



温州大學
WENZHOU UNIVERSITY

深度学习-引言

黄海广 副教授

2023年03月

- 01** 深度学习概述
- 02** 神经网络的基础
- 03** 深度学习的背景知识
- 04** 深度学习的开发流程

1. 深度学习概述

3

01 深度学习概述

02 神经网络的基础

03 深度学习的背景知识

04 深度学习的开发流程

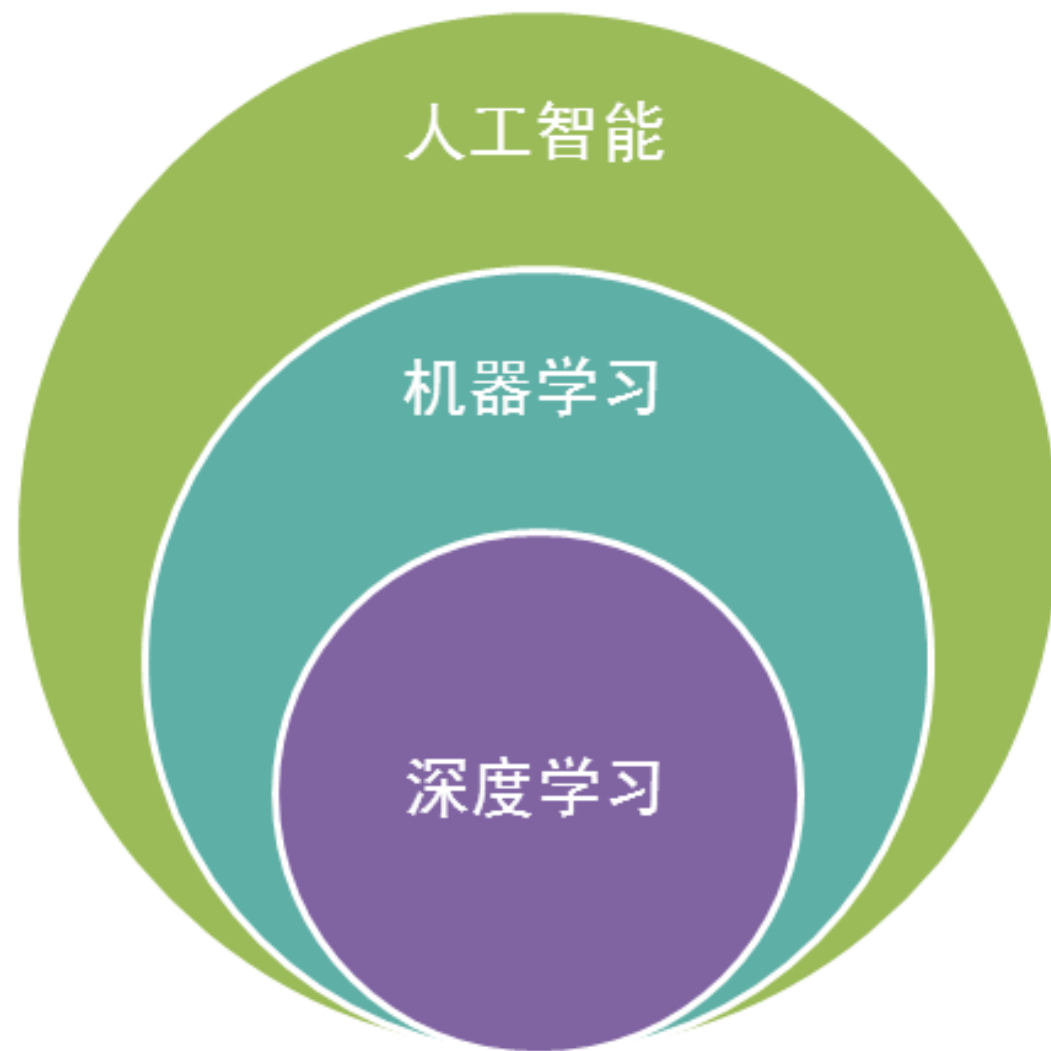
深度学习与机器学习、人工智能的关系

4

人工智能： 机器展现的人类智能

机器学习： 计算机利用已有的数据(经验)，得出了某种模型，并利用此模型预测未来的一种方法。

深度学习： 实现机器学习的一种技术



深度学习界的执牛耳者

5



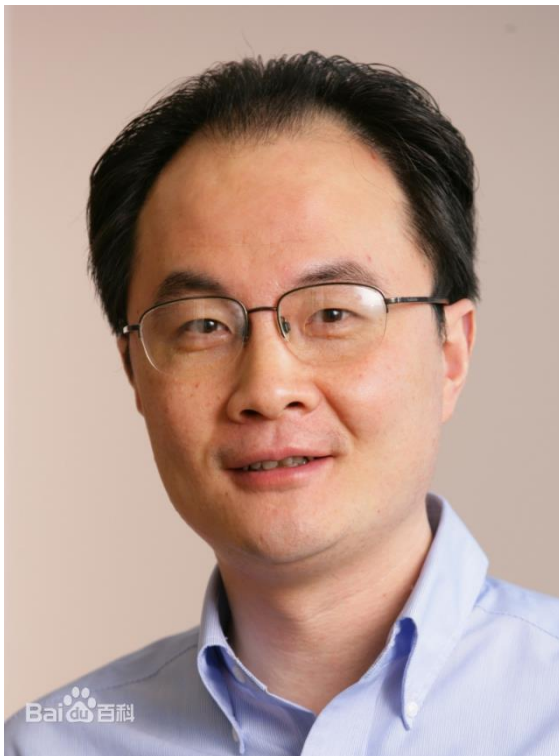
杨立昆 (Yann LeCun)
杰弗里·欣顿 (Geoffrey Hinton)
本吉奥 (Bengio)
共同获得了2018年计算机科学的最高奖项
——**ACM图灵奖**。



Andrew Ng
中文名**吴恩达**，斯坦福大学副教授，前“百度大脑”的负责人与百度首席科学家。

国内泰斗

6



李航, 现任字节跳动科技有限公司人工智能实验室总监, 北京大学、南京大学客座教授, IEEE 会士, ACM 杰出科学家, CCF 高级会员。
代表作: 《统计学习方法》



周志华, 南京大学计算机科学与技术系主任、人工智能学院院长。
代表作: 《机器学习》(西瓜书)

人工智能界的青年才俊

7



陈天奇,陈天奇是机器学习领域著名的青年华人学者之一，本科毕业于上海交通大学ACM班，博士毕业于华盛顿大学计算机系。
主要贡献：设计了XGBoost算法。



何恺明，本科就读于清华大学，博士毕业于香港中文大学多媒体实验室。2016年，加入Facebook AI Research (FAIR) 担任研究科学家。
主要贡献：设计了ResNets

国内外知名人工智能企业榜单

8

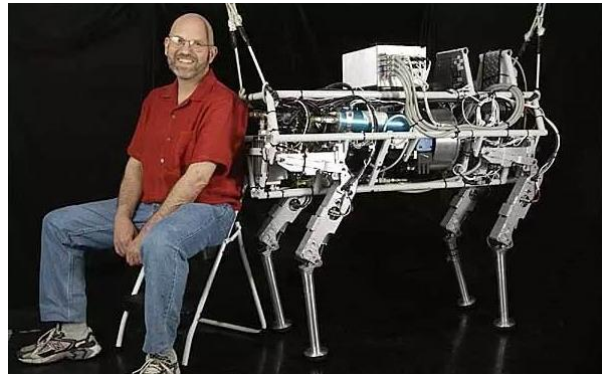
编码	企业名称	人工智能技术	应用领域	所属国家	成立时间	资本市场状态	市值/估值/融资额
1	Microsoft（微软）	计算机视觉技术、自然语言处理技术等	办公	美国	1975年	上市	市值1.21万亿美元
2	Google（谷歌）	计算机视觉技术、自然语言处理技术等	综合	美国	1998年	上市	市值9324亿美元
3	Facebook（脸书）	人脸识别、深度学习等	社交	美国	2004年	上市	市值5934亿美元
4	百度	计算机视觉技术、自然语言处理技术、知识图谱等	综合	中国	2001年	上市	市值438亿美元
5	大疆创新	图像识别技术、智能引擎技术等	无人机	中国	2006年	战略融资	估值210亿美元
6	商汤科技	计算机视觉技术、深度学习	安防	中国	2014年	D轮融资	估值70亿美元
7	旷视科技	计算机视觉技术等	安防	中国	2011年	D轮融资	估值40亿美元
8	科大讯飞	智能语音技术	综合	中国	1999年	上市	市值108亿美元
9	Automation Anywhere	自然语言处理技术、非结构化数据认知	企业管理	美国	2003年	B轮融资	估值68亿美元
10	IBM Watson（IBM沃森）	深度学习、智适应学习技术	计算机	美国	1911年	上市	市值1198亿美元
11	松鼠AI 1对1	智适应学习技术、机器学习	教育	中国	2015年	A轮融资	估值11亿美元
12	字节跳动	跨媒体分析推理技术、深度学习、自然语言处理、图像识别	资讯	中国	2012年	Pre-IPO轮融资	估值750亿美元
13	Netflix（网飞）	视频图像优化、剧集封面图片个性化、视频个性化推荐	媒体及内容	美国	1997年	上市	市值1418亿美元
14	Graphcore	智能芯片技术、机器学习	芯片	英国	2016年	D轮融资	估值17亿美元
15	NVIDIA（英伟达）	智能芯片技术	芯片	美国	1993年	上市	市值1450亿美元
16	Brainco	脑机接口	教育、医疗、智能硬件	美国	2015年	天使轮融资	融资额600万美元
17	Waymo	自动驾驶	交通	美国	2016年	C轮融资	估值1050亿美元
18	ABB Robotics	机器人及自动化技术	机器人	瑞士	1988年	上市	市值514亿美元
19	Fanuc（发那科）	机器人技术	制造	日本	1956年	上市	市值362亿美元
20	Preferred Networks	深度学习、机器学习技术	物联网	日本	2016年	C轮融资	估值20亿美元

不同视角的深度学习

9



不同行业的人以为我做的事情



父母以为我做的事情



朋友以为我做的事情

$$\frac{\partial}{\partial w} L(w, b, \alpha) = w - \sum \alpha_i y_i x_i = 0, \quad w = \sum \alpha_i y_i x_i$$
$$\frac{\partial}{\partial b} L(w, b, \alpha) = \sum \alpha_i y_i = 0$$

代入 $L(w, b, \alpha)$

$$\begin{aligned} \min L(w, b, \alpha) &= \frac{1}{2} \|w\|^2 + \sum_{i=1}^m \alpha_i (-y_i (w^T x_i + b) + 1) \\ &= \frac{1}{2} w^T w - \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i w^T x_i - b \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i + \sum_{i=1}^m \alpha_i \\ &= \frac{1}{2} w^T \sum \alpha_i y_i x_i - \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i w^T x_i + \sum_{i=1}^m \alpha_i \\ &= \sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i w^T x_i \\ &= \sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^m \alpha_i \alpha_j y_i y_j (x_i x_j) \end{aligned}$$

再把 max 问题转成 min 问题:

$$\begin{aligned} \max \sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^m \alpha_i \alpha_j y_i y_j (x_i x_j) &= \min \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^m \alpha_i \alpha_j y_i y_j (x_i x_j) - \sum_{i=1}^m \alpha_i \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^m \alpha_i y_i &= 0, \end{aligned}$$

程序员以为我做的事情



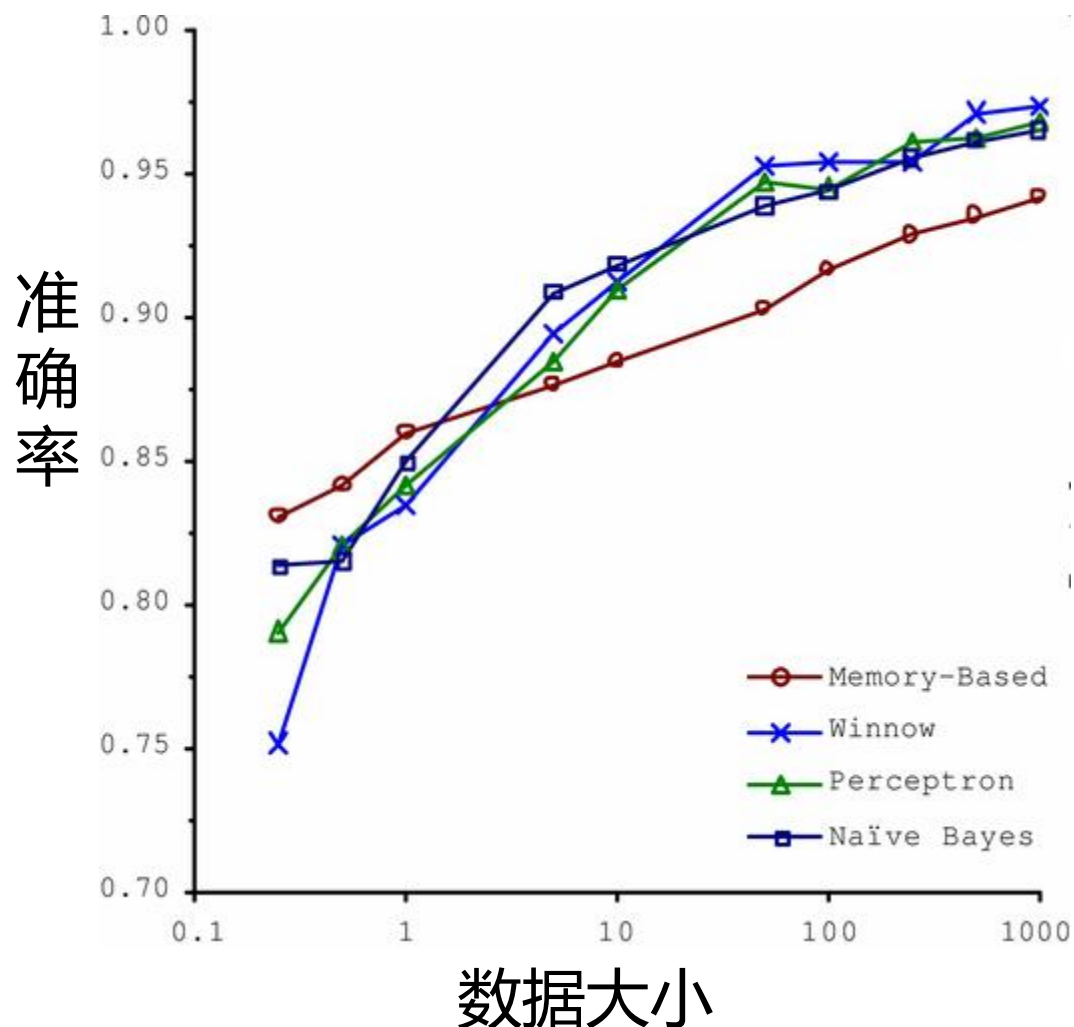
我自己以为我做的事情

```
import torch
from torch import nn
```

实际上我做的事情

数据决定一切

10



通过这张图可以看出，各种不同算法在输入的数据量达到一定级数后，都有相近的高准确度。于是诞生了机器学习界的名言：

成功的机器学习应用不是拥有最好的算法，而是拥有最多的数据！

深度学习-CV (计算机视觉方向)

11

- 图像分类
- 目标检测
- 图像分割
- 目标跟踪
- OCR文字识别
- 图像滤波与降噪
- 图像增强
- 风格迁移
- 三维重建
- 图像检索
- GAN



图像获取

提取二维图像、三维图组、图像序列或相关的物理数据，如声波、电磁波或核磁共振的深度、吸收度或反射度



预处理

对图像做一种或一些预处理，使图像满足后继处理的要求，如：二次取样保证图像坐标的正确，平滑、去噪等



特征提取

从图像中提取各种复杂度的特征，如：线，边缘提取和脊侦测，边角检测、斑点检测等局部化的特征点检测



检测/分割

对图像进行分割，提取有价值的内容，用于后继处理，如：筛选特征点，分割含有特定目标的部分



高级处理

验证得到的数据是否匹配前提要求，估测特定系数，对目标进行分类

深度学习-CV典型应用案例

12



交通

自动驾驶汽车需要计算机视觉。特斯拉(Tesla)、宝马(BMW)、沃尔沃(Volvo)和奥迪(Audi)等汽车制造商已经通过摄像头、激光雷达、雷达和超声波传感器从环境中获取图像，研发自动驾驶汽车来探测目标、车道标志和交通信号，从而安全驾驶。



安防

中国在使用人脸识别技术方面无疑处于领先地位，这项技术被广泛应用于警察工作、支付识别、机场安检，甚至在北京天坛公园分发厕纸、防止厕纸被盗，以及其他许多应用。



医疗

由于90%的医疗数据都是基于图像的，因此医学中的计算机视觉有很多用途。比如启用新的医疗诊断方法，分析X射线，乳房X光检查，监测患者等。



翻译

传统翻译采用人工查词的方式，不但耗时长，而且错误率高。图像识别技术(OCR)的出现大大提升了翻译的效率和准确度，用户通过简单的拍照、截图或划线就能得到准确的翻译结果。



体育赛事

计算机视觉还有助于比赛和策略分析、球员表现和评级，以及跟踪体育节目中品牌赞助的可见性。



农业

半自动联合收割机可以利用人工智能和计算机视觉来分析粮食品质，并找出农业机械穿过作物的最佳路径。另外也可用来识别杂草和作物，有效减少除草剂的使用量。



制造业

计算机视觉也可以帮助制造商更安全、更智能、更有效地运行，比如预测性维护设备故障，对包装和产品质量进行监控，并通过计算机视觉减少不合格产品。

深度学习入门-目标检测

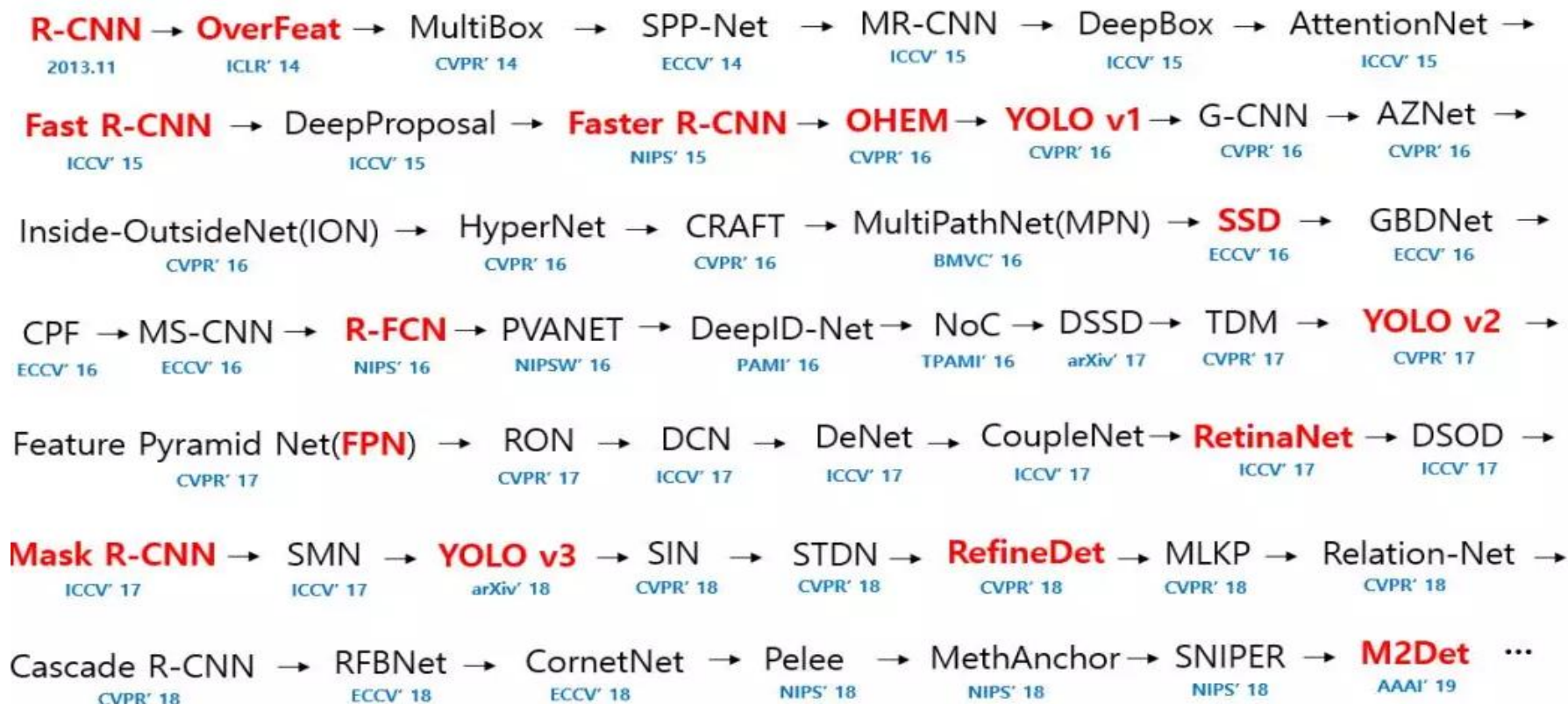
13

目标检测结合了目标分类和定位两个任务。

目标检测器的框架分为

one-stage(YOLO,YOLO9000,YOLOV3,YOLOV4,YOLOV5,SSD等)

two-stage(OverFeat, R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN 等)



深度学习入门-目标检测

14

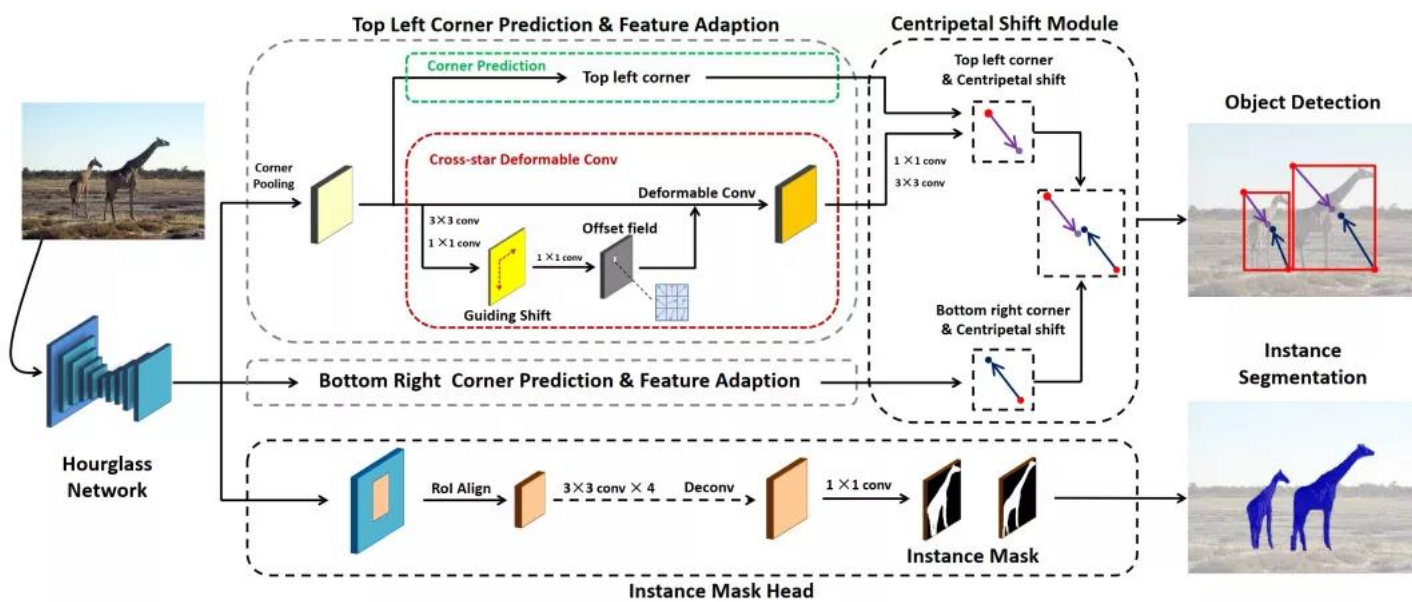


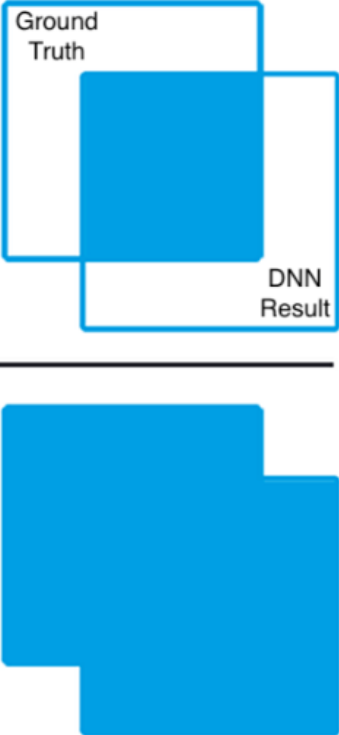
Figure 2. An overview of CentripetalNet. As the corner prediction and feature adaption of top-left corner and bottom-right corner are similar, we only draw top-left corner module for simplicity. Centripetal shift module gets predicted corners and adapted features, then it predicts the centripetal shift of each corner and performs corner matching based on the predicted corners and centripetal shifts. During matching, if the positions of the shifted corners are close enough, they form a bounding box with a high score.

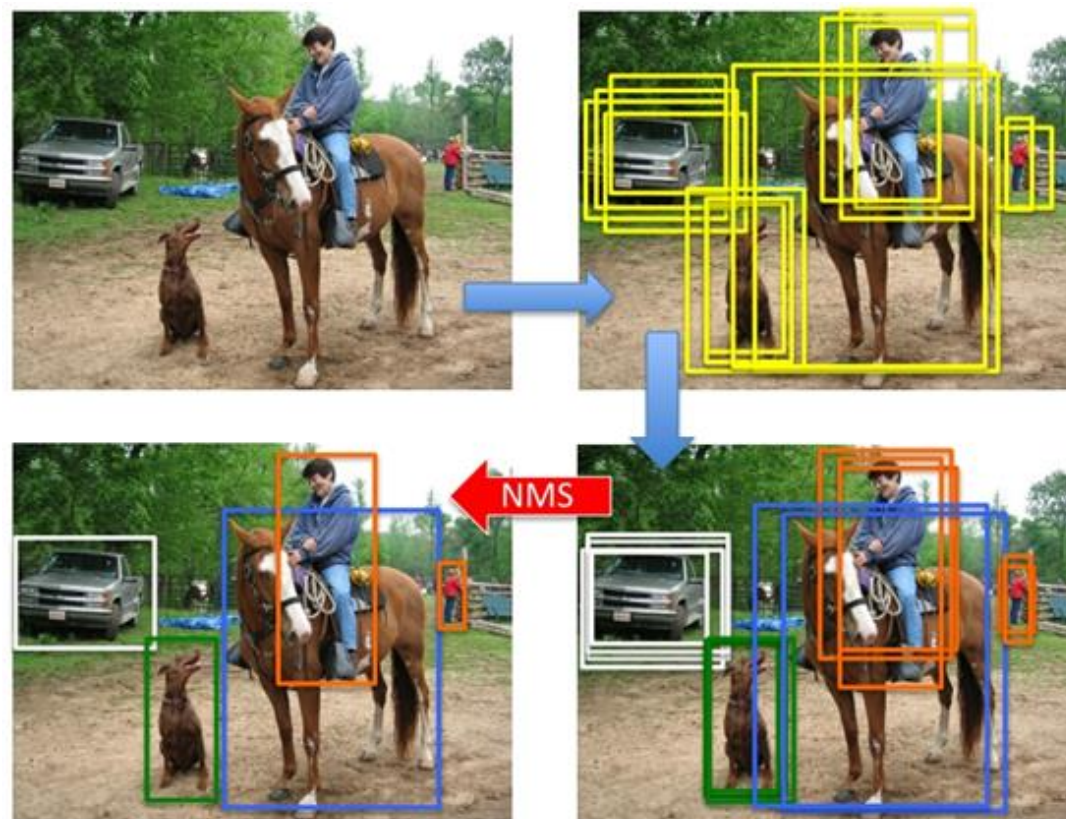


Figure 5: Illustration of the detection results on the target domain. First and second rows: Cityscapes $\rightarrow$ Foggy-Cityscapes. Third and fourth rows: Sim10K $\rightarrow$ Cityscapes. Best view in color.

深度学习入门-目标检测

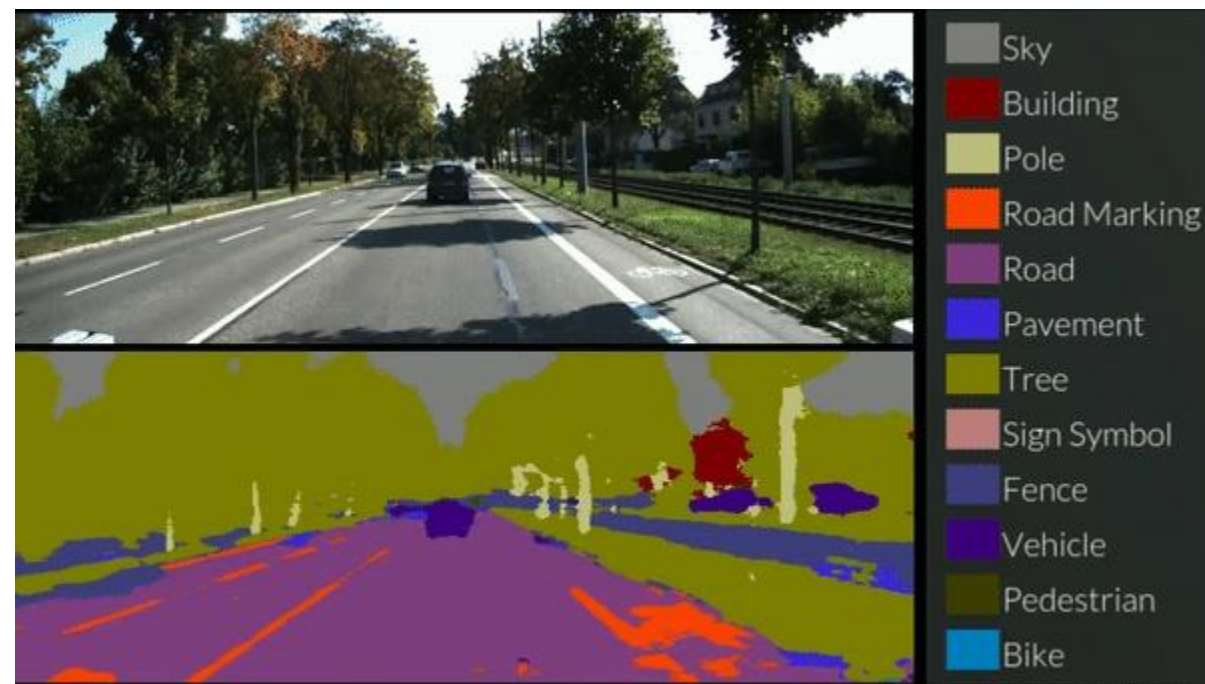
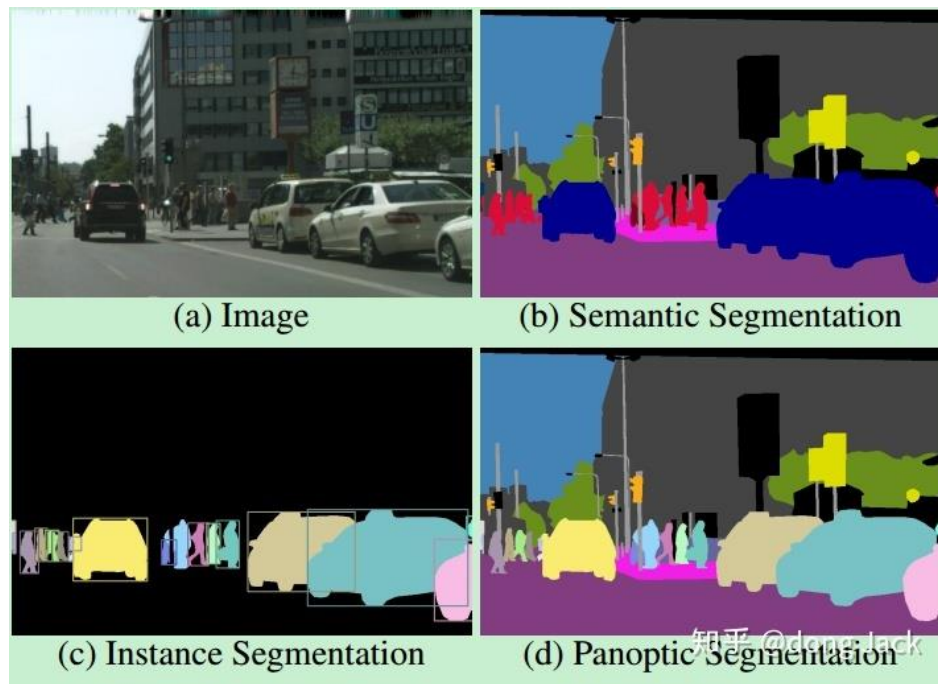
15

$$\text{IoU} = \frac{\text{Area of Overlap}}{\text{Area of Union}}$$




深度学习入门-图像分割

16



深度学习入门-图像分割

17

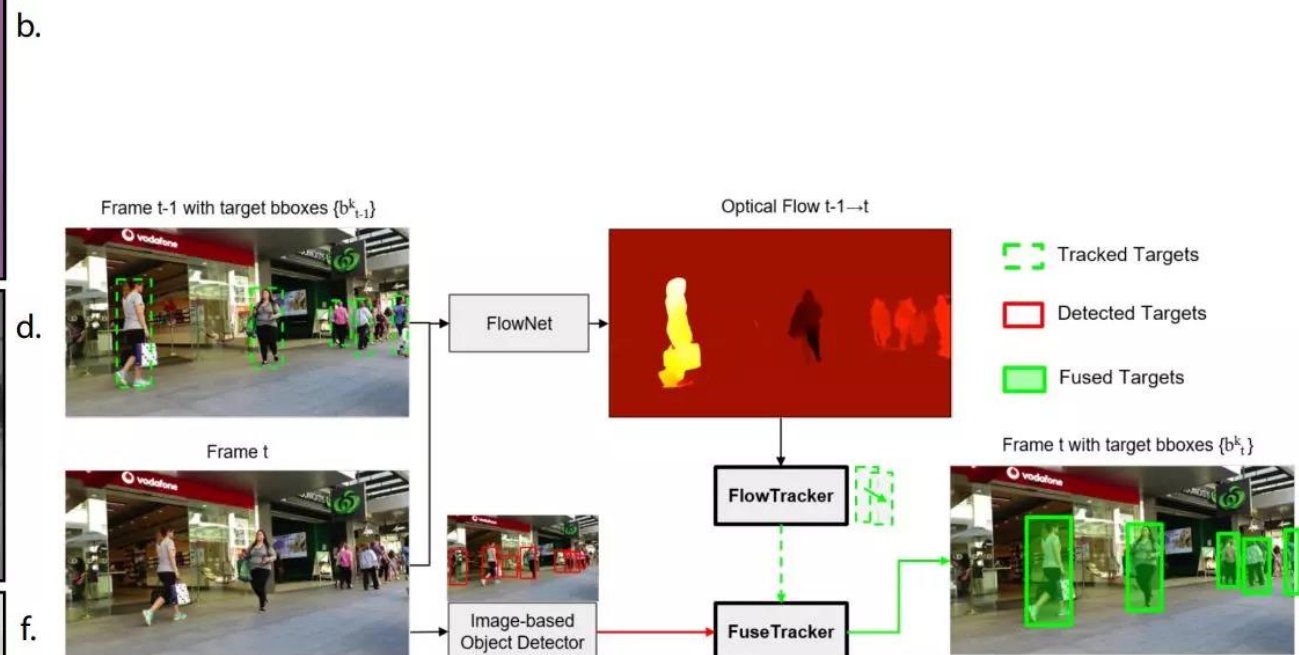
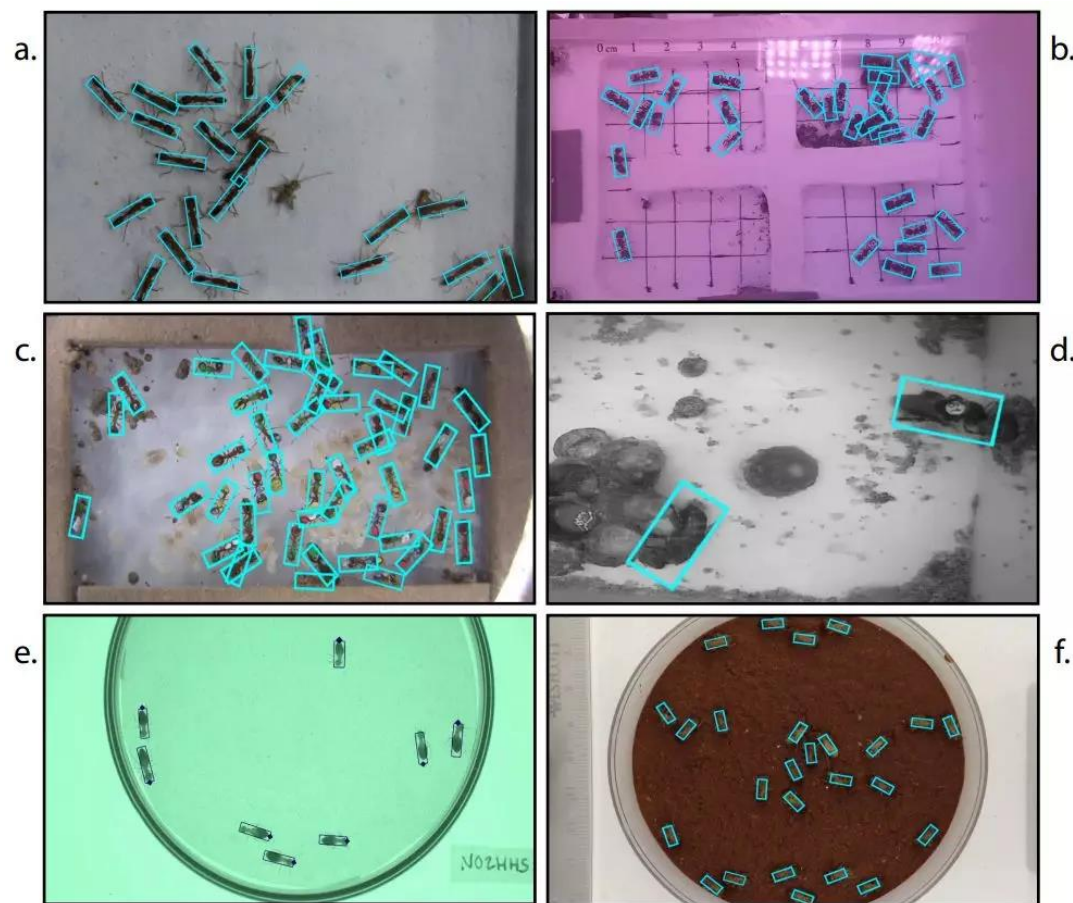


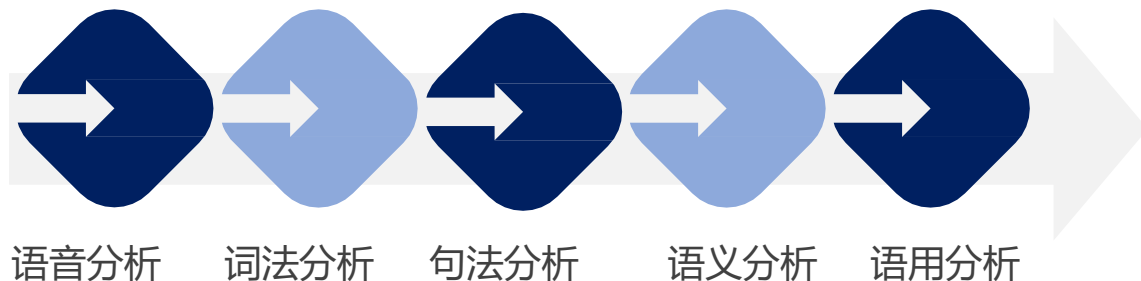
Figure 2. The overall view of Flow-Fuse-Tracker (FFT) for multiple object tracking. FlowTracker and FuseTracker (in bold grey boxes) are the two DNN modules of our FFT network. In the FlowTracker, the optical flow is generated from two sequential frames, and the target bboxes $\{b_{t-1}^k\}$ (green dashed bboxes) at frame $t-1$ are regressed to the bboxes $\{b_t^k\}$ at frame t through the optical flow. In the FuseTracker, the bboxes from both $\{b_t^k\}$ and public detections D_t (red bboxes) at frame t are refined and fused. The FuseTracker outputs the final tracking results (green bboxes with shadow). (Best viewed in color)

深度学习入门-NLP（自然语言处理）

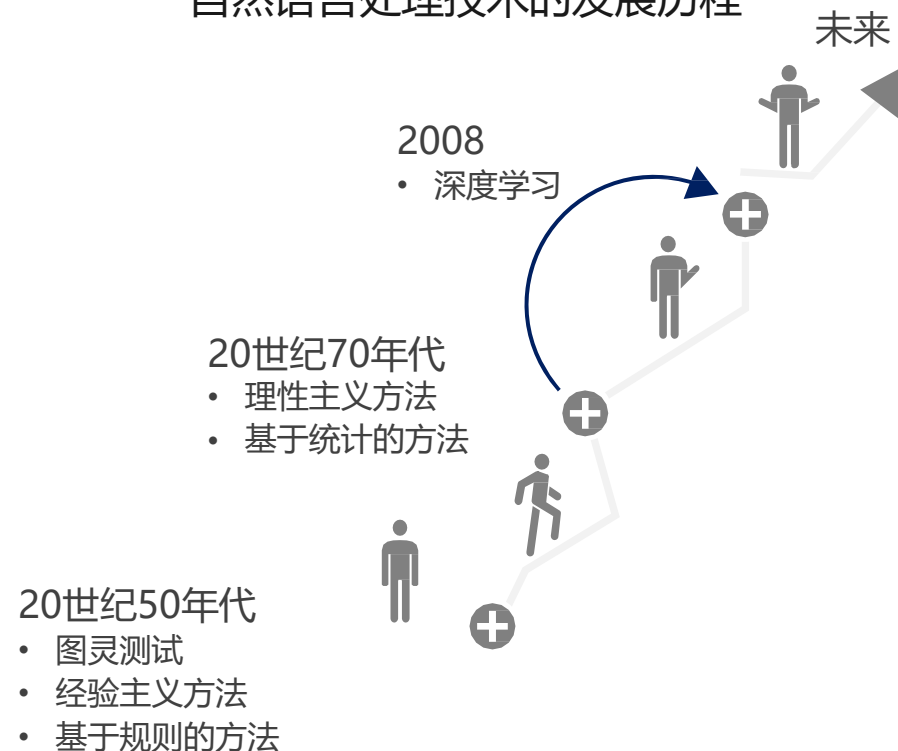
18

自然语言处理（Natural Language Processing）是一门通过建立形式化的 计算模型来分析、理解和处理自然语言的学科，也是一门横跨语言学、计算机科学、数学等领域的交叉学科。自然语言处理，是指用计算机对自然语言的形、音、义等信息进行处理，即对字、词、句、篇章的输入、输出、识别、分析、理解、生成等的操作和加工。自然语言处理的具体表现形式包括机器翻译、文本摘要、文本分类、文本校对、信息抽取、语音合成、语音识别等。可以说，自然语言处理就是要计算机理解自然语言，自然语言处理机制涉及两个流程，包括自然语言理解和自然语言生成，自然语言理解是让计算机把输入的语言变成有意思的符号和关系，然后根据目的再处理；自然语言生成则是把计算机数据转化为自然语言。实现人机间的信息交流，是人工智能界、计算机科学和语言学界所共同关注的重要问题。

自然语言处理技术的技术层次



自然语言处理技术的发展历程



深度学习入门-NLP（自然语言处理）

19

- 1.短文本相似
- 2.文本分类
- 3.QA机器人
- 4.语义标注
- 5.机器翻译
- 6.....

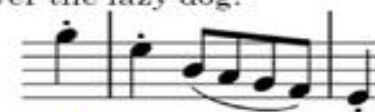
Examples of sequence data

Speech recognition



"The quick brown fox jumped
over the lazy dog."

Music generation



Sentiment classification



"There is nothing to like
in this movie."



DNA sequence analysis

1



AGCCCCTGTGAGGAACTAG



AGCCCCTGTGAGGAACTAG

Machine translation



Voulez-vous chanter avec
moi?

Do you want to sing with
me?

Video activity recognition



Running

Name entity recognition

2



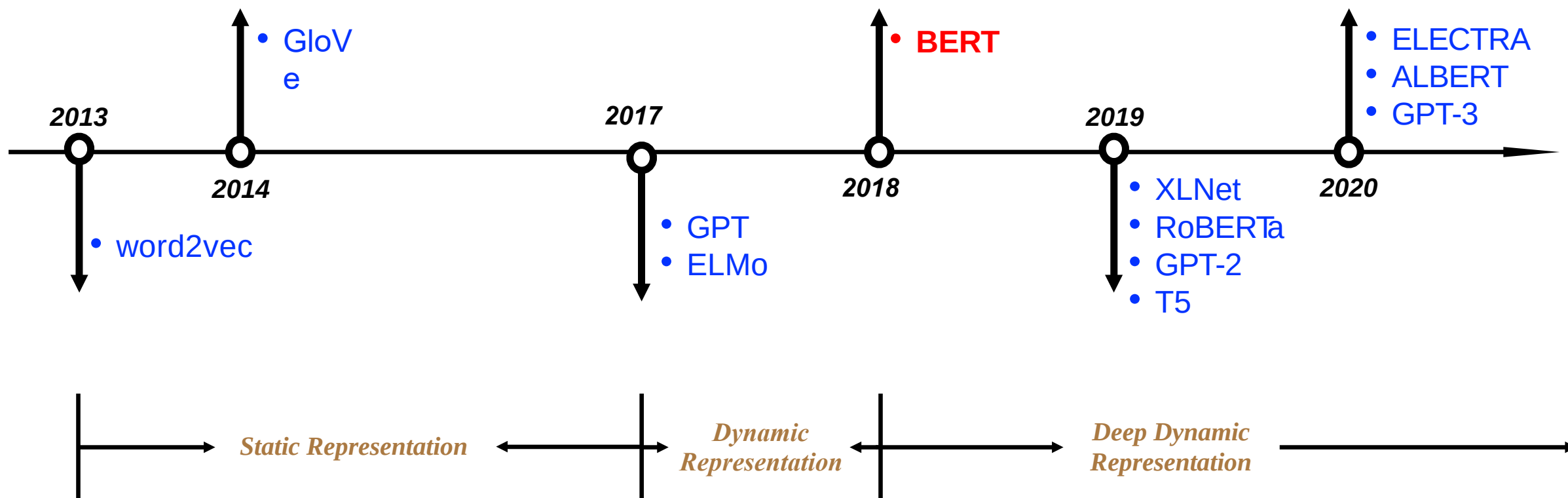
Yesterday, Harry Potter
met Hermione Granger.



Yesterday, **Harry Potter**
met **Hermione Granger**.

深度学习入门-NLP

20



深度学习入门-NLP

21

2022chatGPT



你好，如何教学生学深度学习课程？



作为AI助手，我建议以下几点来教学生学深度学习课程：

1. 建立基础知识：深度学习是建立在数学、统计学、计算机科学等基础知识之上的，因此需要在课程开头建立好这些基础知识，确保学生有足够的理论基础。
2. 实践操作：学生需要在实践中进行深度学习的算法和技术的应用。可以使用开源工具如 TensorFlow、PyTorch 等，让学生亲身体验实践操作，从而深化他们的理解。
3. 引导学生做项目：深度学习是一门实践性很强的学科，因此，为了使学生更好地掌握深度学习，需要引导他们完成一些项目，这些项目可以是实际问题的解决方案，也可以是某些研究领域的创新项目。
4. 提供资源：提供丰富多样的学习资源，如学习笔记、视频教程、论文、书籍等，以便学生能够更好地理解深度学习的概念和技术。
5. 互动交流：学生需要有一个交流的平台，可以是课堂内的讨论，也可以是在线社区，以便他们可以分享自己的学习成果、提出问题、寻求帮助和建议。

2. 神经网络的基础

22

01 深度学习概述

02 神经网络的基础

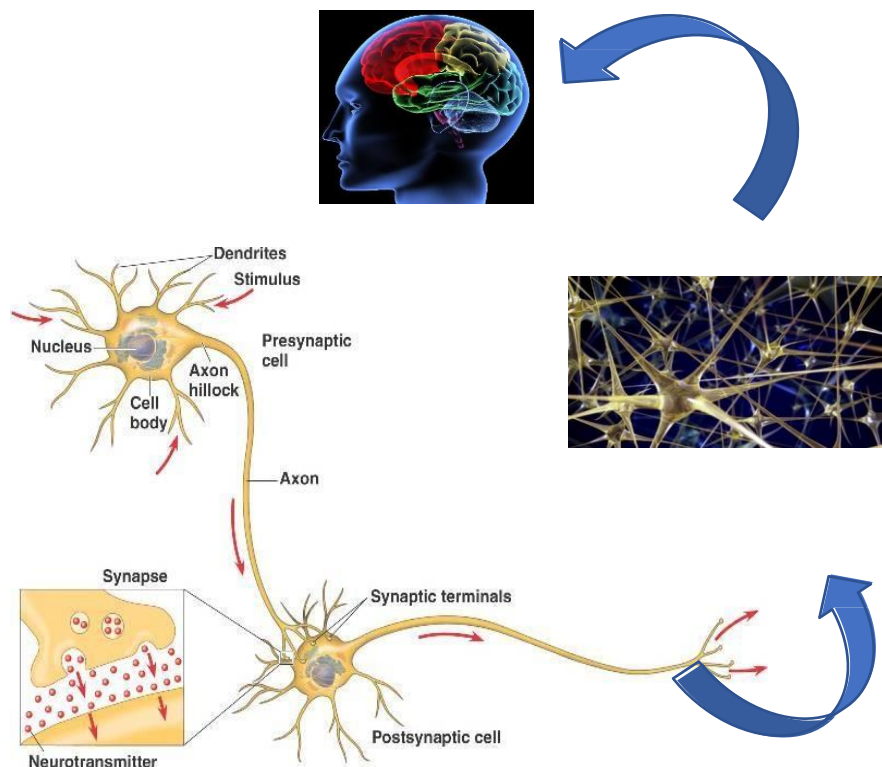
03 深度学习的背景知识

04 深度学习的开发流程

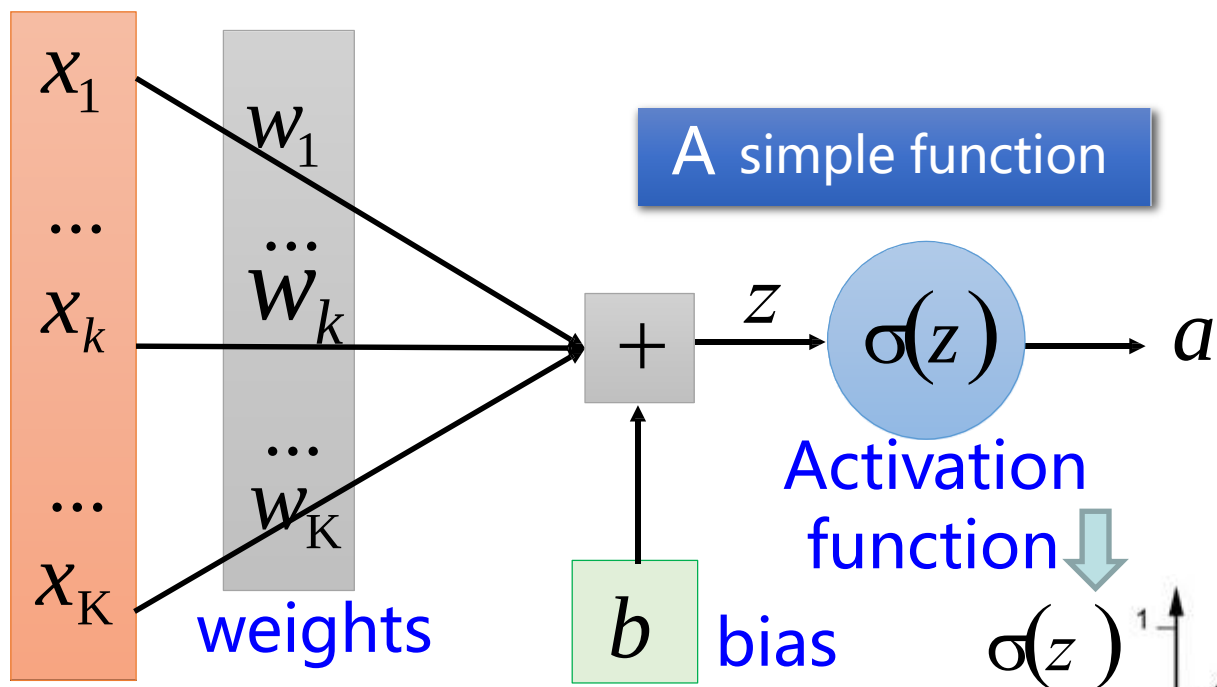
简单神经网络

23

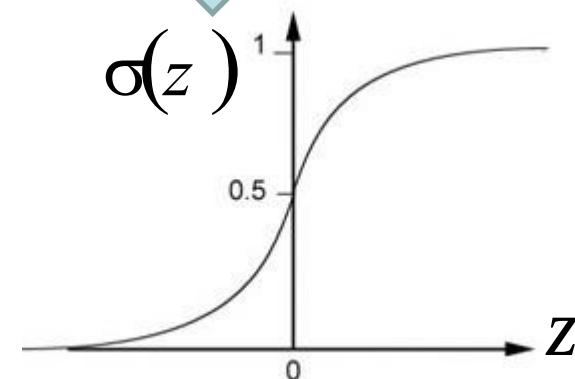
神经元



$$z = x_1 w_1 + \dots + x_k w_k + \dots + x_K w_K + b$$

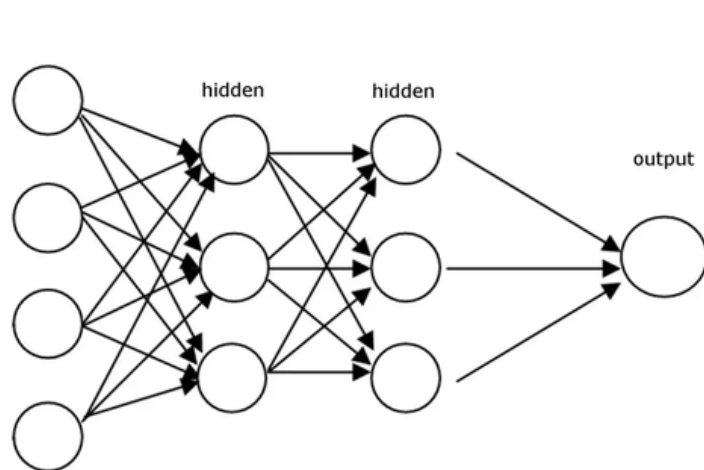


$$\sigma(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

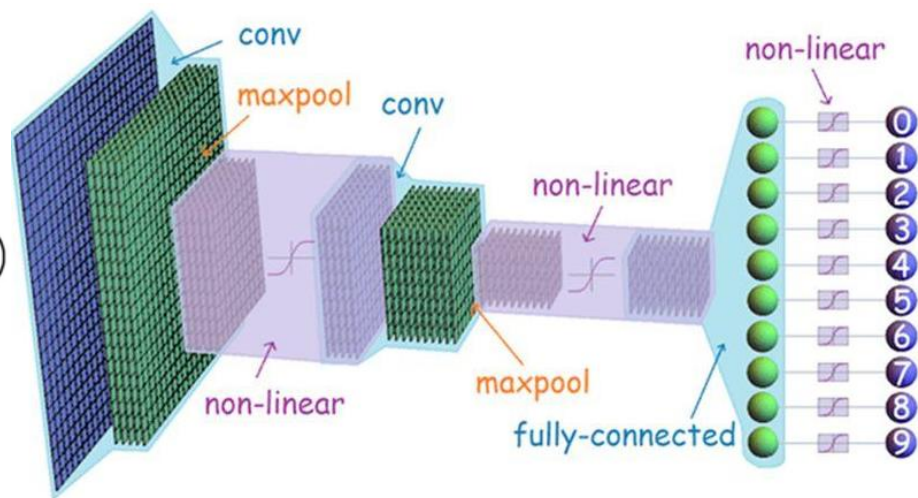


主要的几种神经网络

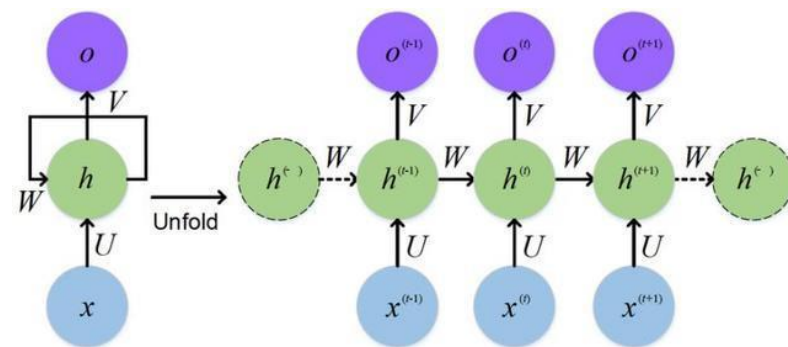
24



标准神经网络(NN)



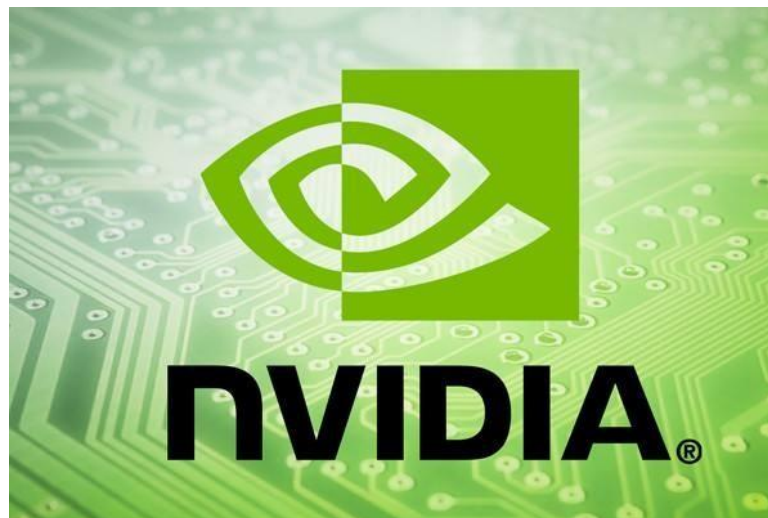
卷积神经网络(CNN)



递归神经网络
(RNN)

深度学习的硬件

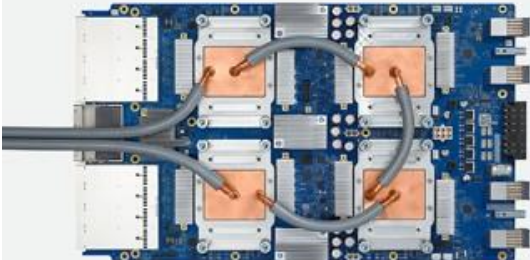
25



深度学习的硬件

26

- TPU (Tensor Processing Units)

	NVIDIA V100	TPU v2	TPU v3
Hardware			
Architecture	NVIDIA Volta GPU	Google Cloud TPU	Google Cloud TPU
Memory	16GB / 32GB	64GB	128GB
FLOPS	Double: 7 TFLOPS Single: 14 TFLOPS DL: 112 TFLOPS	180 TFLOPS	420 TFLOPS

Google Cloud TPU. <https://cloud.google.com/tpu>

深度学习的硬件

27

- 提问：训练一个模型需要多大开销？

- 以训练 BERT-large 模型为例，

16 Cloud TPUs = $16 * 4.5 = 72$ USD / hour

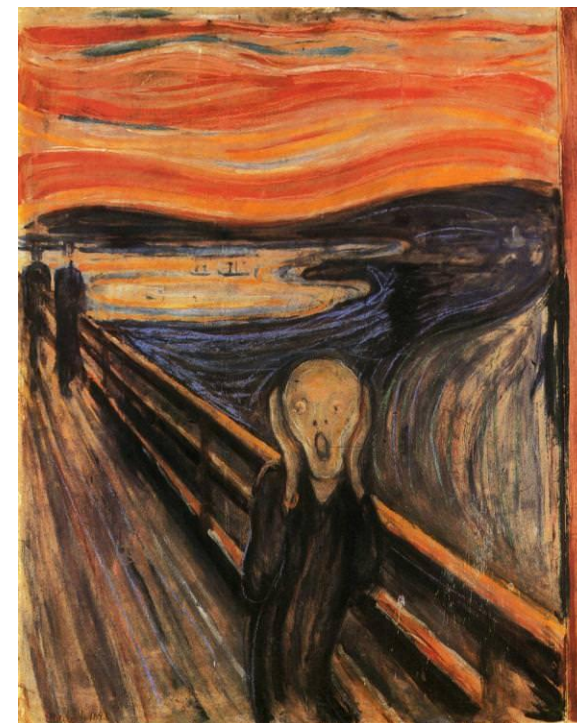
One-day cost = $72 * 24 = 1,728$ USD

Four-day cost = $1,728 \text{ USD} * 4 = 6,912$ USD

$6,912 \text{ USD} \approx 47,715 \text{ CNY}$

实际上开销更大，这个只是一次训练成功的开销，通常情况下，一次训练不一定成功！

Devlin et al., NAACL 2019. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding



2. 深度学习的背景知识

28

01 深度学习概述

02 神经网络的基础

03 深度学习的背景知识

04 深度学习的开发流程

3. 深度学习的背景知识-希腊字母

29

大写	小写	英文注音	国际音标注音	中文注音
A	α	alpha	alfa	阿耳法
B	β	beta	beta	贝塔
Γ	γ	gamma	gamma	伽马
Δ	δ	deta	delta	德耳塔
E	ϵ	epsilon	epsilon	艾普西隆
Z	ζ	zeta	zeta	截塔
H	η	eta	eta	艾塔
Θ	θ	theta	θita	西塔
I	ι	iota	iota	约塔
K	κ	kappa	kappa	卡帕
Λ	λ	lambda	lambda	兰姆达
M	μ	mu	miu	缪
N	ν	nu	niu	纽
Ξ	ξ	xi	ksi	可塞
O	$\omicron$	omicron	omikron	奥密可戎
Π	π	pi	pai	派
P	ρ	rho	rou	柔
Σ	σ	sigma	sigma	西格马
T	τ	tau	tau	套
Υ	υ	upsilon	jupsilon	衣普西隆
Φ	φ	phi	fai	斐
X	χ	chi	khai	喜
Ψ	ψ	psi	psai	普西
Ω	ω	omega	omiga	欧米

3. 深度学习的背景知识-数学基础

30

高等数学

导数、微分、泰勒公式.....

线性代数

向量、矩阵、行列式、秩、线性方程组、特征值和特征向量.....

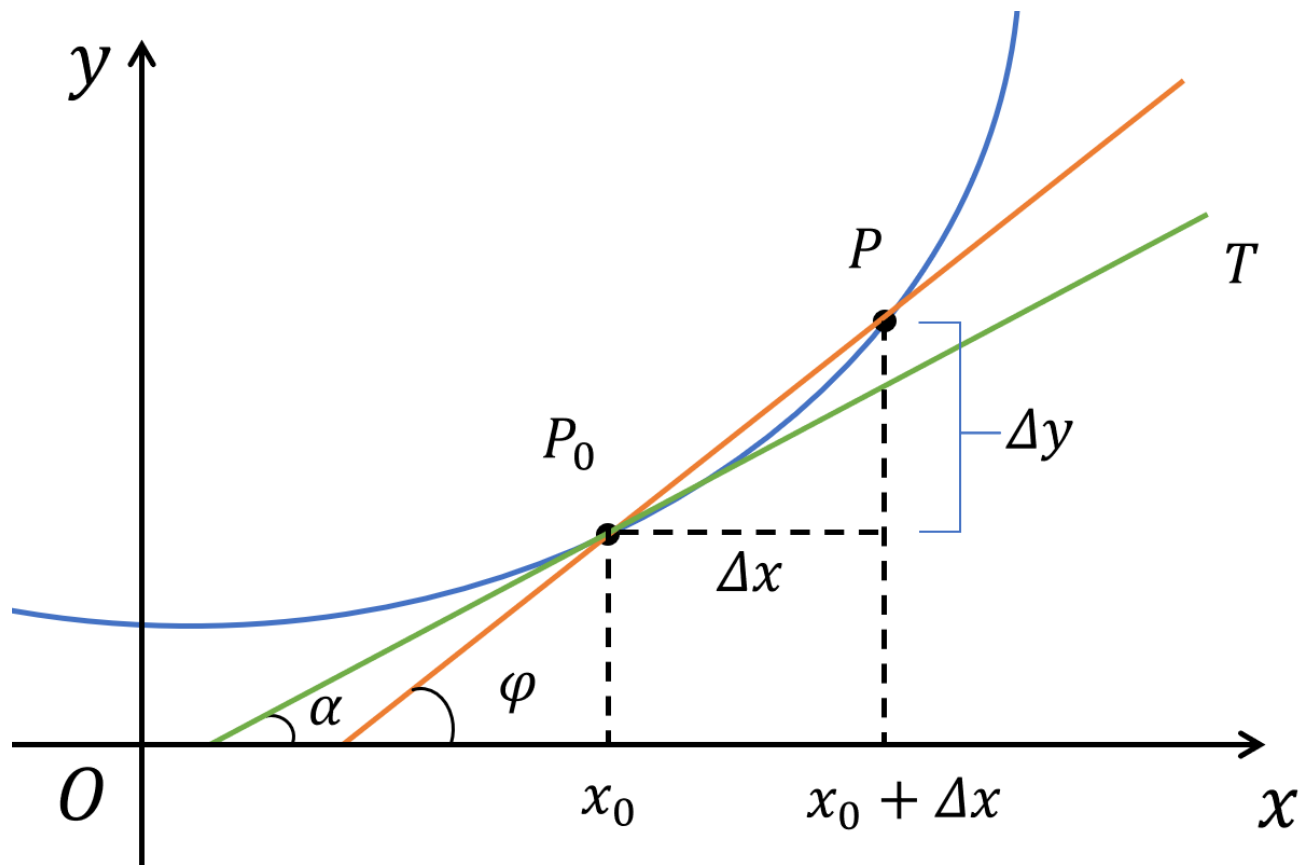
概率论与数理统计

随机事件和概率、概率的基本性质和公式、常见分布、期望、协方差.....

高等数学-导数

31

导数(Derivative), 也叫导函数值。又名微商, 是微积分中的重要基础概念。当函数 $y = f(x)$ 的自变量 x 在一点 x_0 上产生一个增量 Δx 时, 函数输出值的增量 Δy 与自变量增量 Δx 的比值在 Δx 趋于0时的极限 a 如果存在, a 即为在 x_0 处的导数, 记作 $f'(x_0)$ 。

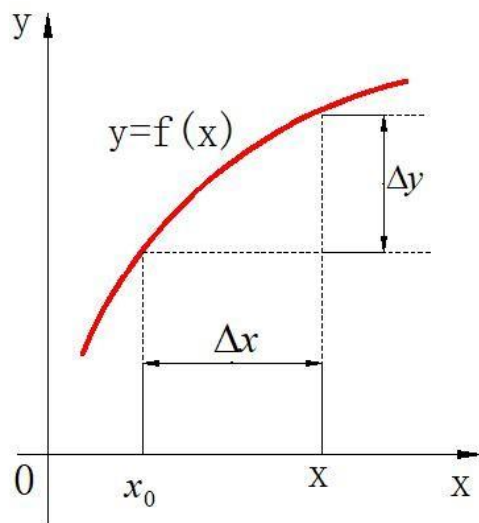


高等数学-函数的连续性

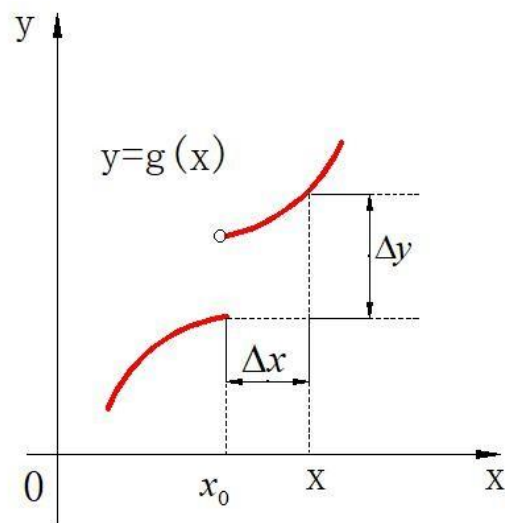
32

设函数 $y = f(x)$ 在点 x_0 的某邻域内有定义，如果当自变量的改变量 Δx 趋近于零时，相应函数的改变量 Δy 也趋近于零，则称 $y = f(x)$ 在点 x_0 处连续。

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \Delta y = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} [f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)] = 0$$



当 $\Delta x \rightarrow 0$ 时, $\Delta y \rightarrow 0$;



当 $\Delta x \rightarrow 0^+$ 时, Δy 不能趋近于 0

高等数学-函数的连续性

33

 函数 $f(x)$ 在点 x_0 处连续, 需要满足的条件:

1. 函数在该点处有定义
2. 函数在该点处极限 $\lim_{x \rightarrow x_0} f(x)$ 存在
3. 极限值等于函数值 $f(x_0)$

 如果平均变化率的极限存在, $\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$

则称此极限为函数 $y = f(x)$ 在点 x_0 处的导数, $f'(x_0)$

$$y' \Big|_{x=x_0}, \frac{dy}{dx} \Big|_{x=x_0} \quad \text{或} \quad \frac{df(x)}{dx} \Big|_{x=x_0}$$

高等数学-基本导数与微分表

35

(1) $y = c$ (常数) 则: $y' = 0$

(2) $y = x^\alpha$ (α 为实数) 则: $y' = \alpha x^{\alpha-1}$

(3) $y = a^x$ 则: $y' = a^x \ln a$ 特例: $(e^x)' = e^x$

(4) $y = \log_a x$ 则: $y' = \frac{1}{x \ln a}$, 特例 $(\ln x)' = \frac{1}{x}$

(5) $y = \sin x$ 则: $y' = \cos x$

(6) $y = \cos x$ 则: $y' = -\sin x$

(7) $y = \tan x$ 则: $y' = \frac{1}{\cos^2 x} = \sec^2 x$

(8) $y = \cot x$ 则: $y' = -\frac{1}{\sin^2 x} = -\csc^2 x$

(9) $y = \sec x$ 则: $y' = \sec x \tan x$

(10) $y = \csc x$ 则: $y' = -\csc x \cot x$

(11) $y = \arcsin x$ 则: $y' = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$

(12) $y = \arccos x$ 则: $y' = -\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$

(13) $y = \arctan x$ 则: $y' = \frac{1}{1+x^2}$

(14) $y = \operatorname{arccot} x$ 则: $y' = -\frac{1}{1+x^2}$

(15) $y = \operatorname{sh} x$ 则: $y' = \operatorname{ch} x$, (16) $y = \operatorname{ch} x$ 则: $y' = \operatorname{sh} x$

四则运算法则

设函数 $u = u(x)$, $v = v(x)$ 在点 x 可导, 则:

$$(1) (u \pm v)' = u' \pm v'$$

$$(2) (uv)' = uv' + vu' \quad d(uv) = u dv + v du$$

$$(3) \left(\frac{u}{v}\right)' = \frac{vu' - uv'}{v^2} \quad (v \neq 0) \quad d\left(\frac{u}{v}\right) = \frac{v du - u dv}{v^2}$$

高等数学-泰勒公式

37

设函数 $u = u(x)$, $v = v(x)$ 在点 x 可导, 则:

设函数 $f(x)$ 在点 x_0 处的某邻域内具有 $n + 1$ 阶导数, 则对该邻域内异于 x_0 的任意点 x , 在 x_0 与 x 之间至少存在一个 ξ , 使得:

$$f(x) = f(x_0) + f'(x_0)(x - x_0) + \frac{1}{2!} f''(x_0)(x - x_0)^2 + \cdots \\ + \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!} (x - x_0)^n + R_n(x)$$

其中 $R_n(x) = \frac{f^{(n+1)}(\xi)}{(n+1)!} (x - x_0)^{n+1}$ 称为 $f(x)$ 在点 x_0 处的 n 阶泰勒余项。

令 $x_0 = 0$, 则 n 阶泰勒公式:

$$f(x) = f(0) + f'(0)x + \frac{1}{2!} f''(0)x^2 + \cdots + \frac{f^{(n)}(0)}{n!} x^n + R_n(x) \dots\dots$$

常用函数在 $x_0 = 0$ 处的泰勒公式：

$$1) e^x = 1 + x + \frac{1}{2!}x^2 + \cdots + \frac{1}{n!}x^n + o(x^n)$$

$$2) \ln(1+x) = x - \frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{3}x^3 - \cdots + (-1)^{n-1}\frac{x^n}{n} + o(x^n)$$

线性代数-行列式

39

设 $A = (a_{ij})_{n \times n}$, 则: $a_{i1}A_{j1} + a_{i2}A_{j2} + \cdots +$

$$a_{in}A_{jn} = \begin{cases} |A|, i = j \\ 0, i \neq j \end{cases}$$

$$\text{或 } a_{1i}A_{1j} + a_{2i}A_{2j} + \cdots + a_{ni}A_{nj} = \begin{cases} |A|, i = j \\ 0, i \neq j \end{cases}$$

即 $AA^* = A^*A = |A|E$, 其中:

$$A^* = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{21} & \cdots & A_{n1} \\ A_{12} & A_{22} & \cdots & A_{n2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ A_{1n} & A_{2n} & \cdots & A_{nn} \end{pmatrix} = (A_{ji}) = (A_{ij})^T$$

行列式的性质

单位阵的行列式为1, $\det(I) = 1$.

- 行列式的某一行(列)的所有的元素都乘以同一数 k , 等于用数 k 乘此行列式。
- $A \in \mathbb{R}^{n \times n}, \det(A) = \det(A^T)$.
- $A, B \in \mathbb{R}^{n \times n}, \det(AB) = \det(A)\det(B)$
- 当且仅当 A 为奇异方阵时, $\det(A) = 0$
- 当 A 为非奇异方阵时, $\det(A^{-1}) = 1/\det(A)$

线性代数-矩阵

40

矩阵: $m \times n$ 个数 a_{ij} 排成 m 行 n 列的表格 $\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$ 称为矩阵, 简记为 A ,

或者 $(a_{ij})_{m \times n}$ 。若 $m = n$, 则称 A 是 n 阶矩阵或 n 阶方阵。

矩阵的乘法: 设 $A = (a_{ij})$ 是 $m \times n$ 矩阵, $B = (b_{ij})$ 是 $n \times s$ 矩阵, 那么 $m \times s$ 矩阵 $C = (c_{ij})$, 其中 $c_{ij} = a_{i1}b_{1j} + a_{i2}b_{2j} + \cdots + a_{in}b_{nj} = \sum_{k=1}^n a_{ik}b_{kj}$ 称为 AB 的乘积, 记为 $C = AB$ 。

$$\begin{array}{c} \mathbf{C} = \mathbf{A} \times \mathbf{B} \\ \begin{pmatrix} C_0 & C_1 \\ C_2 & C_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_0 & A_1 \\ A_2 & A_3 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} B_0 & B_1 \\ B_2 & B_3 \end{pmatrix} \\ \xrightarrow{\quad} \\ \begin{array}{l} C_0 = A_0 \times B_0 + A_1 \times B_2 \\ C_1 = A_0 \times B_1 + A_1 \times B_3 \\ C_2 = A_2 \times B_0 + A_3 \times B_2 \\ C_3 = A_2 \times B_1 + A_3 \times B_3 \end{array} \end{array}$$

矩阵乘法的性质: $AB \neq BA$, $(AB)C = A(BC)$, $A(B + C) = AB + AC$

内积: 给定 $x, y \in \mathbb{R}^{n \times 1}$, $x^T y$ 为一个标量, 称为向量的内积或点积, 记为 $\langle x, y \rangle$

线性代数-求导

41

$$\frac{dx^T}{dx} = I \quad \frac{dx}{dx^T} = I \quad \frac{dx^T A}{dx} = A$$

A 为 $n \times n$ 的矩阵, x 为 $n \times 1$ 的列向量

$$\frac{dAx}{dx^T} = A \quad \frac{dAx}{dx} = A^T \quad \frac{dAx}{dx} = A^T$$

$$\frac{\partial u}{\partial x^T} = \left(\frac{\partial u^T}{\partial x} \right)^T \quad \frac{\partial u^T v}{\partial x} = \frac{\partial u^T}{\partial x} v + \frac{\partial v^T}{\partial x} u^T \quad \frac{\partial uv^T}{\partial x} = \frac{\partial u}{\partial x} v^T + u \frac{\partial v^T}{\partial x}$$

$$\frac{dx^T x}{dx} = 2x \quad \frac{dx^T Ax}{dx} = (A + A^T)x \quad \frac{dx^T Ax}{dx} = 2Ax \quad (\text{如果} A \text{为对称阵})$$

$$\frac{\partial AB}{\partial x} = \frac{\partial A}{\partial x} B + A \frac{\partial B}{\partial x} \quad \frac{\partial u^T X v}{\partial X} = uv^T$$

$$\frac{\partial u^T X^T X u}{\partial X} = 2Xu u^T \quad \frac{\partial [(Xu - v)^T (Xu - v)]}{\partial X} = 2(Xu - v)u^T$$

正交

给定 $a, b \in \mathbb{R}^{n \times 1}$, 如果 $a^T b = 0$, 那么向量 a, b 正交。

对于方阵 $A \in \mathbb{R}^{n \times n}$ 来说, 如果 A 的列向量两两正交, 且 ℓ_2 范数为 1, 那么 A 为**正交阵**, 数学描述为 $A^T A = I = A A^T$ 。

正定性

对于 $A \in \mathbb{R}^{n \times n}$, $\forall w \in \mathbb{R}^{n \times 1}$, 满足 $w^T A w > 0$, A 为正定矩阵;

$w^T A w \geq 0$, A 为半正定矩阵。

行列式按行（列）展开定理

$$(1) \text{ 设 } A = (a_{ij})_{n \times n}, \text{ 则: } a_{i1}A_{j1} + a_{i2}A_{j2} + \cdots + a_{in}A_{jn} = \begin{cases} |A|, i = j \\ 0, i \neq j \end{cases}$$

$$\text{或 } a_{1i}A_{1j} + a_{2i}A_{2j} + \cdots + a_{ni}A_{nj} = \begin{cases} |A|, i = j \\ 0, i \neq j \end{cases}$$

$$\text{即 } AA^* = A^*A = |A|E, \text{ 其中: } A^* = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{21} & \cdots & A_{n1} \\ A_{12} & A_{22} & \cdots & A_{n2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ A_{1n} & A_{2n} & \cdots & A_{nn} \end{pmatrix} = (A_{ji}) = (A_{ij})^T$$

事件的关系

- (1) 子事件: $A \subset B$, 若 A 发生, 则 B 发生。
- (2) 相等事件: $A = B$, 即 $A \subset B$, 且 $B \subset A$ 。
- (3) 和事件: $A \cup B$ (或 $A + B$), A 与 B 中至少有一个发生。
- (4) 差事件: $A - B$, A 发生但 B 不发生。
- (5) 积事件: $A \cap B$ (或 AB), A 与 B 同时发生。
- (6) 互斥事件 (互不相容): $A \cap B = \emptyset$ 。
- (7) 互逆事件 (对立事件): $A \cap B = \emptyset, A \cup B = \Omega, A = \bar{B}, B = \bar{A}$ 。

运算律

- (1) 交换律: $A \cup B = B \cup A, A \cap B = B \cap A$
- (2) 结合律: $(A \cup B) \cup C = A \cup (B \cup C);$
 $(A \cap B) \cap C = A \cap (B \cap C)$
- (3) 分配律: $(A \cup B) \cap C = (A \cap C) \cup (B \cap C)$
- (4) 德·摩根律:
$$\overline{A \cup B} = \bar{A} \cap \bar{B} \quad \overline{A \cap B} = \bar{A} \cup \bar{B}$$

概率论与数理统计-古典型概率

45

定义：试验 E 中样本点是有限的，出现每一样本点的概率是相同。

$$P(A) = \frac{A \text{ 所包含的样本点数}}{S \text{ 中的样本点数}}$$

一袋中有8个球，编号为1 - 8，其中1 - 3号为红球，4 - 8号为黄球，设摸到每一球的可能性相等，从中随机摸一球，记 $A = \{ \text{摸到红球} \}$ ，求 $P(A)$ 。

$$S = \{1, 2, \dots, 8\}$$

$$A = \{1, 2, 3\} \Rightarrow P(A) = \frac{3}{8}$$

概率论与数理统计

46

(1) 条件概率: $P(B|A) = \frac{P(AB)}{P(A)}$, 表示 A 发生的条件下, B 发生的概率

一袋中有8个球, 编号为1 - 8, 其中1 - 3号为红球, 4 - 8号为黄球,
设摸到每一球的可能性相等, 从中随机摸一球, 记 $A = \{ \text{摸到红球} \}$, 求 $P(A)$ 。

$$S = \{1, 2, \dots, 8\} \quad A = \{1, 2, 3\} \Rightarrow P(A) = \frac{3}{8}$$

(2) 全概率公式: $P(A) = \sum_{i=1}^n P(A|B_i)P(B_i), B_i B_j = \emptyset, i \neq j, \bigcup_{i=1}^n B_i = \Omega.$

(3) **Bayes**公式:
$$P(B_j|A) = \frac{P(A|B_j)P(B_j)}{\sum_{i=1}^n P(A|B_i)P(B_i)}, j = 1, 2, \dots, n$$

(4) 乘法公式:
$$P(A_1A_2) = P(A_1)P(A_2|A_1) = P(A_2)P(A_1|A_2)$$

$$P(A_1A_2 \cdots A_n) = P(A_1)P(A_2|A_1)P(A_3|A_1A_2) \cdots P(A_n|A_1A_2 \cdots A_{n-1})$$

概率论与数理统计-常见分布

48

(1) 0-1分布: $P(X = k) = p^k(1 - p)^{1-k}, k = 0, 1$

(2) 二项分布: $B(n, p): P(X = k) = C_n^k p^k (1 - p)^{n-k}, k = 0, 1, \dots, n$

(3) **Poisson**分布: $p(\lambda): P(X = k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}, \lambda > 0, k = 0, 1, 2 \dots$

Poisson分布的期望和方差都等于参数 λ

概率论与数理统计-常见分布

49

$$(4) \text{ 均匀分布 } U(a, b): f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & a < x < b \\ 0, & \end{cases}$$

$$(5) \text{ 正态分布: } N(\mu, \sigma^2): \varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \sigma > 0, -\infty < x < +\infty$$

$$(6) \text{ 指数分布: } E(\lambda): f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, & x > 0, \lambda > 0 \\ 0, & \end{cases}$$

数学期望

离散型: $P\{X = x_i\} = p_i, E(X) = \sum_i x_i p_i$

连续型: $X \sim f(x), E(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)dx$

性质:

$$(1) E(C) = C, E[E(X)] = E(X)$$

$$(2) E(C_1X + C_2Y) = C_1E(X) + C_2E(Y)$$

$$(3) \text{若 } X \text{ 和 } Y \text{ 独立, 则 } E(XY) = E(X)E(Y)$$

$$(4) [E(XY)]^2 \leq E(X^2)E(Y^2)$$

协方差

$$\text{Cov}(X, Y) = E[(X - E(X))(Y - E(Y))]$$

性质:

$$(1) \text{Cov}(X, Y) = \text{Cov}(Y, X)$$

$$(2) \text{Cov}(aX, bY) = ab\text{Cov}(Y, X)$$

$$(3) \text{Cov}(X_1 + X_2, Y) = \text{Cov}(X_1, Y) + \text{Cov}(X_2, Y)$$

3. 机器学习的背景知识-Python基础

51

Python 的环境的安装

- Anaconda
- Jupyter notebook
- Pycharm

详细教程: <https://zhuanlan.zhihu.com/p/59027692>

Python 的环境的安装

52

● Anaconda

<https://www.anaconda.com/distribution/>

通常选64位

可以用默认安装，右图两个选择框都勾上

<https://www.anaconda.com>

Data science technology for
a better world.

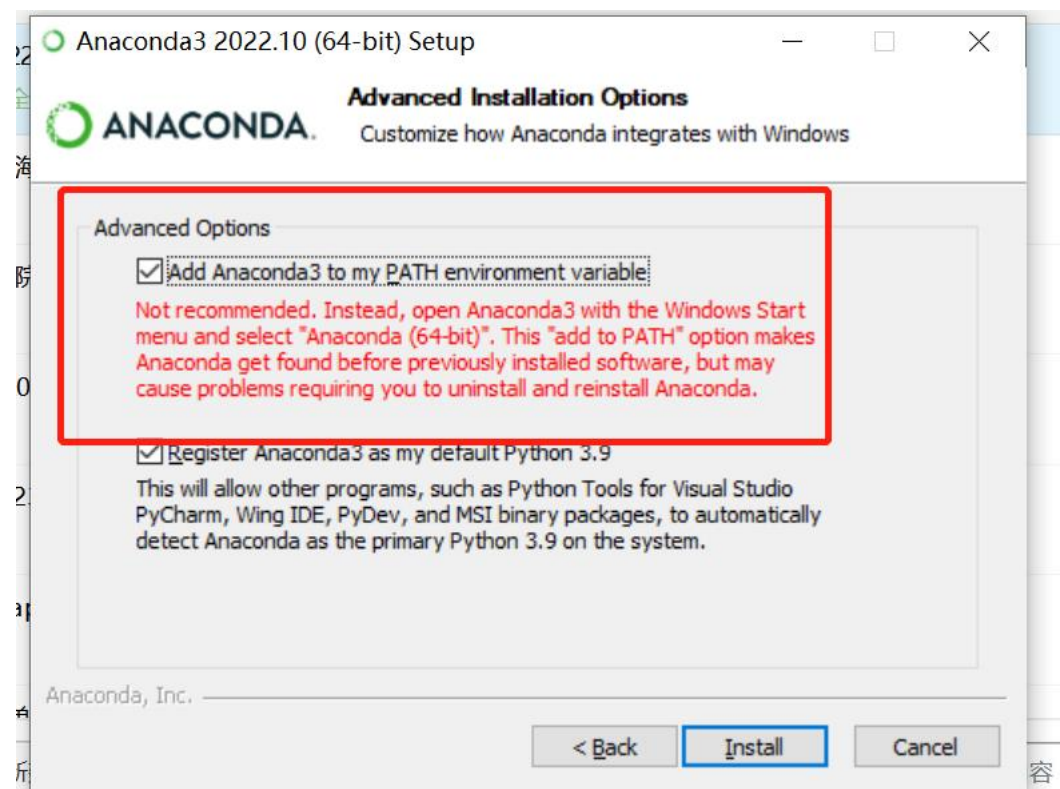
Anaconda offers the easiest way to perform Python/R data science and machine learning on a single machine. Start working with thousands of open-source packages and libraries today.

Download 

For Windows

Python 3.9 • 64-Bit Graphical Installer • 621 MB

Get Additional Installers



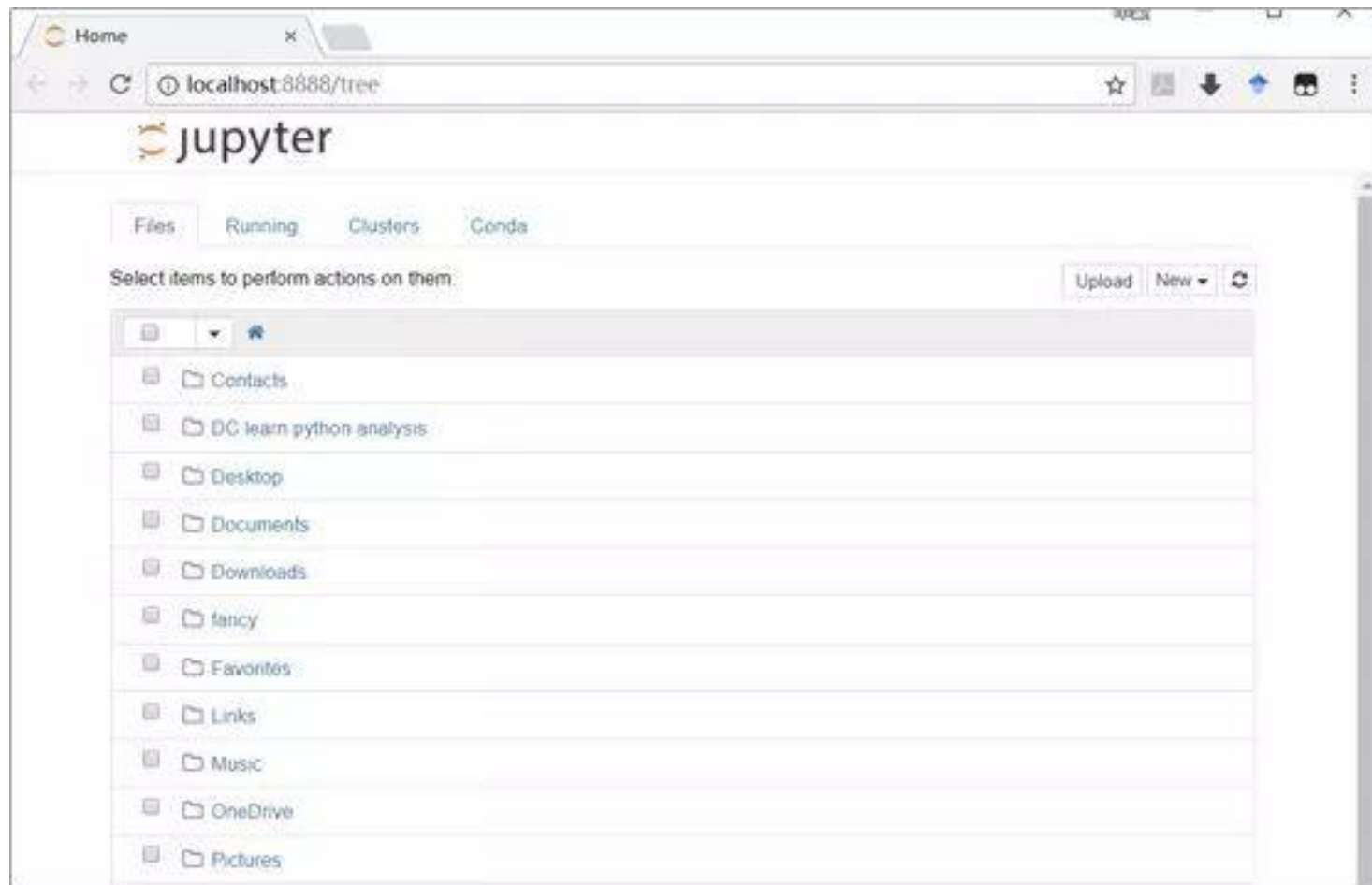
Python 的环境的安装

53

● Jupyter notebook

在cmd环境下，切换到代码的目录，输入命令：

jupyter notebook之后就可以启动jupyter botebook编辑器，启动之后会自动打开浏览器，并访问http://localhost:8088，默认跳转到http://localhost:8088/tree



Python 的环境的安装

54

● Pycharm

<https://www.jetbrains.com/pycharm/>

Pycharm 提供 免费的社区版 与 付费的专业版。专业版额外增加了一些功能，如项目模板、远程开发、数据库支持等。个人学习 Python 使用免费的社区版已足够。

如果有edu邮箱，那么推荐使用专业版，edu邮箱是可以免费使用专业版的。

安装过程照着提示一步步操作就可以了。

注意：安装路径尽量不使用带有 中文或空格 的目录，这样在之后的使用过程中减少一些莫名的错误。

Python 的主要数据类型

55

- 字符串
- 整数与浮点数
- 布尔值
- 日期时间
- 其它

Python 的数据结构

56

●列表(list)

用来存储一连串元素的容器，列表用[]来表示，其中元素的类型可不相同。

●元组(tuple)

元组类似列表，元组里面的元素也是进行索引计算。列表里面的元素的值可以修改，而元组里面的元素的值不能修改，只能读取。元组的符号是()

●集合(set)

集合主要有两个功能，一个功能是进行集合操作，另一个功能是消除重复元素。集合的格式是：set()，其中()内可以是列表、字典或字符串，因为字符串是以列表的形式存储的

●字典(dict)

字典dict也叫做关联数组，用大括号{}括起来，在其他语言中也称为map，使用键-值（key-value）存储，具有极快的查找速度，其中key不能重复。

Python控制流

57

- 顺序结构
- 分支结构
- 循环结构
- break、continue和pass
- 列表生成式

Python函数

58

- 调用函数

调用内置函数

- 定义函数

def 函数名():

函数内容

<return 返回值>

- 高阶函数

匿名函数：高阶函数传入函数时，不需要显式地定义函数，直接传入匿名函数更方便

(**lambda**函数)

Python模块

59

- NumPy
- Pandas
- SciPy
- Matplotlib
- Scikit-learn

Python模块-NumPy

60

● NumPy

NumPy是一个用Python实现的科学计算的扩展程序库，包括：

- 1、一个强大的N维数组对象Array；
- 2、比较成熟的（广播）函数库；
- 3、用于整合C/C++和Fortran代码的工具包；
- 4、实用的线性代数、傅里叶变换和随机数生成函数。numpy和稀疏矩阵运算包scipy配合使用更加方便。

NumPy (Numeric Python) 提供了许多高级的数值编程工具，如：矩阵数据类型、矢量处理，以及精密的运算库。专为进行严格的数字处理而产生。多为很多大型金融公司使用，以及核心的科学计算组织如：Lawrence Livermore, NASA用其处理一些本来使用C++, Fortran或Matlab等所做的任务。

Python模块-NumPy

61

切片

```
>>> a[0,3:5]
array([3,4])
>>> a[4:,4:]
array([[44,45],[54,55]])
>>> a[:,2]
array([2,12,22,32,42,52])
>>> a[2::2,::2]
array([[20,22,24],
       [40,42,44]])
```

0	1	2	3	4	5
10	11	12	13	14	15
20	21	22	23	24	25
30	31	32	33	34	35
40	41	42	43	44	45
50	51	52	53	54	55

```
>>> a[(0,1,2,3,4),(1,2,3,4,5)]
array([1,12,23,34,45])
>>> a[3:,[0,2,5]]
array([[30,32,35],
       [40,42,45],
       [50,52,55]])
>>> mask=np.array([1,0,1,0,0,1],
                   dtype=np.bool)
>>> a[mask,2]
array([2,22,52])
```

0	1	2	3	4	5
10	11	12	13	14	15
20	21	22	23	24	25
30	31	32	33	34	35
40	41	42	43	44	45
50	51	52	53	54	55

第 0 轴

第 1 轴

Python模块-NumPy

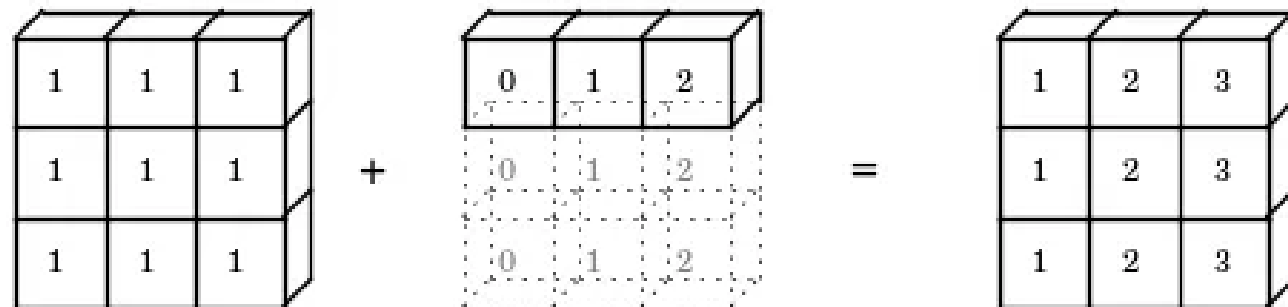
62

广播

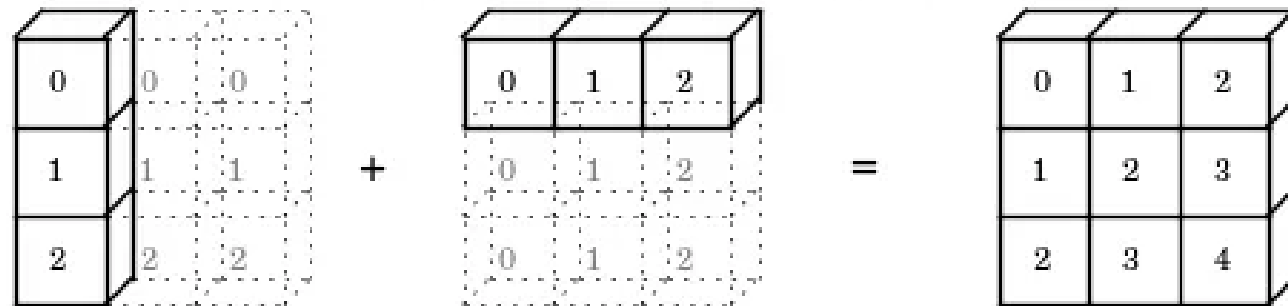
`np.arange(3) + 5`



`np.ones((3, 3)) + np.arange(3)`



`np.arange(3).reshape((3, 1)) + np.arange(3)`



●Pandas

Pandas 是基于NumPy 的一种工具，该工具是为了解决数据分析任务而创建的。

Pandas 纳入了大量库和一些标准的数据模型，提供了高效地操作大型数据集所需的工具。Pandas提供了大量能使我们快速便捷地处理数据的函数和方法。你很快就会发现，它是使Python成为强大而高效的数据分析环境的重要因素之一。

Python模块-Pandas

64

● 基本数据结构

Series

一维数据结构，包含索引和数据两个部分

张 某	22
李 某	26
段 某	24

DataFrame

二维数据结构，包含带索引的多列数据，各列的数据类型可能不同

个人信息	年龄	籍贯	职业
张 某	22	北京	律师
李 某	26	四川成都	工程师
段 某	24	江苏南京	研究员

Python模块-Pandas

65

● 数据索引

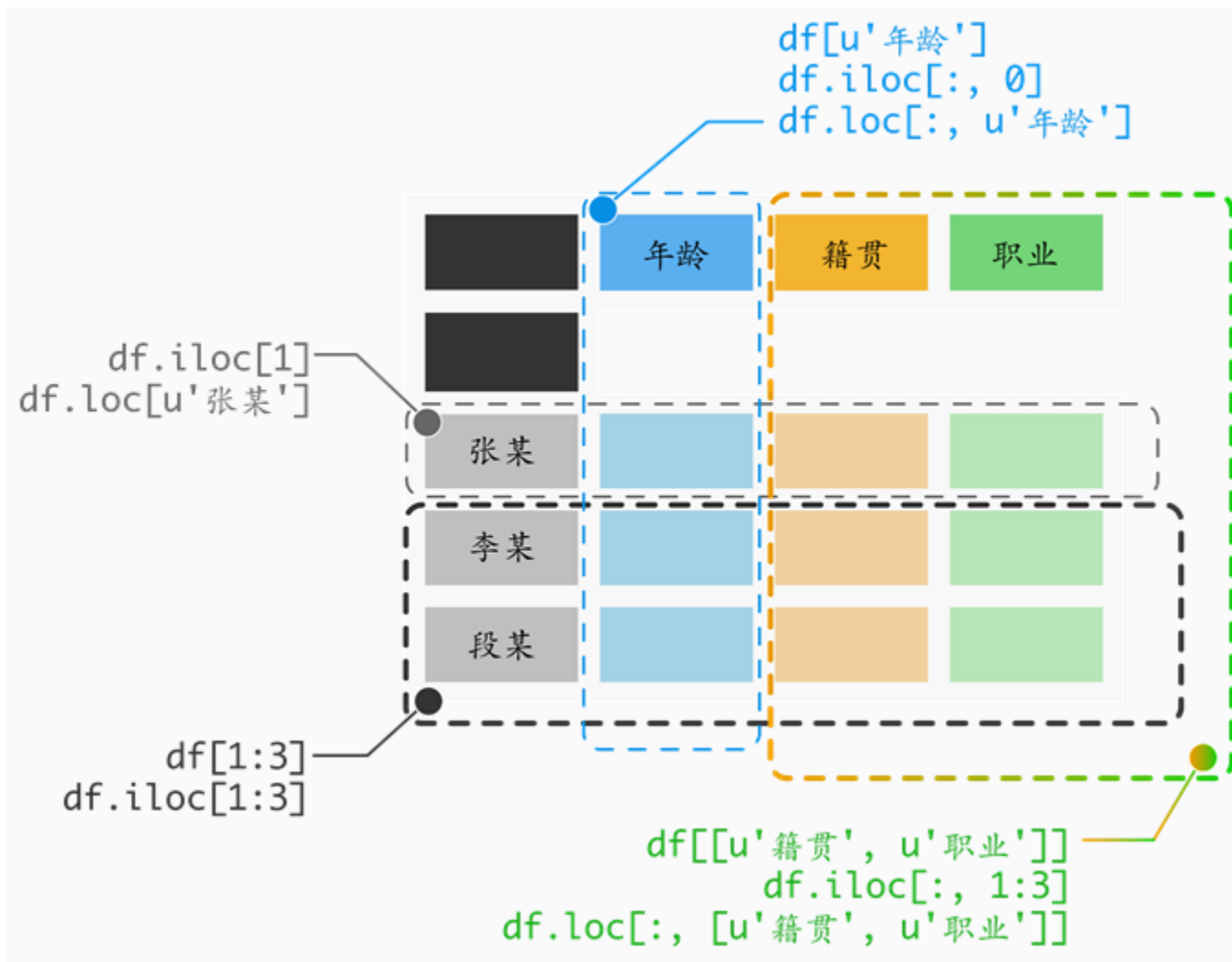
`df[5:10]`

通过切片方式选取多行

`df[col_label]` or `df.col_label`
选取列

`df.loc[row_label, col_label]`
通过标签选取行/列

`df.iloc[row_loc, col_loc]`
通过位置（自然数）选取行/列



Python模块-Pandas

66

● 数据合并

`pd.merge(left, right)` 类数据库的数据融合操作。

参数：`how`，融合方式，包括左连接、右连接、内连接（默认）和外连接；`on`，连接键；`left_on`，左键；`right_on`，右键；`left_index`，是否将left行索引作为左键；`right_index`，是否将right行索引作为右键。

	姓名	年龄
0	张某	22
1	李某	26
2	段某	24

	姓名	籍贯
7	张某	北京
8	李某	四川成都
9	钱某	江苏南京

inner

	姓名	年龄	籍贯
0	张某	22	北京
1	李某	26	四川成都

```
pd.merge(left, right,  
         how='inner', on=u'姓名')
```

outer

	姓名	年龄	籍贯
0	张某	22.0	北京
1	李某	26.0	四川成都
2	段某	24.0	NaN
3	钱某	NaN	江苏南京

```
pd.merge(left, right,  
         how='outer', on=u'姓名')
```

left

	姓名	年龄	籍贯
0	张某	22	北京
1	李某	26	四川成都
2	段某	24	NaN

```
pd.merge(left, right,  
         how='left', on=u'姓名')
```

right

	姓名	年龄	籍贯
0	张某	22.0	北京
1	李某	26.0	四川成都
2	钱某	NaN	江苏南京

```
pd.merge(left, right,  
         how='right', on=u'姓名')
```

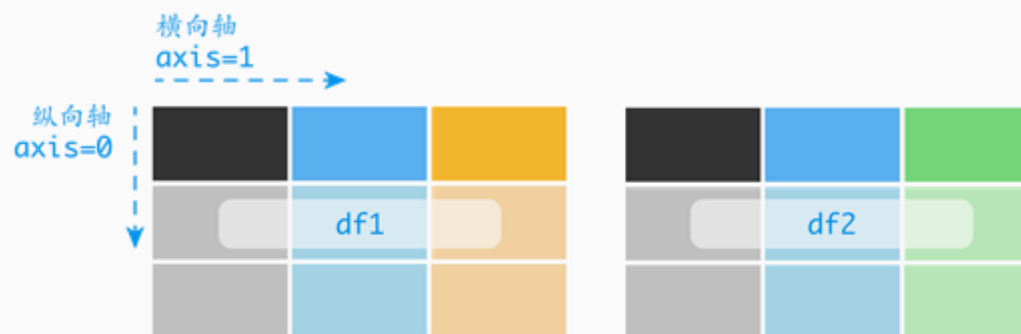
Python模块-Pandas

67

● 数据融合

`pd.concat([df1, df2])`

轴向连接多个
DataFrame.



Python模块-Pandas

68

文件读写

从文件中读取数据 (DataFrame)

`pd.read_csv()` | 从CSV文件读取

`pd.read_table()` | 从制表符分隔文件读取, 如TSV

`pd.read_excel()` | 从 Excel 文件 读取

`pd.read_sql()` | 从 SQL 表 或 数据库 读取

`pd.read_json()` | 从JSON格式的URL或文件读取

`pd.read_clipboard()` | 从剪切板读取

将DataFrame写入文件

`df.to_csv()` | 写入CSV文件

`df.to_excel()` | 写入Excel文件

`df.to_sql()` | 写入SQL表或数据库

`df.to_json()` | 写入JSON格式的文件

`df.to_clipboard()` | 写入剪切板

Python模块-SciPy

69

●SciPy

SciPy是构建在NumPy的基础之上的，它提供了许多的操作NumPy的数组的函数。

SciPy是一款方便、易于使用、专为科学和工程设计的Python工具包，它包括了统计、优化、整合以及线性代数模块、傅里叶变换、信号和图像图例，常微分方差的求解等

scipy.cluster	向量量化
scipy.constants	数学常量
scipy.fftpack	快速傅里叶变换
scipy.integrate	积分
scipy.interpolate	插值
scipy.io	数据输入输出
scipy.linalg	线性代数
scipy.ndimage	N维图像
scipy.odr	正交距离回归
scipy.optimize	优化算法
scipy.signal	信号处理
scipy.sparse	稀疏矩阵
scipy.spatial	空间数据结构和算法
scipy.special	特殊数学函数
scipy.stats	统计函数

Python模块-Matplotlib

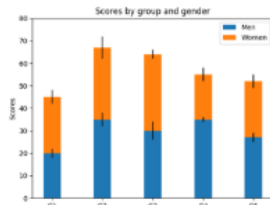
70

●Matplotlib

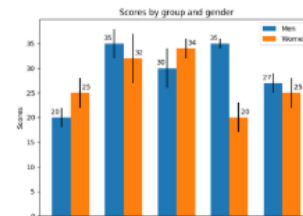
Matplotlib 是一个 Python 的 2D 绘图库，它以各种硬拷贝格式和跨平台的交互式环境生成出版质量级别的图形。

通过 Matplotlib，开发者可以仅需要几行代码，便可以生成绘图，直方图，功率谱，条形图，错误图，散点图等。

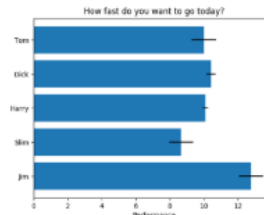
Lines, bars and markers



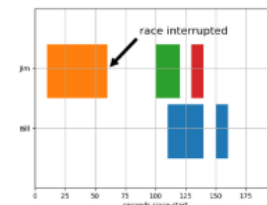
Stacked Bar Graph



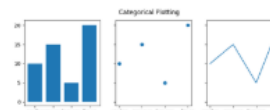
Grouped bar chart with labels



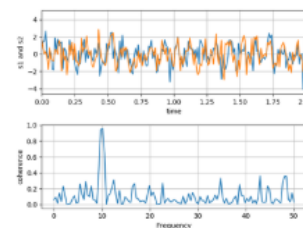
Horizontal bar chart



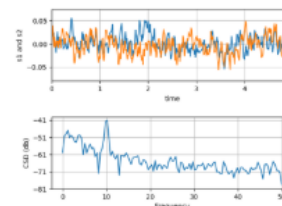
Broken Barh



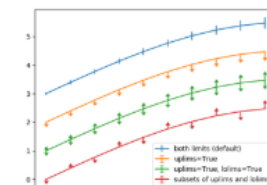
Plotting categorical variables



Plotting the coherence of two signals



CSD Demo



Errorbar limit selection

<https://matplotlib.org/gallery/index.html>

Python模块-Matplotlib

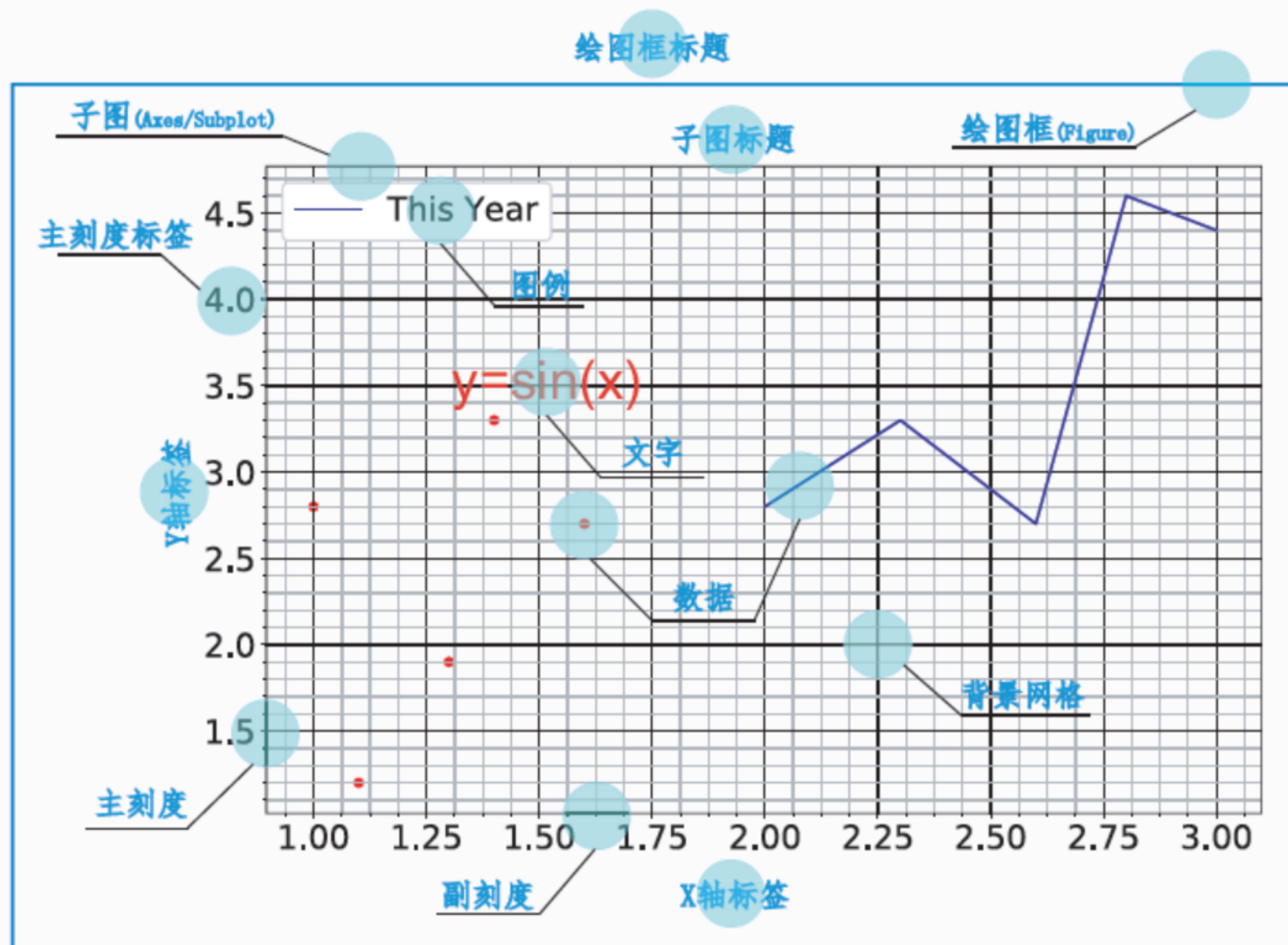
71

图形的各元素名称如下：

绘图框 是图形的最高容器，所有图形必须放置在绘图框中。

子图 是绘图框中所包含的图形，即便绘图框只包含一幅图，也称之为子图。

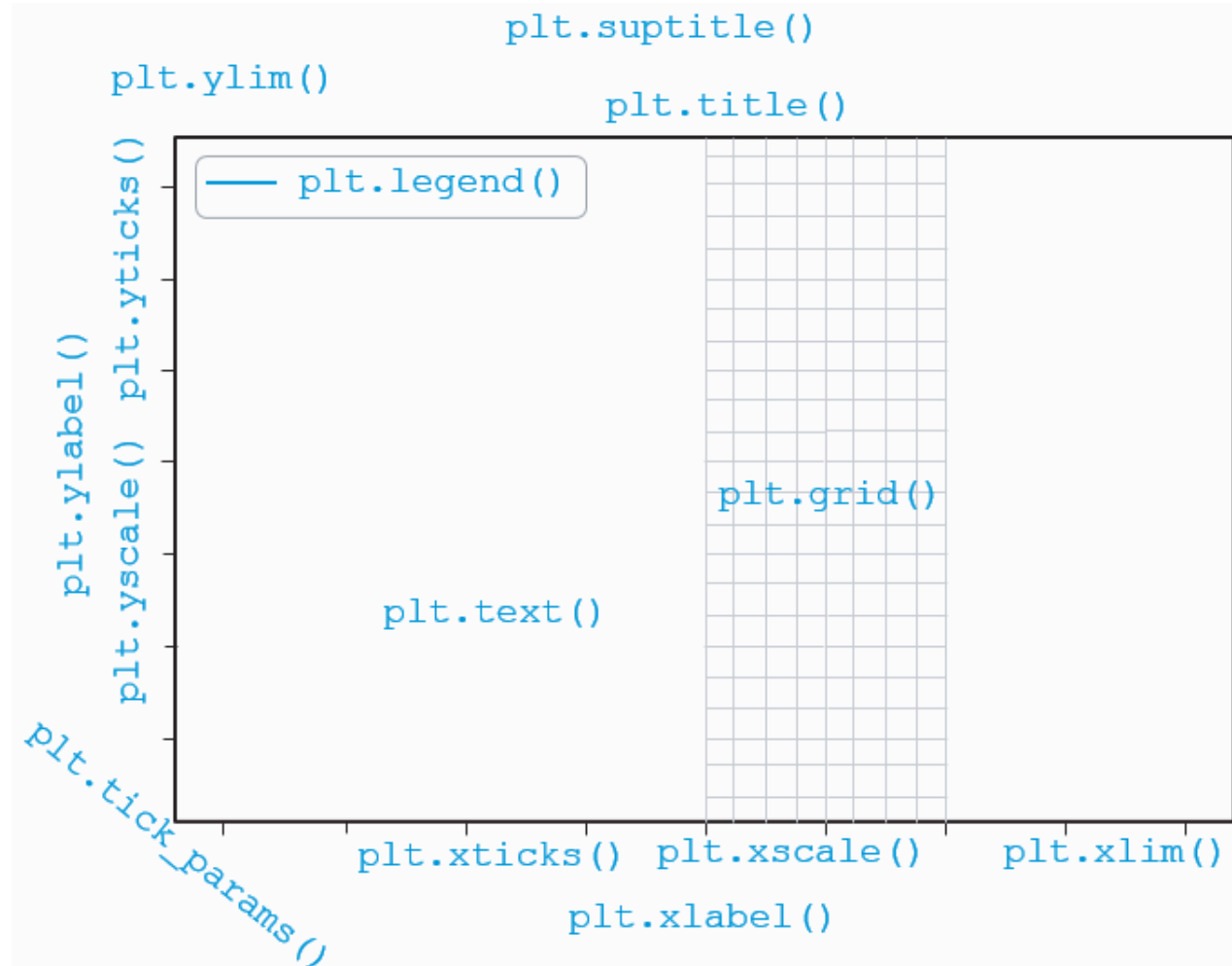
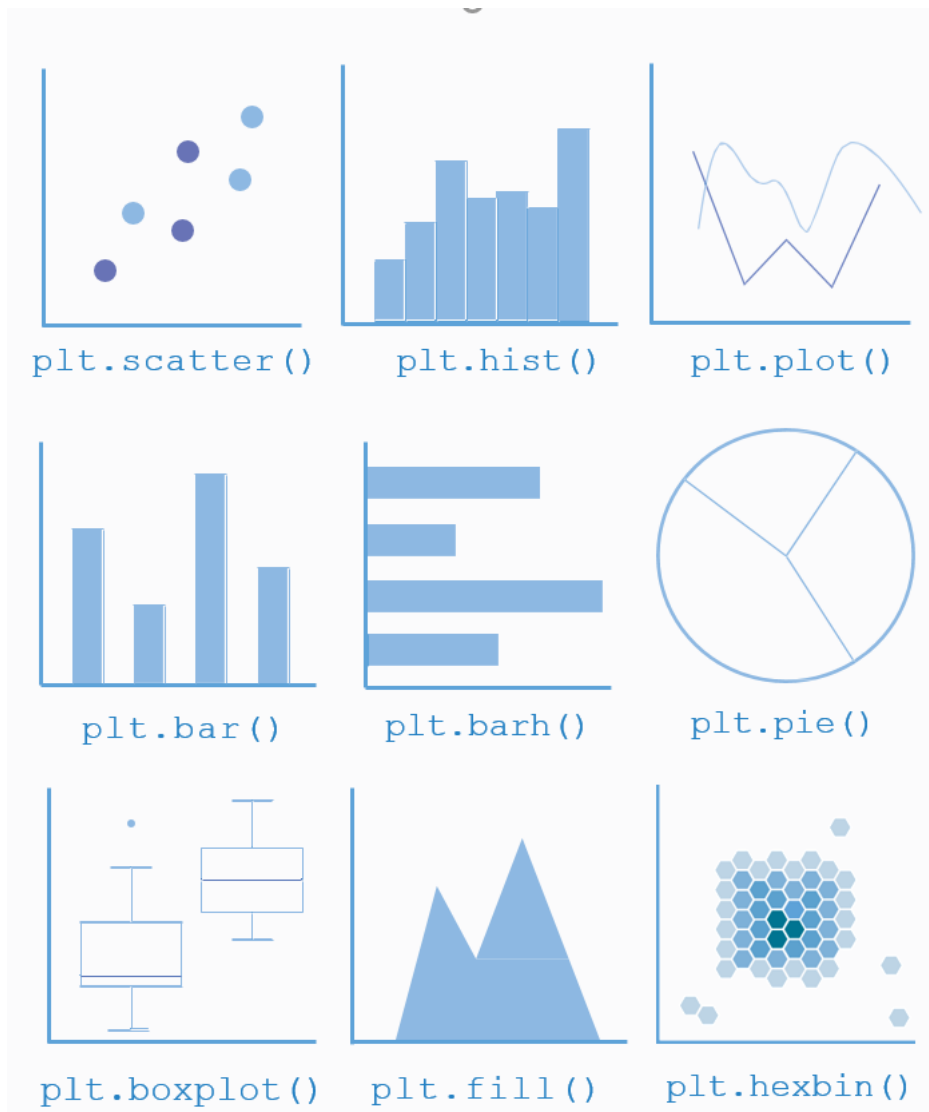
元素 是组成子图的部件，从子图最内部的数据线条到外围的坐标轴标签等都属于元素



Python模块-Matplotlib

72

图
形
样
式



深度学习框架

73

This year ...

Caffe
(UC Berkeley)



Caffe2
(Facebook)

Torch
(NYU / Facebook)



PyTorch
(Facebook)

Theano
(U Montreal)



TensorFlow
(Google)

Keras

Paddle
(Baidu)

CNTK
(Microsoft)

MXNet
(Amazon)
Developed by U Washington, CMU, MIT,
Hong Kong U, etc but main framework of
choice at AWS

And others...

深度学习框架-PyTorch

74

安装PyTorch

<https://pytorch.org/>

PyTorch Build	Stable (1.8.1)		Preview (Nightly)	
Your OS	Linux	Mac	Windows	
Package	Conda	Pip	LibTorch	Source
Language	Python		C++ / Java	
Compute Platform	CUDA 10.2	CUDA 11.1	ROCm 4.0 (beta)	CPU
Run this Command:	<code>conda install pytorch torchvision torchaudio cpuonly -c pytorch</code>			

命令行运行:

深度学习框架-PyTorch

75

测试PyTorch

```
import torch
```

```
x = torch.rand(2, 3)
```

```
print(x)
```

或者输入 `conda list -f pytorch`

4. 深度学习的开发流程

76

01 深度学习概述

02 神经网络的基础

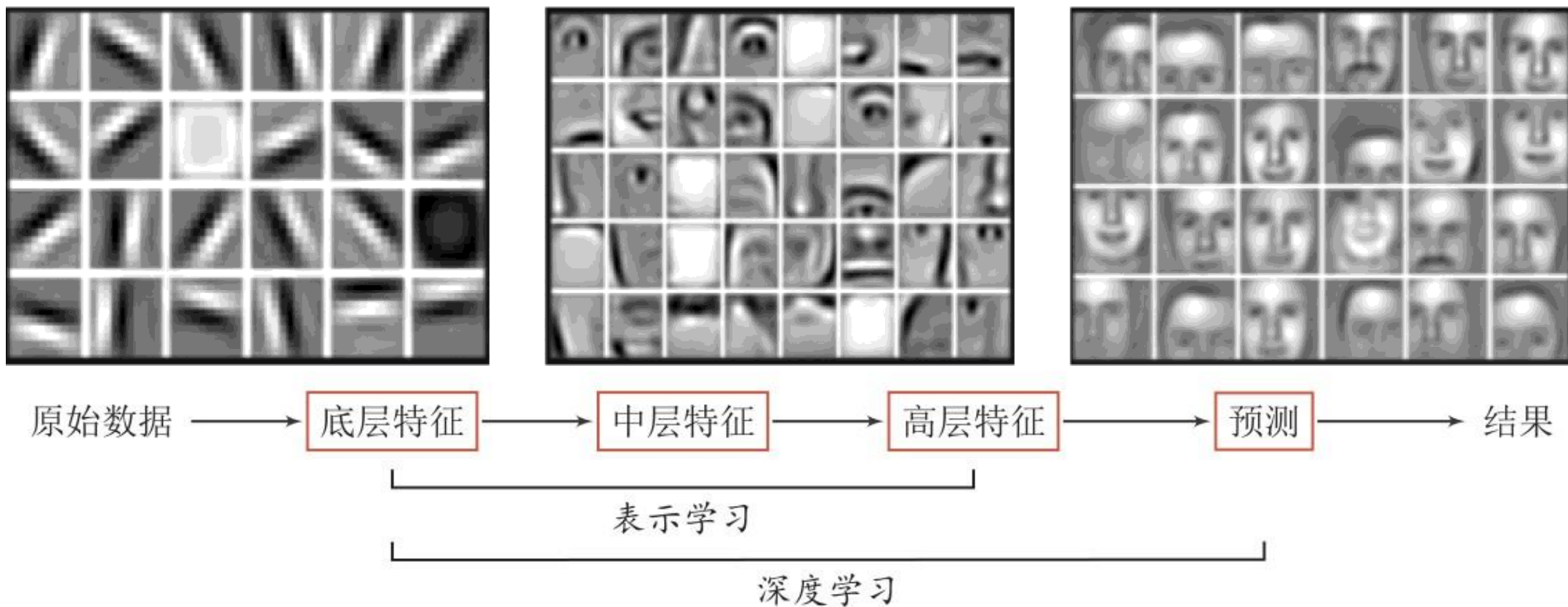
03 深度学习的背景知识

04 深度学习的开发流程

深度学习的一般步骤

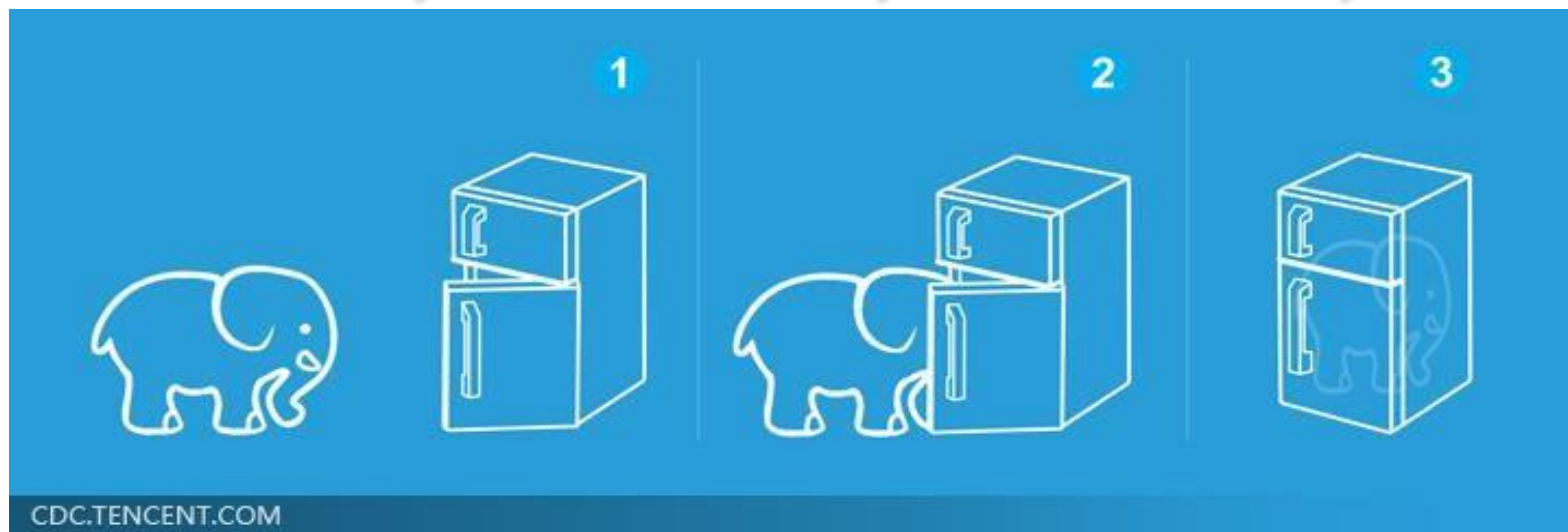
77

深度学习 = 表示学习 + 浅层学习



深度学习的三个步骤

78



深度学习很简单.....

1. IAN GOODFELLOW等, 《深度学习》, 人民邮电出版社, 2017
2. Andrew Ng, <http://www.deeplearning.ai>
3. Christopher M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning, Springer-Verlag, 2006
4. 李宏毅, 《一天搞懂深度学习》

谢 谢!

