

机器学习

刘 琴

(武汉科技大学 武汉:430080)

摘 要 研究机器学习的发展及目前其主要的研究方向;阐述机器学习的概念及其基本结构;介绍了机器学习的基本思想并简要讨论了五种机器学习的方法。

关键词 机器学习 专家系统 知识库 神经网络

中图分类号:TP30 **文献标识码**:A

学习是人类特有的一种能力,是系统积累经验以改善其性能的过程。机器学习是继专家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程之一。

1 机器学习的发展和当前机器学习围绕的三个主要研究方向

机器学习是人工智能研究较为年轻的分支,它的发展过程大体上分为四个时期。

第一阶段是 50 年代中叶到 60 年代中叶,属于热烈时期。在这个时期,所研究的是“没有知识”的学习,即“无知”学习;其研究目标是各类自组织系统和自适应系统;其主要研究方法是不断修改系统的控制参数和改进系统的执行能力,不涉及与具体任务有关的知识。本阶段的代表性工作是:塞缪尔(Samuel)的下棋程序。但这种学习的结果远不能满足人们对机器学习系统的期望。

第二阶段是在 60 年代中叶到 70 年代中叶,被称为机器学习的冷静时期。本阶段的研究目标是模拟人类的概念学习过程,并采用逻辑结构或图结构作为机器内部描述。本阶段的代表性工作有温斯顿(Winston)的结构学习系统和海斯罗思(Hayes-Roth)等的基本逻辑的归纳学习系统。

第三阶段从 70 年代中叶到 80 年代中叶,称为复兴时期。在此期间,人们从学习单个概念扩展到学习多个概念,探索不同的学习策略和学习方法,且在本阶段已开始把学习系统与各种应用结合起来,并取得很大的成功,促进机器学习的发展。1980 年,在美国的卡内基—梅隆(CMU)召开了第一届机器学习国际研讨会,标志着机器学习研究已在全世界兴起。

当前机器学习围绕三个主要研究方向进行:

(1)面向任务:在预定的一些任务中,分析和开发学习系统,以便改善完成任务的水平,这是专家系统研究中提出的研究问题;

(2)认识模拟:主要研究人类学习过程及其计算机的行为模拟,这是从心理学角度研究的问题。

(3)理论分析研究:从理论上探讨各种可能学习方法的空间和独立于应用领域之外的各种算法。

这三个研究方向各有自己的研究目标,每一个方向的进展都会促进另一个方向的研究。这三个方面的研究都将促进各方面问题和学习基本概念的交叉结合,推动了整个机器学习的研究。

2 机器学习的概念和基本结构

从系统行为的标准来看,“学习是使系统做一些适应性的变化,使得系统下一次完成同样或类似的任务时比上一次更有效”(西蒙);在系统内部,则表现为新知识结构的建立和完善。从西蒙的学习定义做为出发

来稿日期:2000 12.20

作者简介:刘琴,女,武汉科技大学硕士研究生,研究方向:软件工程。

点,可以建立如图所示的简单的学习模型:

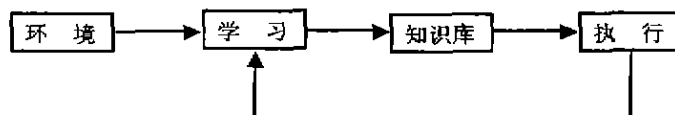


图1 机器学习模型

上图表示学习系统的基本结构。环境向系统的学习部分提供某些信息,学习部分利用这些信息修改知识库,以增进系统执行任务的效能,执行部分根据知识库完成任务,同时把获得的信息反馈给学习部分。在具体的应用中,环境、知识库和执行部分决定了具体的工作内容,学习部分所需要解决的问题完全由以上三部分确定。

影响学习系统设计的最重要的因素是环境向系统提供的信息,或者更具体地说是信息的质量。知识库是影响学习系统设计的第二个因素。知识的表示有多种形式,比如特征向量、一阶逻辑语句、产生式规则、语义网络和框架等等。在选择表示方式时要从以下几个方面考虑:(1)表示能力:所选择的表示方式能很容易表达有关的知识;(2)推理性:只有在具有较强表达能力的基础上,为了使学习系统的计算代价比较低,希望知识表示方式能使推理较为容易;(3)知识库的修改:学习系统的本质要求它不断地修改自己的知识库,当推广得出一般执行规则后,要加到知识库中,当发现某些规则不适用时要将其删除;(4)知识表示扩展:随着系统学习能力的提高,单一的知识表示已经不能满足需要,一个系统有时同时使用几种知识表达方式,不但如此,有时还要求系统自己能构造出新的表达方式,以适应外界信息不断变化的需要,因此,学习系统是对现有知识的扩展和改进。执行部分是整个学习系统的核心,因为执行部分的动作就是学习部分力求改进的动作。对执行部分必须考虑的问题是:任务是复杂性、执行结果的反馈性和执行部分的动作效果的透明性。

3 几种常用的学习方法

3.1 机械学习或死记硬背学习(Rote Learning)

机械学习是最容易的机器学习方法。机械学习就是记忆,即把新的知识存储起来,供需要时检索调用,而不需要计算和推理,在机械学习系统中,知识的获取是以较为稳定和直接的方式进行的,不需要系统进行过多的加工。

当机械学习系统的执行部分解决好问题之后,系统就记住该问题及其解。我们可把学习系统的执行部分抽象地看成某个函数,该函数在得到自变量输入值 (x_1, x_2, \dots, x_n) 之后,计算并输出函数值 (Y_1, Y_2, \dots, Y_p) 。机械学习在存储器中简单地记忆存储对 $((x_1, x_2, \dots, x_n), (Y_1, Y_2, \dots, Y_p))$ 。当需要 $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 时,执行部分就从存储器中把 (Y_1, Y_2, \dots, Y_p) 简单地检索出来而不是重新计算它。这种简单的学习模式如下:

$$(x_1, x_2, \dots, x_n) \xrightarrow{f} (Y_1, Y_2, \dots, Y_p) \xrightarrow{\text{存储}} ((x_1, x_2, \dots, x_n), (Y_1, Y_2, \dots, Y_p))$$

机械学习是基于记忆和检索的方法,学习方法很简单,但学习系统需要几种能力:即能实现有组织的存储信息;能进行信息结合;能控制检索方向。

同时,对于机械学习,需要注意三个重要的问题:存储组织信息、环境的稳定性与存储信息的适用性问题和存储与计算之间的权衡。

3.2 归纳学习(Inductive Learning)

归纳学习是研究最广的一种符号学习(Symbolic Learning)方法,它表示从例子设想出假设的过程。在进行归纳学习时,学习者从所提供的事实或观察到的假设进行归纳推理,获得某个概念。归纳推理是个从部分到全体,从特殊到一般的推理过程。

在机械学习领域,一般将归纳学习问题描述为使用训练实例以引导一般规则的搜索问题。全体可能实例构成实例空间,全体可能的一般规则构成规则空间,而学习的任务就是要完成实例空间和规则空间之间同时、协调的搜索。归纳学习的双空间模型可以表示为图二的形式。

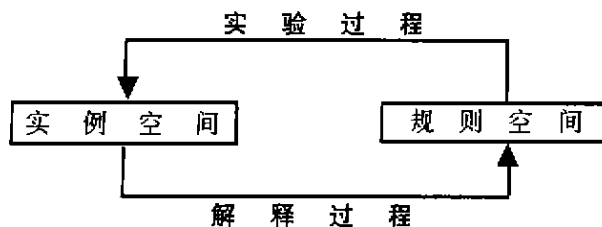


图2 归纳学习双空间模型

归纳学习方法可以划分为单概念学习和多概念学习两类。其中,概念指用某种描述语言表示的谓词。对于单概念学习,学习的目的是从概念空间(即规则空间)中寻找某个与实例空间一致的概念;对于多概念学习,任务是在概念空间中找出若干概念描述,对于每一要领描述,实例空间中均有相应的空间与之相应。

3.3 类比学习(Analogy Learning)

类比是一种很有用的和有效的推理方法,它能够清晰简洁地描述对象间的相似性,同时,它也把某些测试相似性质的任务由演讲者(或教师)转移到听者(或学生)。

①类比的表示:

假若关于对象的知识表达为框架集,那么,用类比法学习可描述为从一个框架(源框架)的槽值传送到另一框架(目标框架)的槽,这种传送分为两步:第一步是利用源框架产生推荐槽,这些槽的值可传送到目标框架;第二步是利用目标框架中已有信息来筛选由第一趟推荐的相似性。

②类比的求解:

●在从源框架被选择的槽建立一组可能的传递框架之后,必须用目标框架的知识来筛选它们。这些知识体现在下面一组筛选启发规则中:

A)在目标框架中选择那些尚未填写的槽; B)选择那些在目标框架中为“典型”实例的槽; C)若上步无什么可选,则选那些与目标有密切关系的槽; D)若仍无什么可选,则选择那些与目标中的槽相似的槽; E)若仍无什么可选,则选择那些与目标有密切关系的槽相似的槽。

●知识表示:

A)用框架来表示要比较的对象;
B)ISA 分层结构,以便找出被比较对象的密切关系;

●问题求解:

采用生成测试法,首先生成可能类似物,再挑最佳物。

3.4 基于解释的学习(EBL)

EBL 将大量的成果汇集在一个统一、简单的框架内,通过分析为什么实例是某个目标概念的一个具体例子,EBL 对分析过程(一个解释)加以推广,剔除与具体例子有关的成分,从而产生目标概念的一个描述。通过一个实例的学习,抽象的目标概念被具体化,变得更易理解与操作,从而产生目标概念的一个描述。通过一个实例的学习,抽象的目标概念被具体化,变得更易理解与操作,从而为类似问题的求解提供有效的经验。

EBL 的一般框架可以用一个四元组 $\langle DT, TC, E, C \rangle$ 来表示,其中 DT 称为领域理论(Domain Theory),它包含一组事实和规则,用于证明(解释)训练实例如何满足目标概念。TC 为目标概念(Target Concept),即待学概念的一个非操作性描述。E 为训练实例,即目标概念的一个例子。C 称为操作性准则(Operationality Criterion),它是定义在要领描述上的一个二阶谓词,用以表示学习得到的目标要领可用哪些基本的、可操作的概念表示。EBL 的目标是找出训练实例的一个一般描述,该描述中的谓词均是可操作的,且构成目标概念成立的充分条件。

基本解释的学习过程可划分为下面两个步骤:

①分析阶段:生成一棵证明树,它用于解释为什么实例是目标概念的一个实例;

②基于解释的泛化(EBG)阶段:通过将实例证明树中的常量用变量进行替换,从而完成解释的泛化,形

成一棵基于解释的泛化树(简称 EBG 树),得到目标概念的一个充分条件。

3.5 基于神经网络的学习

人工神经网络是在现代神经科学的基础上提出和发展起来的,旨在反映人脑结构及功能的一种抽象数学模型。一个神经网络是由大量神经元结点经广泛互连而组成的复杂网络拓扑,用于模拟人类进行知识和信息表示、存储和计算行为。

●人工神经网络学习的工作原理:

一个神经网络的工作由学习和使用两个非线性的过程组成。从本质上讲,人工神经网络学习是一种归纳学习,它通过对大量实例的反复运行,经过内部自适应过程不断修改权值分布,将网络稳定在一定的状态下。在神经网络中,大量神经元的互连结构及各连接权值的分布就表示了学习所得到的特定要领和知识,这一点与传统人工智能的符号知识表示法存在很大的不同。在网络的使用过程中,对于特定的输入模式,神经网络通过前向计算,产生一个输出模式,并得到结点代表的逻辑概念,通过对输出信号的分析可以得到特定解。在网络的使用过程中,神经元之间具有一定的冗余性,且允许输入模式偏离学习样本,因此神经网络的计算行为具有良好的并行分布、容错和抗噪能力。

●典型人工神经网络:

人工神经网络理论技术经过 50 年曲折的发展,已经取得了大量的研究成果,并在模式识别、智能控制、图象处理、组合优化、机器人以及专家系统等领域得到了广泛的应用,提出了近 40 种神经网络模型,这些模型包括前向网络、反馈网络、随机网络及自组织神经网络等多种类型。其中较有代表性的有以下十几种:自适应共振(ART)、双向联想存储器(BAM)、反向传递(BP)、BSB 模型、对流网(CPN)、认识机(Neocognitron)、感知器(Perceptron)、自组织映射网(SOM)等。

4 小 结

机器学习在过去十年中获得较大发展,随着机器学习的不断深入开展和计算机技术的进步,已经在图象处理、模式识别、机器人动力学与控制、自动控制、自然语言理解、语音识别、信号处理和专家系统等应用领域投入了实际的应用。与此同时,各种改进型学习算法得以开发,显著地改善了机器学习网络和系统的性能。

尽管机器学习的理论和方法亟待有更大的创新和突破,但机器学习的成果已经开始在人工智能应用领域产生了很大的影响。所以,对机器学习的讨论和研究的进展,必将促使人工智能和整个科学技术的进一步发展。

参 考 文 献

- [1] 蔡自兴,徐光裕.人工智能及其应用[M].北京清华大学出版社,1996 年
- [2] 吴泉源,刘江宁.人工智能与专家系统[M].国防科技大学出版社,1995 年

Machine Learning

Liu Qin

Abstract: The article describes machine learning, including its development and three main research orientations, concept and basic structure, fundamental ideas and five methods.

Key words: machine learning, expert system, knowledge bank, nervous network