

机器学习

2018年春季

涂仕奎

计算机科学与工程系

tushikui@sjtu.edu.cn

实验室：电院3号楼508



电信群楼3-200 2017年6月2日

上海交通大学 人工智能日

中国工程院院士潘云鹤等
重量级嘉宾剖析人工智能2.0



演讲嘉宾

潘云鹤 中国工程院原常务副院长 院士

8位FELLOWS(5 F.IEEE+2 F.IAPR+1 F.IET)

7位教育部长江(学者、讲座)

9位基金委杰青

主办：上海交通大学电子信息与电气工程学院、上海科学技术出版社

承办：上海交通大学认知机器与计算健康研究中心(CMaCH)

上海交大人工智能日系列活动聚焦“人工智能2.0”[图]

认知机器与计算健康研究中心揭牌成立

[发布时间]: 2017年06月07日

来自全国多家高等院校及科研院所和企业的**230**余名专家学者、企业领导、以及大学生参加。

号: [大 中 小]

[责任编辑]: 洪纳娜 郑茂

6月2日，以“人
海交通大学电子信息
上海科学技术出版社
云鹤院士做的“中国
术研讨会。本次人
社共同举办，电院C



“人工智能日” 嘉宾合影



类脑认知与生物医疗大数据团队



人工智能：创意智能，机器学习，类AlphaZero学习

计算健康：生物医疗大数据建模与分析，生物信息学

课程介绍

第六节 12:55-13:40

第七节 14:00-14:45

第八节 14:55-15:40



12:55 – 14:00

14:10 – 15:20

- **48 节课，1-16周，每周三节，3 学分**

- **时间**：星期四 第6节--第8节，东上院106
- **地点**：东上院106

- **目标**：

- 掌握机器学习的基本问题定义、基本模型，对机器学习学科有概览性的认识
- 了解机器学习的前沿技术与研究现状

- **教学方法**：

- 以课堂教学为主，结合阅读自学和大作业，进行分析和讨论

课程资料

- Chris Bishop. “Pattern Recognition and Machine Learning” . Springer 2006.
- 李航《统计学习方法》清华大学出版社 , 2012.
- 周志华《机器学习》清华大学出版社 , 2016.
- Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville. “Deep Learning” , The MIT Press,2016
- Tom Mitchell. “Machine Learning” . McGraw-Hill, 1997
- Jerome H. Friedman, Robert Tibshirani, and Trevor Hastie. “The Elements of Statistical Learning” . Springer 2004.

考核及成绩评定方式 (Normal version)

- **平时成绩 : 30%**

- 课堂表现、平时作业，主要考核对知识点的掌握程度。

- **大作业 : 20%**

- 期末提交，主要考核独立解决问题的能力。

- **期末考试 : 50%**

- 笔试，主要考核对机器学习的基本思想和方法的掌握程度。

考核及成绩评定方式 (super version)

- One paper accepted by
 - CCF-A conferences: 100分 (或者被我认定达到CCF-A水平)
 - CCF-B conferences: 90分 (或者被我认定达到CCF-B水平)
 - CCF-C conferences: 85分 (或者被我认定达到CCF-C水平)
- Contests
 - Rank top3 in a competitive contest: 100分
 - ...

Your Score = **max** { *score_normal*, *score_super* }

Subject to *Score_normal* ≥ 60

主讲老师

- 姓名 : 涂仕奎
- Email : tushikui@sjtu.edu.cn
- 主页 : <http://www.cs.sjtu.edu.cn/~tushikui/>
- 实验室 : 电院3号楼508室 (CMaCH)
- 研究方向 : 机器学习 , 生物信息学



Cell

2014

2016

2018

The HP1 Homolog Rhino Anchors
The RNase PARN-1 Trims
Identification of piRNA Binding Sites
Revealing the Rules of piRNA Targeting
The piRNA targeting rules and the resistance to piRNA silencing in endogenous genes

Donglei Zhang,^{1,2*} Shikui Tu,^{3,4*} Michael Stubna,¹ Wei-Sheng Wu,⁵ Wei-Che Huang,⁵ Zhiping Weng,³ Heng-Chi Lee^{1†}

Correspondence: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.01.012>

Science

2018

Piwi-interacting RNAs (piRNAs) silence transposons to safeguard genome integrity in animals. However, the functions of the many piRNAs that do not map to transposons remain unknown. Here, we show that piRNA targeting in *Caenorhabditis elegans* can tolerate a few mismatches but prefer perfect pairing at the seed region. The broad targeting capacity of piRNAs underlies the germline silencing of transgenes in *C. elegans*. Transgenes engineered to avoid piRNA recognition are stably expressed. Many endogenous



助教

- 姓名 : 陈雅静
- Email: cyj907@sjtu.edu.cn
- 实验室 : 电院3号楼508室 (CMaCH)
- 课程QQ群 : 5434 62867
- 课程主页 :
<http://cmach.sjtu.edu.cn/course/cs420>



校历

星期四，6-8节 12:55-15:40，东上院106

上海交通大学2017-2018学年校历

	九月			十月			十一月			十二月			一月		二月		三月			四月			五月			六月			七月			八月			九月													
星期一	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	3
星期二	12	19	26	3	10	17	24	31	7	14	21	28	5	12	19	26	2	9	16	23	30	6	13	20	27	3	10	17	24	1	8	15	22	29	5	12	19	26	3	10	17	24	31	7	14	21	28	4
星期三	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29	6	13	20	27	3	10	17	24	31	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29	5
星期四	14	21	28	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	1	8	15	22	29	5	12	19	26	3	10	17	24	31	7	14	21	28	5	12	19	26	2	9	16	23	30	6
星期五	15	22	29	6	13	20	27	3	10	17	24	1	8	15	22	29	5	11	19	26	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29	6	13	20	27	3	10	17	24	31	7
星期六	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	3	10	17	24	31	7	14	21	28	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	1	8
星期日	17	24	1	8	15	22	29	5	12	19	26	3	10	17	24	31	7	14	21	28	4	11	18	25	1	8	15	22	29	6	13	20	27	3	10	17	24	1	8	15	22	29	5	12	19	26	2	9
周数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1	2	3	4	5	6
学期	秋季学期												寒假			春季学期												夏季学期			暑假																	

节假日：（节假日安排按国务院通知执行）

备注：

- 1、国 庆 10月1、2、3日（周日、一、二）休假
2、中 秋 10月4日（周三）休假
3、元 旦 1月1日（周一）休假
4、春 节 2月15、16、17日（除夕、初一、初二）
5、寒 假 1月15日至2月25日 6周（其中包括春节）

- 6、清 明 4月5日（周四）休假
7、校 庆 4月8日（周日）
8、五一劳动节 5月1日（周二）休假
9、端 午 6月18日（周一）休假
10、暑 假 7月30日至9月9日 6周

说明：1. 秋季学期、春季学期各18周，其中最后2周为考试周；夏季学期为4周；寒假6周；暑假6周。

2. 秋季学期9月9日为新生报到日，9月10日为老生报到日，9月11日正式行课；春季学期2月25日为学生注册报到日，2月26日正式行课。

Any Questions?

什么是机器学习？

Machine Learning



what society thinks I
do



what my friends think
I do



what my parents think
I do

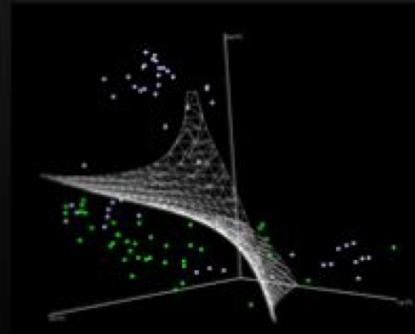
$$L_p = \frac{1}{2} \|\mathbf{w}\|^2 - \sum_i^l \alpha_i y_i (\mathbf{x}_i \cdot \mathbf{w} + b) + \sum_i^l \alpha_i$$
$$\alpha_i \geq 0, \forall i$$

$$\mathbf{w} = \sum_{i=1}^l \alpha_i y_i \mathbf{x}_i, \sum_{i=1}^l \alpha_i y_i = 0$$

$$\nabla g(\theta_t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \nabla \ell(x_i, y_i; \theta_t) + \nabla r(\theta_t).$$

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \eta_p \nabla \ell(x_{i(t)}, y_{i(t)}; \theta_t) - \eta_r \cdot \nabla r(\theta_t)$$

$$\mathbb{E}_{i(t)}[\ell(x_{i(t)}, y_{i(t)}; \theta_t)] = \frac{1}{n} \sum_i \ell(x_i, y_i; \theta_t).$$



what other programmers
think I do

what I think I do

```
>>> from sklearn import svm
```

what I really do

机器学习的定义

- **Arthur Samuel 的定义(1959)**

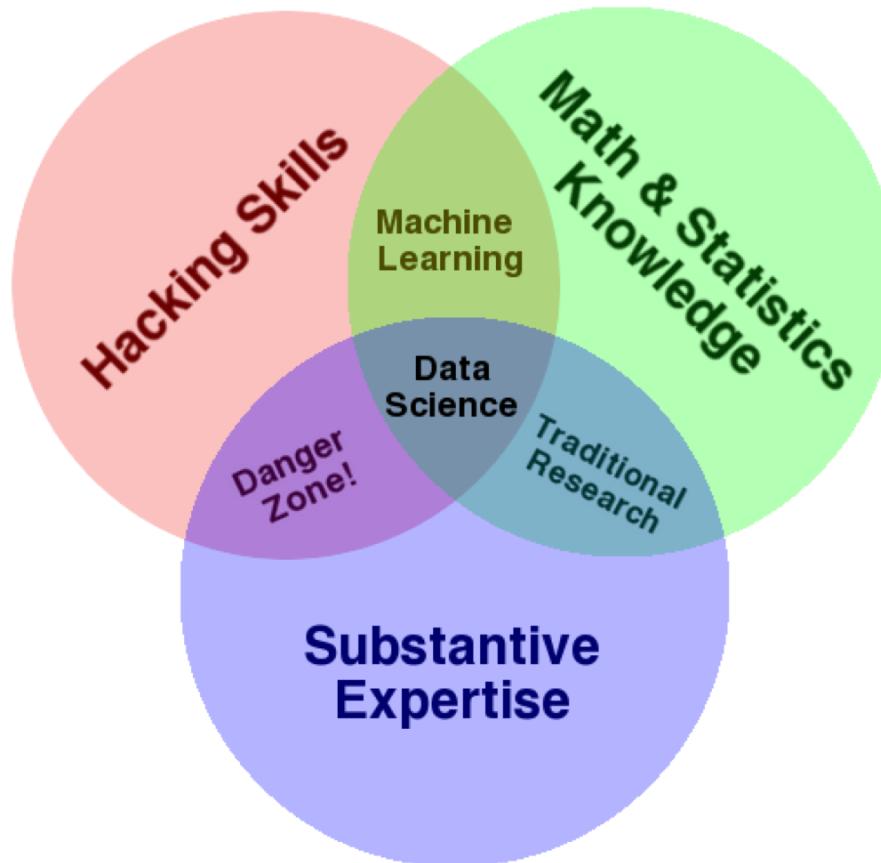
- 在不直接针对问题进行编程的情况下，赋予计算机学习能力的一个研究领域。

- **Tom Mitchell 的定义(1997)**

- “机器学习这门学科所关注的问题是：计算机程序如何随着经验积累自动提高性能。” (Machine Learning is the study of computer algorithms that improve automatically through experience.)
 - “对于某类任务T和性能度量P，如果一个计算机程序在T上以P衡量的性能随着经验E而自我完善，那么我们称这个计算机程序在从经验E学习。”

THE DATA SCIENCE VENN DIAGRAM

By Drew Conway

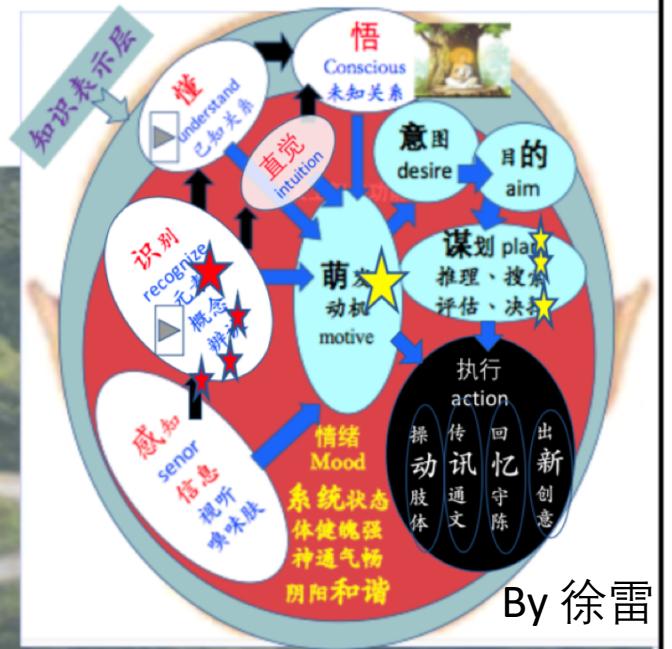


Machine learning = **Hacking skills** + **Math + Statistics**

机器学习是人工智能的核心

- Langley (1996) 定义的机器学习
 - “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” 。(Machine learning is a science of the artificial. The field's main objects of study are artifacts, specifically algorithms that improve their performance with experience.)

人工智能第三次浪潮



1950年图灵测试提出后

当前背景

- 世界三大尖端科技
 - 20世纪：空间技术、能源技术、**人工智能**
 - 21世纪：**基因工程**、纳米科技、**人工智能**
- 2016年全球投资人工智能：200-300亿美元
- 中国人工智能融资规模约为26亿，全球第二
- 美国、中国、英国位列全球目前人工智能项目排名的前三甲，分别为2905、709、366家。

Watson 沃森：IBM制造的电脑问答（Q&A）系统

认知

听懂语音
抓住关键词
理解词间关系

思考

搜寻记忆
证据推理
选择决断

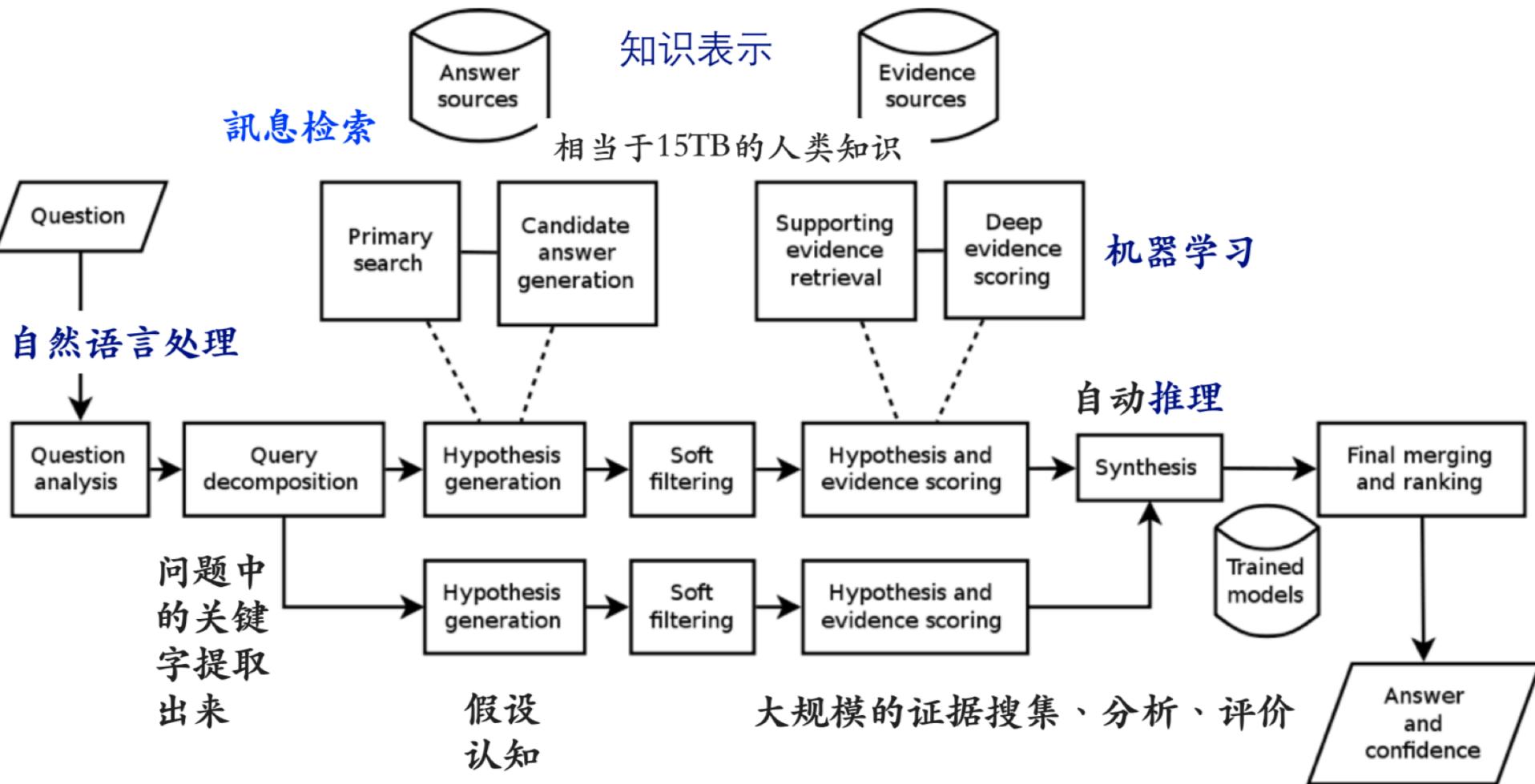
通讯

搜肠刮肚
组织语句
吐词清楚



2011年，沃森参加综艺节目《危险边缘》来测试它的能力，这是该节目有史以来第一次人与机器对决。打败了最高奖金得主布拉德·鲁特尔和连胜纪录保持者肯·詹宁斯。

彻底搜索这些关键字，它会针对关键字仔细搜索能找到的信息及其上下文、分类名、答案的类型、时间、地点、性别以及其他资料。



The high-level architecture of IBM's DeepQA

AlphaGo 人机大战

认知

看懂棋局
抓住关键

围棋无法仅通过寻找最佳棋步来解决

游戏一盘平均约有150步

每一步平均约有200种可选的下法

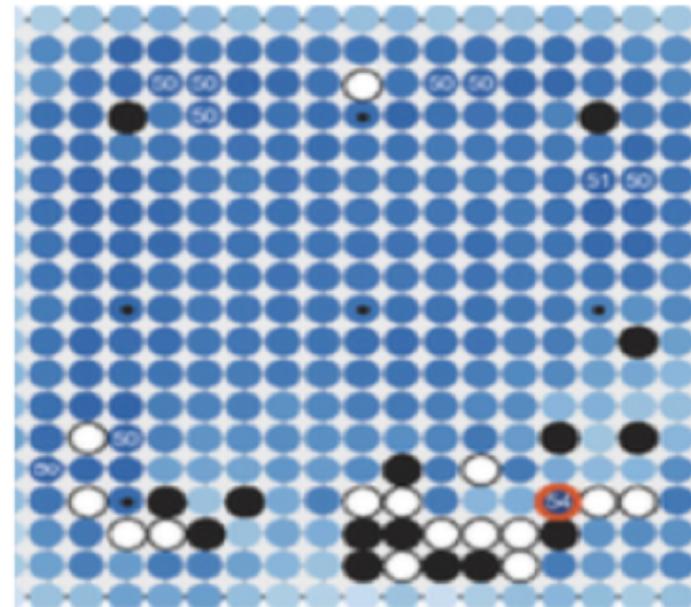
需要解决的可能性 200^{150} 种

思考

搜寻记忆
推理赢面
选择决断

行动

落子到位



ImageNet Challenge

深度学习 驱动识别（标签）全面突破

监督学习

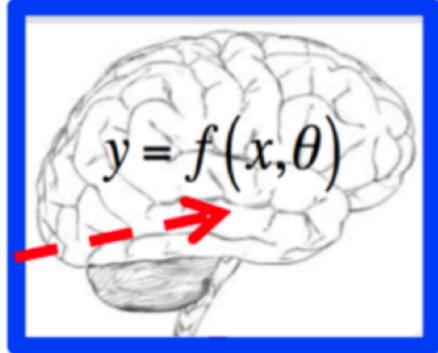


教师

$$e = t - y \text{ 误差}$$

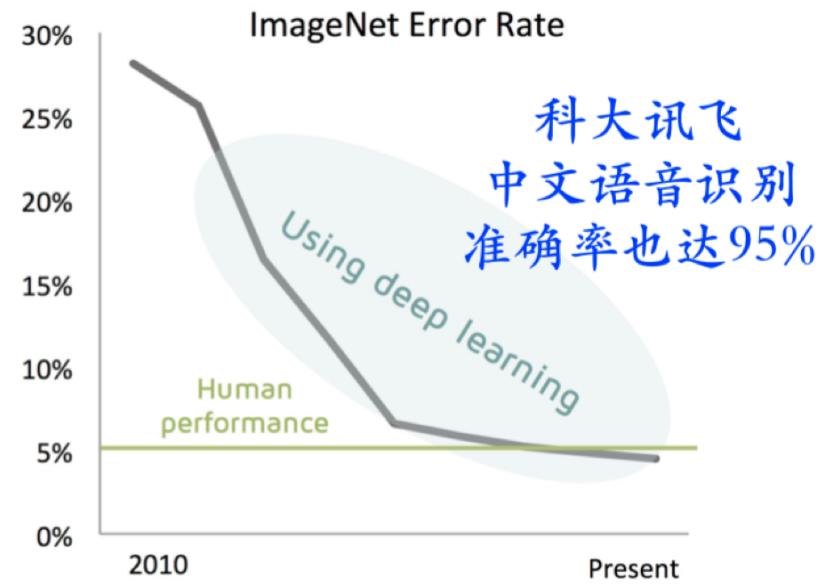
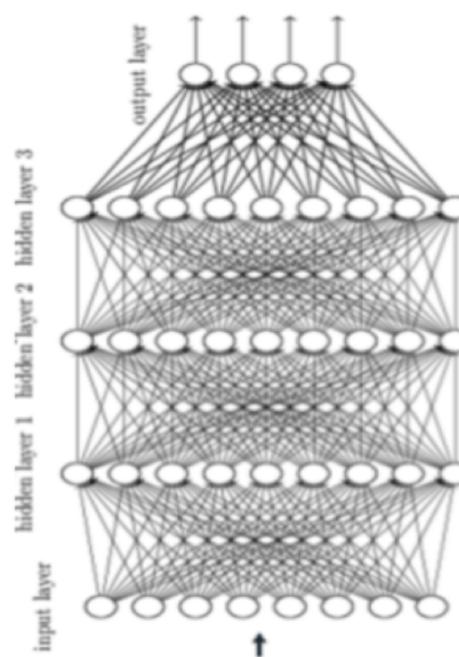


输出



输入

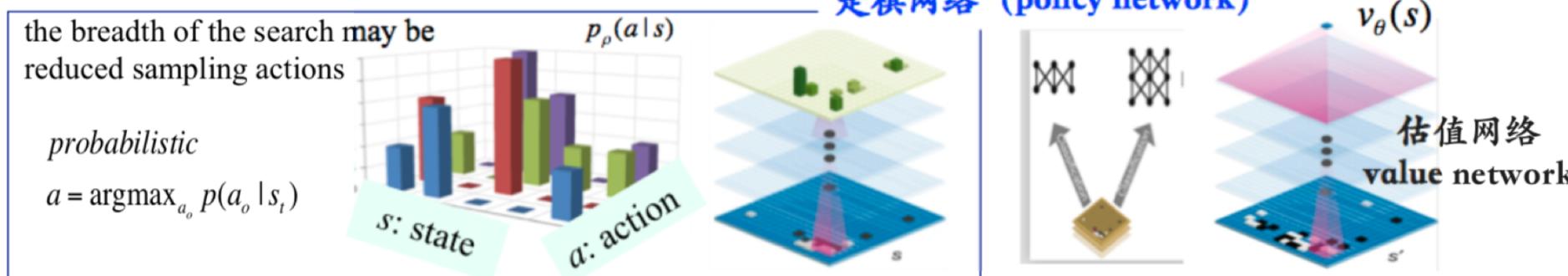
- 1,000 object classes (categories).
- Images:
 - 1.2 M train
 - 100k test.



科大讯飞
中文语音识别
准确率也达95%

达到人类水平，进入实用阶段！

- 它利用大数据（3000万步棋着）通过深度网络学习得出对当前棋局好坏的经验评估和下一步各种落子的**经验落子概率分布**；



- 还利用大数据通过浅层网络学习得出快速走子策略，驱动蒙特卡洛树搜索侦察，获得获胜机会的前瞻评估 z_L 。

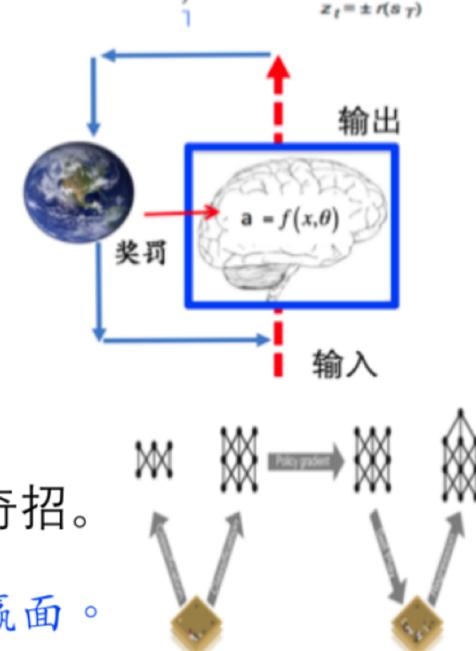
- 综合经验评估和前瞻评估 $V(s_L) = (1 - \lambda)v_\theta(s_L) + \lambda z_L$

- 代表行为主义的Q学习，进一步考虑**得分奖励**得到**改进评估**。

$$Q(s_t, a) = Q^{old}(s_t, a)(1 - \alpha_t) + \alpha_t[R_{t+1} + \gamma V^{old}(s_{t+1})]$$

$$Q(s_t, a) = Q^{old}(s_t, a)(1 - \alpha_t) + \alpha_t V(s_L)$$

增强学习



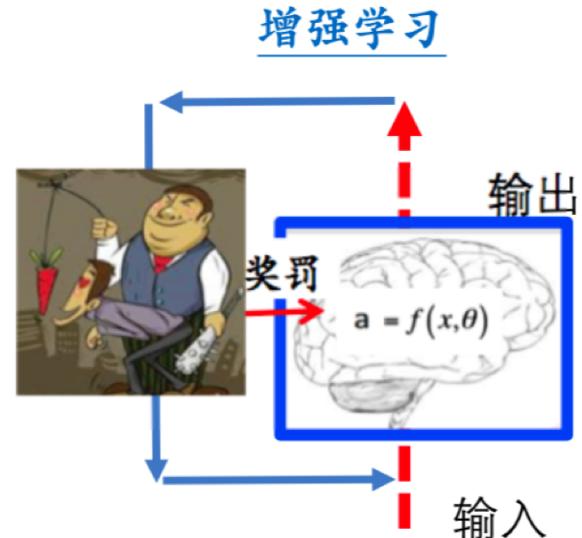
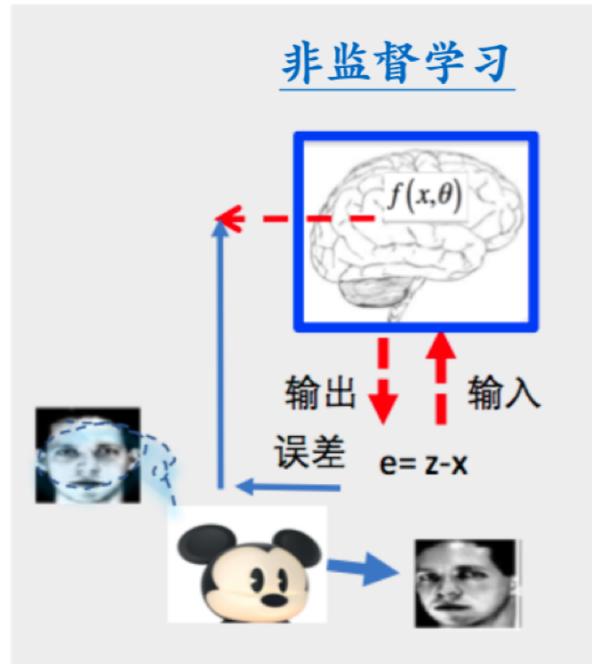
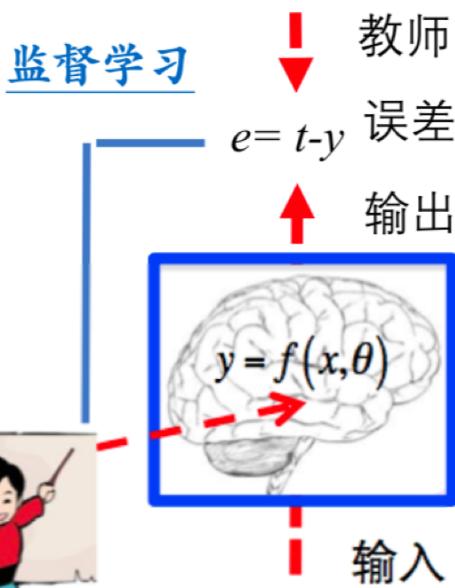
- 改进后评估再综合经折算后**经验落子概率**才真正落子

$$a = \operatorname{argmax}_{a_o} [Q(s, a_o) + \frac{p(a_o | s_t)}{1 + N(s, a)}]$$

除以该走子的被用频率，鼓励奇招。

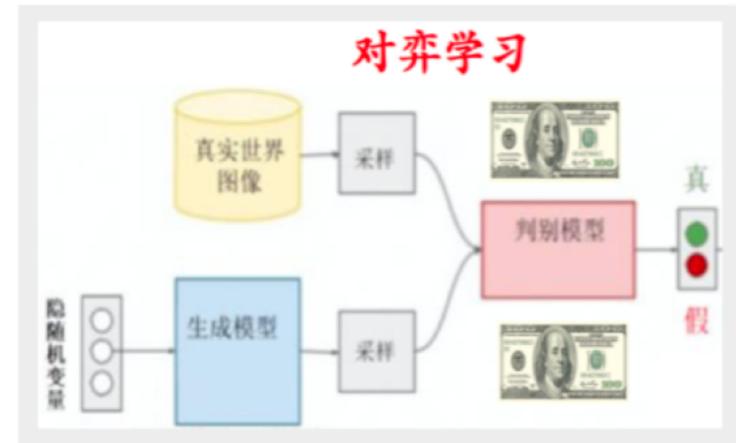
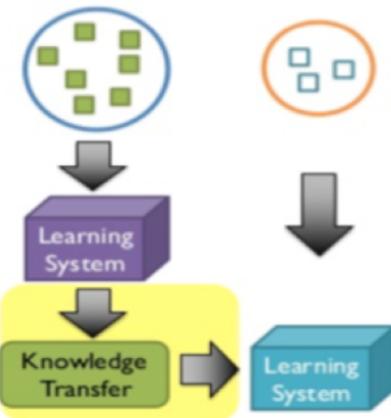
- 不仅如此，还要与过去的自己对弈，反复内省之前所学，巩固羸面。

七个基本学习机制



半监督、迁移学习

Transfer Learning



群体智能 (crowd intelligence)



Integrated learning 集成学习



中国人工智能第一次浪潮：70年代末至80年代末

先五位百岁级先驱、中科院学部委员



钱学森先生
(1911.12生)
提倡思维科学，
尤其是形象思维。



王湘浩先生
(1915.5生)
80年在吉大办了最早
全国性的人工智能讨
论班。注重符号系统，
研究定理机器证明



吴文俊先生
(1919.5生)
数学机械化方法、
几何定理自动证
明、不同于符号
方法的新方法



程民德先生
(1917.1生)

常先生领衔并与程先生搭档，
一起领导推动认知智能（模
式识别、信号与图像处理、
机器视觉）的发展，以及第
一批三个智能科学的国家重
点实验室建立。

常迥先生
(1917.2生)

中国人工智能产业生态图谱

iiMedia 艾媒咨询
Research

基础层



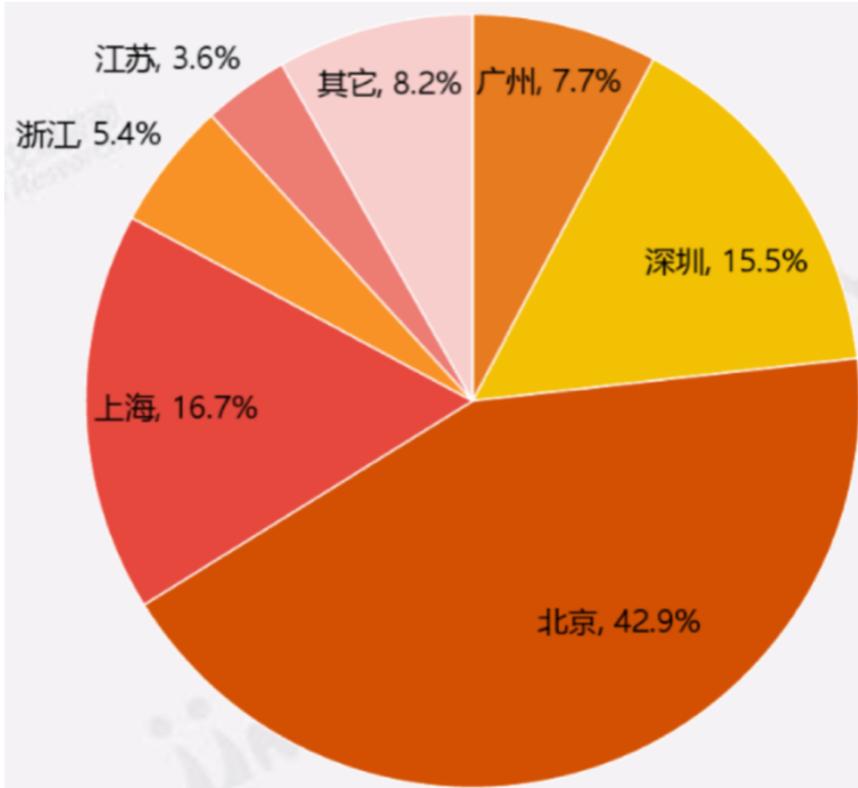
技术层



应用层



中国人工智能创业公司所在地区分布



注：截至2017年1月18日；



2017年1-2月刊 | 总第55期

人工智

封面报道 | Cover Report

规模会战下人工智能需要整合、转变

——对话上海交通大学电信学院认知机器和健康计算研究中心徐雷、连勇、杨杰、杨小康、张丽清教授

文本刊记者 杨焱

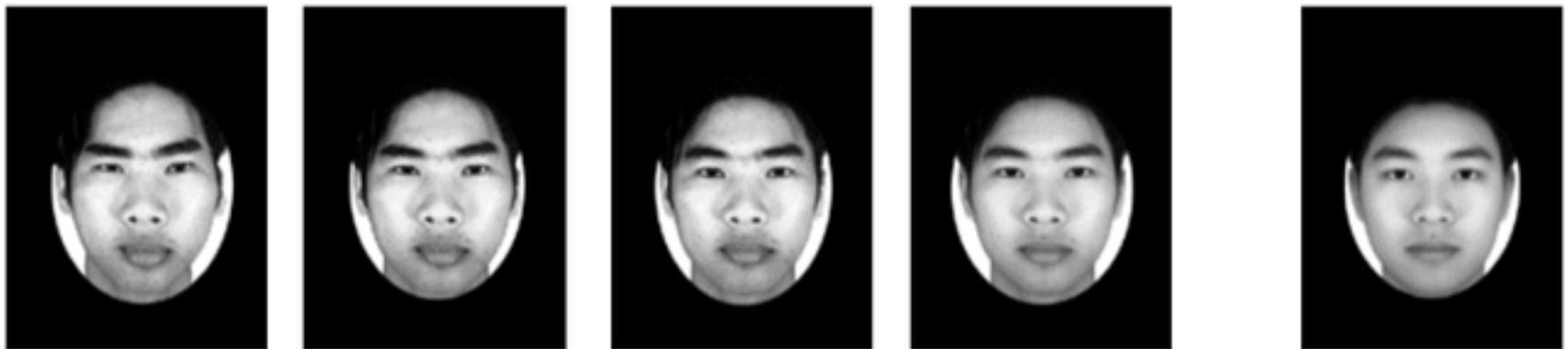
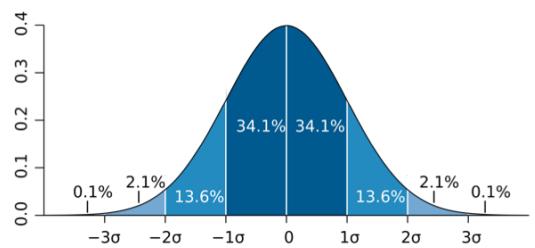


任重而道远！

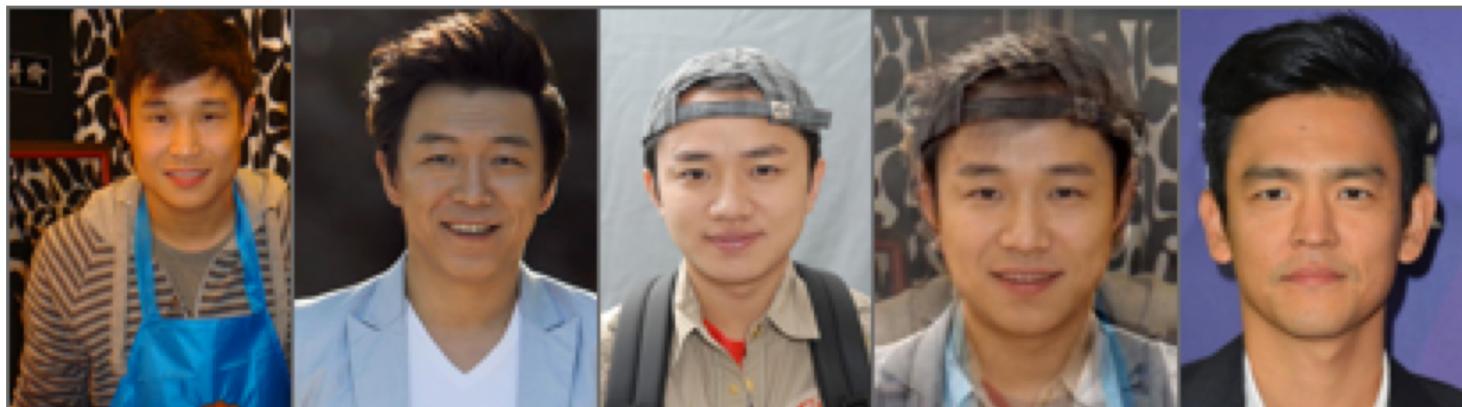
课程内容

- 聚类分析
 - 层次聚类、k-mean、GMM
- 最大似然学习、EM算法
- 线性模型（PCA，ICA，FA）
- 学习理论与模型选择
 - Bias-Variance, AIC, BIC, RPCL, Bayesian方法
- 因果发现
- 监督学习（线性回归、SVM）
- 神经网络（感知机、BP算法）
- 双向深度学习
 - AE，VAE，LMSER，KL对偶匹配

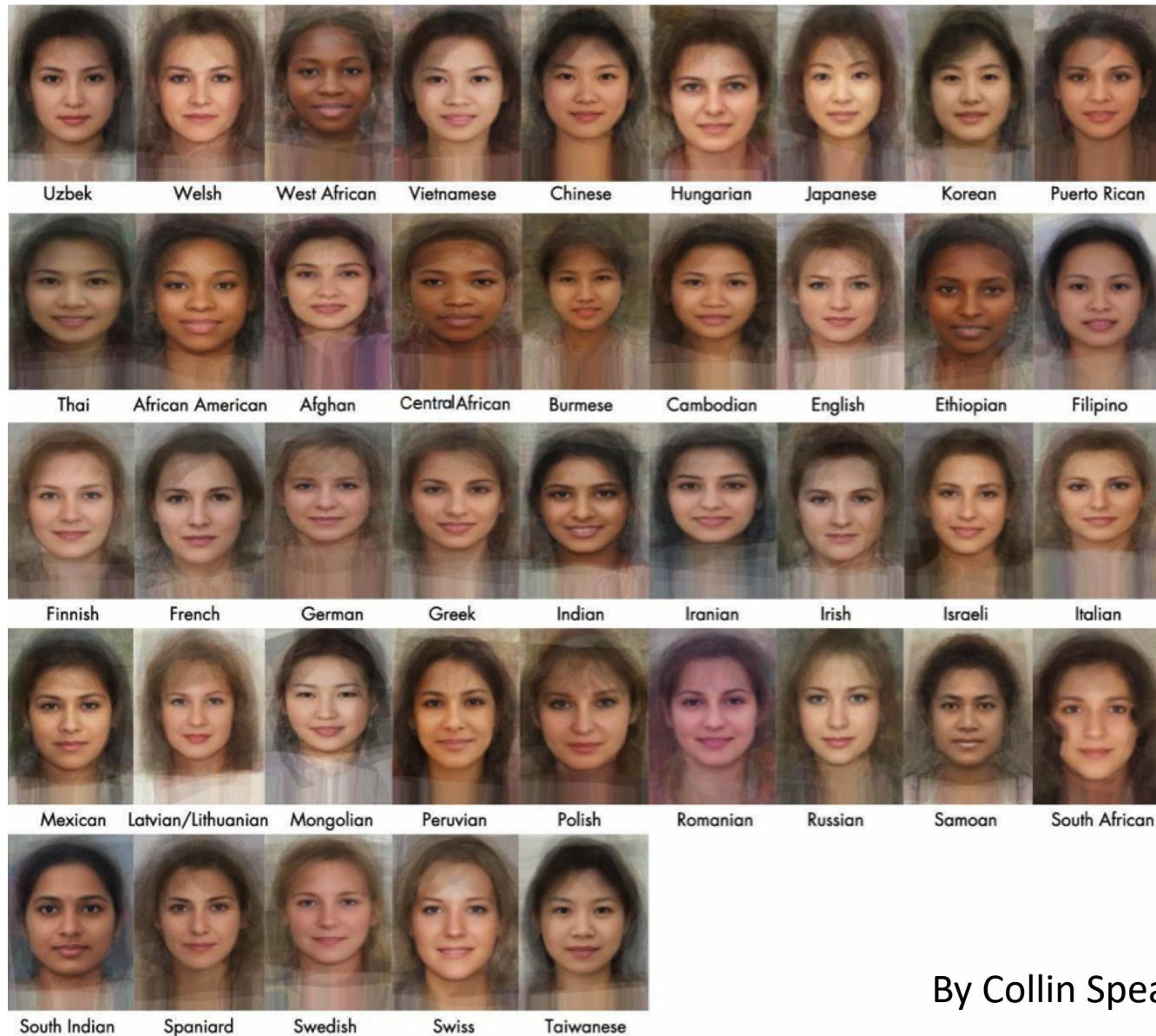
平均脸就是“好脸”



罗兹在论文中所使用的材料之一。最右一张是24名中国男性的平均脸，被用作标准模型。左一到左四的四张照片平均程度依次递增。在你看来，这四张脸的颜值是不是也依次递增呢？图片来源：参考文献[6]



各国女性的平均脸



By Collin Spears

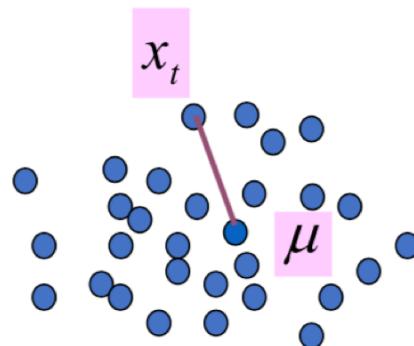
平方误差(MSE)与高斯分布

$$e_t = x_t - \mu, \quad (x_t - \mu)^2 \Leftrightarrow p(x_t, \theta) \propto e^{-c(x_t - \mu)^2}, c > 0 \text{ Gaussian}$$

$$G(x | \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right\}$$

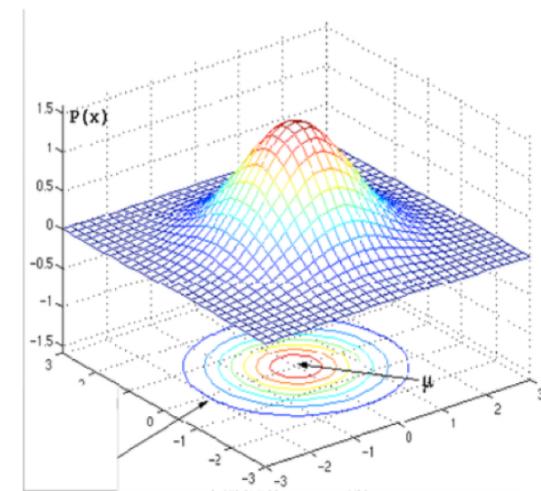
where σ^2 is the variance, and μ is the mean value.

$$e_t = x_t - \mu, \quad \|x_t - \mu\|^2 \Leftrightarrow p(x_t, \theta) \propto e^{-c\|x_t - \mu\|^2}, c > 0 \text{ Gaussian}$$



$$G(\mathbf{x} | \boldsymbol{\mu}, \sigma^2) = \frac{1}{(2\pi)^{d/2}\sigma^d} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2}(\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu})^T(\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu})\right\}$$

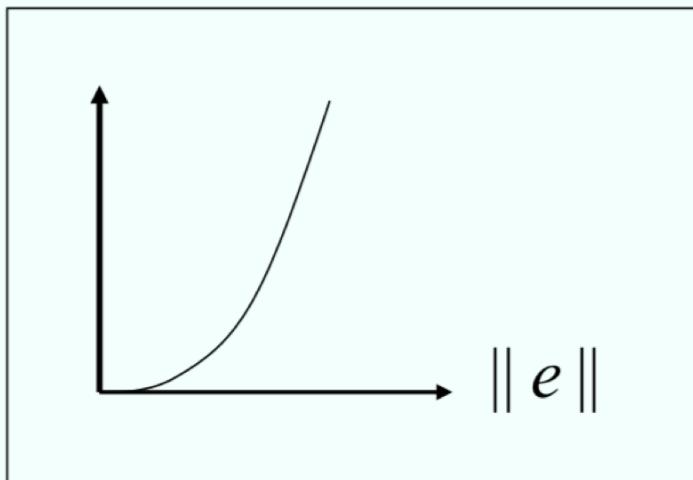
where σ^2 is the variance, and $\boldsymbol{\mu}$ is the mean vector.
 d is the dimension.



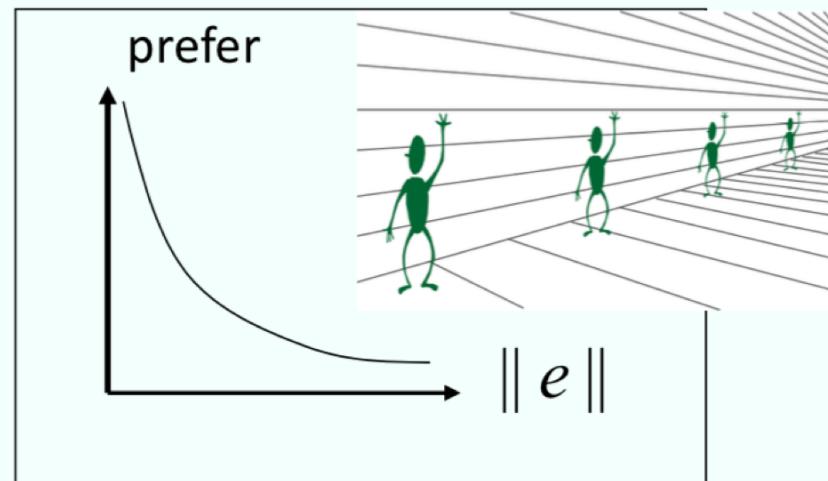
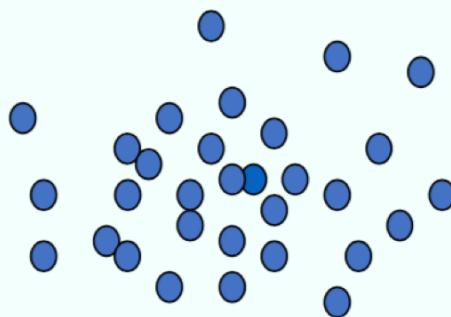
Fitting cost versus likelihood

似然度

The farther distance, the smaller belonging chance (probability)

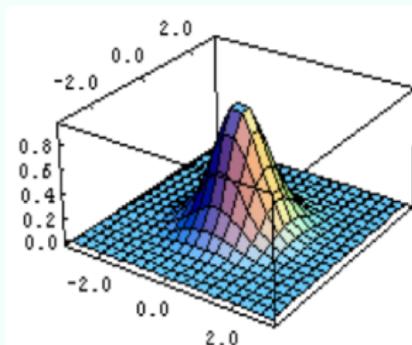


小错常犯,大错稀罕

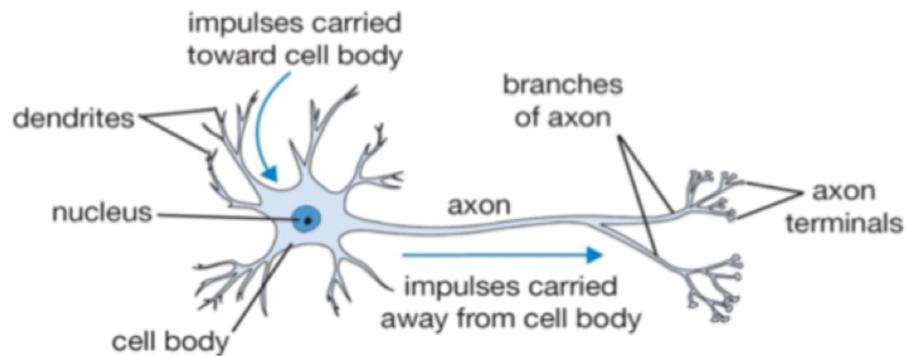


$$q(e|\theta) = f(\| e \|)/C$$

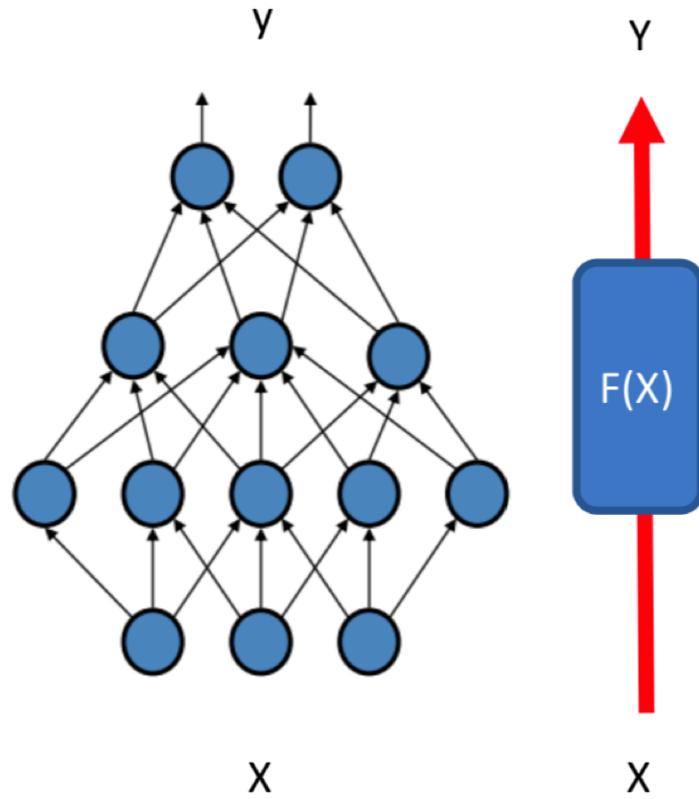
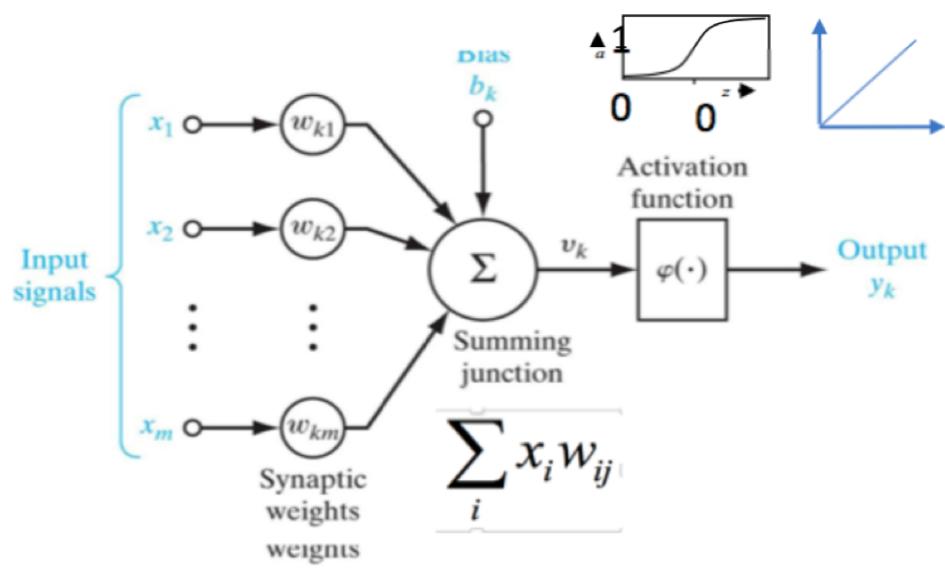
$$\int f(\| e \|)de = C < \infty$$



简化的神经元模型 (1943年)

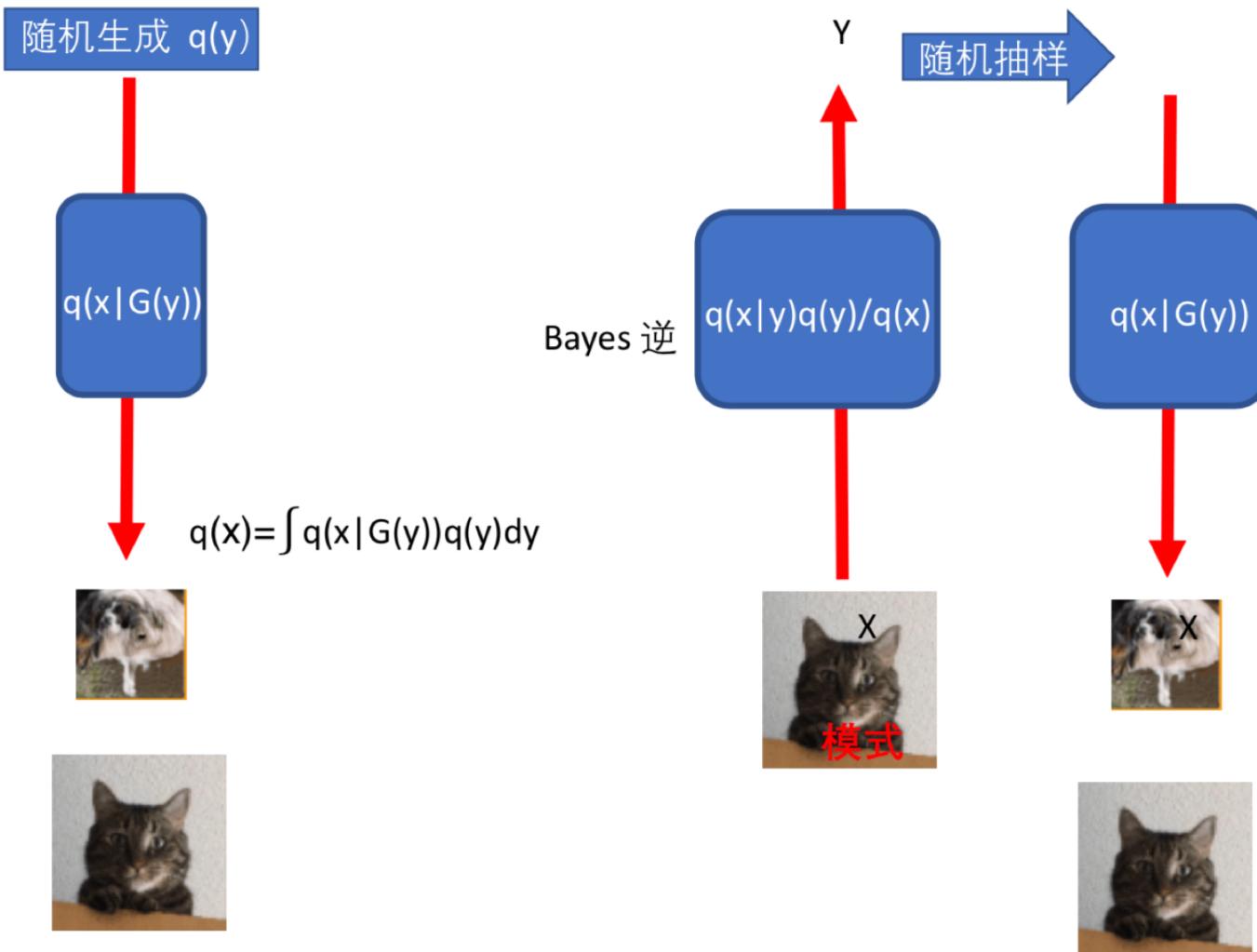


心理学家W.S.McCulloch
数理逻辑学家W.Pitts



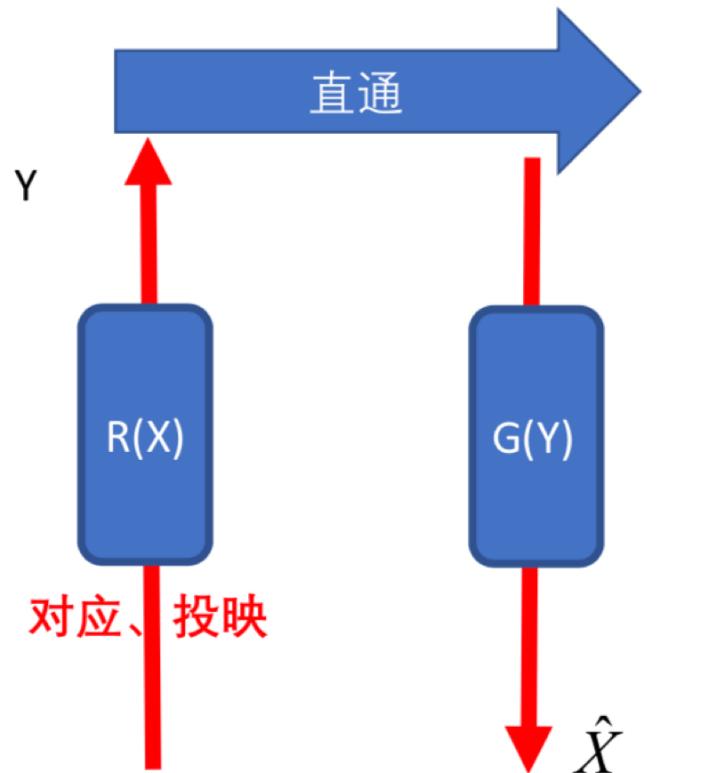
双向深度学习

Maximum Likelihood Learning



Autoencoder

标签

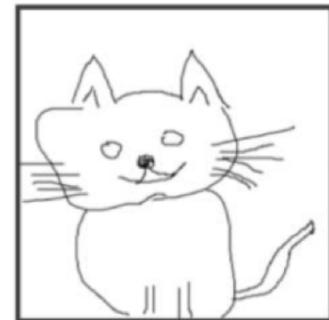
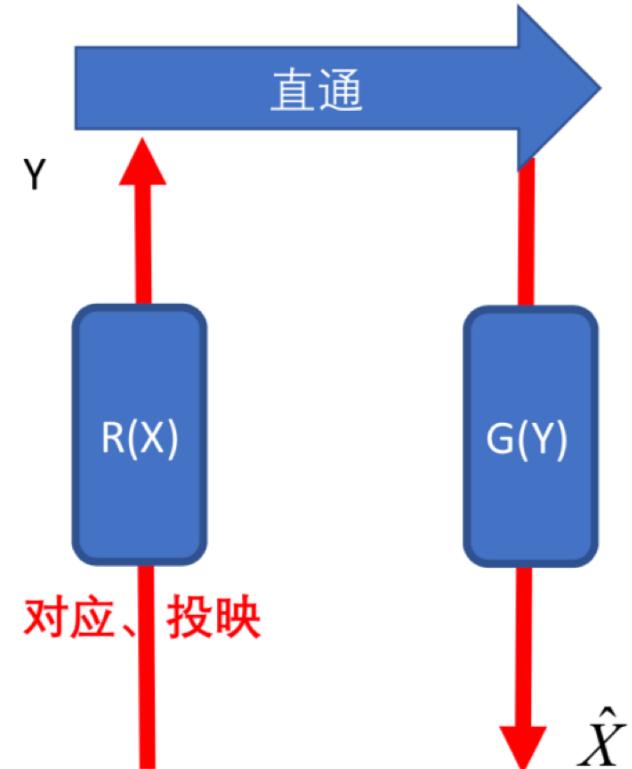


X

图像生成

X

标签



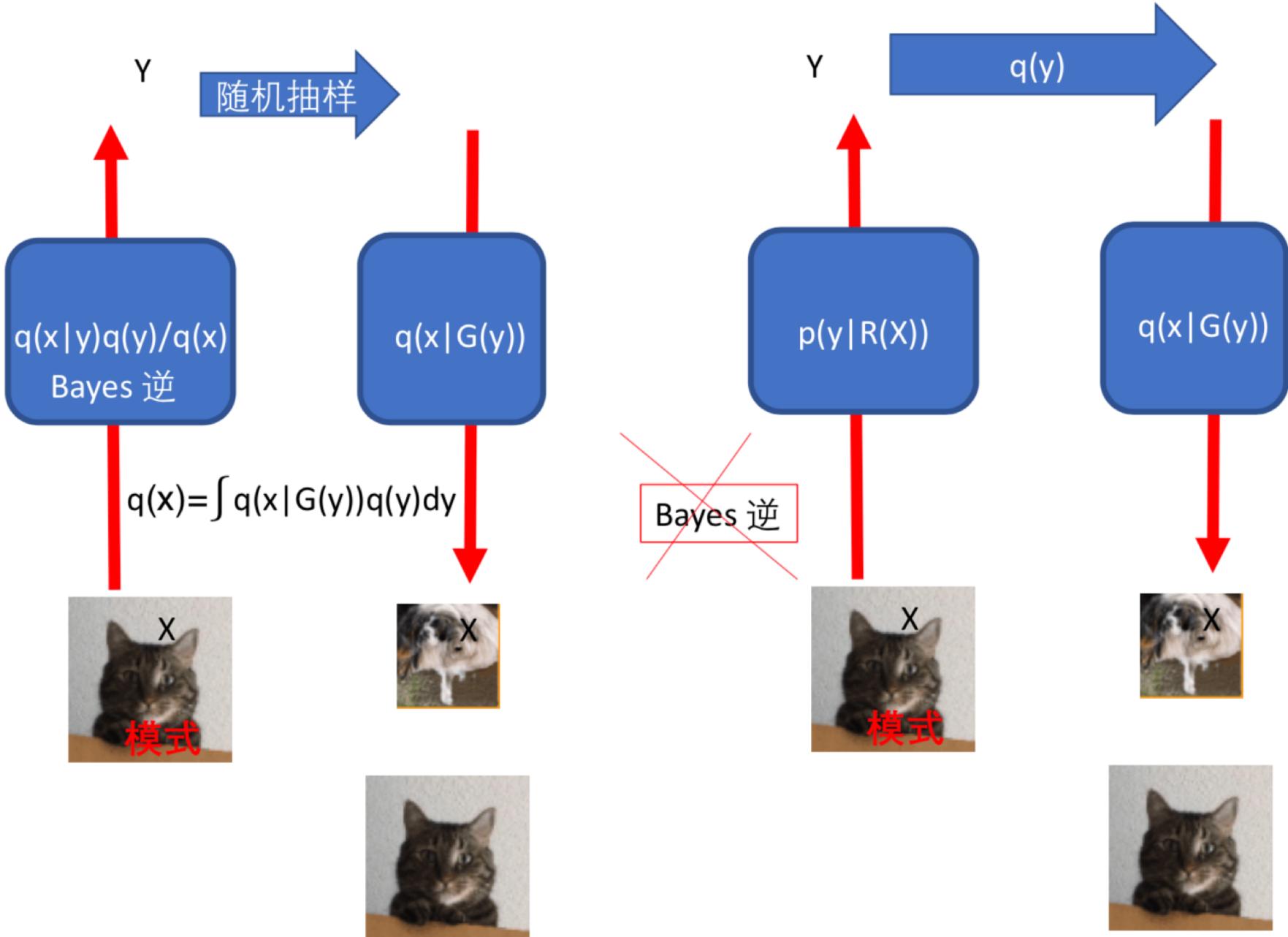
Z

条件图像生成

X



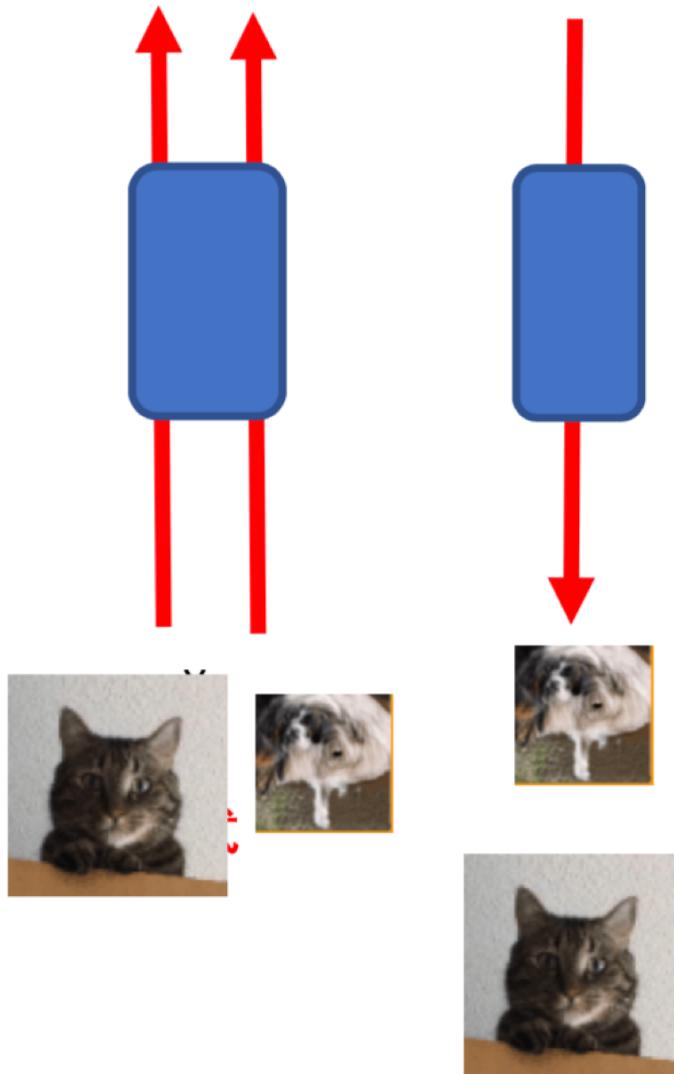
Variational Autoencoder (VAE)



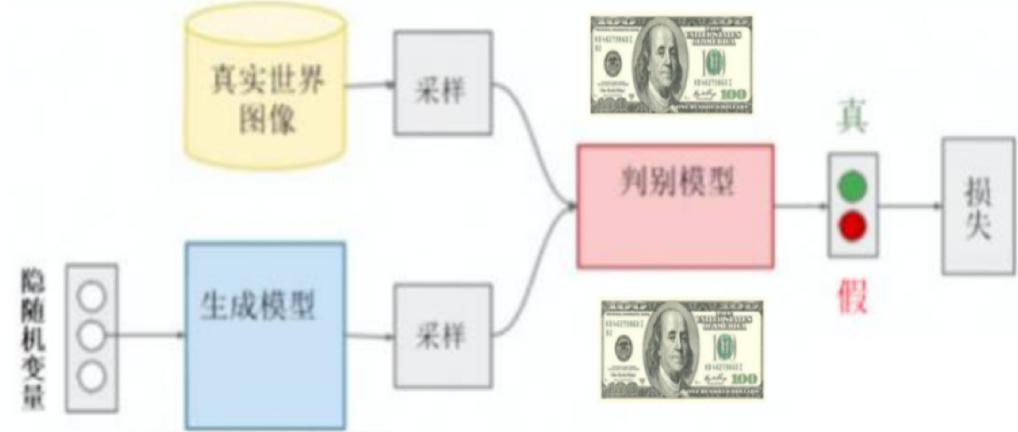
对抗学习 ?

Y

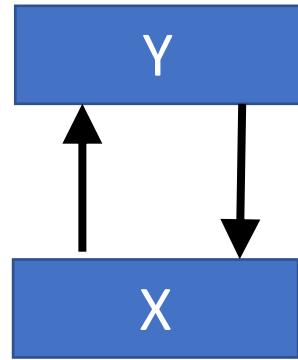
随机生成



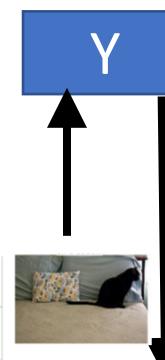
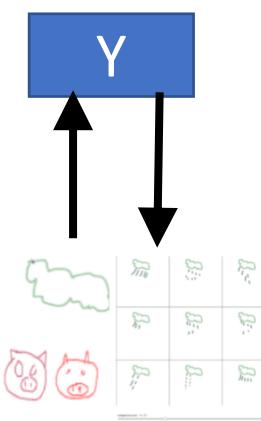
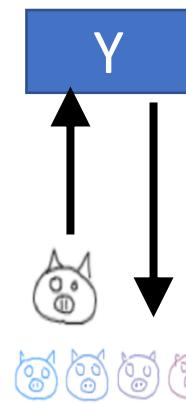
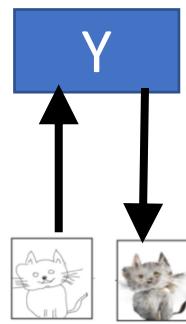
generative adversarial net (GAN)



双向学习



双向互逆



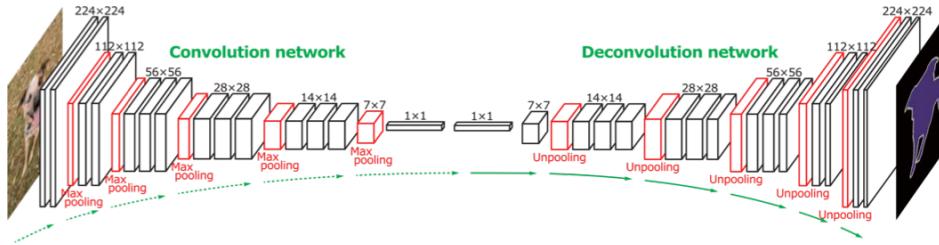
Hello Bonjour

A cat laying on a couch

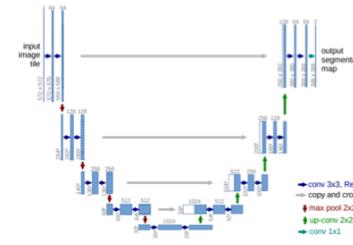
双向学习问题举例

目前典型的双向深度网络结构

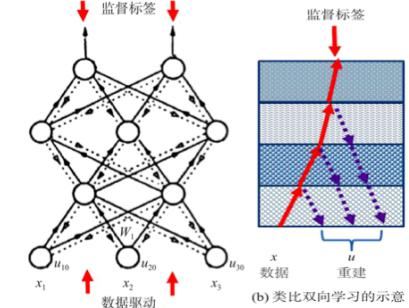
• 卷积与反卷积



• U-net结构



• LMSER



(a) 监督和自组织双向学习模型

Thank you!

