

# 机器学习

## Machine learning

# 第一章 绪论

## Introduction

授课人：周晓飞

zhouxiaofei@iie.ac.cn

2020-9-17

# 第一章 绪论

1.1 机器学习研究背景

1.2 机器学习研究的问题

1.3 课程主要内容

1.4 课程安排

# 第一章 绪论

1.1 机器学习研究背景

1.2 机器学习研究的问题

1.3 课程主要内容

**1.4 课程安排**

## 教师团队介绍

主讲教师： 周晓飞， 副研究员  
研究方向： 机器学习、数据挖掘、人工智能  
zhouxiaofei@iie.ac.cn

教师助教： 宋泽良， 博士研究生  
研究方向： 机器学习、强化学习  
songzeliang@iie.ac.cn

# 课程安排

## 课程安排

课程编号	课程名称	学时	学分	限选人数	已选人数	教师	开课地点
201M4004H	机器学习	60	3.0	130+130	162+161	周晓飞	雁栖湖

- 上课时间（第 2-17 周，周四 3 学时）
- 地点：一班：教 1-109 (1:30 - 16:10)， 二班：教 1-208(18:10 - 20:50)
- 补课时间（第 12-16 周，周六 3 学时）
- 地点：一班：教 1-108 (1:30 - 16:10)， 二班：教 1-209 (8:30 - 12:10)
- 授课方式：课堂讲授
- 考核方式：作业+课堂闭卷考试
- 考试时间：12月31日

# 课程安排

## ■ 课时安排

周	月	日	一	二	三	四	五	六
2	九月	13	14	15	16	17	18	19
3		20	21	22	23	24	25	26
4		27	28	29	30	1	2	3
5	十月	4	5	6	7	8	9	10
6		11	12	13	14	15	16	17
7		18	19	20	21	22	23	24
8		25	26	27	28	29	30	31
9	十一月 / 十二月	1	2	3	4	5	6	7
10		8	9	10	11	12	13	14
11		15	16	17	18	19	20	21
12		22	23	24	25	26	27	28
13		29	30	1	2	3	4	5
14	十二月	14		6	7	8	9	10
15		13	14	15	16	17	18	19
16		20	21	22	23	24	25	26
17		27	28	29	30	31	1	2

# 第一章 绪论

## 1.1 机器学习研究背景

## 1.2 机器学习研究的问题

## 1.3 课程主要内容

## 1.4 课程安排

# 机器学习研究背景

## 人工智能

### 什么是人工智能？

“人工智能就是让**机器**来完成那些如果由人来做则**需要智能的事情**的科学”；

“人工智能就是研究如何使**计算机**去做**只有人才能做的智能工作**”；

“人工智能是研究使**计算机**来**模拟人的某些思维过程和智能行为**（如学习、推理、思考、规划等）的学科”。

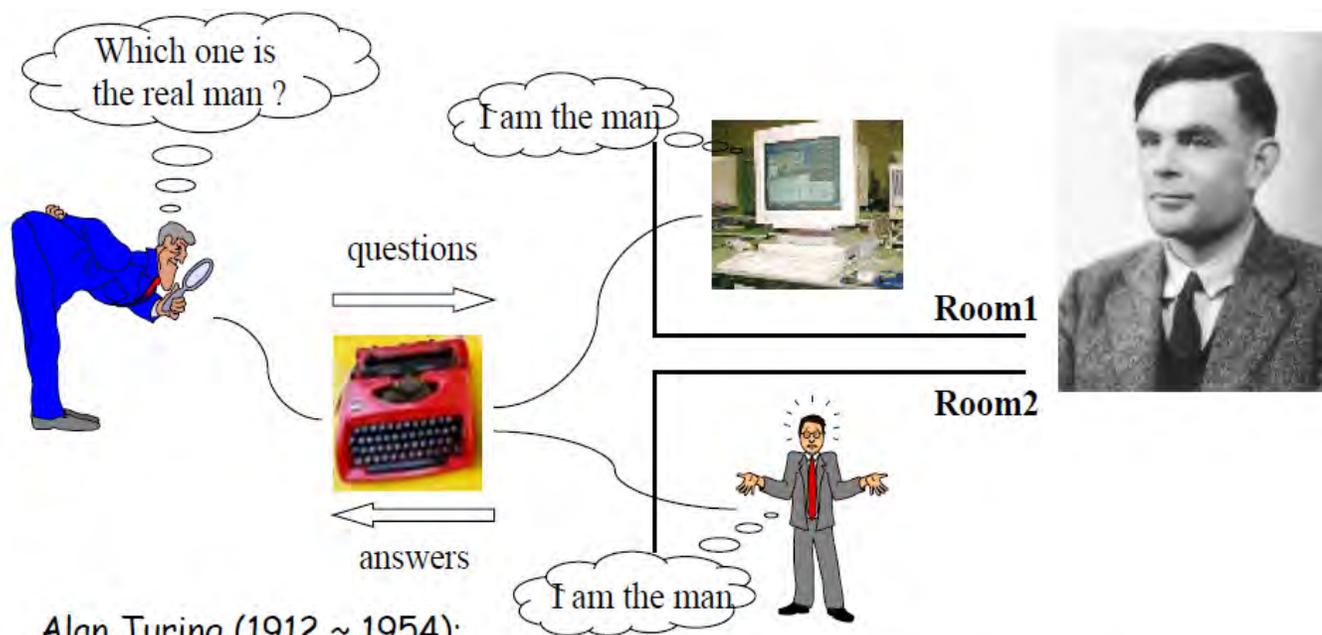


**马文·明斯基 (Marvin Minsky, 1927-2016)** 是“人工智能之父”和框架理论的创立者；和麦卡锡(J. McCarthy)一起在1956年发起“达特茅斯会议”并提出人工智能概念。1965年获图灵奖，开发世界最早的机器人；创建了MIT的AI实验室、Logo 计算机系统公司，思维机器公司。代表作包括《情感机器》《心智社会》等著作；提出关于思维的基本理论。

# 机器学习研究背景

## 人工智能

### 图灵测试



Alan Turing (1912 ~ 1954):

20世纪最伟大的科学天才之一，他的三大贡献对计算机科学产生了深远的影响。1966年，ACM设立图灵奖。图灵生平见：

“20世纪最伟大的智者之一Alan Turing”. 计算机科学, 2000, 27(12)

# 机器学习研究背景

## 人工智能

### 思考的问题

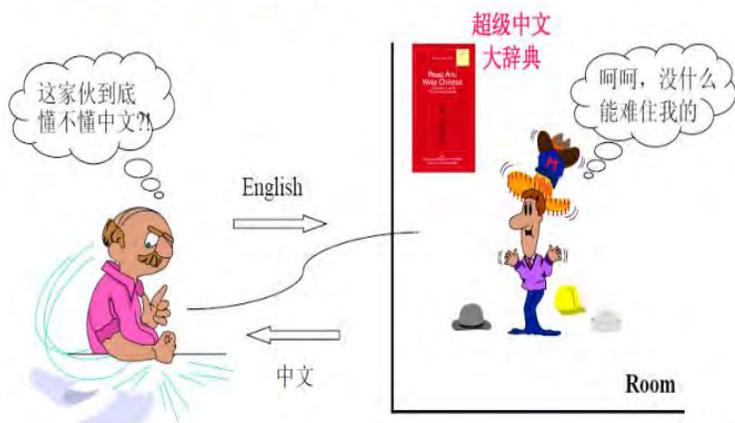
人的智能非常复杂：例如直觉、顿悟、理解，等等；

人的智能具有“人”性：例如情绪、伪装、狡猾，等等；

人的智能缺陷：不依赖于数学工具，无法实现高难度、大规模的运算；  
不依赖于词典和存储工具，信息的记忆量、精准性有限；

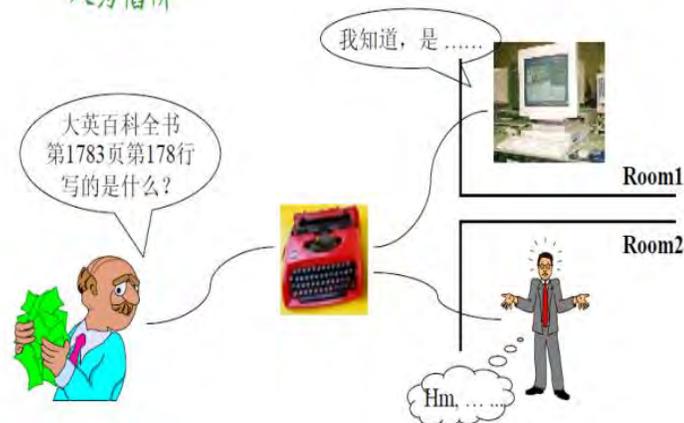
问题1：能否从“表现”来评判智能？

思维实验：西尔勒中文屋子



问题2：能否了解人类的智能水平？

人为陷阱



# 机器学习研究背景

## 人工智能

### 人工智能的发展

#### 孕育期 ( ~1956 )

- 1950 年图灵测试

#### 推理期 ( 1956~1965 )

- 1956 年逻辑理论家程序、1960 年 Lisp 语言

#### 知识期 ( 1965~1983 )

- 1965 年分子结构的专家系统 DENDRAL, 1972 年细菌感染专家系统 MYCIN

#### 学习期 ( 1983~2006 )

- 解决知识工程瓶颈, 统计机器学习主导

# 机器学习研究背景

## 人工智能

### 黄金期 ( 2006~ ):

- 2006 年的 DBN;
- 2015 年 ResNet;
- 2016 年 AlphGo;
- 2016 年 IBM 发布类脑超级计算机平台;
- 2016 年创建公益性的人工智能机构 OpenAI;
- 谷歌量子计算机取得重要的突破, 为人工智能计算搭建一个平台;
- 2017 年 7 月我国国务院印发新一代人工智能发展规划;
- 互联网巨头公司相继成立 AI 研究院, 布局人机交互、深度学习和强化学习;
- 2018 年国内高校院所也相继成立了人工智能学院

### 机器学习是一门人工智能的科学

“机器学习是一门人工智能的科学，该领域的主要研究对象是人工智能，特别是如何在经验学习中改善具体算法的性能”。Langley (1996)

“机器学习是对能通过经验自动改进的计算机算法的研究”。Tom Mitchell (1997)

“机器学习是用数据或以往的经验，以此优化计算机程序的性能标准”。Alpaydin (2004)

# 机器学习研究背景

## 机器学习的发展

### 推理期：

20 世纪 50-70 年代初；认为只要给机器赋予逻辑推理能力，机器就能具有智能。

A. Newell 和 H. Simon 的“逻辑理论家”程序、“通用问题求解”程序；获得了 1975 年图灵奖。

### 知识期：

20 世纪 70 年代中期，认为要使机器具有智能，就必须设法使机器拥有知识。

E.A. Feigenbaum 作为“知识工程”之父在 1994 年获得了图灵奖。

### 学科形成：

20 世纪 80 年代，机器学习成为一个独立的学科领域，并开始快速发展；

1980 年美国卡内基梅隆大学举行第一届机器学习研讨会；

1983 年《机器学习：一种人工智能途径》出版；

1986 年《Machine Learning》创刊；

1989 年《Artificial Intelligence》出版了机器学习专辑；

1990 年《机器学习：风范与方法》出版。

# 机器学习研究背景

## 机器学习的发展

### 蓬勃发展期：

20 世纪 90 年代后，统计学习方法占主导，代表 SVM；

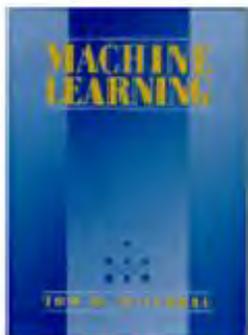
- 2006 至今，大数据分析的需求，神经网络又被重视，成为深度学习理论的基础。

(回顾神经网络发展：50 年代代表性工作主要有感知机、Adaline； M. Minsky 和 S. Papert, 1969 年指出神经网络只能用于线性分类，此后 15 年停滞期；1983 年，J.J. Hopfield 利用神经网络求解 TSP 问题获得了成功，连接主义重新受关注，特别是 D.E. Rumelhart、G.E. Hinton 和 R.J. Williams 重新发明了著名的 BP 算法，产生了非常大影响。)

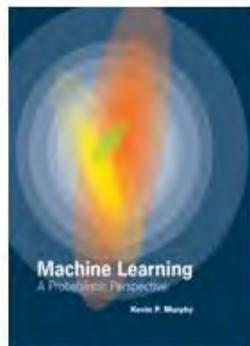
# 机器学习研究背景

## 学科特点

广泛的应用前景、人工智能的前沿、学科体系**趋于成熟**



Tom Mitchell 1997



Kevin P. Murphy 2012



周志华, 2016

- Christopher M. Bishop, **Pattern Recognition and Machine Learning**, 2006
- Andrew ng, **machine learning**, Stanford Course, 2004-2016.
- 李航, **统计学习方法**, 2012.

# 机器学习研究背景

## 应用领域

- 航空航天、军事、国防
- 机器人、无人车、NASA-JPL 火星机器人
- 互联网应用

搜索引擎：网页、图片、视频、新闻、学术、地图、...

信息推荐：新闻、商品、游戏、书籍、...

图片识别：人像、用品、动物、交通工具、...

文本信息：机器翻译、对话系统、...

用户分析：社交网络、影评、大众点评、商品评论、...

...



# 机器学习研究背景

## 应用领域

- 信息安全
  - 入侵检测
  - 日志挖掘
- 生物信息学
- 天气预报、地震预警、环境污染检测
- 智能识别
  - 图像识别、视频分析
  - 语音识别、音频分析
  - 可穿戴、虚拟现实、智能家居
- 金融、经贸、管理、公共安全、医学、交通、……

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……

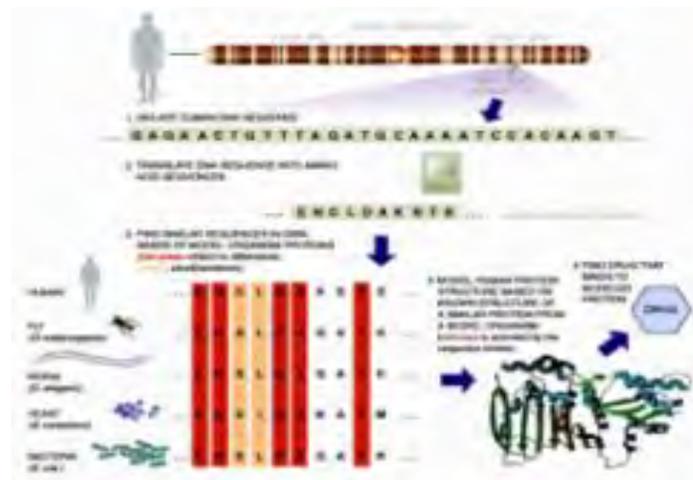
•对当前访问模式分类

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

.....



# 机器学习研究背景

## 机器学习研究意义

### 机器学习是人工智能的基石

- 卡内基梅隆大学 2006 年宣布成立“机器学习系”
- 国内许多学会（如 CCF、CAA、CIPS 等）每年都会针对机器学习，开展培训课程和讲座

### 机器学习引领人工智能的前沿

- 2006 年 Hinton 在 Science 上的论文算起，深度学习为学术创新开启了新思路
- 近年 ResNet、AlphGo、GAN、Bert 等深度学习技术，推动了人工智能的飞速发展，颠覆了语音、图像、自然语言等众多领域。
- 大数据时代的到来，以及 GPU 等各种更加强大的计算设备的发展，深度学习如虎添翼。

# 机器学习研究背景

## 机器学习研究意义

### 支持宽泛的学科领域

正在逐渐成为基础性、透明化、无处不在的支持技术、服务技术，  
在它们真正成功的时候，可能人们已经感受不到它们的存在，  
人们感受到的只是更健壮的防火墙、更灵活的机器人、更安全的自动汽车、更好用的搜索引擎……

# 第一章 绪论

1.1 机器学习研究背景

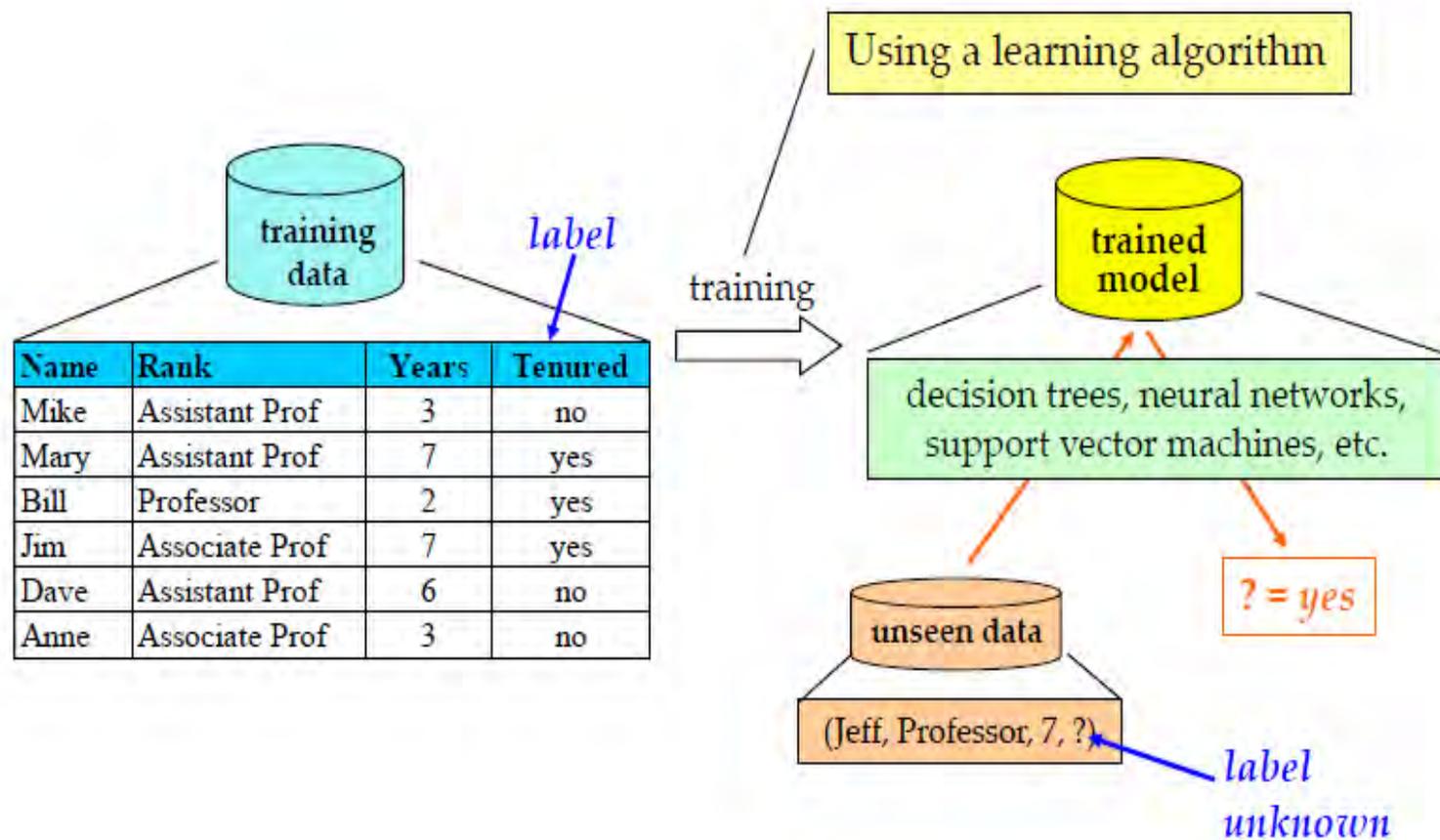
1.2 机器学习研究的问题

1.3 课程主要内容

1.4 课程安排

# 机器学习研究的问题

## 机器学习的一般过程



# 机器学习研究的问题

## 机器学习的一般过程

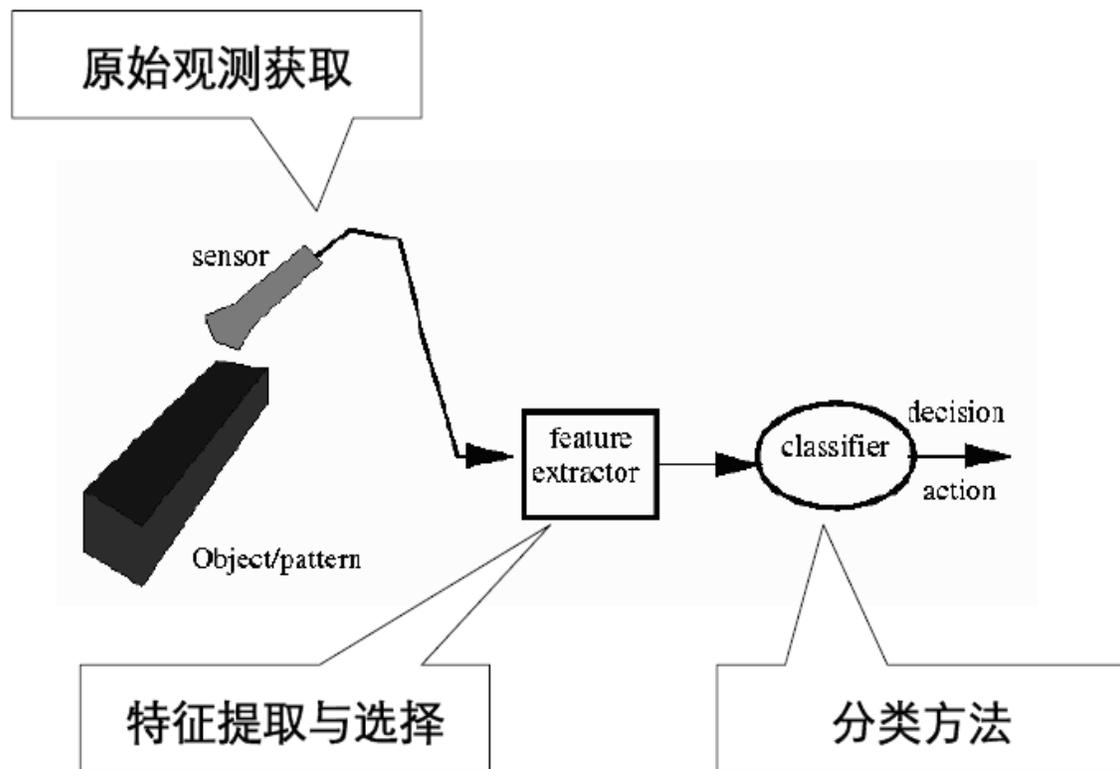


图2 引自 张学工《模式识别》

# 机器学习研究的问题

## 机器学习问题

- **Supervised learning**
  - Learning mapping between input  $\mathbf{x}$  and desired output  $\mathbf{y}$
  - Teacher gives me  $\mathbf{y}$ 's for the learning purposes
- **Unsupervised learning**
  - Learning relations between data components
  - No specific outputs given by a teacher
- **Reinforcement learning**
  - Learning mapping between input  $\mathbf{x}$  and desired output  $\mathbf{y}$
  - Critic does not give me  $\mathbf{y}$ 's but instead a signal (reinforcement) of how good my answer was
- **Other types of learning:**
  - **Concept learning, explanation-based learning, etc.**

# 机器学习研究的问题

## 机器学习问题

### Supervised learning

**Data:**  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$  a set of  $n$  examples

$$d_i = \langle \mathbf{x}_i, y_i \rangle$$

$\mathbf{x}_i$  is input vector, and  $y$  is desired output (given by a teacher)

**Objective:** learn the mapping  $f : X \rightarrow Y$

$$\text{s.t. } y_i \approx f(x_i) \quad \text{for all } i = 1, \dots, n$$

**Two types of problems:**

- **Regression:**  $X$  discrete or continuous  $\rightarrow$   
 $Y$  is **continuous**
- **Classification:**  $X$  discrete or continuous  $\rightarrow$   
 $Y$  is **discrete**

# 机器学习研究的问题

## 机器学习问题

### Supervised learning example

**Classification:**  $Y$  is discrete

$Y$ : 年轻人(1), 老年人(-1)

$X$ :  $x_1$  黑头发的比例, 值域  $(0, 1)$  ;

$x_2$  行走速度, 值域  $(0, 100)$  米/每分钟.

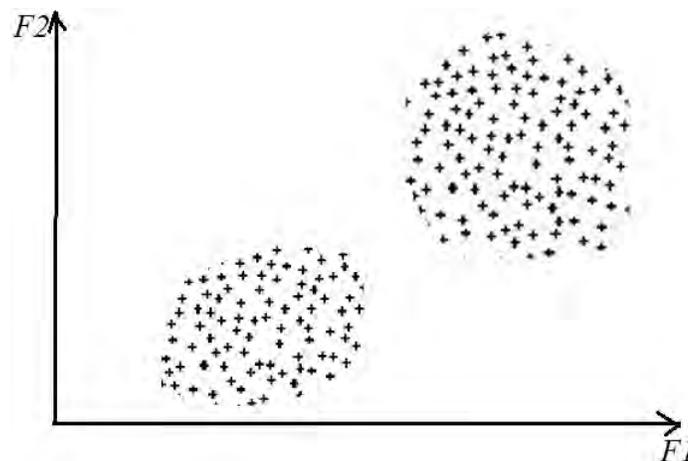
**Training Data:**

$Y=1$ :  $(1, 99)$ 、 $(0.9, 80)$ 、 $(0.80, 100)$  ...

$Y=-1$ :  $(0.2, 30)$ 、 $(0.5, 50)$ 、 $(0.4, 30)$  ...

**Test:**

**$X=(0.85, 98)$ ,  $Y=?$**



# 机器学习研究的问题

## 机器学习问题

### Supervised learning example

**Regression:** Y is continue

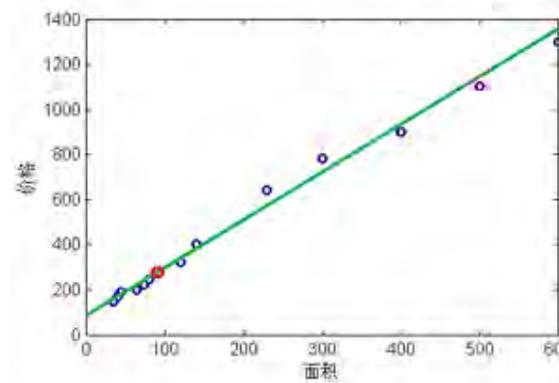
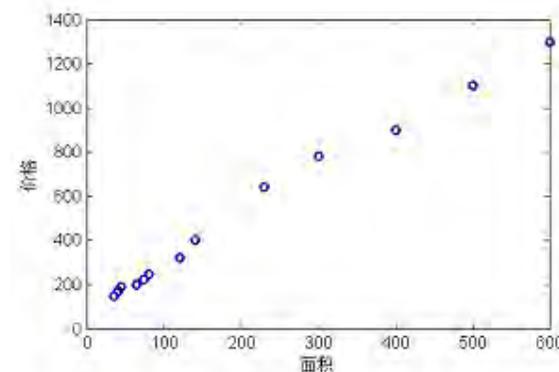
Y: 房屋价钱 (万元), 值域  $Y \geq 0$ .

X:  $x_1$ =房屋面积  $m^2$ .

Training Data:

35	150
40	170
45	190
65	200
74	224
80	245
120	320
140	400
230	640
300	780
400	900
500	1100
600	1300

**Test: X=90 Y= ?**



$$y = ax + b$$

## 机器学习问题

### Unsupervised learning

- **Data:**  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$   
 $d_i = \mathbf{x}_i$  vector of values  
No target value (output)  $y$
- **Objective:**
  - learn relations between samples, components of samples

#### Types of problems:

- **Clustering**  
Group together “similar” examples, e.g. patient cases
- **Density estimation**
  - Model probabilistically the population of samples

# 机器学习研究的问题

## 机器学习问题

### Unsupervised learning example

#### Clustering:

X: (颜色, 形状, 大小)

Data:



For all the data,  $Y=?$

# 机器学习研究的问题

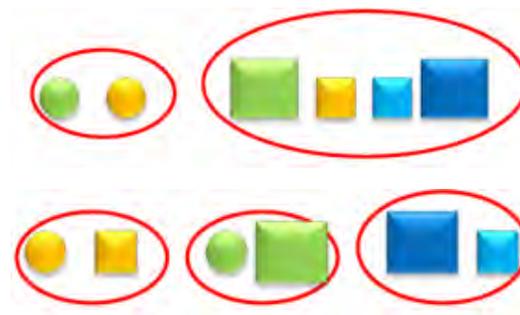
## 机器学习问题

### Unsupervised learning example

#### Clustering:

X: (颜色, 形状, 大小)

Data:



For all the data,  $Y=?$

# 机器学习研究的问题

## 机器学习问题

### Unsupervised learning example

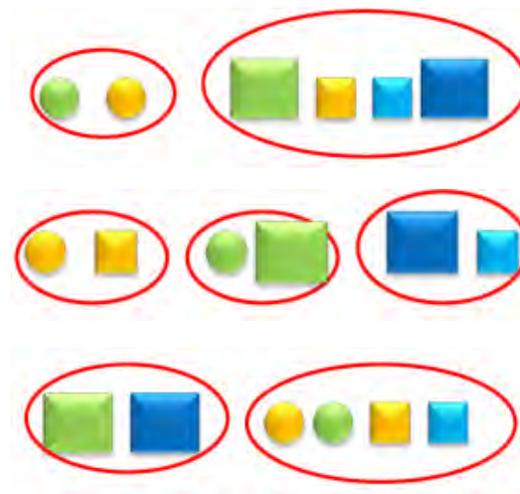
#### Clustering:

X: (颜色, 形状, 大小)

Data:



For all the data,  $Y=?$



# 机器学习研究的问题

## 机器学习问题

### Unsupervised learning example

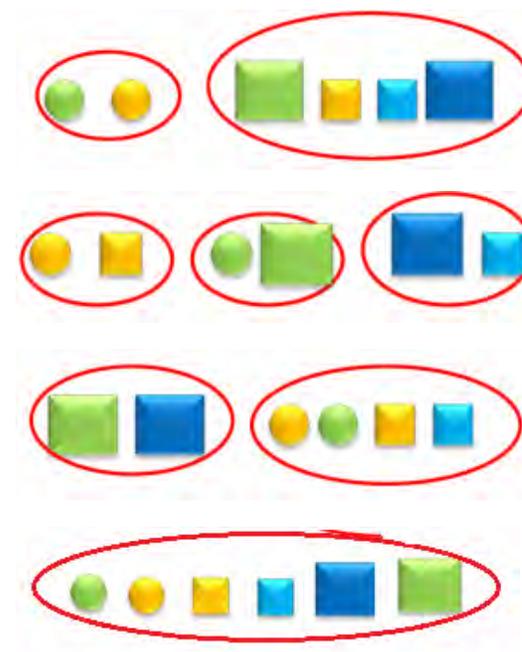
#### Clustering:

X: (颜色, 形状, 大小)

Data:



For all the data,  $Y=?$

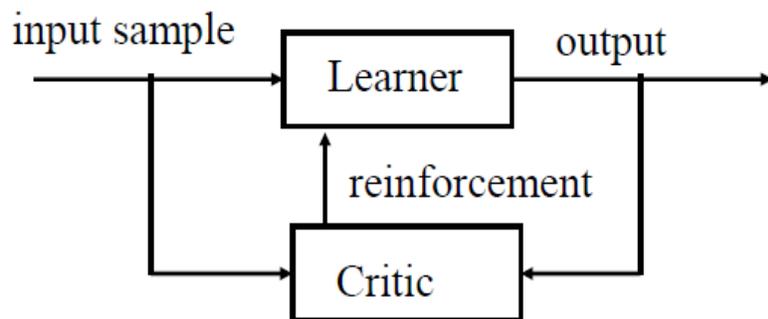


# 机器学习研究的问题

## 机器学习问题

### Reinforcement learning

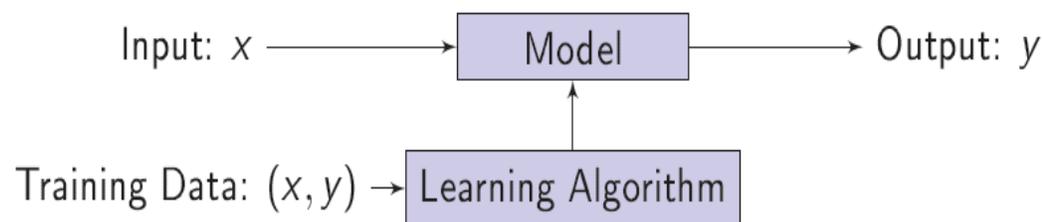
- We want to learn:  $f : X \rightarrow Y$
- We see samples of  $\mathbf{x}$  but not  $y$
- Instead of  $y$  we get a feedback (reinforcement) from a **critic** about how good our output was



- The goal is to select outputs that lead to the best reinforcement

# 机器学习研究的问题

## 建模过程



1. **Data:**  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$

2. **Model selection:**

- **Select a model** or a set of models (with parameters)

E.g.  $y = ax + b + \varepsilon$        $\varepsilon = N(0, \sigma)$

- **Select the error function** to be optimized

E.g.  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2$

3. **Learning:**

- **Find the set of parameters optimizing the error function**

– The model and parameters with the smallest error

4. **Application:**

- **Apply the learned model**

– E.g. predict  $y$ s for new inputs  $\mathbf{x}$  using learned  $f(\mathbf{x})$

# 第一章 绪论

1.1 机器学习研究背景

1.2 机器学习研究的问题

**1.3 课程主要内容**

1.4 课程安排

# 课程主要内容

## 课程目的

### 了解机器学习研究问题

- 有监督学习：分类、回归
- 无监督学习：聚类、降维、特征提取等；

### 掌握基本的统计和优化方法

- 统计学习基础：最大似然估计、最小均方等；
- 优化基础：梯度下降、随机梯度下降等；

### 掌握机器学习的基础理论和算法

- Bayes、SVM、鉴别分析、logistic、决策树、感知机、多层感知机、Adaboost、线性回归、k-means、混合高斯、PCA、概率图模型、知识图谱、深度学习及前沿等；

### 能够针对任务设计机器学习方案

# 课程主要内容

## 课程内容

### 大纲

课程内容

参考教材：周志华，《机器学习》，2016

补充内容

第一章 绪论	第1章
第二章 贝叶斯学习	第7章
第三章 线性分类	第2章、第3章、第5章5.2、
第四章 非线性分类	第4章、第5章、第8章、第6章
第五章 回归分析	第3章
第六章 聚类分析	第9章
第七章 特征降维	第10章、第11章
第八章 信息论模型	补充内容
第九章 概率图模型	第6章、第12章
第十章 神经网络与深度学习	第14章

# 课程主要内容

## 学习资源

### 研究数据

- 不同领域标准数据集（论文中获取）
- 不同领域会议的评测数据
- UCI Machine Learning Repository : <http://archive.ics.uci.edu/ml/>
- 数据堂
- 网络爬取
- ...

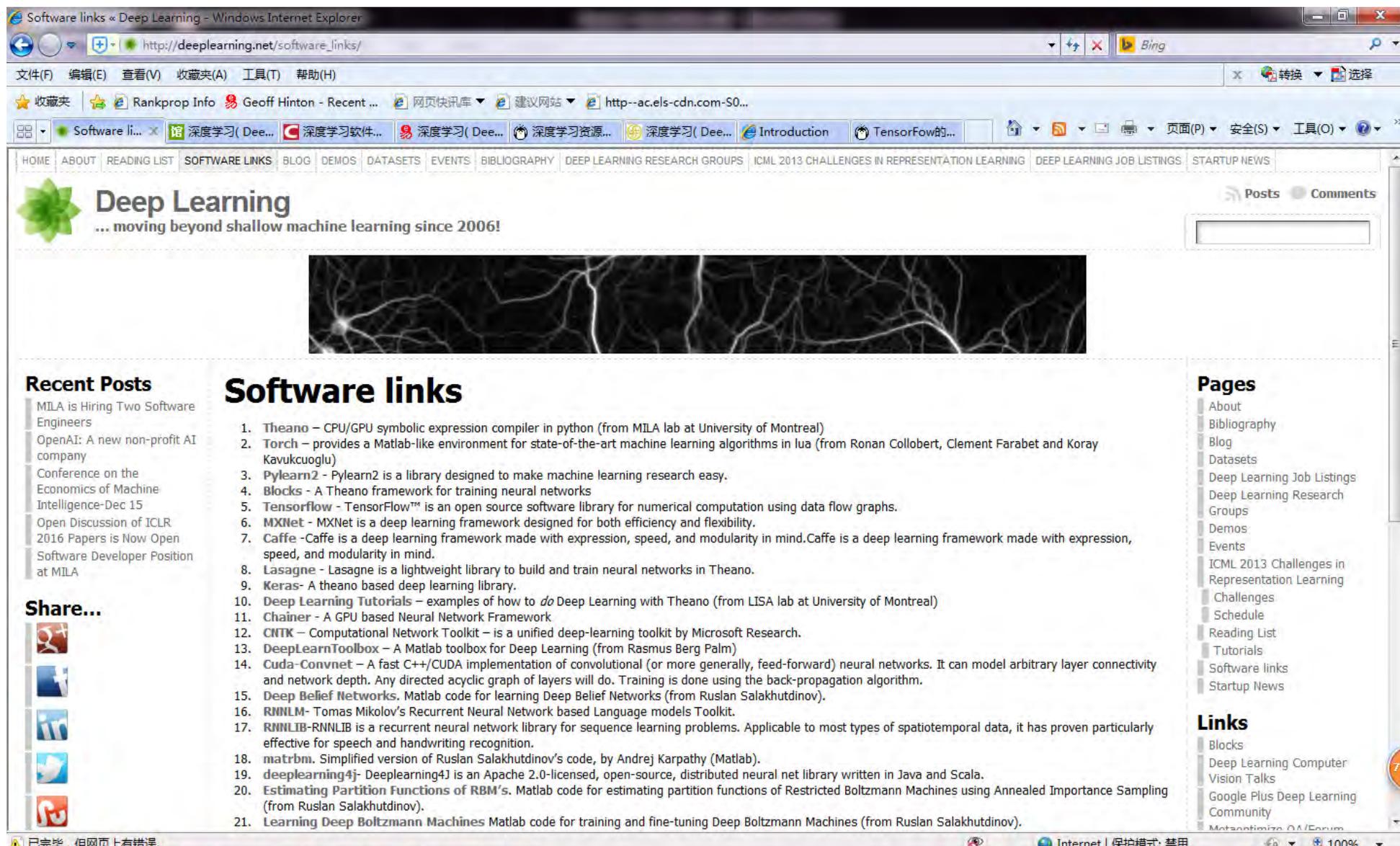
# 课程主要内容

## 学习资源

### 工具

- Weka: <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/downloading.html>
- <http://mallet.cs.umass.edu/index.php>
- Python 机器学习工具包 milk: <https://github.com/luispedro/milk>
- 开源的机器学习框架: Apache Mahout Framework
- Apache OpenNLP: <http://opennlp.apache.org/>
- OpenCV: <http://opencv.org/>
- OpenAI: <https://www.openai.com/>
- Github: <https://github.com/>
- 深度学习开源汇总: [http://deeplearning.net/software\\_links/](http://deeplearning.net/software_links/)

# 课程主要内容



The screenshot shows a web browser window displaying the 'Software links' page of the Deep Learning website. The browser's address bar shows the URL 'http://deeplearning.net/software\_links/'. The website header includes navigation links like 'HOME', 'ABOUT', 'READING LIST', 'SOFTWARE LINKS', 'BLOG', 'DEMOS', 'DATASETS', 'EVENTS', 'BIBLIOGRAPHY', 'DEEP LEARNING RESEARCH GROUPS', 'ICML 2013 CHALLENGES IN REPRESENTATION LEARNING', 'DEEP LEARNING JOB LISTINGS', and 'STARTUP NEWS'. The main content area is titled 'Software links' and contains a list of 21 items, each with a number and a brief description of a deep learning tool or framework. To the left of the list is a 'Recent Posts' section with several entries. To the right is a 'Pages' section with a list of site pages. At the bottom right, there is a 'Links' section. The browser's taskbar at the bottom shows the system tray with the date and time '10:00 AM 10/10/2016'.

## Deep Learning

... moving beyond shallow machine learning since 2006!

### Software links

1. **Theano** – CPU/GPU symbolic expression compiler in python (from MILA lab at University of Montreal)
2. **Torch** – provides a Matlab-like environment for state-of-the-art machine learning algorithms in lua (from Ronan Collobert, Clement Farabet and Koray Kavukcuoglu)
3. **Pylearn2** - Pylearn2 is a library designed to make machine learning research easy.
4. **Blocks** - A Theano framework for training neural networks
5. **Tensorflow** - TensorFlow™ is an open source software library for numerical computation using data flow graphs.
6. **MXNet** - MXNet is a deep learning framework designed for both efficiency and flexibility.
7. **Caffe** - Caffe is a deep learning framework made with expression, speed, and modularity in mind. Caffe is a deep learning framework made with expression, speed, and modularity in mind.
8. **Lasagne** - Lasagne is a lightweight library to build and train neural networks in Theano.
9. **Keras** - A theano based deep learning library.
10. **Deep Learning Tutorials** – examples of how to *do* Deep Learning with Theano (from LISA lab at University of Montreal)
11. **Chainer** - A GPU based Neural Network Framework
12. **CNTK** – Computational Network Toolkit – is a unified deep-learning toolkit by Microsoft Research.
13. **DeepLearnToolbox** – A Matlab toolbox for Deep Learning (from Rasmus Berg Palm)
14. **Cuda-Convnet** – A fast C++/CUDA implementation of convolutional (or more generally, feed-forward) neural networks. It can model arbitrary layer connectivity and network depth. Any directed acyclic graph of layers will do. Training is done using the back-propagation algorithm.
15. **Deep Belief Networks**. Matlab code for learning Deep Belief Networks (from Ruslan Salakhutdinov).
16. **RNNLM**- Tomas Mikolov's Recurrent Neural Network based Language models Toolkit.
17. **RNNLIB**- RNNLIB is a recurrent neural network library for sequence learning problems. Applicable to most types of spatiotemporal data, it has proven particularly effective for speech and handwriting recognition.
18. **matrbm**. Simplified version of Ruslan Salakhutdinov's code, by Andrej Karpathy (Matlab).
19. **deeplearning4j**- Deeplearning4j is an Apache 2.0-licensed, open-source, distributed neural net library written in Java and Scala.
20. **Estimating Partition Functions of RBM's**. Matlab code for estimating partition functions of Restricted Boltzmann Machines using Annealed Importance Sampling (from Ruslan Salakhutdinov).
21. **Learning Deep Boltzmann Machines** Matlab code for training and fine-tuning Deep Boltzmann Machines (from Ruslan Salakhutdinov).

### Recent Posts

- MILA is Hiring Two Software Engineers
- OpenAI: A new non-profit AI company
- Conference on the Economics of Machine Intelligence- Dec 15
- Open Discussion of ICLR 2016 Papers is Now Open
- Software Developer Position at MILA

### Pages

- About
- Bibliography
- Blog
- Datasets
- Deep Learning Job Listings
- Deep Learning Research Groups
- Demos
- Events
- ICML 2013 Challenges in Representation Learning
- Challenges
- Schedule
- Reading List
- Tutorials
- Software links
- Startup News

### Links

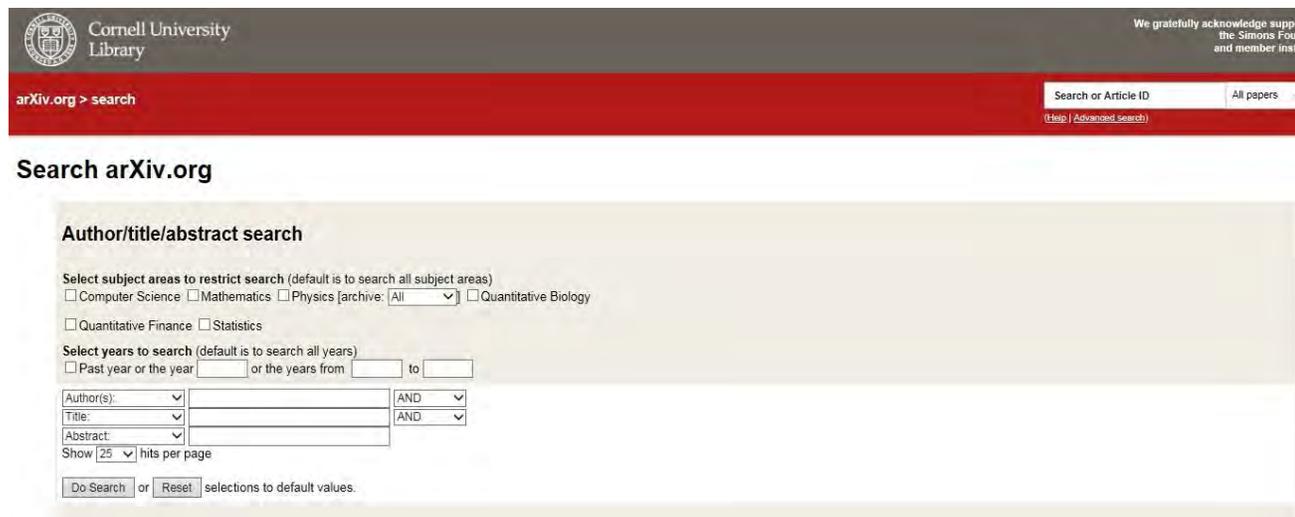
- Blocks
- Deep Learning Computer Vision Talks
- Google Plus Deep Learning Community
- Metaoptimize QA/Forum

# 课程主要内容

## 学术会议

ICML、IJCAI、AAAI、  
CVPR、NIPS、KDD、  
SIGIR、SIGMOD、  
COLT、ACL、ECML、  
ICDM、WWW、CIKM、IJCNN、  
VLDB、ICDE ...

Arxiv 预印论文库: <https://arxiv.org/find/>



The screenshot shows the arXiv.org search interface. At the top, there is a header for Cornell University Library with the text "We gratefully acknowledge support from the Simons Foundation and member institutions." Below this is a red navigation bar with "arXiv.org > search" on the left and a search box on the right containing "Search or Article ID" and "All papers". Below the navigation bar is the main search area titled "Search arXiv.org". The search form includes a section for "Author/title/abstract search" with options to "Select subject areas to restrict search" (Computer Science, Mathematics, Physics [archive: All], Quantitative Biology, Quantitative Finance, Statistics) and "Select years to search" (Past year or the year, or the years from to). The form also has dropdown menus for "Author(s)", "Title", and "Abstract", and a "Show 25 hits per page" option. At the bottom of the form are "Do Search" and "Reset" buttons.

# 课程主要内容

## 学术刊物

- IEEE-PAMI
- Machine Learning (ML)
- Journal of Machine Learning Research
- IEEE-TKDE
- Artificial Intelligence
- Data Mining and Knowledge Discovery
- Computational Intelligence
- Pattern Recognition
- Neural Computation
- IEEE-NN
- Annals of Statistics
- Journal of Artificial Intelligence Research
- Research, Information and Computation

# 课程主要内容

## 参考教材和资料

- 课程参考教材：周志华, 机器学习, 2016.
- 参考资料:
  - Chris Bishop. **Pattern recognition and Machine Learning**. Springer, 2006.
  - Duda, Hart, Stork. **Pattern classification**. 2nd edition. J Wiley and Sons, 2000.  
模式分类（第二版）中文版.
  - Pattern Recognition 2nd 模式识别(第二版、第四版).  
Tsinghua 模式识别课程讲义：张学工，模式识别.
  - 统计学习方法，李航，清华大学，2012.
  - Simon Haykin, 申富饶等译，神经网络与学习机器，第三版。

# 本讲参考文献

1. 周志华，机器学习，清华大学出版社，2016.
2. 周志华，Slides@“机器学习”暑期学校，2006.