已成为新的边缘学科并在高校成为一门独立课程；融合了各种学习方法且形式多样的集成学习系统研究正在兴起；机器学习与人工智能各种基础问题的统一性观点正在形成；各种学习方法的应用范围不断扩大，一部分应用研究成果已转化为商品；与机器学习有关的学术活动空前活跃。

2 机器学习的概念、类型及特点

2.1 机器学习的基本概念

机器学习的研究主旨是使用计算机模拟人类的学习活动，它是研究计算机识别现有知识、获取新知识、不断改善性能和实现自身完善的方法。机器学习的研究目标有 3 个：1) 人类学习过程的认知模型；2) 通用学习算法；3) 构造面向任务的专用学习系统的方法。在图 1 所示的学习系统基本模型中，包含了 4 个基本组成环节。环境和知识库是以某种知识表示形式表达的信息的集合，分别代表外界信息来源和系统所具有的知识；环境向系统的学习环节提供某些信息，而学习环节则利用这些信息对系统的知识库进行改进，以提高系统执行环节完成任务的效能。“执行环节”根据知识库中的知识完成某种任务，同时将获得的信息反馈给学习环节。

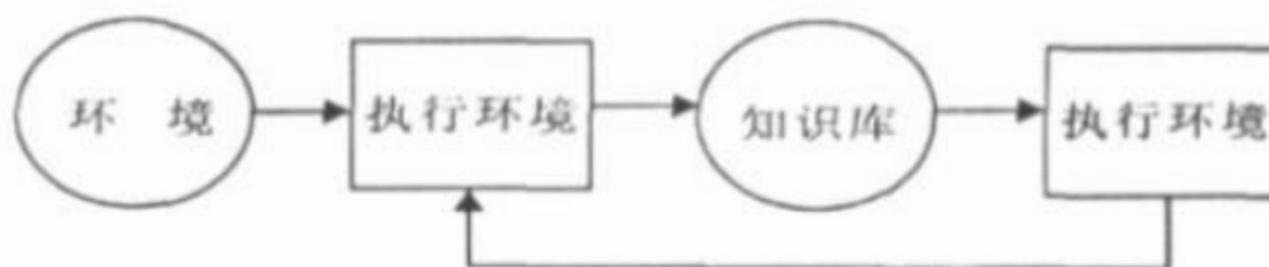


图 1 机器学习系统的基本结构^[1]

2.2 基于符号的机器学习

基于符号的机器学习，是基于代表问题域中实体和关系的符号集合。符号学习算法就是利用这些符号推出新颖、有效的一般规则，规则同时也用这些符号进行表述。

1) 变型空间搜索。候选解排除算法依赖于变量空间这个概念，是与训练实例一致的所有概念描述的集合。这些算法有更多实

例可用于缩减变型空间的大小。

2) ID3 决策树归纳算法。ID3 与候选解排除算法一样，由实例中归纳概念。该算法在如下几方面具有优势：对学到知识的表示；控制计算复杂性的方法；选择候选概念的启发式信息；具有处理有噪声数据的潜力。

3) 归纳偏置和学习能力。归纳偏置指学习程序用来限制概念空间或在这个空间中选择概念。

4) 知识和学习。传统的知识学习方法主要有机械式学习、指导式学习、归纳学习、类比学习和基于解释的学习。

5) 无监督学习。聚类问题是比较一组未分类的物体和度量物体的相似性，目标是将物体分成符合某些质量标准的类别。

6) 强化学习。强化学习即设计算法将外界环境转化为最大化报酬量的方式。

2.3 连接主义的机器学习

连接主义方法是将知识表示为由小的个体处理单元组成的网络激活或者抑制状态模式。受动物大脑结构的启发，连接主义网络学习是通过训练数据修改网络结构和连接权值来实现的。

在连接系统中，处理都是并行和分布式的，没有符号系统中的符号处理。领域中的模式被编码

成数字向量；神经元之间的连接也被数字值所代替；模式的转换也是数字操作的结果——通常用矩阵乘法。设计者对于连

接系统结构的选择就构成系统的归纳偏置。应用这些技术的算法和系统结构，一般都使用训练的方法而不是直接的程序设计。这也是这种方法最具优势之处。连接主义的机器学习方法主要有以下几种：连接网络的基础，感知学习，反传学习，竞争学习,Hebbian 一致性学习，吸引子网络或记忆。

2.4 机器学习：社会性和涌现性

涌现模型是受遗传和进化的启发而形成的。遗传算法开始时有一组问题的候选解，候选解根据它们解决问题的能力来进化：只有适者生存，并相互交换产生下一代解。这样，解得以不断地增强，就像达尔文所描述的现实世界的进化。涌现学习模型模仿了大自然中最优美和强大的植物与动物的生命演化形式。它主要应用在遗传算法、分类器系统和遗传程序设计、人工生命与基于社会的学习等方面。

3 国内关于机器学习的研究现状

近年来，国内对有关机器学习的研究发展较快，主要表现在以下几个方面。

1) 泛化能力的研究。机器学习所关注的一个根本问题是如何提高学习系统的泛化能力，或者说是机器在数据中发现的模式怎样才能具有良好的推广能力。集成学习可以显著提高学习系统的泛化能力，它因此曾被权威学者 Dietterich 列为机器学习四大研究方向之首。南京大学周志华教授长期从事人工智能中机器学习、数据挖掘、模式识别等方面的研究，他的研究组在集

成学习领域进行了深入研究，获得了具有国际影响的成果。由于利用多个学习器可以获得比单一学习器更好的性能，因而很多学者试图通过增加学习器的数目提高泛化能力。周志华等人提出选择性集成理论，证明了从 1 组学习器中选择部分学习器比用所有学习器构建集成学习系统更优越，并设计出有效的选择性集成算法 [2]。该研究结果在业界获得高度评价。其完整研究结果发表在 *Artificial Intelligence* 上，并被 ISI 列入 2000—2004 年被引用最多的“Top 1%”论文。

理想的学习方法不仅要有强的泛化能力，还要有好的可理解性。周志华等人提出了二次学习的思想，将集成学习用作预处理，设计出泛化能力强、可理解性好的新型规则学习方法 C4.5 Rule-PANE[2]，引起著名学者 Sharkey 的重视；

2) 监督学习算法向多示例学习算法转化的一般准则。1997 年，Dietterich 在提出多示例学习这一新型机器学习框架的同时，还提出一个公开问题，即如何为常用的机器学习算法设计多示例版本 [2]。目前，很多常用算法都有了多示例版本，但其转化过程均是针对具体算法进行的，缺乏普遍适用性。周志华等人提出了监督学习算法向多示例学习算法转化的一般准则，还给出了基于集成学习的多示例问题的求解方法 [2]，该算法在基准测试上取得了目前国际上最好的结果，专家给予了高度评价。

3) 机器学习技术在工作流模型设定中的应用。目前所实现的工作流管理系统 (WFMS)，多是为

了支持严格结构化的业务过程而进行的建模、分析以及设定，即以业务过程的形式化模型为基础。获取 workflow 模型是应用中的一个瓶颈，大约需要花费 60% 的开发时间获得对过程的认识，而且所获取的模型都难以支持非预测或发展变化的情形，即不能对异常或者过程模型的偏差提供充分的支持。据此，在 WFMS 中集成机器学习部件，通过处理人工设定的 workflow 实例提取 workflow 模型，进一步获取 workflow 的自适应性是有意义的 [3].

4) 机器学习技术在数据挖掘中的商业应用。数据库中的知识发现，是近年来随着数据库和人工智能技术的发展而出现的新兴研究领域，它主要是利用机器学习的方法从数据库中提取出有用的知识。数据挖掘是 20 世纪 80 年代投资人工智能研究项目失败后，人工智能转入实际应用时提出的，它是一个新兴的、面向商业应用的交叉学科。数据挖掘的主要方法为统计学方法和机器学习方法。在数据挖掘领域，机器学习方法以其强大的处理不同类型数据的能力和商业应用的巨大潜力，受到该领域学术界和商业界越来越多的重视 [4].

5) 基于机器学习的入侵检测技术。传统的入侵检测系统 IDS 存在大量的问题：对未知网络攻击的检测能力差，误报率高，占用资源多；对攻击数据的关联和分析功能不足，导致过多的人工参与；对于现在广泛使用的脚本攻击防御能力差等。为了在现代高带宽、大规模网络环境下提高入侵检测的效率，降低漏报率和误报率，将机器学习方法引入到 IDS 中来并采用先进的分

布式体系结构，已成为 IDS 的重要发展方向 [5].

6) 人工智能原理在人类学习中的应用 . 人工智能理论研究表明，可以将人看成一个智能信息处理系统，并且人的认知活动具有不同层次，它可以与计算机的层次相比较 . 认知活动的最高层次是思维策略，中间一层是初级信息处理，最底层是生理过程，即中枢神经系统、神经元和大脑的活动；与此相对应的是计算机的程序、计算机语言和硬件 . 研究认知过程的主要任务是探求高层思维决策与初级信息处理的关系，应用计算机程序模拟人的思维策略水平，用计算机语言模拟人的初级信息处理过程 . 计算机也用类似的原理进行工作 . 在规定时间内，计算机存储的记忆相当于机体的状态，计算机的输入相当于机体施加的某种刺激 . 在得到输入后，计算机便进行操作，使其内部状态发生变化，由此产生了机器学习理论 [1].

4 国外关于机器学习的研究现状

1) 搜索引擎 .Google 的成功，使得 Internet 搜索引擎成为新兴产业 . 除了现有的众多专营搜索引擎的公司（如专门针对中文搜索的就有慧聪、百度等），Microsoft 等巨头也开始投入巨资进行搜索引擎的研发 .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） [6].

2) PAL 计划 .2003 年, DARPA 开始启动 5 年期 PAL 计划

(perceptive assistant that learns) ，首期(1~1.5 年) 投资2 900 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：RADAR与CALO.CALO子计划是整个 PAL 计划的核心。从CALO的目标来看，DARPA 已经开始把机器学习技术的重要性置于国家安全的角度进行考虑。美国一些主要大学和公司参加了这个子计划。

3) 汽车自动驾驶。当汽车在路况复杂的道路上行驶时，由计算机控制车辆自动行驶可以大大减少交通事故的发生。机器学习算法的核心是决定车辆继续前进，还是左转、右转。主要任务是从立体视觉中学习如何在高速公路上行驶，要根据观察人类的驾驶行为记录各种图像和操纵指令，并且要将各种图像和指令进行正确分类。

4) 学习对天文物体进行分类。利用机器学习方法对天文物体进行分类，主要是学习判断新事物，关键技术是对图像数据库进行分类。

5) 其他应用 .a. 生物技术：可折叠的蛋白质预测，遗传因子的微型排列表示；b. 计算机系统性能的预测；c. 银行业的应用：信用卡盗用检测；d. 属性识别(美国邮政服务)；e. 互联网应用：文档自动分类，学习用户参数选择。

5 机器学习的发展前景

由于近 20 年的飞速发展，机器学习已具备一定的解决实际问题

的能力，逐渐成为一种基础性、透明化的支持与服务技术。将机器学习真正当成一种支持和服务技术，考虑不同学科领域对机器学习的需求，找出其中具有共性、必须解决的问题，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 技术的学科领域的发展 [6].

机器学习是一个活跃且充满生命力的研究领域，同时也是一个困难和争议较多的研究领域。从目前研究趋势看，机器学习今后主要的研究方向如下：1) 人类学习机制的研究；2) 发展和完善现有学习方法，同时开展新的学习方法的研究；3) 建立实用的学习系统，特别是开展多种学习方法协同工作的集成化系统的研究；4) 机器学习有关理论及应用的研究 [7].

随着应用的不断深入，出现了很多被传统机器学习研究忽视但却非常重要的问题。例如：传统的 ML 技术只考虑同一代价和平衡数据，笔者认为这是不全面的。当利用闭路电视监控考场纪律时，将“守纪学生误认为作弊学生”的代价与将“作弊学生误认为守纪学生”的代价是不同的，因为守纪学生样本远远多于作弊学生样本。另外，传统的 ML 技术多考虑泛化而不考虑理解，笔者认为这也是不恰当的。因为就上述例子而言，还需要向学校纪律部门解释为什么做出这样的判断。鉴于以上原因，应用驱动将成为必然，针对某个或某类应用的特定学习方法将不断涌现。对机器学习的检验问题只能在应用中检验自己。对机器学习结果的解释，将逐渐受到重视。

参考文献：

- [1] 张震, 王文发. 人工智能原理在人类学习中的应用 [J]. 吉首大学学报：自然科学版, 2006(1): 39- 42.
- [2] 国家自然科学基金委员会. 国家杰出青年科学基金获得者及创新研究群体学术带头人选介 [EBY OL]. (2004- 03- 01)[2006- 06- 12].http : [www.nsfc.gov. cn Y nsfc Y cen Y ndbg Y 2004ndbg Y 03 Y 010.htm](http://www.nsfc.gov.cn/nsfc/ycen/ndbg/2004ndbg/03/010.htm).
- [3] 孟祥山, 罗宇. “机器学习”在工作流模型设定中的应用 [J]. 计算机应用与软件, 2006(1): 45- 47.
- [4] 黄林军, 张勇, 郭冰榕. 机器学习技术在数据挖掘中的商业应用 [J]. 中山大学学报：自然科学版, 2005(6): 145- 148.
- [5] 张义荣, 肖顺平, 鲜明, 等. 基于机器学习的入侵检测技术概述 [J]. 计算机工程与应用, 2006(2): 7- 10.
- [6] 周志华. 机器学习的研究 [C] 国家自然科学基金委员会信息科学部 AI 战略研讨会文集. 北京: 国家自然科学基金委员会信息科学部, 2006: 9- 19.
- [7] 王永庆. 人工智能原理与方法 [M]. 陕西: 西安交通大学出版社, 1998: 370.