

Welcome To: 机器学习及应用  
Machine Learning & Its Application

# 第 1 讲

## 机器学习简介

### An Introduction to Machine Learning

主讲：金连文  
[Lianwen.Jin@gmail.com](mailto:Lianwen.Jin@gmail.com)

1

## Outline

- 什么是机器学习
- 机器学习的研究内容及研究价值
- 几个典型的机器学习示例
- 课程安排（教材，参考书等）
- 相关国际著名学术会议及期刊、学术资源
- 机器学习的发展史

2

# 一、什么是机器学习

3

## 学习的概念

- 什么是学习？
  - 通过观察、阅读、听讲、研究、实践等获得知识或技能的过程。---《汉语词典》
  - “学”和“习”
    - “学”就是闻、见，是获得知识、技能。“习”是巩固知识、技能，一般有三种含义：温习、实习、练习，有时还包括行的含义在内。“学”偏重于思想意识的理论领域，“习”偏重于行动实习的实践方面。学习就是获得知识，形成技能，培养聪明才智的过程。实质上就是学、思、习、行的总称。---百度知道

4

## 学习的概念

- 学习是一种既古老而又永恒的现象。
- 不同的学习观：
  - “学习是指人和动物在生活过程中获得个体行为经验的过程。”
  - “学习是学习者吸取信息并输出信息，通过反馈与评价得知正确与否的整体过程。”
  - “人的学习是个体掌握人类社会经验的过程”
  - “学习是通过由经验产生的个体行为的适应性变化而表现出来的过程。”
  - 子曰：“学而时习之，不亦说(yuè)乎？”

5

## 学习与智能

- 学习现象
  - 语言、文字的认识别
  - 图像、场景、自然物体的认识别
  - 规则
    - (eg 下雨天要带雨伞)
  - 复杂的推理、判断能力（智能）
    - 好人与坏人？
    - 好猫与坏猫？

- 认知
- 推理
- 决策
- 识别

6

## Learning ---Wikipedia (Informal)

- Learning is one of the most important mental function of humans, animals and artificial cognitive systems.
- It relies on the acquisition of different types of knowledge supported activities such as play, seen only in relatively intelligent animals and humans.
- In general, a learning can be conscious and not conscious.

## 什么是机器学习?

- 使得计算机具备和人类一样的学习能力
  - 决策
  - 推理
  - 认知
  - 识别
  - ..... 等智能
- 给定数据（样本、实例）和一定的学习规则，从数据中获取知识的能力



## 机器学习与人工智能

- 自然智慧的伟大与奥妙
  - 举例：婴儿的认知能力（声音、人脸、汽车...）
  - 重要的二个特点：容错性，推广能力（举一反三）
- 机器智能：希望用机器实现部分智能
- 基于数据的机器学习问题（引自清华张学工教授讲义）
  - 根据已知样本估计数据之间的依赖关系，从而对未知或无法测量的数据进行预测和判断
  - 关键：推广能力
- “One year’s research in artificial intelligence is enough for one to believe in God” ---- cited from ?

## Wiki---Machine Learning (非正式描述)

- Although learning is often thought of as a property associated with living things, computers are also able to modify their own behaviors as a result of experiences. Known as *machine learning*, this is a broad subfield of *artificial intelligence* concerned with the design and development of *algorithms* and techniques that allow computers to “learn”. At a general level, there are two types of learning: *inductive*, and *deductive*. Inductive machine learning methods extract rules and patterns out of massive data sets.
- The major focus of machine learning research is to extract information from data automatically, by computational and statistical methods. Hence, machine learning is closely related to *data mining* and *statistics* but also *theoretical computer science*.
- Machine learning has a wide spectrum of applications including *natural language processing*, *syntactic pattern recognition*, *search engines*, *medical diagnosis*, *bioinformatics* and *cheminformatics*, *detecting credit card fraud*, *stock market analysis*, *classifying DNA sequences*, *speech and handwriting recognition*, *object recognition* in computer vision, *game playing* and *robot locomotion*.

## 什么是机器学习

- 中科院王珏 (jué) 研究员给出的定义：
  - 令  $W$  是给定世界的有限或无限所有观测对象的集合，由于我们的观测能力有限，我们只能获得这个世界的一个子集  $Q \subset W$ ，称为样本集。机器学习就是根据这个样本集，推算这个世界  $W$  的模型，使它对这个世界（尽可能地）为真。
- 三个重要的理论问题：
  - 一致：  $W$  与  $Q$  有相同的性质。eg. i.i.d
  - 划分：设样本定义于  $d$  维空间，要寻找在这个空间上的决策分界面
  - 泛化：（推广能力）：对未知样本的判断能力

## What’s is the Learning Problem?

- Textbook P3 的定义
- Learning = Improving with experience at some task
  - Improve over task T
  - With respect to performance measurement P
  - Based on experience E
- Example: 中国象棋
  - 任务 T: 下中国象棋
  - 性能目标 P: 比赛中击败对手（的百分比）
  - 训练经验 E: 和自己进行对弈，或者看棋谱

## AAAI 给的定义

- Machine learning refers to a system capable of the autonomous acquisition and integration of knowledge. This capacity to learn from experience, analytical observation, and other means, results in a system that can continuously self-improve and thereby offer increased efficiency and effectiveness.

摘自：  
<http://www.aaai.org/AlTopics/pmwiki/pmwiki.php/AlTopics/MachineLearning>

## Machine Learning



引用自CMU Dr. Eric Xing的Lecture Notes

## 机器学习 (ML) 与模式识别 (PR)

- ML has origins in Computer Science
- PR has origins in Engineering
- 某种意义上看：
  - They are different facets of the same field

## 机器学习 (ML) 与人工智能 (AI)

- If an expert system--brilliantly designed, engineered and implemented--cannot learn not to repeat its mistakes, it is not as intelligent as a worm or a sea anemone or a kitten.  
-Oliver G. Selfridge, from The Gardens of Learning.
- "Find a bug in a program, and fix it, and the program will work today. Show the program how to find and fix a bug, and the program will work forever."  
- Oliver G. Selfridge, in AI's Greatest Trends and Controversies

ML opens new uses of computers  
new levels of competence and customization  
better understanding of human learning abilities/disabilities

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

Sargur N. Srihari  
srihari@cedar.buffalo.edu

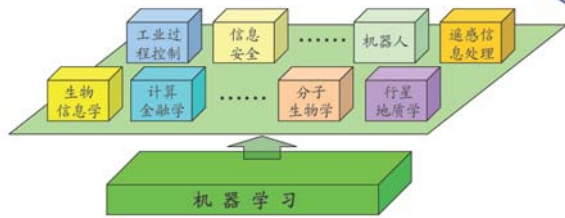
## 二、机器学习的研究意义及主要研究内容

## 机器学习的重要性！

- 《Science》2001年论文：
  - ...每个科学领域的科学过程都有它自己的特点，但是，观察、创立假设、根据决定性实验或观察的检验、可理解检验的模型或理论，是各个学科所共有的。对这个抽象的科学过程的每一个环节，机器学习都有相应的发展，我们相信它将导致科学方法中从假设生成、模型构造到决定性实验这些所有环节的合适的、部分的自动化。当前机器学习研究在一些基本论题上取得令人印象深刻的进展，我们预期机器学习研究在今后若干年中将有稳定的进展！
  - 在稍早前，2000年《Science》还发表了另外3篇ML方面的论文
    - "The Manifold Way of Perceptron: A new framework for nonlinear dimensionality reduction," "Nonlinear dimensionality reduction," "Nonlinear dimensionality reduction" 受到令人惊讶的重视！

Mjolsness, D DeCoste, Machine Learning for Science: State of the Art and Future Prospects - Science, 2001 : 2051-2055.

## 机器学习的重要性



摘自南京大学周志华教授PPT

<http://cs.nju.edu.cn/people/zhouzh/>

## 研究意义

- 如果我们能发现有效的机器学习方法，利用它可以将观察数据（现象）转换为模型，这将一劳永逸的解决信息有效利用的难题！
  - 网络数据
  - 金融数据
  - 生物数据
  - 气象数据
  - 地震观察数据
  - 自然物体分类识别数据...
- 从而实现真正意义上的机器智能（电脑）

## 机器学习（ML）的目的

- Principled way of building high performance information processing systems
  - search engines, adaptive user interfaces, personalized assistants, web bots, and scientific applications
  - from medical records: treatments most effective
- How to construct computer programs that automatically improve with experience
  - -houses learn to optimize energy costs
  - -computer games
- Programming tasks that humans perform well but difficult to specify algorithmically
  - -Language Related Technologies
  - •IR, NLP, DAR, ASR

Chris Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning, 2007, Springer

## ML的一种描述

- Define precisely a class of problems that forms interesting forms of learning, explore algorithms/theory to solve such problems, understand fundamental structure of learning problems and processes

## Why Machine Learning

- Recent progress in algorithms and theory
  - Growing flood of online data
  - Computational power is available
  - Budding industry
- Three niches for machine learning:
- Data mining : using historical data to improve decisions
    - medical records → medical knowledge
  - Software applications we can't program by hand
    - autonomous driving
    - speech recognition
  - Self customizing programs
    - Newsreader that learns user interests

## 相关学科对ML的影响

- 人工智能：
  - 学习的概念符号表示
- Bayes 方法
- 统计学：
  - 统计学习理论 (SLT)
- 计算复杂性理论
- 控制论
- 信息论：最小描述长度
- 哲学：
  - “Occam's Razor原则”，“没有免费午餐”
- 心理学和神经生物学：
  - Neural Networks（神经网络）

## 机器学习所要解决的一些典型问题

- 存在什么样的算法能从特定的训练数据学习出一般的目标函数（决策规则）？
- 那种训练数据是充足的？如何保证学习的泛化（推广）能力？
- 如何引入先验知识？
- 怎样把学习任务简化为一个或多个函数逼近问题？学习过程能自动化吗？
- 学习机能自动改变来提高表示和学习目标函数的能力？

## 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：（引用自周志华教授PPT）
  - 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

## 机器学习目前主要的一些研究分类

- 符号机器学习
  - Eg. 决策树, ID3, ...
- 计算学习理论（统计学习理论）
  - PAC, SVM
- 集群机器学习
  - Ensemble Learning, Boosting
- 强化机器学习
- 监督学习, 非监督学习, 半监督学习
- 流行（Manifold）学习
- Ranking学习
- 聚类学习...

## Machine Learning Topics from Wiki

- [http://en.wikipedia.org/wiki/Machine\\_Learning](http://en.wikipedia.org/wiki/Machine_Learning)
  - Prerequisites
    - Bayesian theory
  - Modelling conditional probability density functions: regression and classification
    - Artificial neural networks
    - Decision trees
    - Gene expression programming
    - Genetic algorithms
    - Genetic programming
    - Holographic associative memory
    - Inductive Logic Programming
    - Gaussian process regression
    - Linear discriminant analysis
    - K-nearest neighbor
    - Minimum message length
    - Perception
    - Quadratic classifier
    - Radial basis function networks
    - Support vector machines
  - Algorithms for estimating model parameters
    - Dynamic programming
    - Expectation-maximization algorithm
  - Modelling probability density functions through generative models
    - Graphical models including Bayesian networks and Markov random fields
    - Generative topographic map
  - Approximate inference techniques
    - Monte Carlo methods
    - Variational Bayes
    - Variable-order Markov models
    - Variable-order Bayesian networks
    - Loopy belief propagation
  - Optimization
    - Most of methods listed above either use optimization or are instances of optimization algorithms
  - Meta learning (ensemble methods)
    - Boosting
    - Boosting aggregating
    - Random forest
    - Weighted majority algorithm
  - Inductive transfer and learning to learn
    - Inductive transfer
    - Reinforcement learning
    - Temporal difference learning
    - Monte-Carlo method

### 三、一些典型的机器学习问题举例

### 例子(1): 网络安全

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

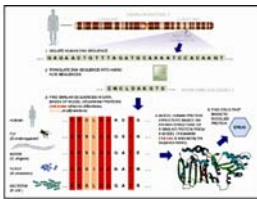
常用技术:

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

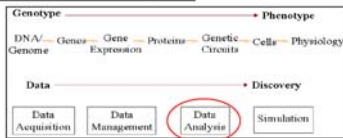
<http://cs.nju.edu.cn/people/zhouzh/>

摘自南京大学周志华教授PPT

### 例子(2): 生物信息学 (Bioinformatics)



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



摘自南京大学周志华教授PPT

### 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



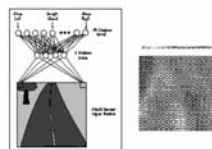
Google掘到的第一桶金, 来源于其创始人Larry Page和Sergey Brin提出的PageRank算法

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)

摘自南京大学周志华教授PPT

### 例子(4)、机器人自动驾驶学习

ALVINN [Pomerlean] drives 70 mph on highways

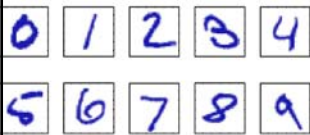


- Learning to drive an autonomous vehicle
  - Train computer-controlled vehicles to steer correctly
  - Drive at 70 mph for 90 miles on public highways
  - Associate steering commands with image sequences

### A Robot Driving Learning Problem

- Task  $T$ 
  - driving on public, 4-lane highway using vision sensors
- Performance measure  $P$ 
  - average distance traveled before an error (as judged by human overseer)
- Training experience  $E$ 
  - a sequence of images and steering commands recorded while observing a human driver

## 例子 (5)：手写字符识别



Wide variability of same numeral

- 手写数字样本示例

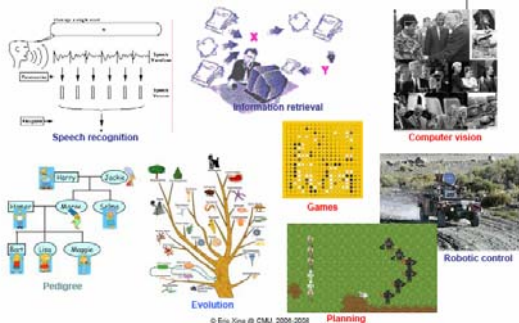
- Handcrafted rules will result in large no of rules and exceptions
- Better to have a machine that learns from a large training set

## Handwriting Recognition

- **Task  $T$** 
  - recognizing and classifying handwritten words within images
- **Performance measure  $P$** 
  - percent of words correctly classified
- **Training experience  $E$** 
  - a database of handwritten words with given classifications



## More 例子



## 上述问题的ML解决方案

1. **Data Collection**  
Large sample of data of how humans perform the task
2. **Model Selection**  
Settle on a statistical model of the process
3. **Parameter Estimation**  
Calculate parameter values by inspecting the data  
Using learned model perform:
4. **Search**  
Find optimal solution to given problem

## ML小结

- Machine learning algorithms have great practical value in a variety of application domains
- Machine learning draws on ideas from a diverse set of disciplines
- A well-defined learning problem requires a well-specified task, performance metric, and source of experience
- Designing a machine learning approach involves a number of design choices
- Learning involves search

## 课程安排

### 四、课程安排

## 教学队伍

- **主讲:**
  - 金连文 博士, 教授
    - Email: [lianwen.jin@gmail.com](mailto:lianwen.jin@gmail.com)
    - Web: <http://www.hcii-lab.net/lianwen/>
  - 辅讲: 黄庆华 (副研究员, to be confirmed)
- **辅导答疑:**
  - 丁凯 (博士生):
    - Email: [nicholasdk8497@gmail.com](mailto:nicholasdk8497@gmail.com)
    - Tel: 87113540

## 教材及主要参考书

- **教材:**
  - 美.米歇尔著, 曾华军等译《机器学习》, 机械工业出版社, 2003.
- **主要参考书:**
  - V.vapnik 著,《统计学习理论的本质》, 清华大学出版社,2000.
  - 王珏, 周志华等编著,《机器学习及其应用》, 清华大学出版社,2006
  - Chris Bishop,《Pattern Recognition and Machine Learning》, Springer 2006.
  - I.H. Witten, E. Frank,《数据挖掘—实用机器学习技术》, 机械工业出版社, 2006
  - R.O. Duda, P.E. Hart, D.G.Stork,《模式分类》(第2版), 机械工业出版社, 2007.
  - 邓乃杨, 田英杰,《数据挖掘中的新方法-支持向量机》, 科学出版社, 2004

## Goal of this 课程

- 对机器学习的基本概念有较好的了解和理解
- 至少学会入门级应用 (初段?)
  - 介绍一些常见的机器学习算法及模型
  - 安排2~3次有关机器学习应用的专题讲座
- 几个一点
  - 了解一点常用的机器学习算法及模型
  - 培养一点对机器学习的兴趣
  - 学会一点用机器学习解决自己专业问题的方法
  - 了解一点机器学习的前沿技术及应用
  - 讨论一点机器学习的热门话题 (...?)
- 为机器学习的发展贡献自己的力量...?

## 课程安排

- 课程简介 (Chap1)
- 概念学习 (Chap2)
- 决策树学习 (Chap3)
- Bayes统计决策理论 (Chap6 and more...)
- 评估假设及可信度学习 (Chap5)
- 人工神经网络 (Chap4)
- 计算学习理论 (SLT) (Chap7 and more..)
- 基于实例的学习 (Chap8)
- 增强学习及集成学习 (Boosting, Chap13)
- 专题讲座及专题讨论 (2~4次)

## 课程考核方式

- 平时及课程论文: 30~50% (课堂讨论, 练习作业, 自学及技术报告, 课程论文 etc)
- 期末考试: 50~70% (硕士)

## 五、学术资源

## 学术期刊及国际会议

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)

摘自南京大学周志华教授PPT

## 一些网络资源 (1)

- **AAAI Machine Learning Topics :** [www.aaai.org/AITopics/html/machine.html](http://www.aaai.org/AITopics/html/machine.html) -
- **Support Vector Machines:** <http://www.support-vector-machines.org/index.html>



## 一些网络资源(2)

- **Machine Learning Resources :** <http://home.earthlink.net/~dwaha/research/machine-learning.html>



## 一些网络资源(3)

- **Weka: Data Mining (ML) software in Java:** <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>
- **LIBSVM -- A Library for Support Vector Machines:** [www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm](http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm)
- **MLC++:** <http://www.sgi.com/tech/mlc/> :A library of C++ classes for supervised machine learning
- **UCI - Machine Learning information, software and databases:** <http://archive.ics.uci.edu/ml/>

## 一些网络资源(4)

- **Kernal Machines:** <http://www.kernel-machines.org/>
- <http://mloss.org/software/>: Machine Learning Open Source Software
- <http://www3.ntu.edu.sg/home/aswduch/ai-ml.html>
- **数据挖掘研究院:** <http://www.chinakdd.com/>

## 一些网络资源(5)

- <http://videlectures.net/site/search/?q=machine+learning>

## 六、机器学习简要发展历史回顾

### ML的发展历史(1)

- **1950s: 神经科学的理论基础**
  - James关于神经元是相互连接的发现
  - McCullon & Pitts的神经元模型
  - Hebb 学习律（相互连接强弱度的变换规则）
- **1960s: 感知器（Perceptron）时代**
  - 1957年Rosenblatt首次提出



### ML的发展历史(2)

- **1969年: 《Perceptron》出版, 提出著名的XOR问题**
- **1970s: 符号主义, 逻辑推理**
- **1980s: MLP+BP算法成功解决XOR问题, 从此进入神经网络时代（连接主义）**
- **1960s-1970s: 统计学习理论创立**
  - VC维的基本概念
  - 结构风险最小化原则
  - 概率空间的大数定律

### ML的发展历史(3)

- **1990s: 统计学习理论的发展及完善**
  - 典型代表: SVM (Vapnik, Bell实验室)
  - 结构风险最小化
  - 最小描述长度原则
  - 小样本问题
  - 核函数、核空间变化
  - PAC理论下的弱可学习理论的建立
  - 支持向量机
  - ...

### ML的发展历史(4)

- **2000s: 各种机器学习理论及算法得以充分发展**
  - 符号机器学习
  - 计算机器学习（统计学习理论, 典型例子: SVM）
  - 集群机器学习（典型代表: Boosting）
  - 强化机器学习
  - 流行机器学习
  - 监督学习, 非监督学习
  - 半监督学习、
  - ....

### 未来发展趋势

- 机器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, ...”)

<http://cs.nju.edu.cn/people/zhouzh>

End of today's lecture

Thanks!

Send any comments and suggestions to:

金连文 博士, 教授

Email: [lianwen.jin@gmail.com](mailto:lianwen.jin@gmail.com)

Web: <http://www.hcii-lab.net/lianwen/>