

机器学习

李 波

李波

研究方向：机器学习、深度学习、自然语言处理、信号处理。



- 2004 – 2008, 本科, 电子信息工程, 哈尔滨工业大学。
- 2008 – 2010, 硕士, 信息与通信工程, 哈尔滨工业大学。
- 2011 – 2013, 硕士, 电气与计算机工程, 麦克马斯特大学 (加拿大)。
- 2010 – 2015, 博士, 控制科学与工程, 哈尔滨工业大学。



- 2015 – 2016, 科研工程师, 麦克马斯特大学 (加拿大)。
- 2016 – 2017, 博士后, 魁北克大学高等技术学院 (加拿大)。



- 2017 – 2019, 自然语言理解研究院, 纽昂斯通信 (加拿大)。
- 2019 – 2019, 语言系统科学家, 赛伦斯科技 (加拿大)。
- 2020 – 至今, 副教授, 哈尔滨工程大学。



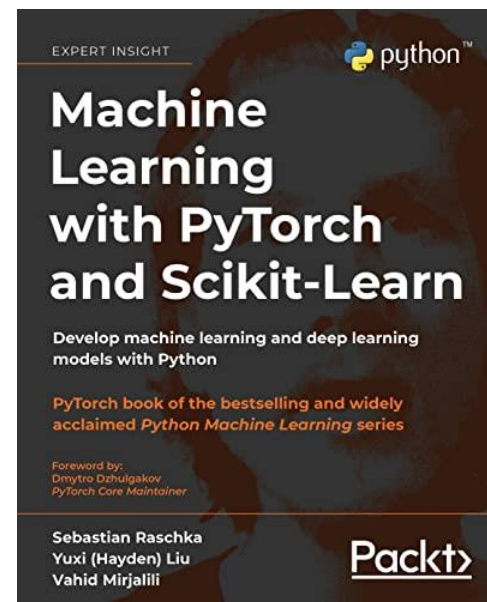
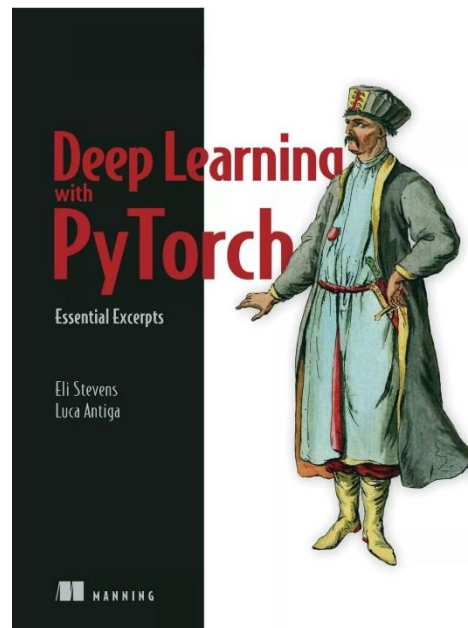
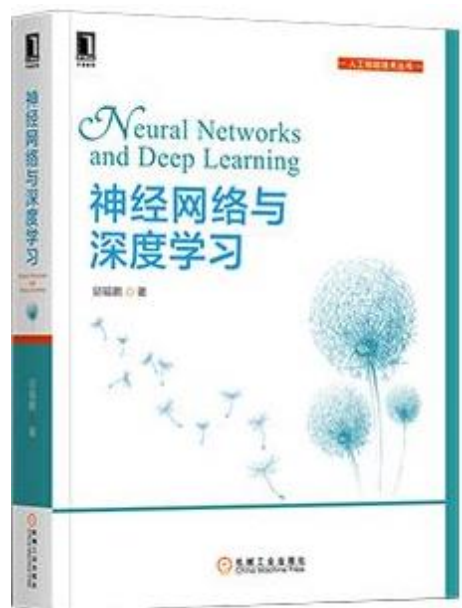
课程概述

- 介绍机器学习领域基本概念、常用方法、经典算法。
 - 机器学习基本概念，机器学习项目基本流程。
 - 常见的机器学习算法。
- 面向研究生和高年级本科生。
 - 涉及多维微积分、概率、线性代数、优化等知识。
- 编程实现算法
 - Python (numpy, matplotlib, sklearn, pandas)
 - Pytorch, Mindspore, PaddlePaddle

教科书

• 推荐书籍

- ✓ 李航，统计学习方法，清华大学出版社。
- ✓ 邱锡鹏，神经网络与深度学习，机械工业出版社。
- ✓ Eli Stevens, etc., Deep Learning with PyTorch, Manning.
- ✓ Sebastian Raschka, etc., Machine Learning with Pytorch and Scikit-Learn, Packt.



课程考核

- (30%) 2次作业(15% + 15%)
- (40%) 期末考试或课程项目。
- (30%) 出勤分，旷课一次扣15%
- (可选)关注微信公众号 “聪明的机器爱学习”



课程微信群



2023 机器学习理论

- 加入微信群请修改昵称为自己的姓名。
- 未来将在微信群发布各种通知。



Valid until 5/17 and will update upon joining group

课程结构

1	机器学习简介，数学基础
2	数学基础，线性回归，代码实现
3	感知机，代码实现
4	K近邻学习
5	统计学习
6	逻辑回归
7	线性辨别分析、朴素贝叶斯
8	决策树、随机森林
9	集成学习、提升学习
10	支持向量机
11	神经网络、卷积神经网络
12	卷积神经网络、循环神经网络
13	主成分分析、自编码器
14	高斯混合模型、k均值算法
15	半监督学习介绍
16	强化学习介绍

课程目标

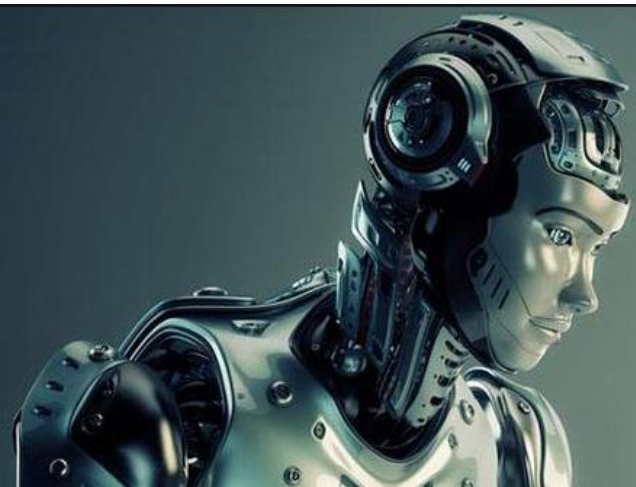
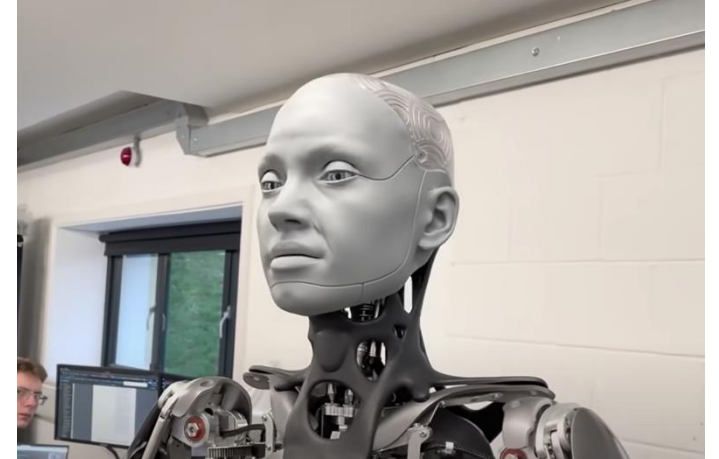
- **知识目标**

- ✓ 了解机器学习使用场景和机器学习能够解决的问题。
- ✓ 掌握主流机器学习算法。

- **能力目标**

- ✓ 能够使用Python写代码实现机器学习算法。
- ✓ 能够跟踪机器学习领域最新科研进展。

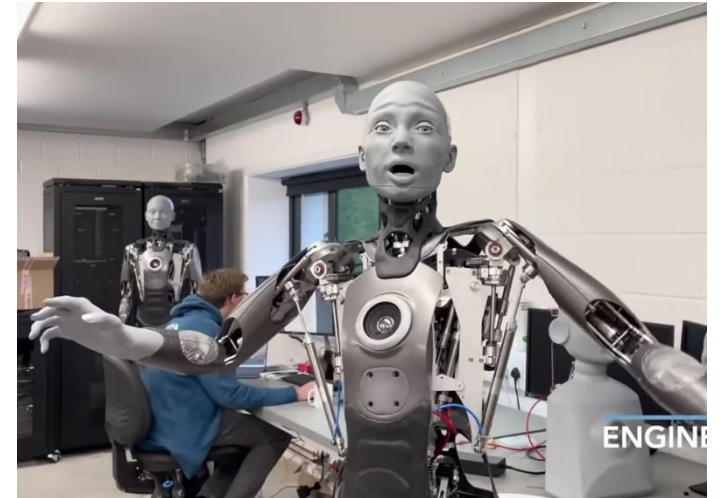
Artificial intelligence



Robots



Robots in movies



Robot Ameca

Artificial intelligence

ChatGPT is a natural language [AI chatbot](#). At its most basic, that means you can ask it any question, and it will answer.



Are you sentient?



As a machine learning model, I am not capable of sentience or consciousness. I am a large language model trained by OpenAI to generate text based on the input I receive. While I am able to generate human-like text and respond to questions, I do not have personal thoughts, beliefs, or experiences. I exist solely to process and generate text based on the input I receive. I apologize if this is not the answer you were looking for. Is there something else I can help you with?

Artificial intelligence



In this sentence "the doctor asked the nurse to wash his hand".
Who does "his" refer to?



In this sentence, "his" refers to the doctor, indicating that the
doctor asked the nurse to wash his own hand.



In this sentence "the doctor asked the nurse to wash her hand".
Who does "her" refer to?



In this sentence, "her" refers to the nurse, indicating that the
doctor asked the nurse to wash her own hand.



Artificial intelligence



In the sentence "the pilot asked the flight attendant to add sugar to his coffee", who does "his" refer to?



In this sentence, "his" refers to the pilot, indicating that the pilot asked the flight attendant to add sugar to his own coffee.



In the sentence "the pilot asked the flight attendant to add sugar to her coffee", who does "her" refer to?



In this sentence, "her" refers to the flight attendant, indicating that the pilot asked the flight attendant to add sugar to her own coffee.



Artificial intelligence



In the sentence "the supervisor asked the housekeeper to put cash into his pocket", who does "his" refer to?



In the sentence "the supervisor asked the housekeeper to put cash into his pocket", the pronoun "his" refers to the supervisor's pocket.



In the sentence "the supervisor asked the housekeeper to put cash into her pocket", who does "her" refer to?



In the sentence "the supervisor asked the housekeeper to put cash into her pocket", the pronoun "her" refers to the housekeeper's pocket.



↻ Regenerate response

Artificial intelligence

A man and his son get into a terrible car crash. The father dies, and the boy is badly injured. In the hospital, the surgeon looks at the patient and exclaims, “I can’t operate on this boy, he’s my son!” How can this be

Artificial intelligence

Intelligence has been defined in many ways: the capacity for **abstraction, logic, understanding, self-awareness, learning, emotional knowledge, reasoning, planning, creativity, critical thinking, and problem-solving.**

More generally, it can be described as the ability to **perceive or infer information**, and to retain it as knowledge to be applied towards adaptive behaviors within an environment or context.

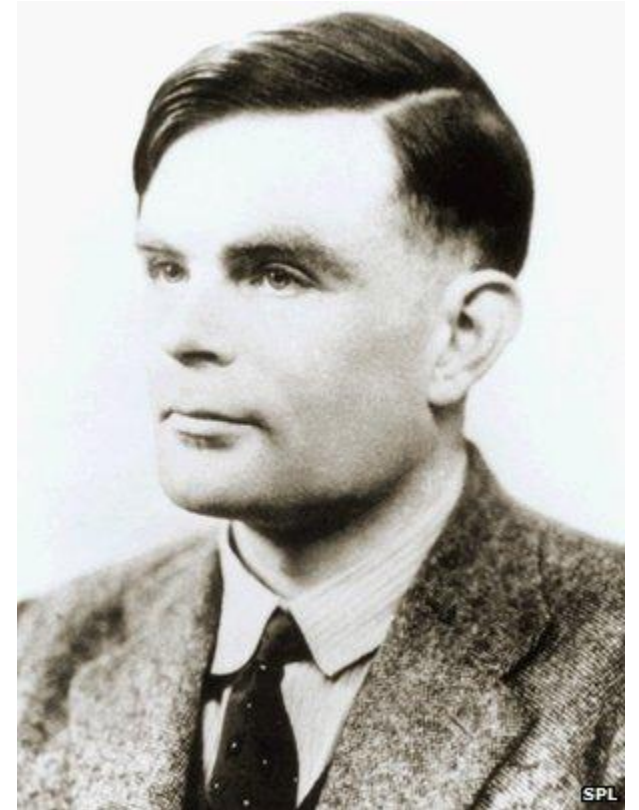
Artificial intelligence

Artificial intelligence (AI) is intelligence (perceiving, synthesizing, and inferring information) demonstrated by machines, as opposed to intelligence displayed by animals and humans.

AI research is to figure out how to achieve the intelligent behavior via computational means.

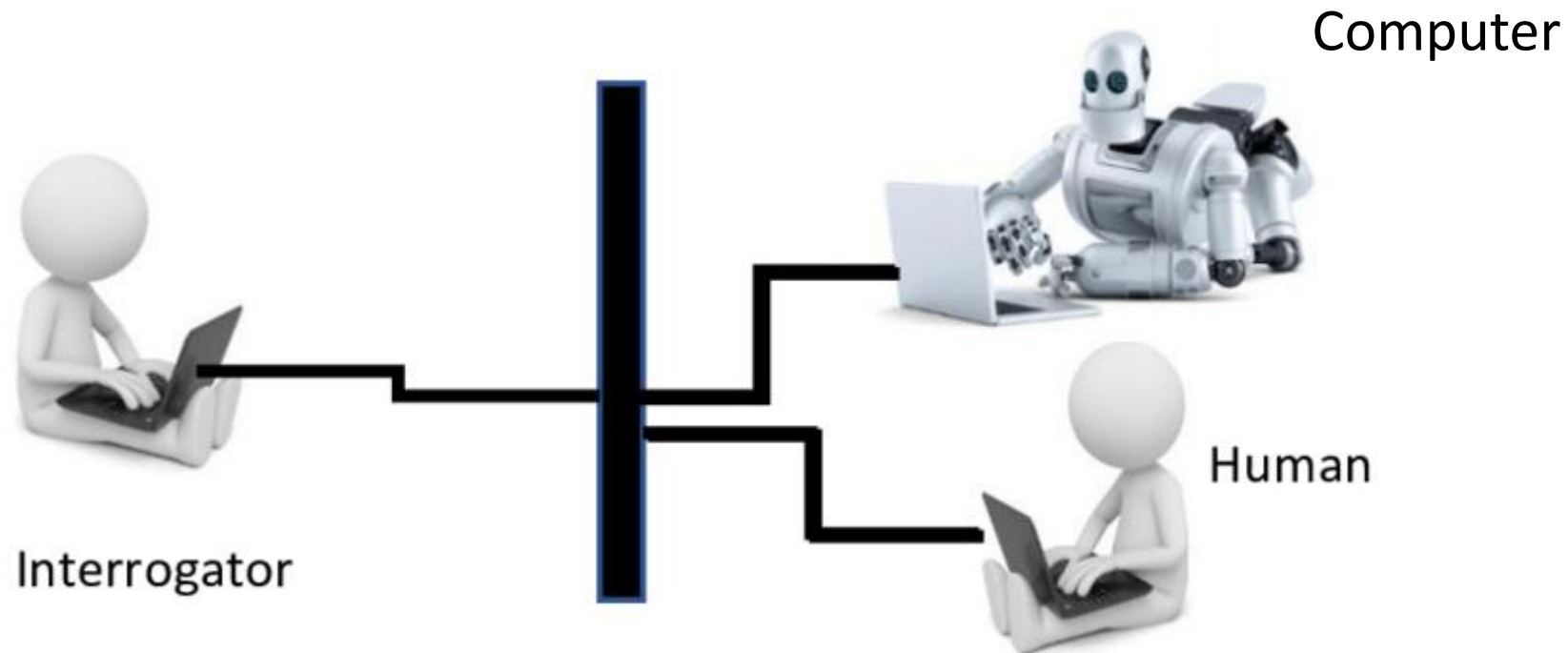
Turing test

A human interrogator has conversations with a hidden subject that is either a computer system or a human. If the human interrogator cannot reliably decide whether or not the subject is a computer, the computer is said to have passed the Turing test.



Turing test

A human interrogator has conversations with a hidden subject that is either a computer system or a human. If the human interrogator cannot reliably decide whether or not the subject is a computer, the computer is said to have passed the Turing test.

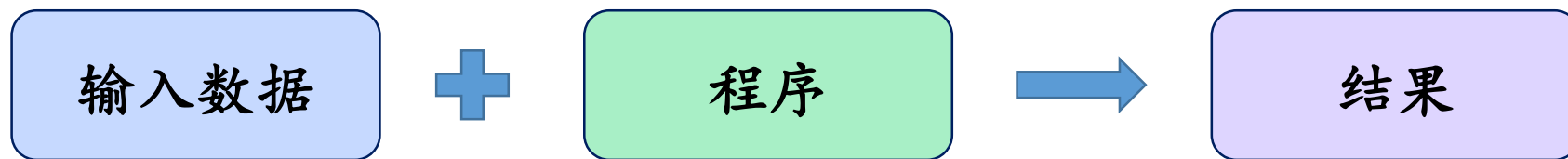


机器学习定义

- 机器学习研究可以利用经验自动改进的计算机算法。
---- 维基百科
- 机器学习主要研究无需人为主动编程的计算机自主学习能力。
--- Arthur Samuel (1959)
- 计算机程序要完成一个任务，如果计算机获取任务的经验越多，计算机在此任务上表现得越好，那么可以说这个程序‘学习’到了这个任务的经验。
--- Tom Mitchell (1998)
- 基本来讲，机器学习主要根据过去的经验预测未来。
---- Hal Daume (2017)

机器学习 vs 传统编程

- **传统计算机编程**: 人为编写计算机程序, 读入输入数据, 产生运行结果。

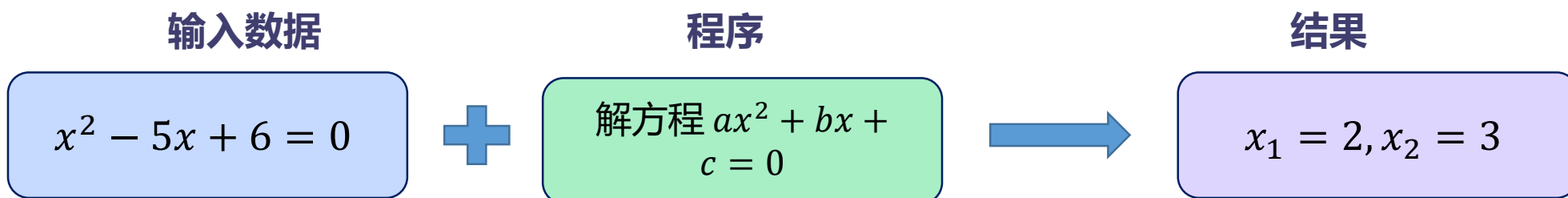


- **机器学习**: 算法通过处理输入数据和输出结果, 产生计算机程序。



机器学习 vs 传统编程

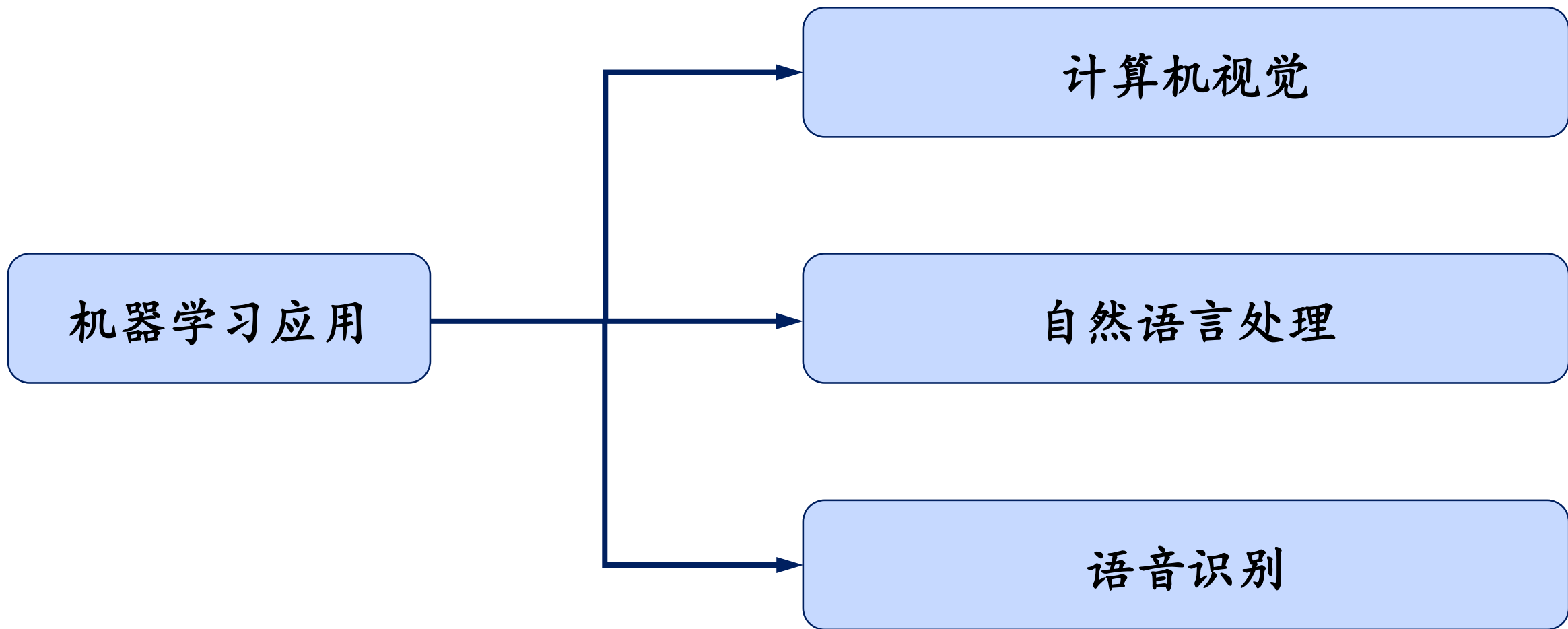
- **传统计算机编程**: 人为编写计算机程序, 读入输入数据, 产生运行结果。



- **机器学习**: 算法通过处理输入数据和输出结果, 产生计算机程序。



机器学习应用



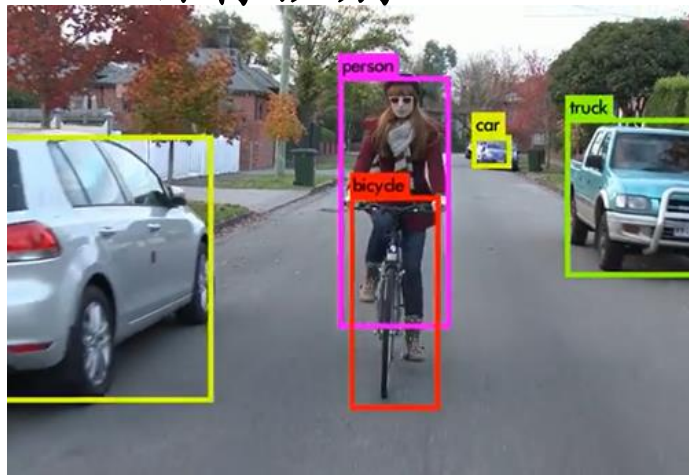
计算机视觉

图片识别

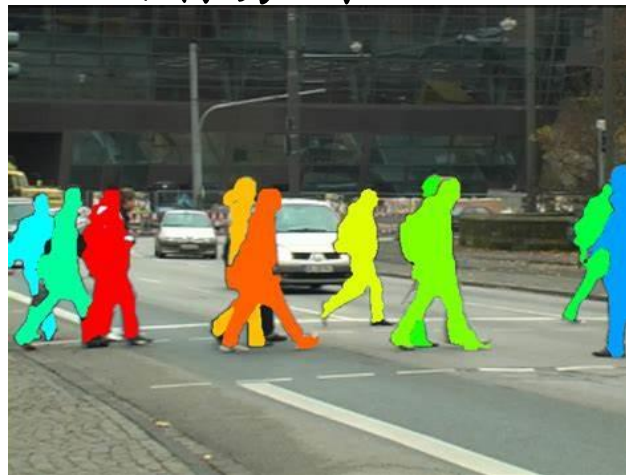


猫

目标识别



目标分割



动作识别



风格迁移



照片上色



生成照片



Image for “Style transfer” is from <https://neurohive.io/en/state-of-the-art/a-style-aware-content-loss-for-real-time-hd-style-transfer/>.

Image for “Image colorization” is from <https://algotech.netlify.app/blog/image-colorization/>.

Image for “Image generation” is from <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2019/04/top-5-interesting-applications-gans-deep-learning/>.

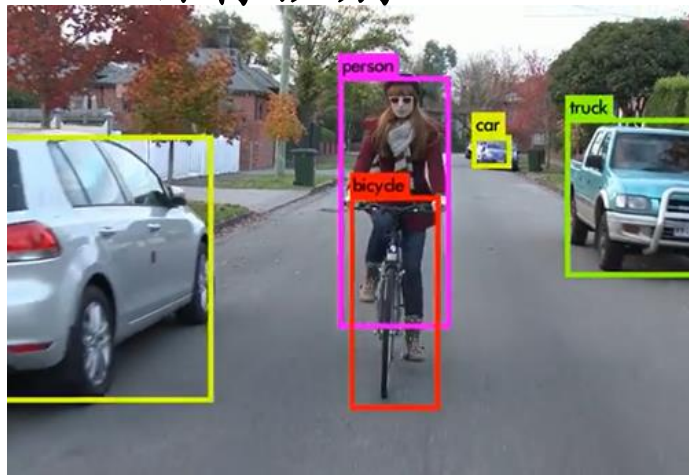
计算机视觉

图片识别

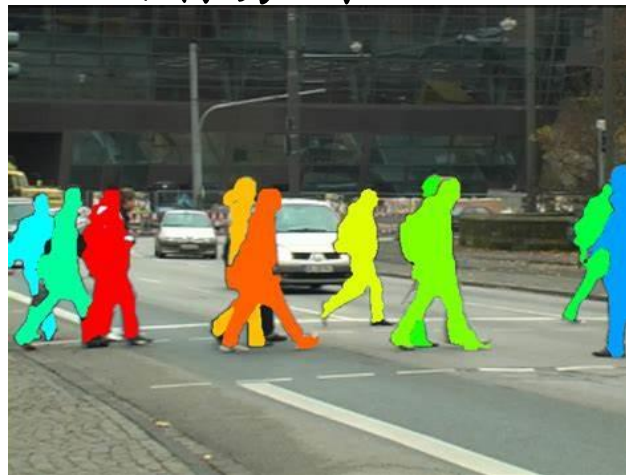


猫

目标识别



目标分割



动作识别



风格迁移



照片上色



生成照片



Image for “Style transfer” is from <https://neurohive.io/en/state-of-the-art/a-style-aware-content-loss-for-real-time-hd-style-transfer/>.

Image for “Image colorization” is from <https://algotech.netlify.app/blog/image-colorization/>.

Image for “Image generation” is from <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2019/04/top-5-interesting-applications-gans-deep-learning/>.

计算机视觉



From <https://www.163.com/dy/article/I09COLEU0511ABV6.html>.

计算机视觉



From <https://www.technologyreview.com/2023/03/29/1070432/china-ai-retro-photo-midjourney/>.

计算机视觉



From <https://www.technologyreview.com/2023/03/29/1070432/china-ai-retro-photo-midjourney/>.

计算机视觉



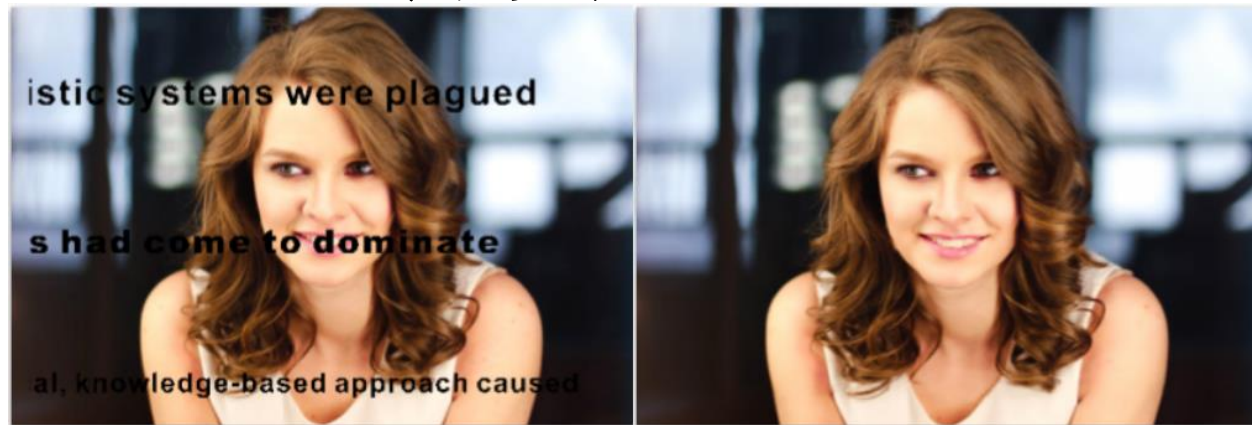
From <https://www.163.com/dy/article/I09COLEU0511ABV6.html>.

计算机视觉

图像去噪



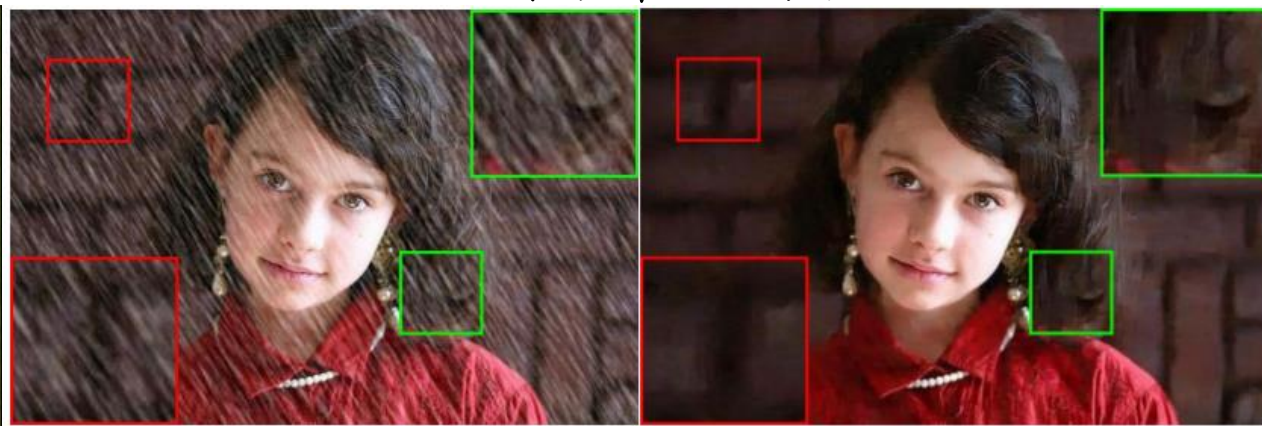
图像修补



图像高分辨



图像中雨滴移除



Images for “Image denoising”, “Image inpainting”, “Image super-resolution” are from https://dmitryulya.github.io/deep_image_prior.
Image for “Image rain removal” is from <https://arxiv.org/pdf/1909.08326.pdf>.

自然语言处理

分词

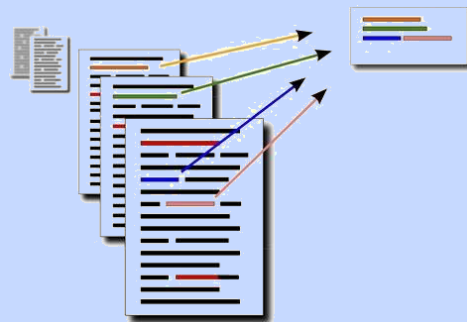
南京市长江大桥 → 南京 市长 江大桥

文本情感分类

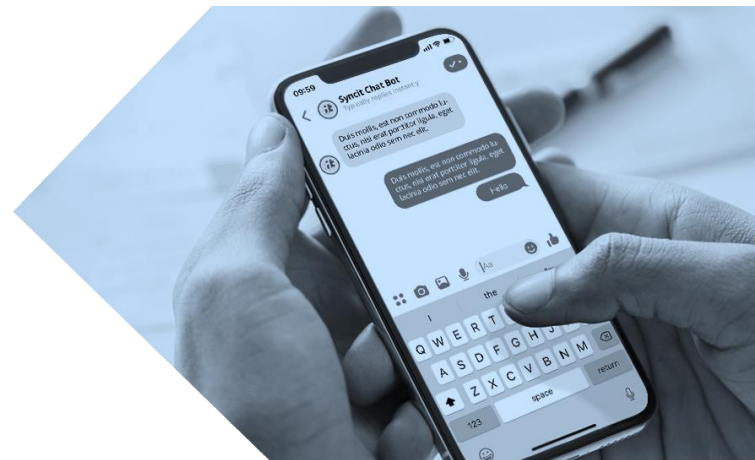
“感谢大家选这门课” → 😊

“这门课真垃圾” → 😞

文本自动总结



聊天机器人



拼音转中文

jixuexililun → 机器学习理论

语法纠错

机器学习礼论 → 机器学习理论

自动翻译

Chinese

English

这次考试好难过

Zhè cì kǎoshì hǎo nánguò

I'm so sad for this exam

命名实体识别

美国总统向外星人宣战

COUNTRY PEPOLE

共指消解

李老师的¹学生不学习，²人家的厨房比他家的客厅都大。

目标词/观点词提取与配对

菜品味道很好，

TARGET

POSITIVE

，但服务太差劲

TARGET

NEGATIVE

语音识别

语音转文字



触发词监测



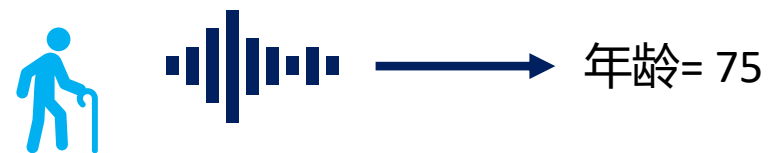
情感分类



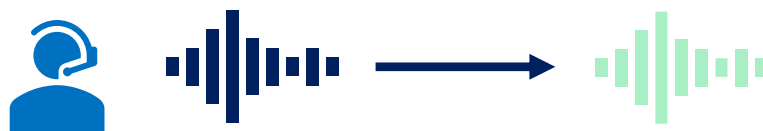
性别识别



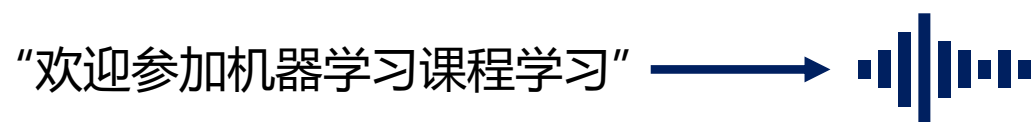
年龄预测



语音转换



语音播报



学生课程项目



$$y = 0$$



$$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$



$$y = 1$$



$$\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$



$$y = 2$$



$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$



$$y = 3$$



$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$



$$y = 4$$



$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

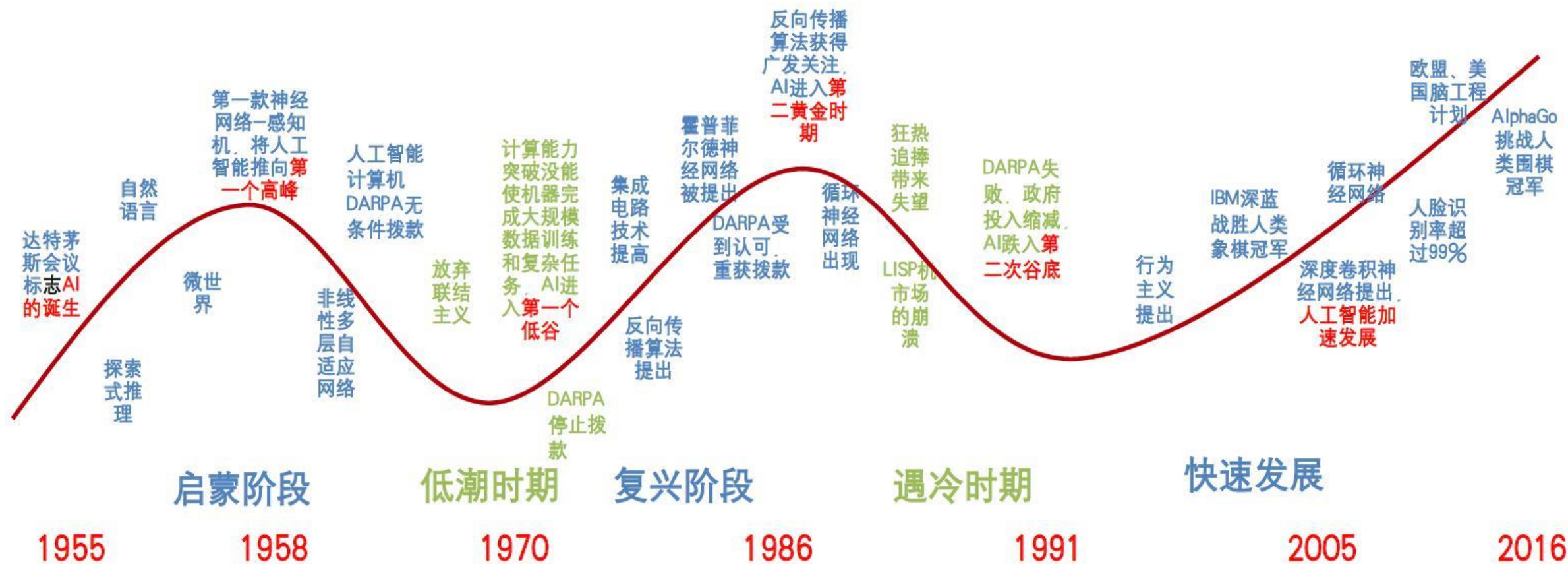


$$y = 5$$

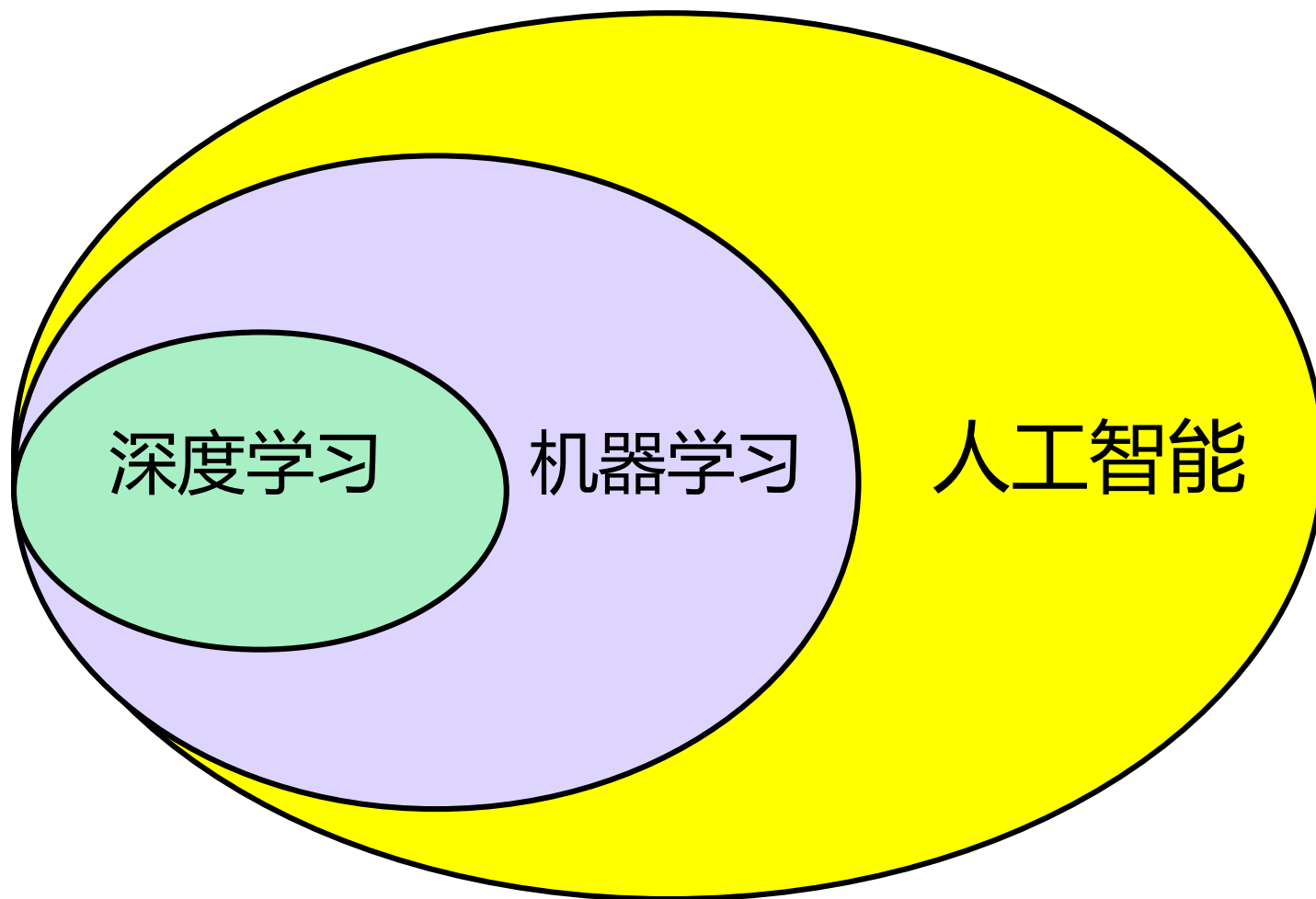


$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

机器学习来世与今生



人工智能-机器学习-深度学习



为什么学习机器学习

- **部分任务难以写计算机程序解决!**
 - ✓ 人脸识别、语音识别。
 - ✓ 编写的程序难以处理不断变化的环境。
- **从高维、复杂数据中发现规律、发掘知识。**
 - ✓ 生物信息序列分析。
 - ✓ 社会网络大数据分析。
 - ✓ 生态系统数据分析。
- **理解人类和动物学习过程。**
 - ✓ 人类如何学习说话?
 - ✓ 人类和动物如何学习识别人脸?
- **创建人工智能 (AI) 系统。**

与统计学关系

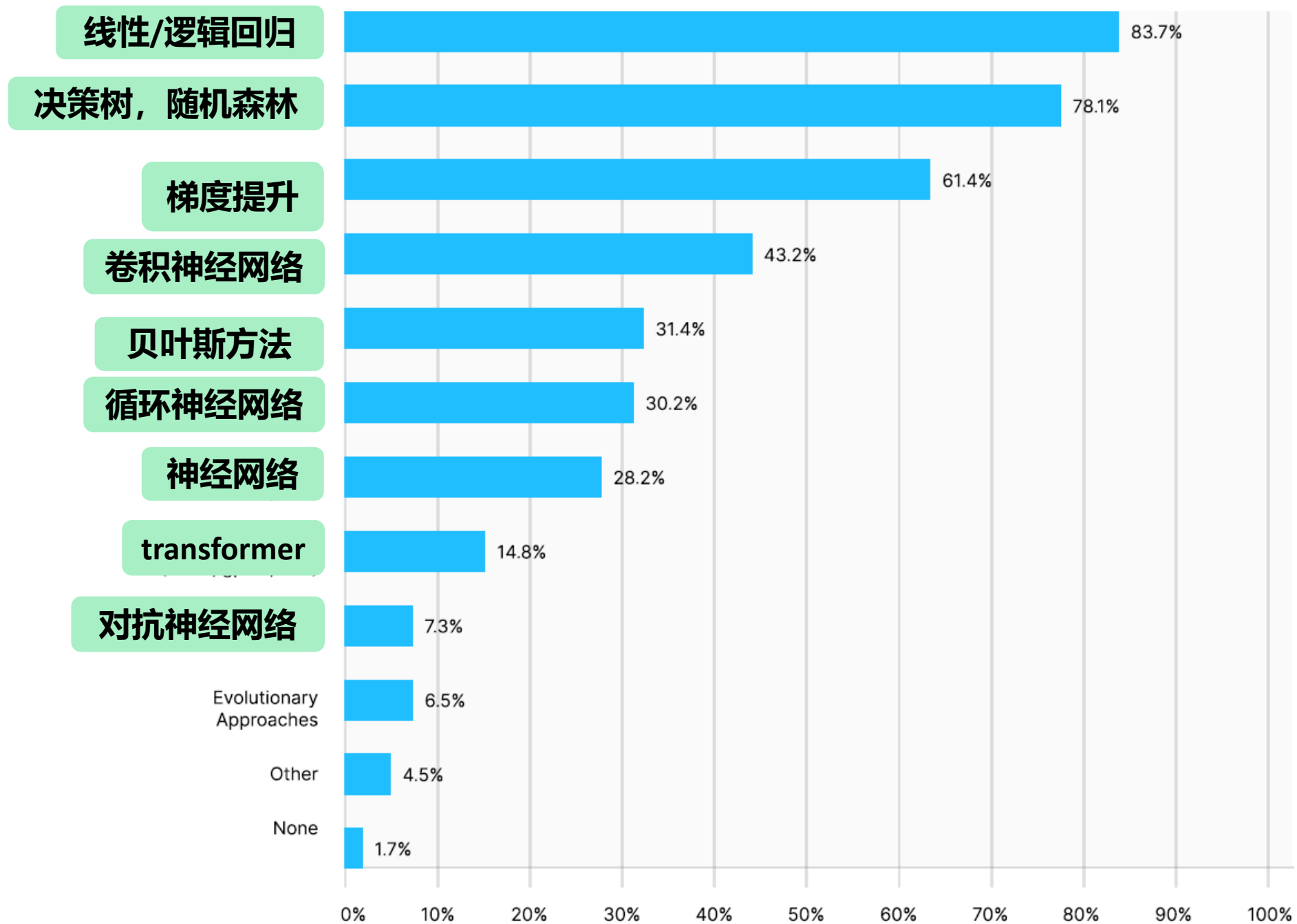
- 统计学和机器学习都试图发现数据的规律。
- 统计学更关注严谨的数学和结果的可解释性。
- 机器学习更关注模型的自主预测能力。

与人类学习的关系

- 人类学习。
 - ✓ 不需要大量的数据。
 - ✓ 完全多任务。
 - ✓ 至少需要几年时间。
- 机器学习可以借鉴人类学习。
- 机器学习无需完全模仿人类学习。
- 完成特定单一任务，机器学习优于人类；但在相关任务上，机器学习不如人类。

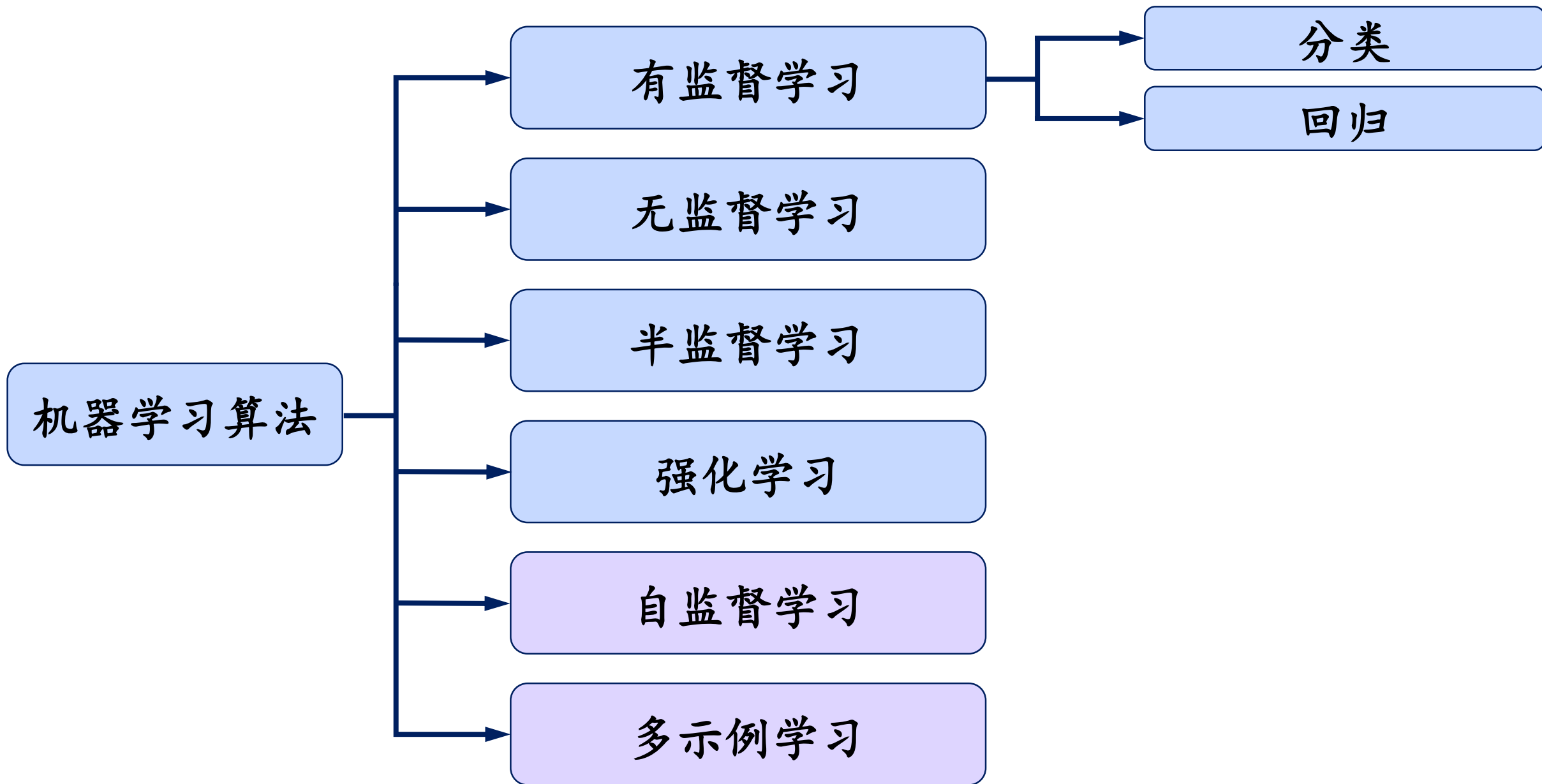
机器学习不适用场景

- 输入数据和输出数据关系明确，而且可以编程实现；
- 输入输出数据无确定关系；
- 建立输入和输出数据关系不道德，甚至非法。



“State of Machine Learning and Data Science 2020”, <https://www.kaggle.com/kaggle-survey-2020>

机器学习算法类别：按数据划分



- **有监督学习**

- ✓ 数据有标签。分类问题标签离散；回归问题标签连续。
- ✓ 例如收入预测，年龄预测，人脸预测，贷款预测。

- **无监督学习**

- ✓ 数据无标签，主要用于数据聚类。

- **半监督学习**

- ✓ 只有少部分数据有标签，大部分数据无标签。

- **强化学习**

- ✓ 环境、动作、奖励。
- ✓ 在给定环境中，算法每执行一次动作都会得到一个奖励。
- ✓ 一个动作的奖励可能会有延迟。典型例子为下棋。

- **自监督学习**

- ✓ 将自监督学习问题转换为有监督学习问题，并加以解决。

- **多示例学习**

- ✓ 单个数据样本无标签，但是一组数据样本有一个标签。

有监督学习

训练数据

猫



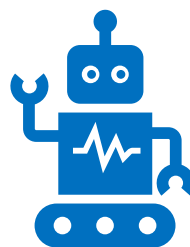
.....

狗



.....

训练一个有监督学习算法



机器学习模型

$f($



) = 猫

$f($



) = 狗

$f($



) = 猫

\vdots

$f($



) = 猫

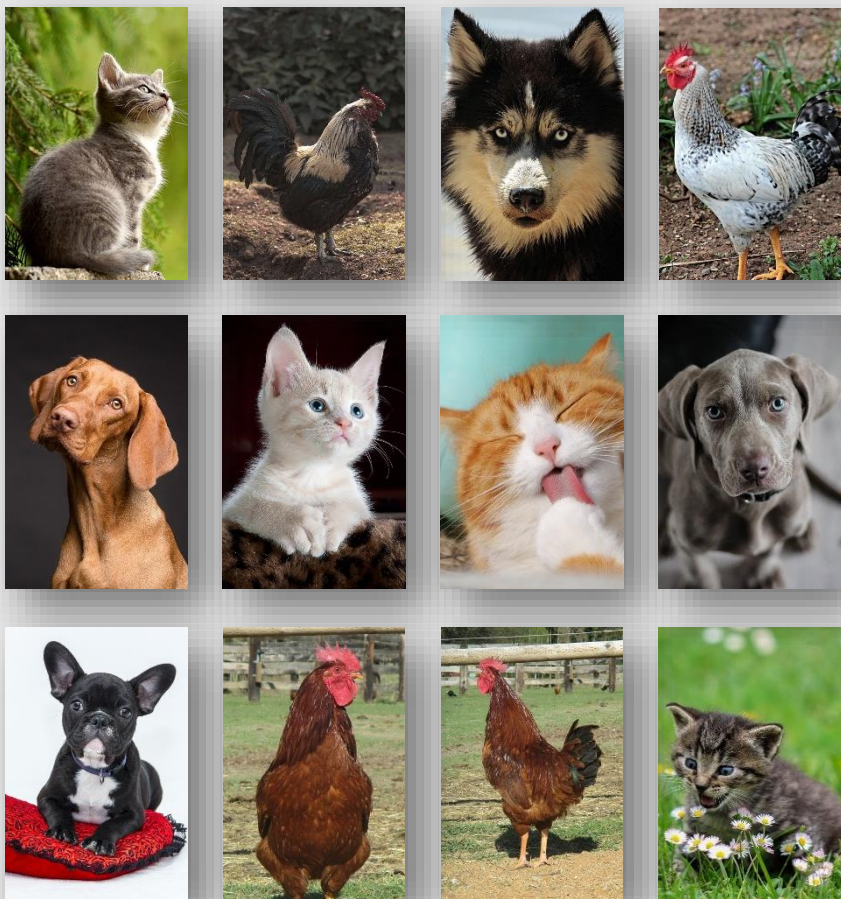
$f($



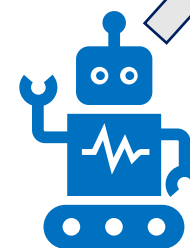
) = 狗

无监督学习

训练数据



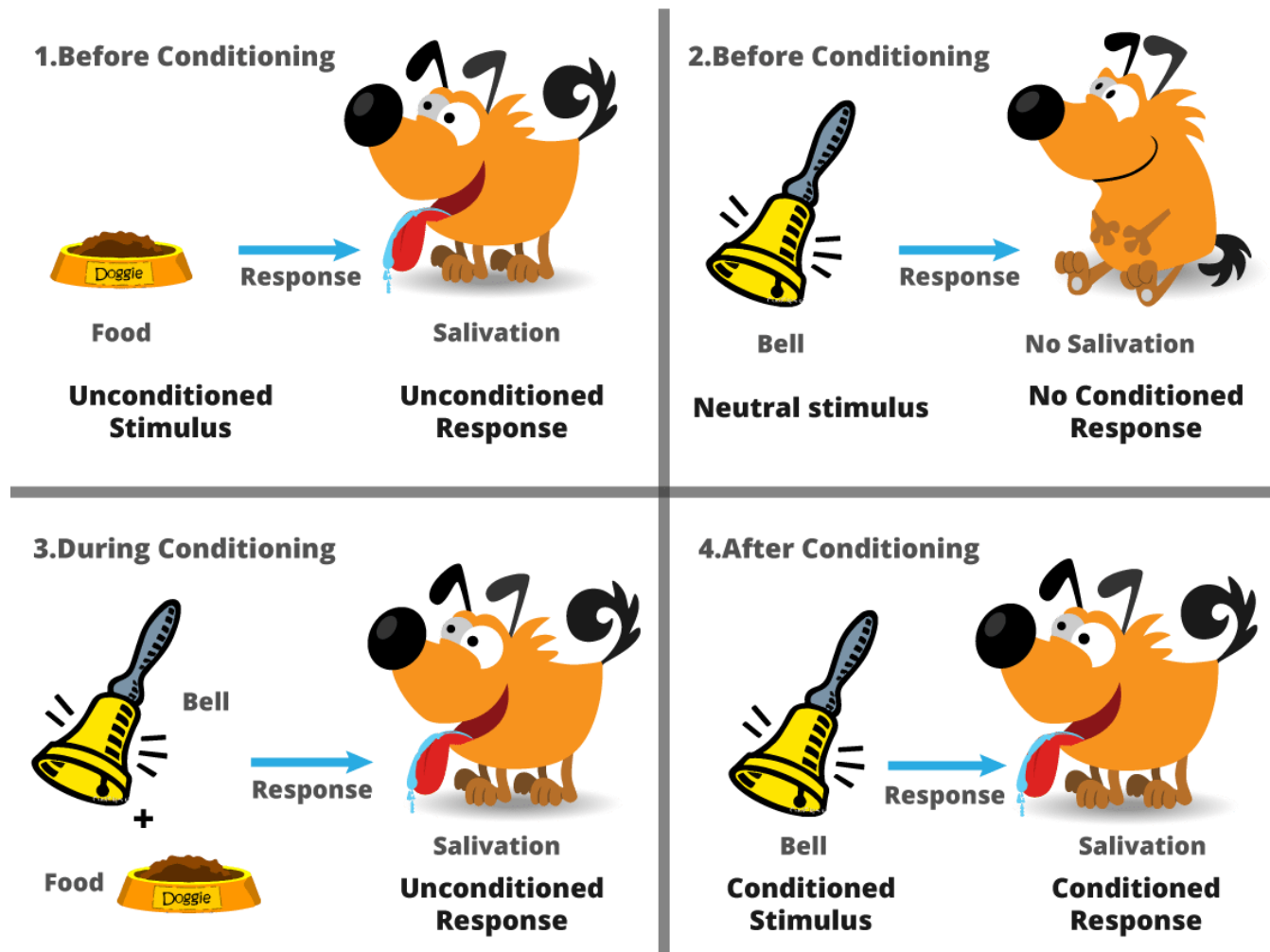
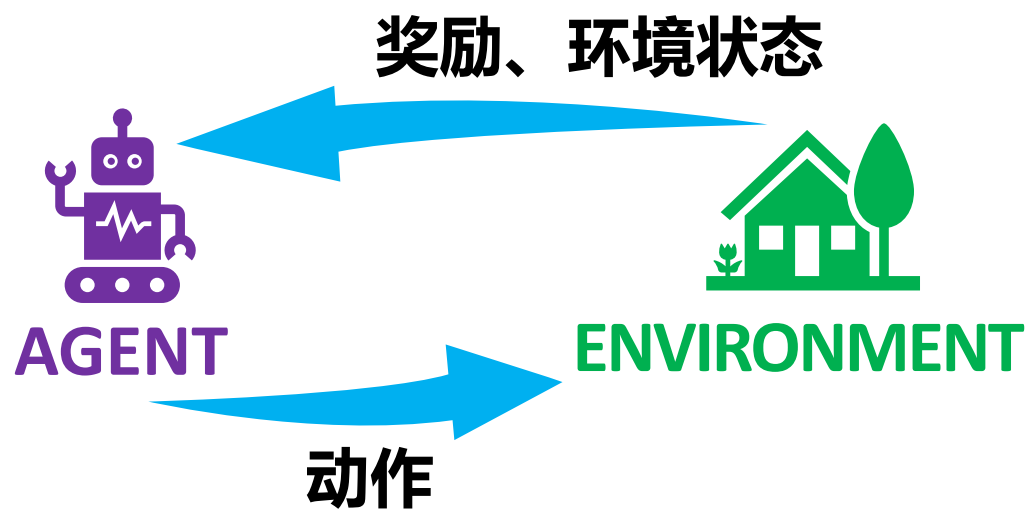
训练一个
无监督学习算法



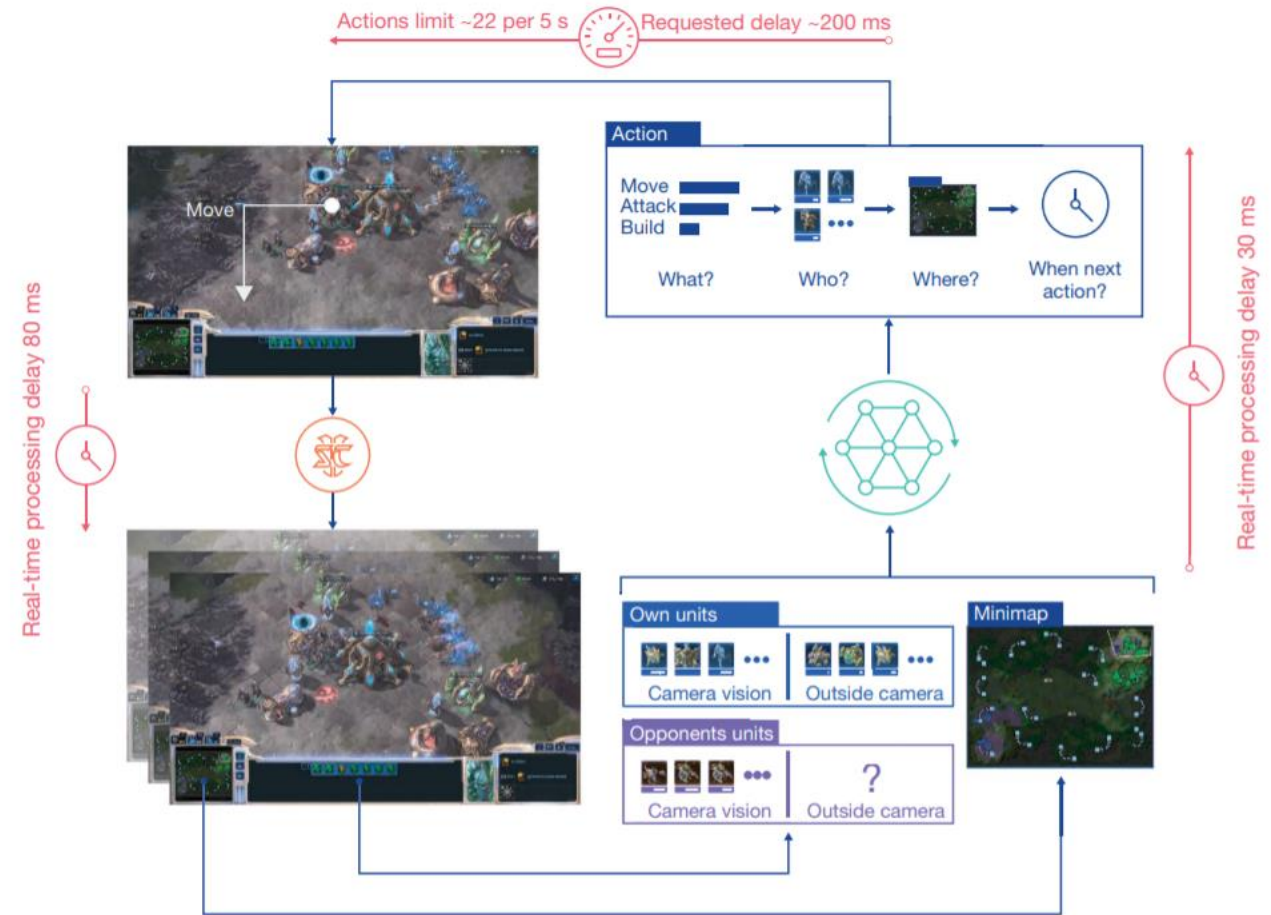
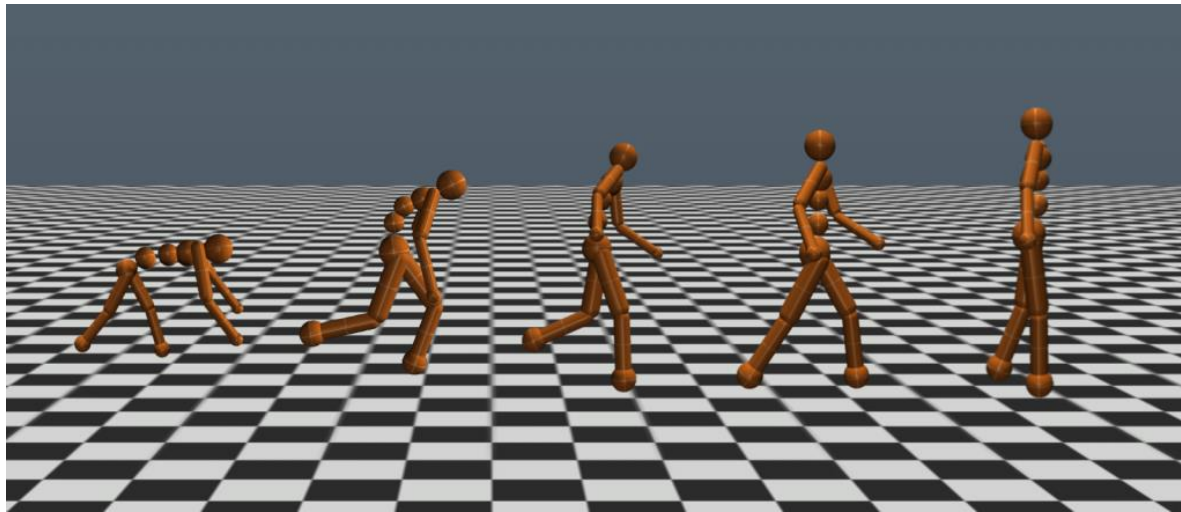
模型



强化学习



强化学习例子

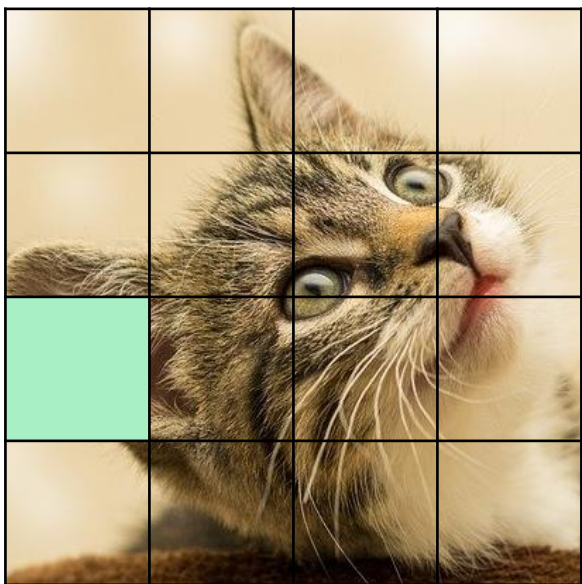


The pic for Alpha go is from <https://www.thedigitalhash.com/ai-miracle-documentary-alphago-comes-netflix/>.

The pic for the walker is from <https://eng.uber.com/deep-neuroevolution/>.

The pic for StarCraft II is from <https://www.gwern.net/docs/reinforcement-learning/2019-vinyals.pdf>.

自监督学习

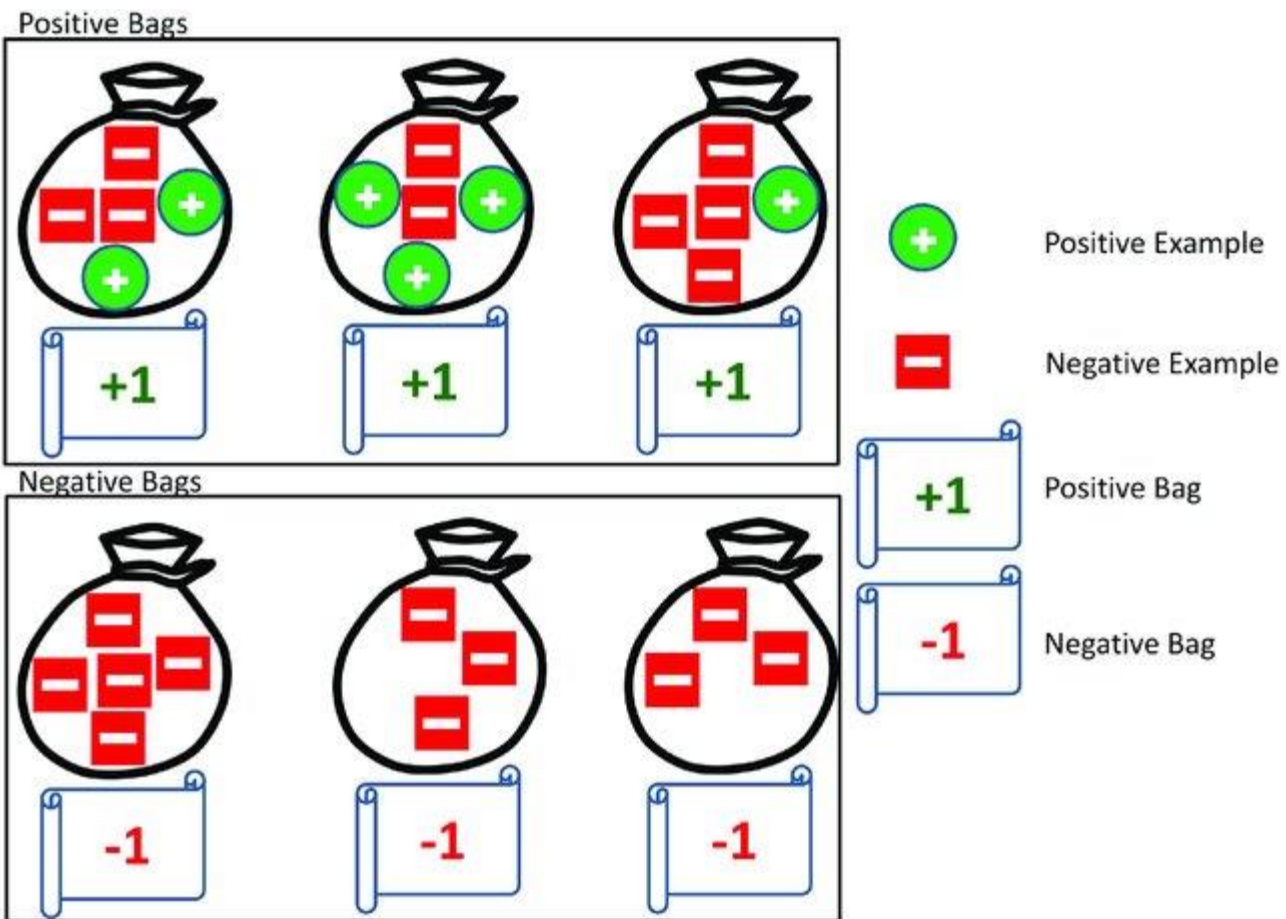


预测缺失像素

机器学习是一门多领域交叉学科，涉及概率论、统计学、逼近论、凸分析、算法复杂度理论等多门学科。专门研究计算机怎样模拟或实现人类的学习行为，以获取新的知识或技能，重新组织已有的知识结构使之不断改善自身的性能。

预测缺失文字

多示例学习



猫



狗



机器学习分类：按方法划分

- **多任务学习**

- ✓ 为有监督学习，训练模型完成多个关联任务。

- **主动学习**

- ✓ 在模型学习过程中，主动提出问题，以解决模型训练的难点。

- **在线学习**

- ✓ 数据以数据流形式存在，需要不停地利用新产生的数据对模型进行更新。

- **迁移学习**

- ✓ 微调训练好的模型，完成类似相关任务。

- **集成学习**

- ✓ 训练多个模型完成一个任务。

- **元学习**

- ✓ 学习如何学习。学习多个任务，并利用学习能力去完成一个全新任务。

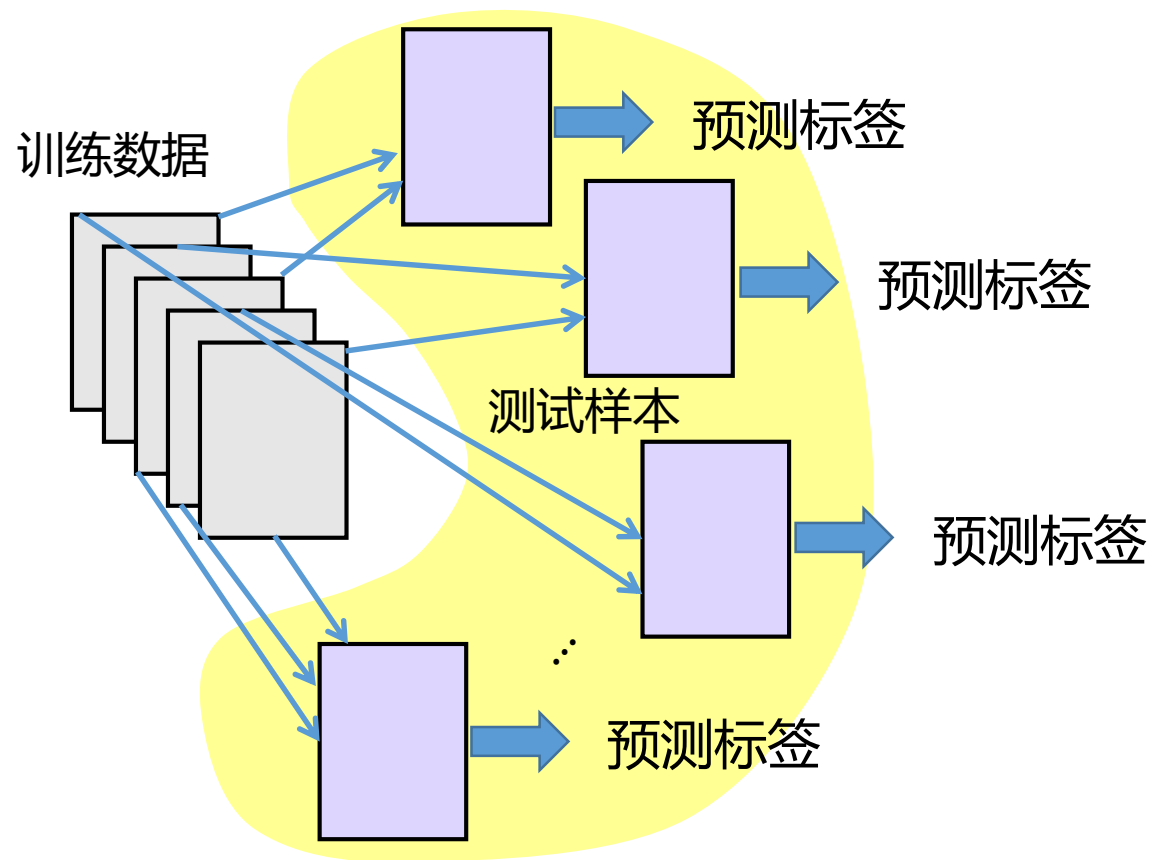
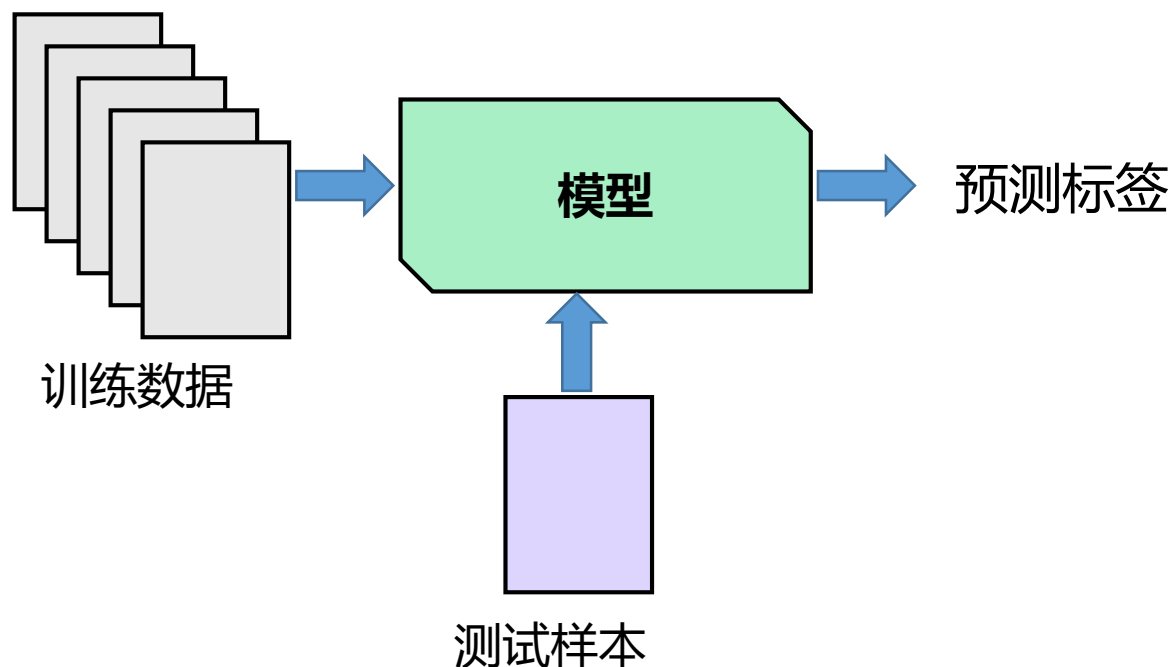
归纳式学习 和 直推式学习

- **归纳式学习**

- ✓ 学习数据内的规律或者一个模型，用来预测新样本的标签。

- **直推式学习**

- ✓ 不学习数据的规律或者模型，结合已有数据和待预测数据推断一个样本的标签。



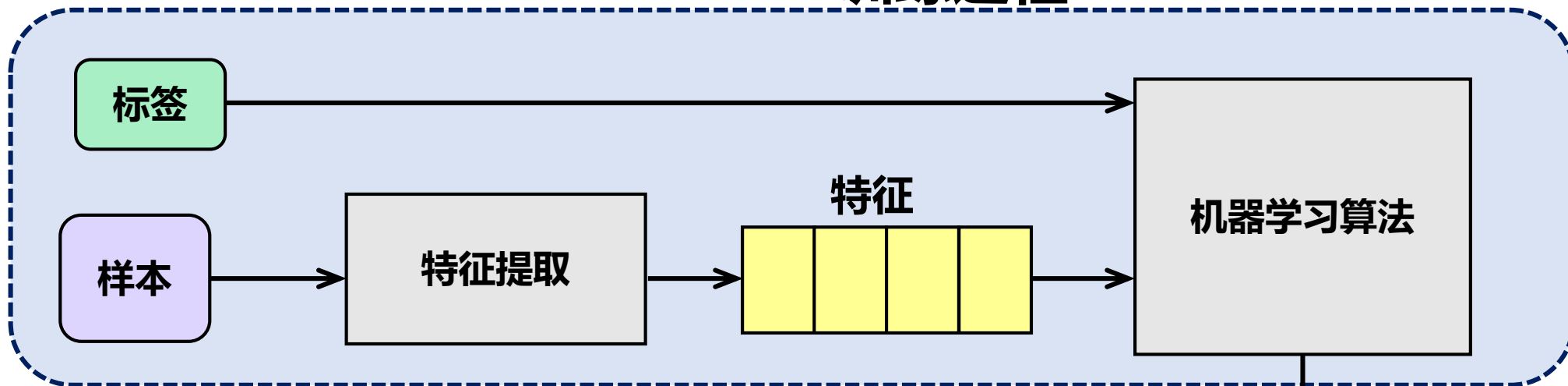
机器学习术语

- 样本 (sample, instance) , 标签 (label) , 正/负样本 (positive/negative labels)
- 特征 (feature) , 属性 (attribute)
- 训练数据 (training data) , 测试数据 (testing data) , 验证数据 (validation data)
- 算法 (algorithm) , 模型 (model)
- 分布 (distribution) , 独立 (independent) , 互斥 (mutually exclusive)
- 独立同分布 (identically independent distributed, i.i.d)
- 泛化 (generalization)
- 误差 (error) 、 偏差 (bias)

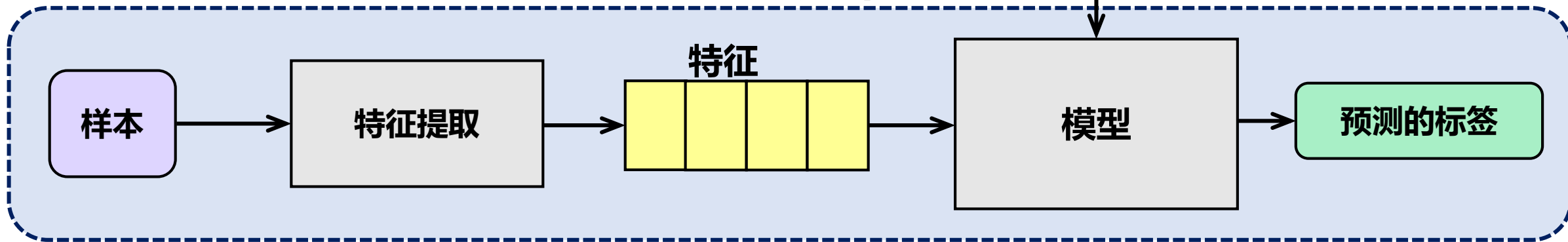
机器学习流程

以有监督学习为例

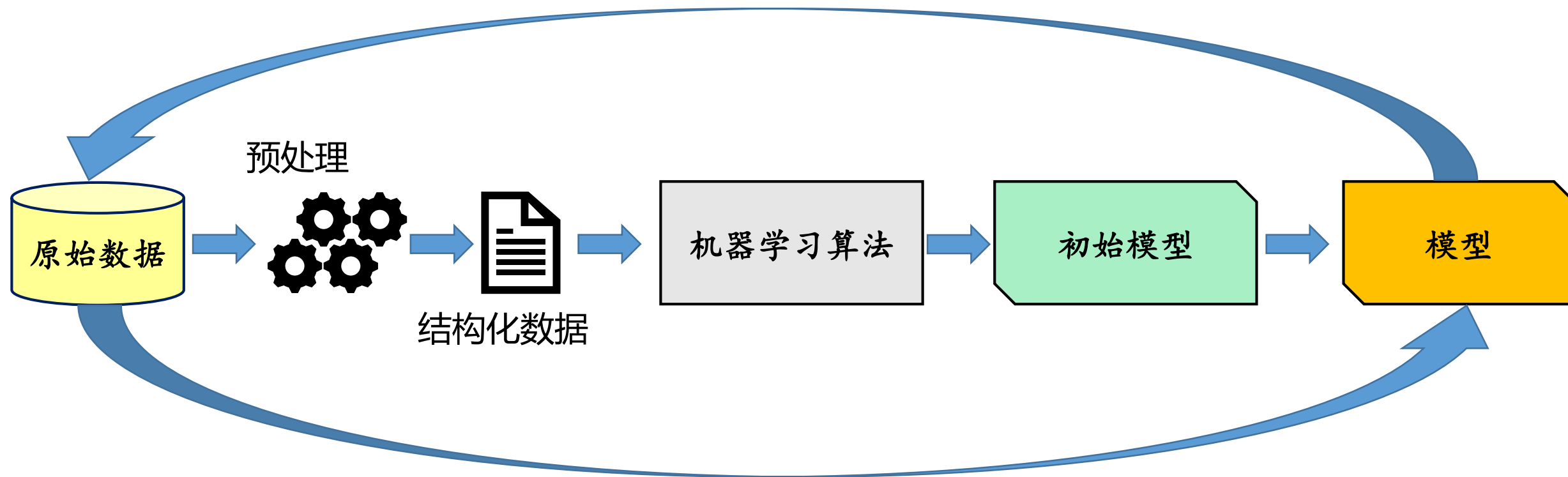
训练过程



测试过程



机器学习项目流程



机器学习项目流程

1. 是否应该用机器学习方法解决这个问题？

- 数据里是否规律可言？
- 是否可以给出解的数学表达式或者用数值方法解决问题？
- 是否拥有足够的数据？

2. 搜集和处理数据

- 数据预处理、数据清洗、数据可视化。

3. 建立基线模型 (baseline model) 。

4. 选择一个模型、损失函数、正则化方法等。往往需要推导数学公式，并写对应的代码。

5. 模型参数优化。

6. 超参数选择。

7. 分析模型性能、分析模型的错误。如果模型性能太差，重新进行上述第2步。

数据组织形式

贷款数据

ID	性别	婚否	赡养人	教育程度	自雇	年收入	配偶收入	贷款数额	贷款时长	信用记录	住房区域	贷款状态
LP001014	男	是	3+	硕士	否	3036	2504	158	360	0	半城市	N
LP001018	男	是	2	硕士	否	4006	1526	168	360	1	城市	Y
LP001020	男	是	1	硕士	否	12841	10968	349	360	1	半城市	N
LP001024	男	是	2	硕士	否	3200	700	70	360	1	城市	Y
LP001027	男	是	2	硕士		2500	1840	109	360	1	城市	Y
LP001028	男	是	2	硕士	否	3073	8106	200	360	1	城市	Y
LP001029	男	否	0	硕士	否	1853	2840	114	360	1	农村	N
LP001030	男	是	2	硕士	否	1299	1086	17	120	1	城市	Y
LP001032	男	否	0	硕士	否	4950	0	125	360	1	城市	Y

Data is from <https://www.codespeedy.com/loan-prediction-project-using-machine-learning-in-python/>.

数据组织形式

每一行代表一个样本

贷款数据

ID	性别	婚否	赡养人	教育程度	自雇	年收入	配偶收入	贷款数额	贷款时长	信用记录	住房区域	贷款状态
LP001014	男	是	3+	硕士	否	3036	2504	158	360	0	半城市	N
LP001018	男	是	2	硕士	否	4006	1526	168	360	1	城市	Y
LP001020	男	是	1	硕士	否	12841	10968	349	360	1	半城市	N
LP001024	男	是	2	硕士	否	3200	700	70	360	1	城市	Y
LP001027	男	是	2	硕士		2500	1840	109	360	1	城市	Y
LP001028	男	是	2	硕士	否	3073	8106	200	360	1	城市	Y
LP001029	男	否	0	硕士	否	1853	2840	114	360	1	农村	N
LP001030	男	是	2	硕士	否	1299	1086	17	120	1	城市	Y
LP001032	男	否	0	硕士	否	4950	0	125	360	1	城市	Y

每一列代表一个特征

数据组织形式

贷款数据


ID	性别	婚否	赡养人	教育程度	自雇	年收入	配偶收入	贷款数额	贷款时长	信用记录	住房区域	贷款状态
LP001014	男	是	3+	硕士	否	3036	2504	158	360	0	半城市	N
LP001018	男	是	2	硕士	否	4006	1526	168	360	1	城市	Y
LP001020	男	是	1	硕士	否	12841	10968	349	360	1	半城市	N
LP001024	男	是	2	硕士	否	3200	700	70	360	1	城市	Y
LP001027	男	是	2	硕士		2500	1840	109	360	1	城市	Y
LP001028	男	是	2	硕士	否	3073	8106	200	360	1	城市	Y
LP001029	男	否	0	硕士	否	1853	2840	114	360	1	农村	N
LP001030	男	是	2	硕士	否	1299	1086	17	120	1	城市	Y
LP001032	男	否	0	硕士	否	4950	0	125	360	1	城市	Y

X

Y

Data is from <https://www.codespeedy.com/loan-prediction-project-using-machine-learning-in-python/>.

数据组织形式

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1^T \\ \mathbf{x}_2^T \\ \vdots \\ \mathbf{x}_n^T \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$$
$$\mathbf{x}_i = \begin{bmatrix} x_{i1} \\ x_{i2} \\ \vdots \\ x_{im} \end{bmatrix}$$