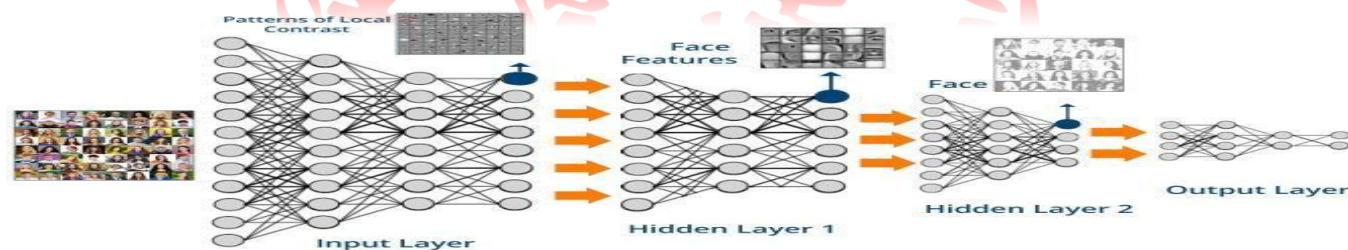




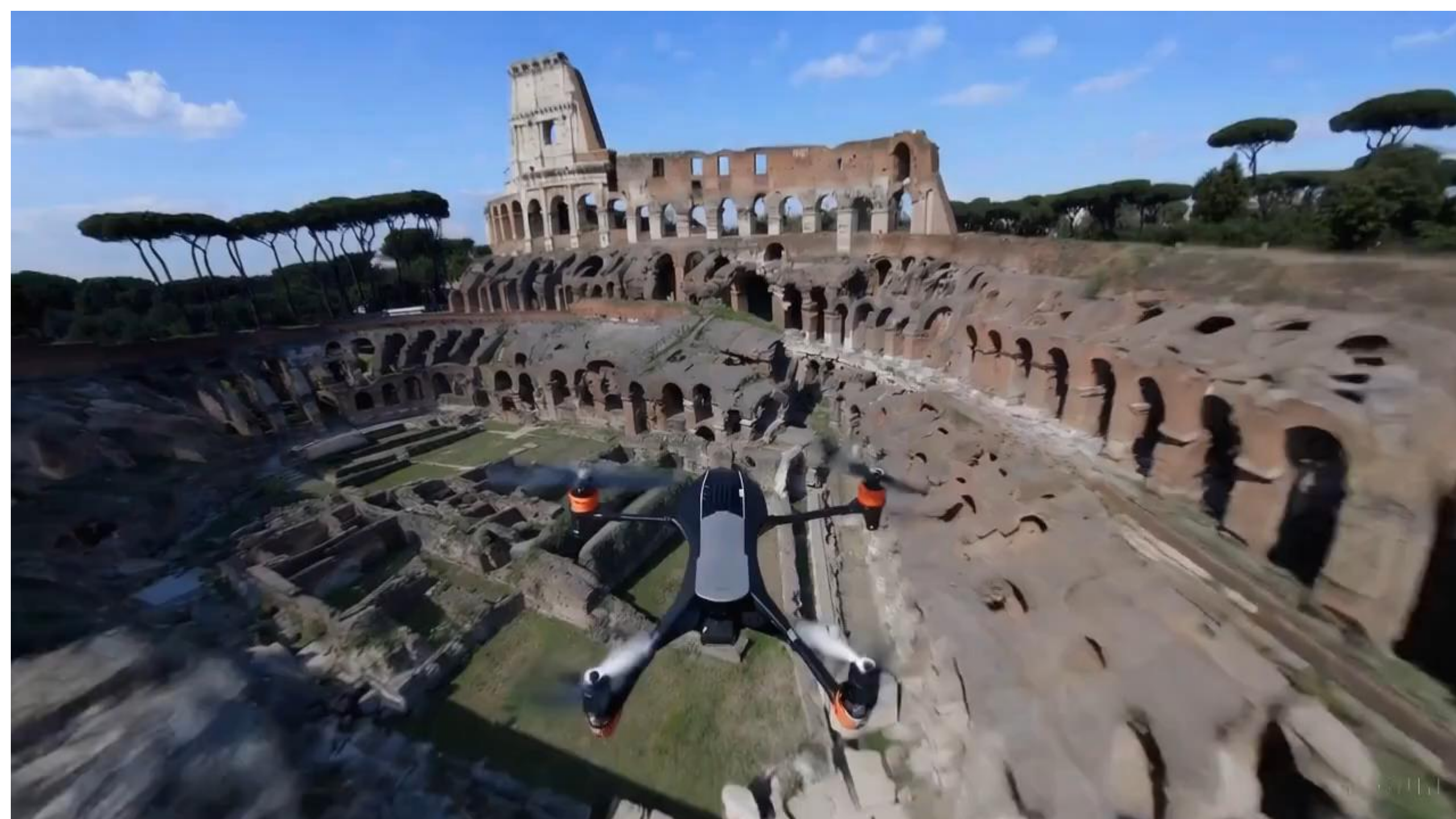
中国科学院大学  
University of Chinese Academy of Sciences

# 深度学习



## 第一章 引言

徐俊刚



















## 目录 Contents

1

深度学习的起源与发展

2

深度学习与机器学习、AI的关系

3

深度学习的基本概念与典型算法

4

深度学习的主要应用概述

5

中英文术语对照



中国科学院大学  
University of Chinese Academy of Sciences

# 1

## 深度学习的起源与发展



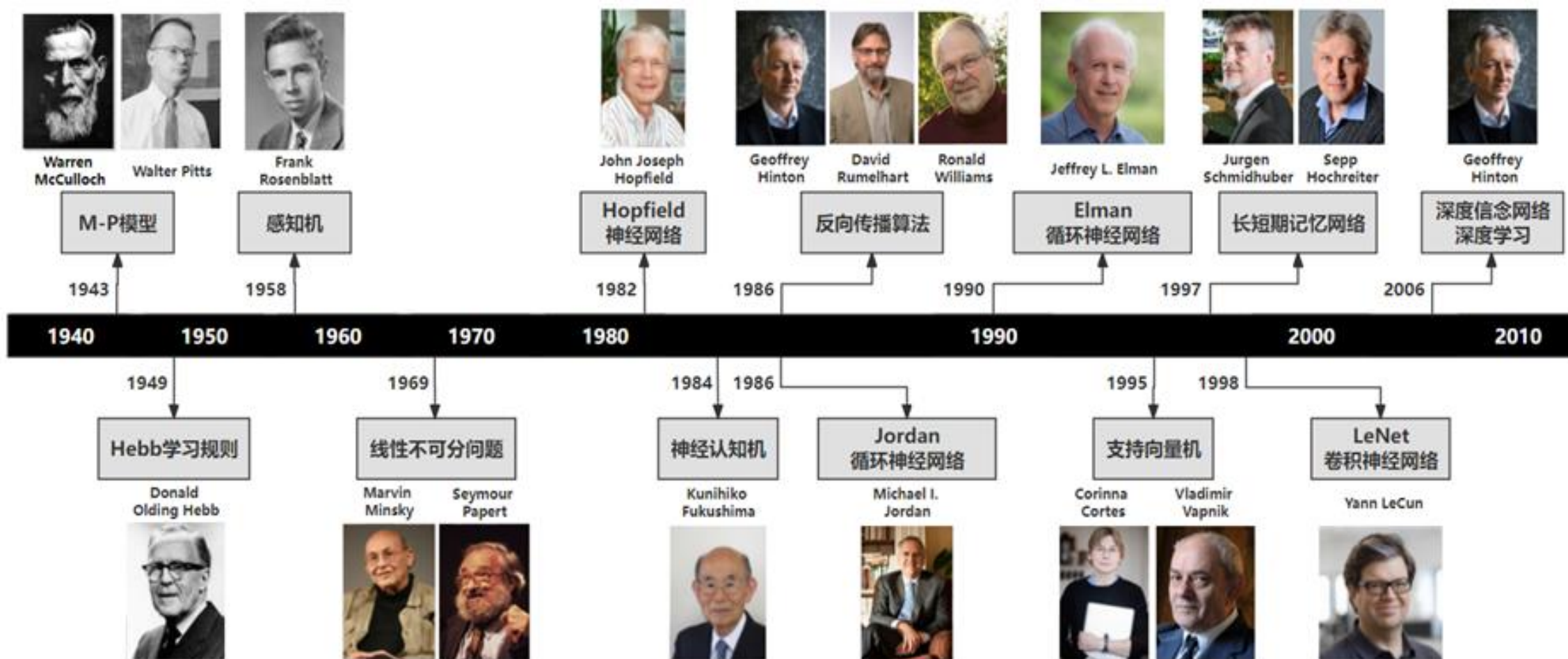
# 深度学习的起源

---

- “深度学习 (Deep Learning)” 的概念是2006年由多伦多大学 (University of Toronto) 的Geoffrey Hinton教授与他的同事们提出的，他也因此被称为 “深度学习之父” 。
- 但是，由于深度学习与人工神经网络 (Artificial Neural Network, ANN) 息息相关，它的起源可以追溯到更早的时间。

1. Hinton G E, Osindero S and Teh Y. A Fast Learning Algorithm for Deep Belief Nets[J]. Neural Computation, 2006, 18: 1527-1554.
2. Hinton G E, Salakhutdinov R R. Reducing the Dimensionality of Data with Neural Networks[J]. Science, 2006, 313(5786): 504-507.

# 深度学习的起源





# 深度学习的起源

---

- 第一阶段（1943-1969）
  - 1943年：Warren McCulloch和Walter Pitts提出了M-P神经元模型，模拟了人类神经元的结构和工作原理。
  - 1949年：生理心理学家Donald Olding Hebb提出了Hebb学习规则，它的主要思想是当神经元之间反复发送信号时神经元之间的连接权重会增加，反之会减小，奠定了人工神经网络学习算法的基础。
  - 1957年：Frank Rosenblatt提出了由两层神经元组成的感知机(Perceptron)。
  - 1969年：Marvin Minsky和Seymour Papert指出感知器无法解决XOR运算这样的线性不可分问题，导致人工神经网络的研究陷入低谷。

# 深度学习的起源

---

- 第二阶段（1980-1998）
  - 1980年：Kunihiko Fukushima(福岛邦彦)提出了模拟生物视觉传导通路的**神经认知机**，被认为是卷积神经网络的原始模型。
  - 1982年：John Hopfield提出了**Hopfield神经网络**，有连续型和离散型两种类型，分别用于优化计算和联想记忆。
  - 1986年：David Rumelhart、Geoffrey Hinton和Ronald Williams重新独立提出了**误差反向传播算法（Error Back Propagation, BP）**（1974年Paul Werbos首次提出了Back Propagation算法），并指出**多层感知机可以解决异或操作（XOR）这样的线性不可分问题**。
  - 1986年与1990年，分别出现了Jordan Network与Elman Network**两种循环神经网络（Recurrent Neural Networks, RNN）**。



# 深度学习的起源

---

- 第二阶段（1980-1998）
  - 1995年：Corinna Cortes和Vladimir Vapnik提出了支持向量机（Support Vector Machine, SVM），除了其简单的训练方法与优越的性能超过了人工神经网络之外，其良好的可解释性使得人工神经网络研究再次进入低谷期。
  - 1997年：Jurgen Schmidhuber和Sepp Hochreiter提出了长短期记忆网络（Long-Short Term Memory, LSTM），极大地提高了循环神经网络的效率和实用性。
  - 1998年：Yann LeCun提出了称作LeNet-5的卷积神经网络（Convolutional Neural Networks, CNN），率先将人工神经网络应用于图像识别任务，但在当时也没有引起大的轰动。

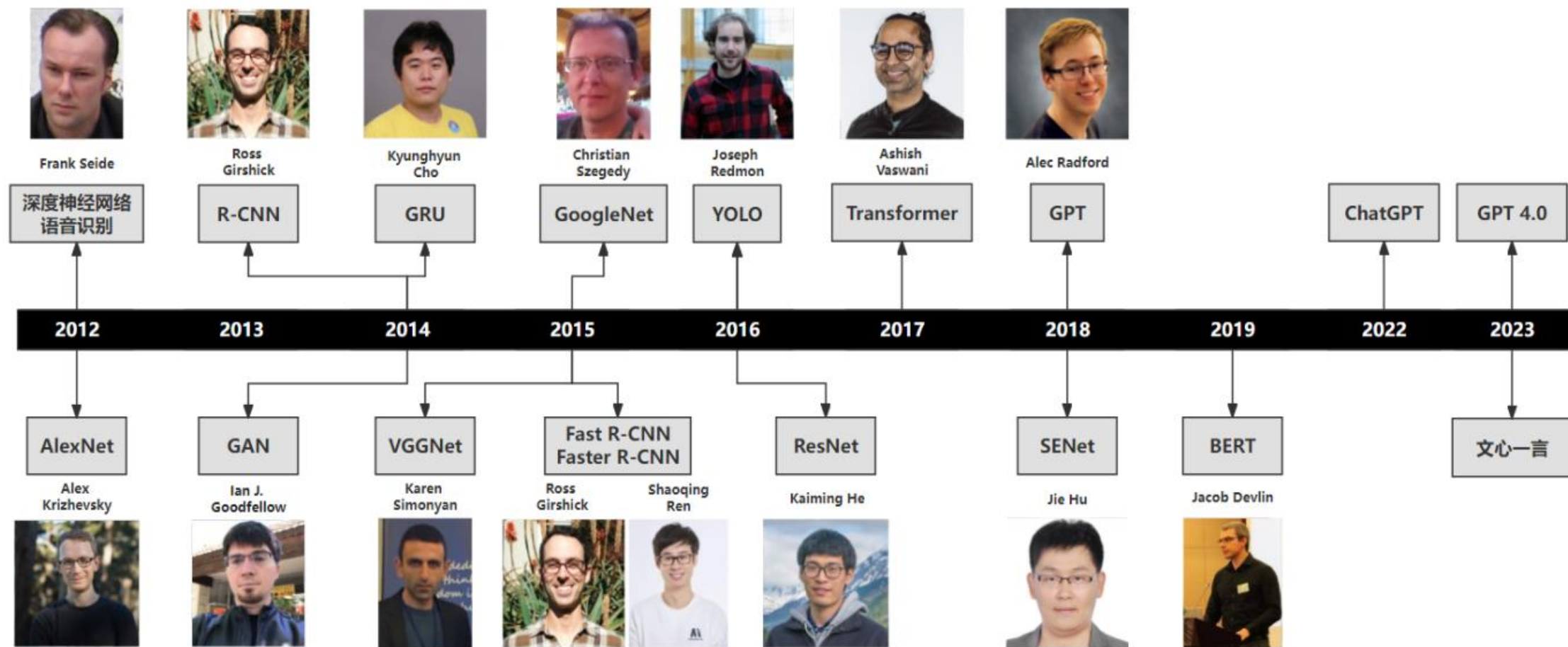
# 深度学习的起源

---

- 第三阶段（2006- ）
  - 2006年：Geoffrey Hinton和他的同事们提出了一种称作深度信念网络（Deep Belief Networks, DBN）的多层网络并进行了有效的训练，同时提出了一种通过多层神经网络进行数据降维的方法，正式提出了深度学习的概念。
  - 深度学习在2012年之后在业界引起了巨大的反响。



# 深度学习的发展



# 深度学习的发展

---

- 2012年：Frank Seide等人使用深度神经网络进行语音识别，相比于传统的GMM和HMM，识别错误率下降了20%-30%，取得了突破性的进展。
- 2012年：Alex Krizhevsky等人提出了AlexNet，它引入了ReLU激活函数，并使用GPU进行加速。在著名的ImageNet图像识别大赛中，AlexNet使得图像识别错误率从26%下降到了15%，并夺得2012年的冠军。
- 在随后几年的ImageNet图像识别大赛中，又出现了一些经典的卷积神经网络，如VGGNet、GoogleNet、ResNet、SENet等，图像识别错误率继续下降。
- 2017年：SENet的图像识别错误率已经下降到了2.25%，由于错误率已经到了极限，这也导致ImageNet图像识别大赛从2018年开始不再举办。

# 深度学习的发展

---

- 2014年起：R-CNN、Fast R-CNN、Faster R-CNN等一系列目标检测模型的提出，极大地提升了目标检测的精度，但是它们一般要经过特征提取、分类/回归两个阶段才能完成，模型训练效率较低。
- 2016年：YOLO目标检测模型被提出，由于它是一个端到端的模型，大大提高了模型训练与推理效率，但模型的精度不如R-CNN系列高，之后YOLO的后续版本陆续被推出，目前已经到了第八版。
- 2014年：生成对抗网络由当时还在蒙特利尔大学读博士的Ian J. Goodfellow提出，由于它无需标注大量的数据即可进行训练，在学术界迅速掀起了研究热潮。GAN在图像生成、图像转换、图像迁移、图像修复等领域都有很好的应用。



# 深度学习的发展

---

- 在自然语言处理领域，LSTM、门限循环单元（Gated Recurrent Unit, GRU）等循环神经网络在语言模型、机器翻译等任务上也取得了很大的进展。
- 特别是随着Transformer的出现，使得BERT、GPT等预训练大模型进入人们的视野，这些大模型在自然语言处理领域多个任务上都超越了已有方法。
- 2022年以来：ChatGPT、GPT4.0的相继问世更是使得大型通用语言模型达到了前所未有的高度，被誉为信息技术领域里程碑式的突破。
- 2023年：百度公司在国内也率先推出了大型通用语言模型“文心一言”，之后清华大学、复旦大学、华为公司、阿里公司、科大讯飞也都发布了自己的大模型，开启了大型中文语言模型的新时代。

# 深度学习的发展

---

- 当前，深度学习仍然是人工智能领域关注度最高的主题之一，研究如火如荼，应用也是多点开花。
  - 在研究方面：基于AI的内容生成、多模态数据分析、深度强化学习等工作正在火热进行。
  - 在应用方面：深度学习已经在安防、医疗、金融、智能制造、无人驾驶等多个领域取得了显著的成果。



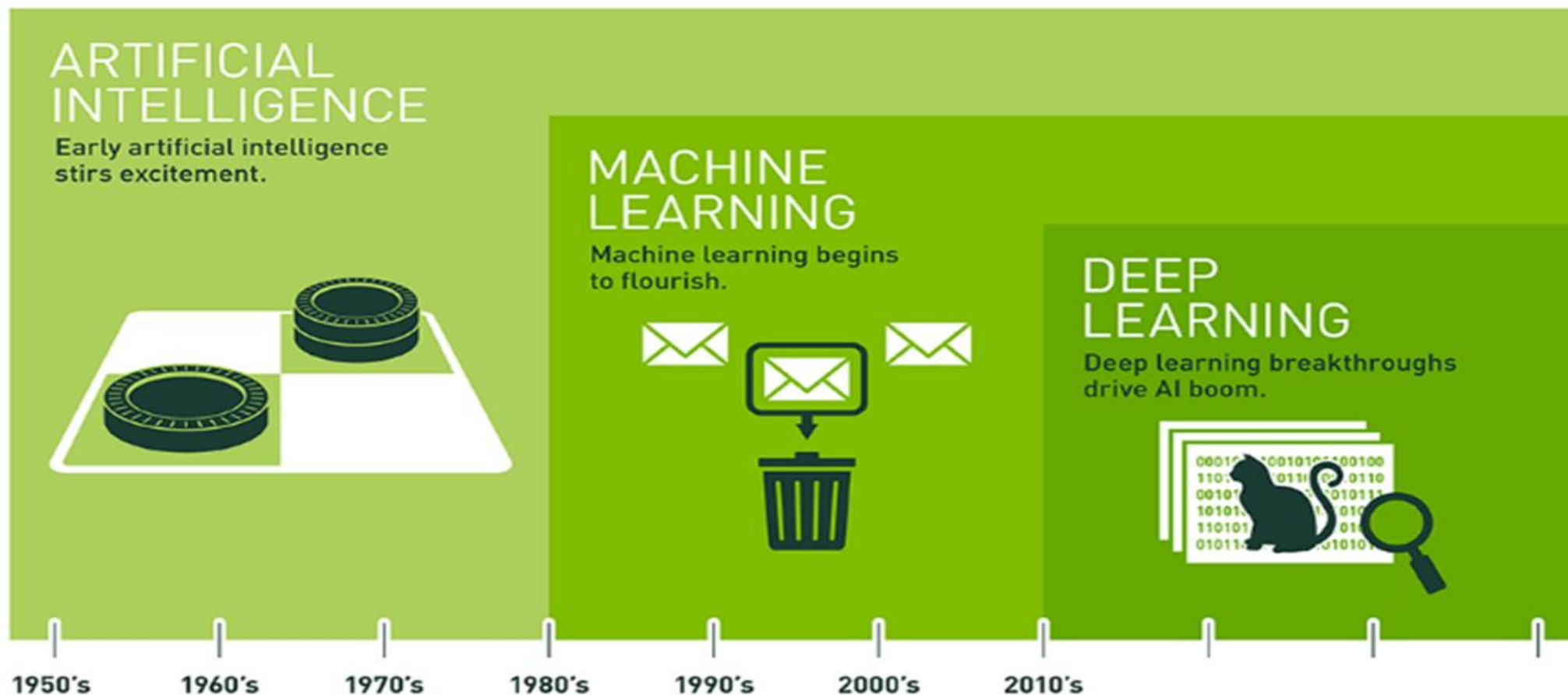
中国科学院大学  
University of Chinese Academy of Sciences

# 2

## 深度学习与机器学习、AI的关系



# 深度学习与机器学习、AI的关系



Since an early flush of optimism in the 1950s, smaller subsets of artificial intelligence – first machine learning, then deep learning, a subset of machine learning – have created ever larger disruptions.

From Nvidia

# 深度学习与机器学习、AI的关系

---



- 人工智能定义

- “人工智能”的概念最早在1956年的美国达特茅斯会议（Dartmouth Conference）上提出，当时会议的主题是“用机器来模仿人类学习以及其它方面的智能”。因此，1956年被认为是人工智能的元年。
- 一般认为，人工智能是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新兴学科。



- 人工智能分类



- 人工智能技术

- 搜索理论、知识表示与推理方法、机器学习算法、感知、决策与控制技术等。

- 参考书

- 史忠植. 高级人工智能. 北京: 科学出版社.
- [美]史蒂芬·卢奇 (Stephen Lucci), 丹尼·科佩克 (Danny Kopec) 著, 林赐译. 人工智能 (第2版). 北京: 人民邮电出版社, 2018.

- 机器学习定义

- 让计算机具有像人一样的学习和思考能力的技术的总称。具体来说是从已知数据中获得规律，并利用规律对未知数据进行预测的技术。
- 一个简单的例子，利用机器学习算法对往年的天气预报数据进行学习，就能够预测未来的天气预报数据。



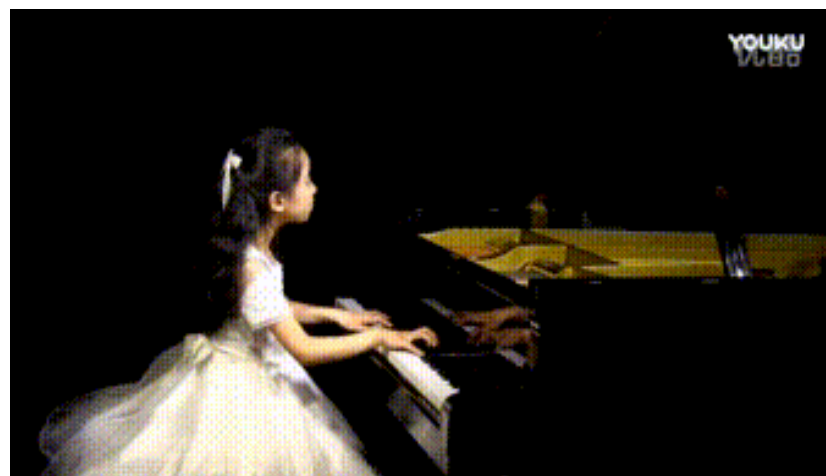
## • 机器学习分类

- **有监督学习（跟学师评）**：有老师（环境）的情况下，学生（计算机）从老师（环境）那里获得对错指示、最终答案的学习方法。包含**线性回归、多项式回归、决策树和随机森林等回归算法，以及KNN、逻辑回归、贝叶斯和支持向量机等分类算法。**
- **无监督学习（自学标评）**：没有老师（环境）的情况下，学生（计算机）自学的过程，一般使用一些既定标准进行评价，或无评价。包含**K-Means聚类、主成分分析、关联分析和密度估计等算法。**
- **弱监督学习**：仅有少量环境提示（教师反馈）或者少量数据（试题）标签（答案）的情况下，机器（学生）不断进行学习的方法。包含**强化学习、半监督学习和多示例学习等算法。**

# 有监督学习和无监督学习



中国科学院大学  
University of Chinese Academy of Sciences



# 强化学习





## Machine Learning Algorithms (*sample*)

	<u>Unsupervised</u>	<u>Supervised</u>
<u>Continuous</u>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Clustering &amp; Dimensionality Reduction<ul style="list-style-type: none"><li>○ SVD</li><li>○ PCA</li><li>○ K-means</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Regression<ul style="list-style-type: none"><li>○ Linear</li><li>○ Polynomial</li></ul></li><li>• Decision Trees</li><li>• Random Forests</li></ul>
<u>Categorical</u>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Association Analysis<ul style="list-style-type: none"><li>○ Apriori</li><li>○ FP-Growth</li></ul></li><li>• Hidden Markov Model</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Classification<ul style="list-style-type: none"><li>○ KNN</li><li>○ Trees</li><li>○ Logistic Regression</li><li>○ Naive-Bayes</li><li>○ SVM</li></ul></li></ul>



## • 参考书

- 周志华. 机器学习. 北京: 清华大学出版社, 2016.
- 李航. 统计学习方法 (第2版) . 北京: 清华大学出版社, 2019.

- 人工智能旨在为机器赋予人的智能，并使得机器在某些方面超越人类。
- 机器学习是人工智能的重要组成部分，让机器具有像人一样的学习能力。
- 深度学习是机器学习的一个重要分支，它突破了传统机器学习算法的瓶颈，在多个研究与应用领域取得了巨大的进展。

# 3

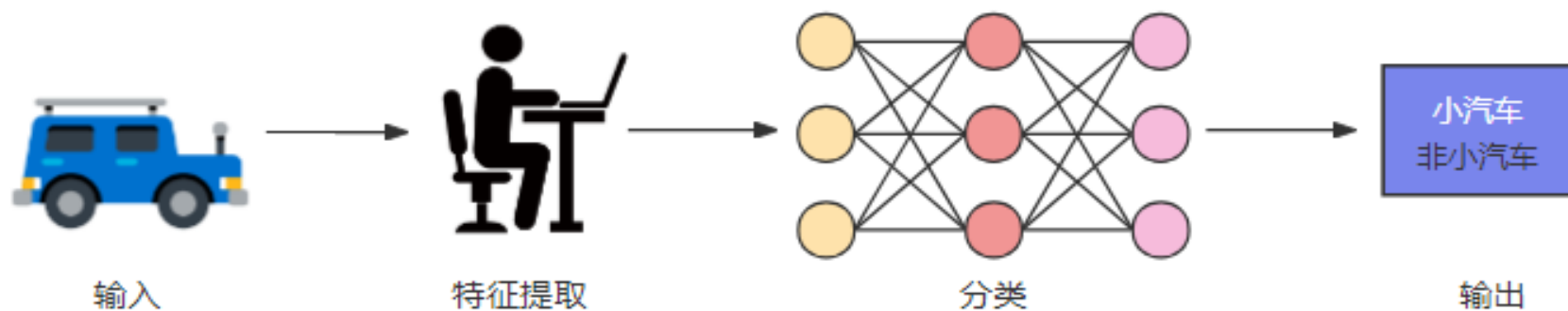
## 深度学习的基本概念与典型算法

# 为什么需要深度学习?

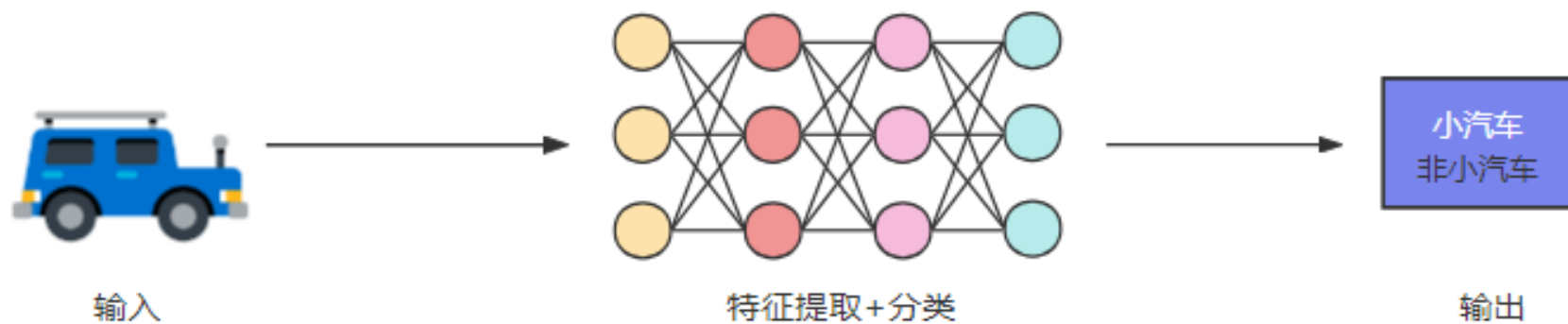


中国科学院大学  
University of Chinese Academy of Sciences

## 机器学习



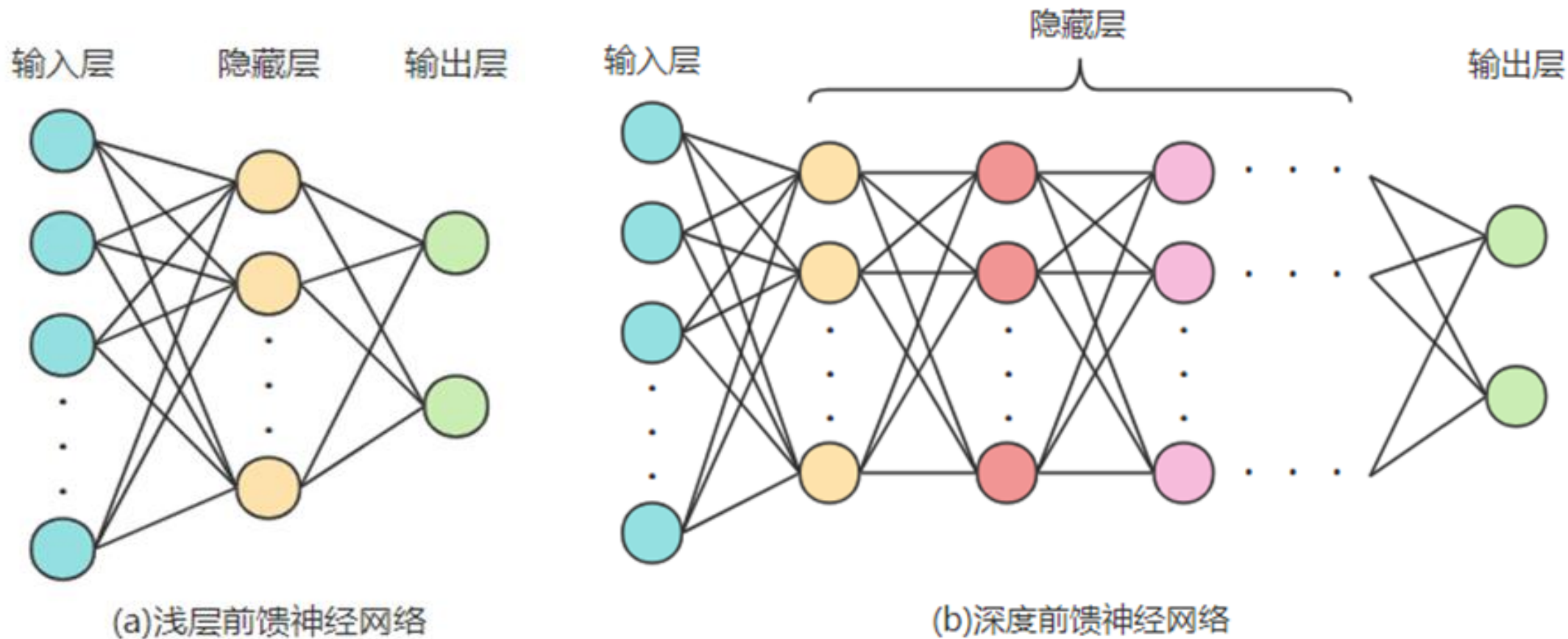
## 深度学习



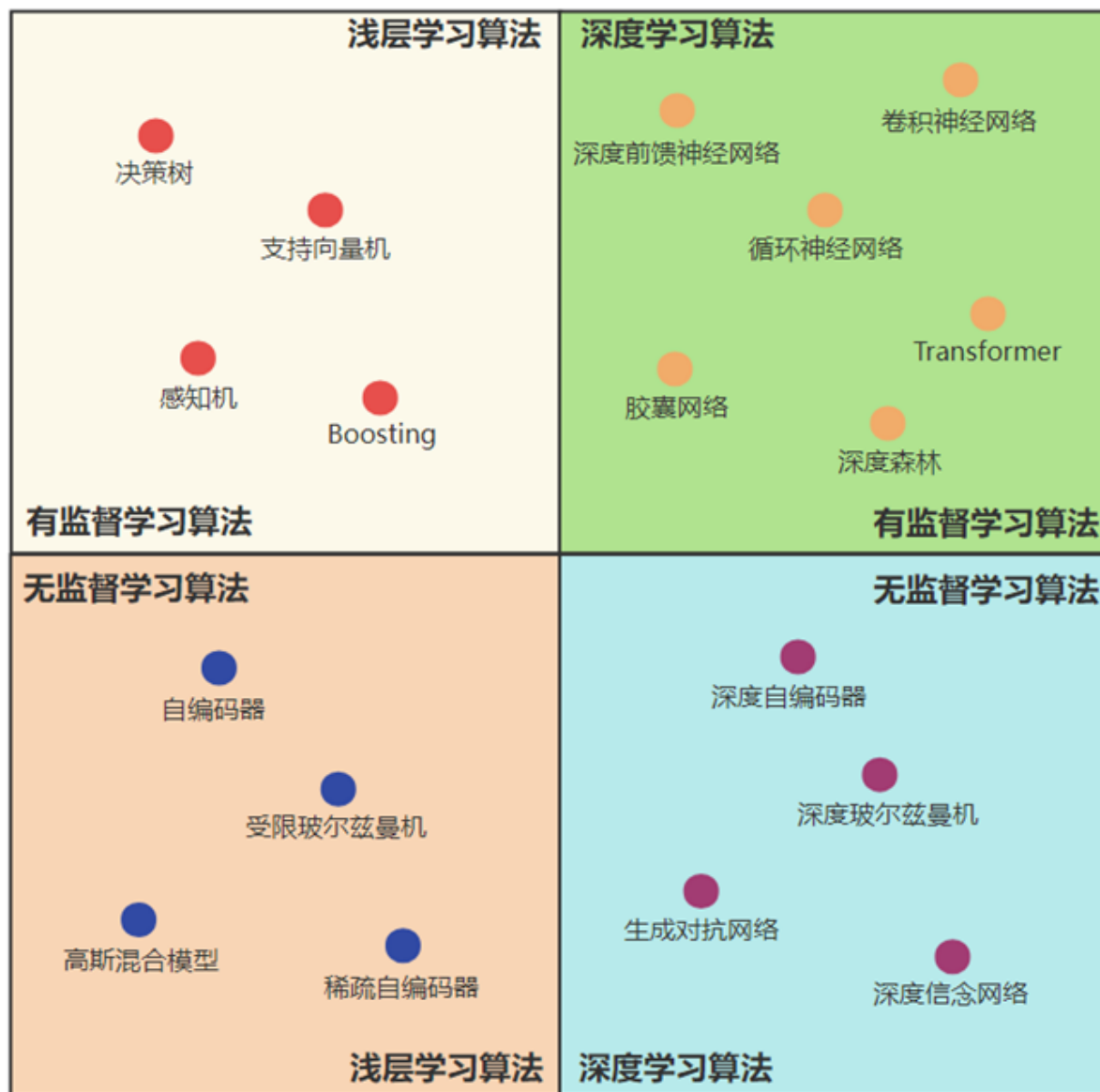


- 深度学习定义
  - 深度学习是指通过构建多层神经网络结构来学习数据的特征，以便于进行数据分类、回归与生成。
  - 深度学习与浅层学习相比，神经网络结构的层数更多（一般大于或等于4层），通过多层神经网络结构可以学习得到更丰富的数据特征。

- 浅层前馈神经网络和深度前馈神经网络



# 典型深度学习算法



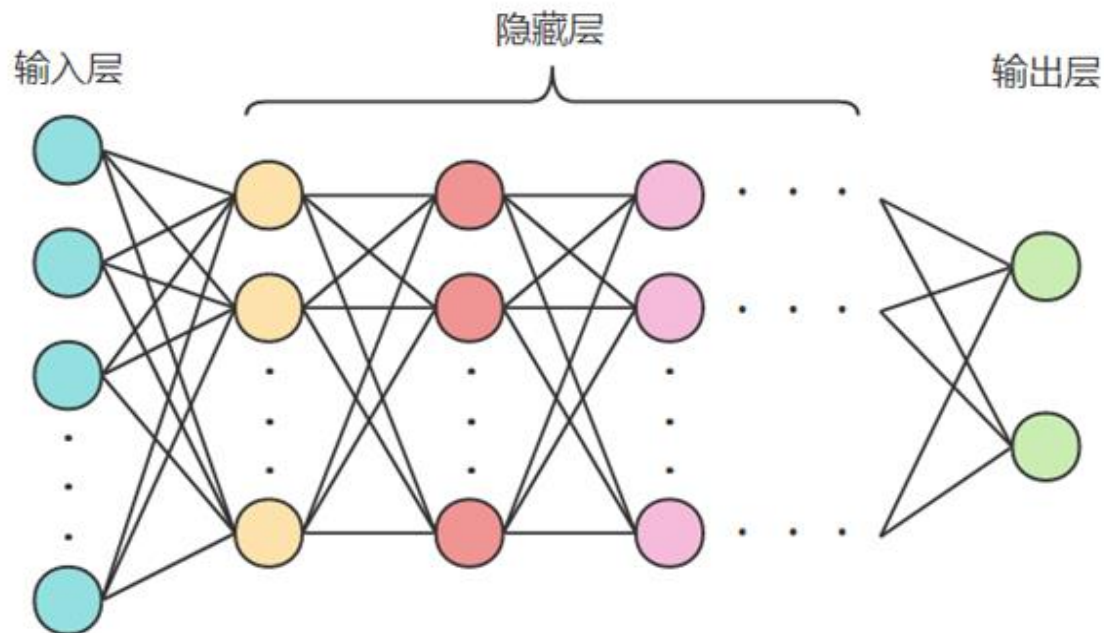
- 有监督学习的浅层学习算法：决策树、支持向量机、感知机和Boosting等。
- 无监督学习的浅层学习算法：自编码器、受限玻尔兹曼机、高斯混合模型和稀疏自编码器等
- 有监督学习的深度学习算法：深度前馈神经网络、卷积神经网络、循环神经网络、Transformer、胶囊网络和深度森林等。
- 无监督学习的深度学习算法：深度自编码器、生成对抗网络、深度玻尔兹曼机和深度信念网络等。

# 典型深度学习算法

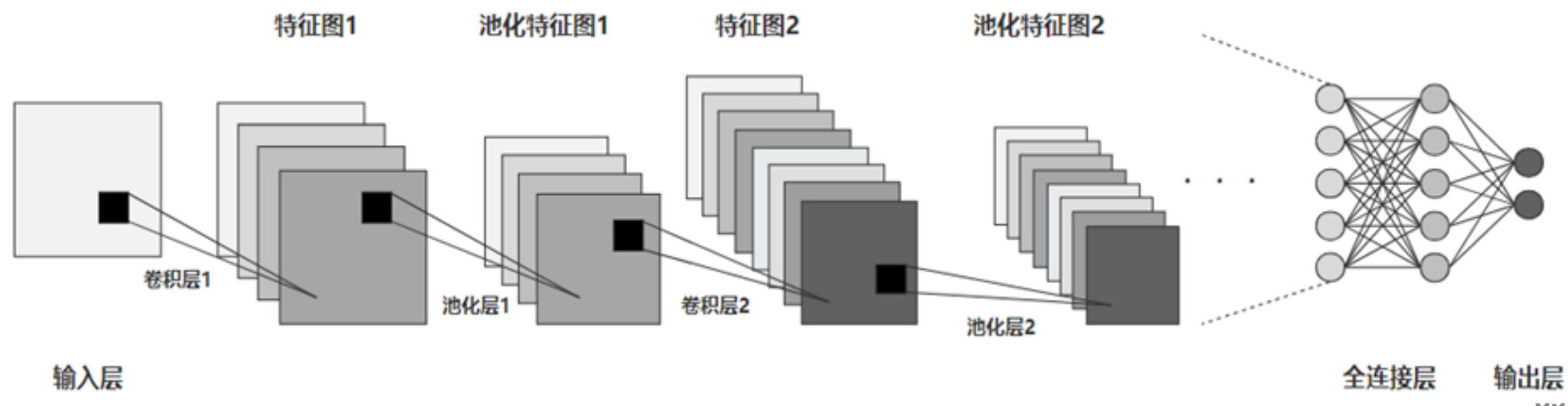


中国科学院大学  
University of Chinese Academy of Sciences

深度前馈神经网络



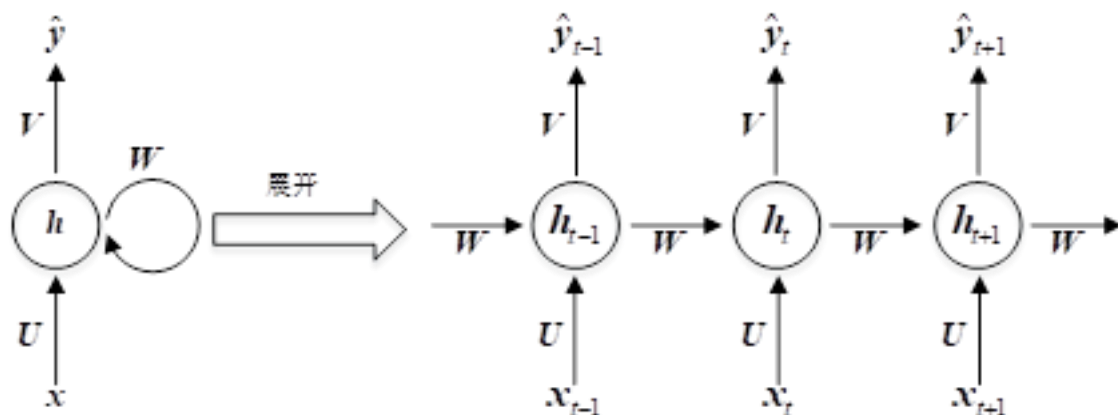
卷积神经网络



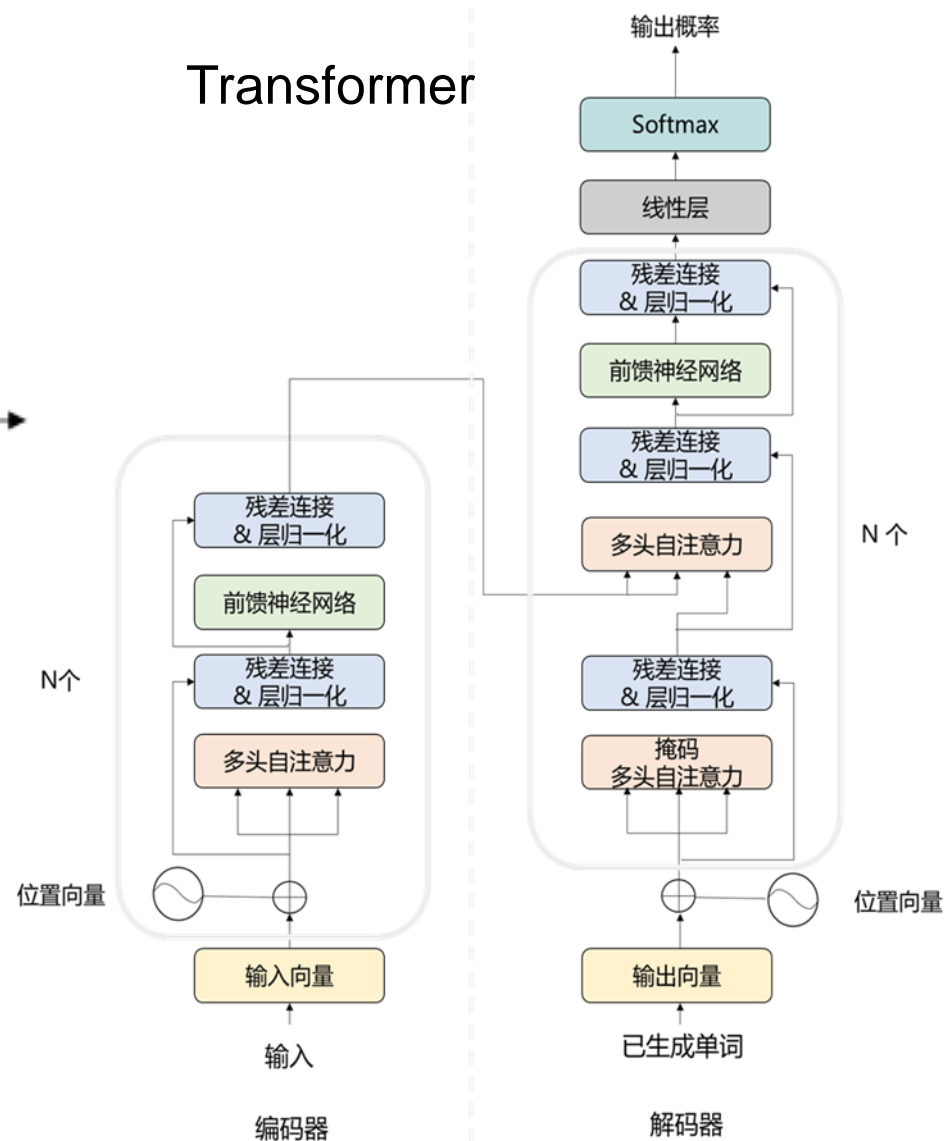


# 典型深度学习算法

循环神经网络

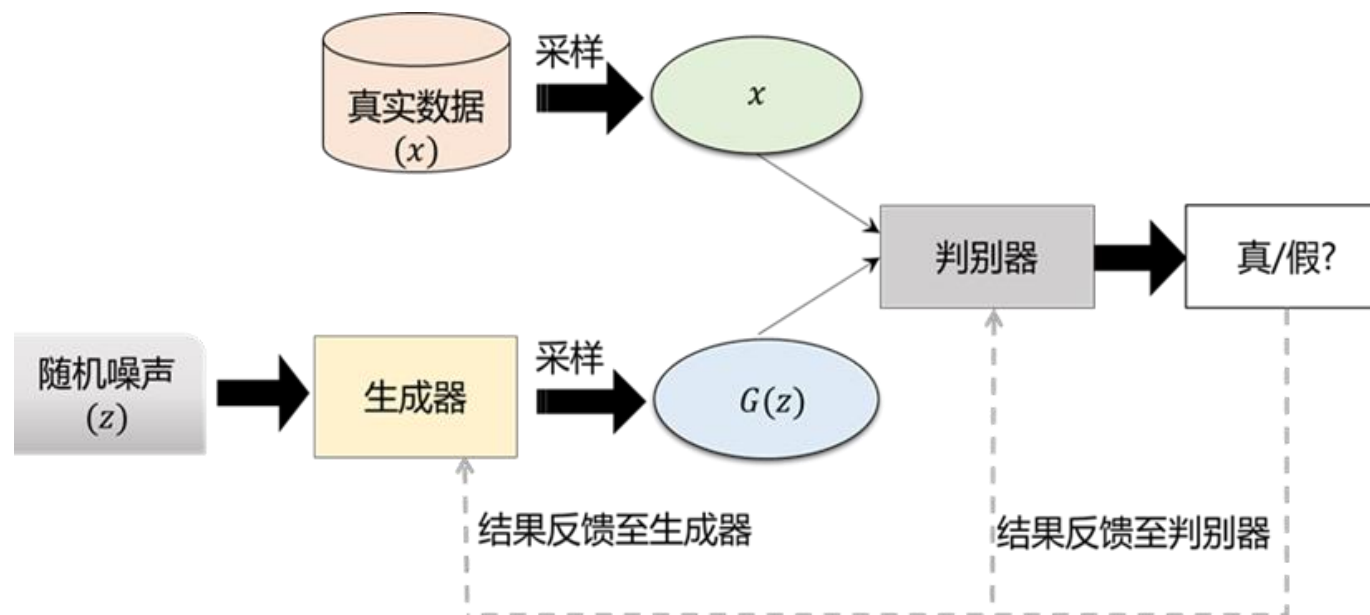


Transformer

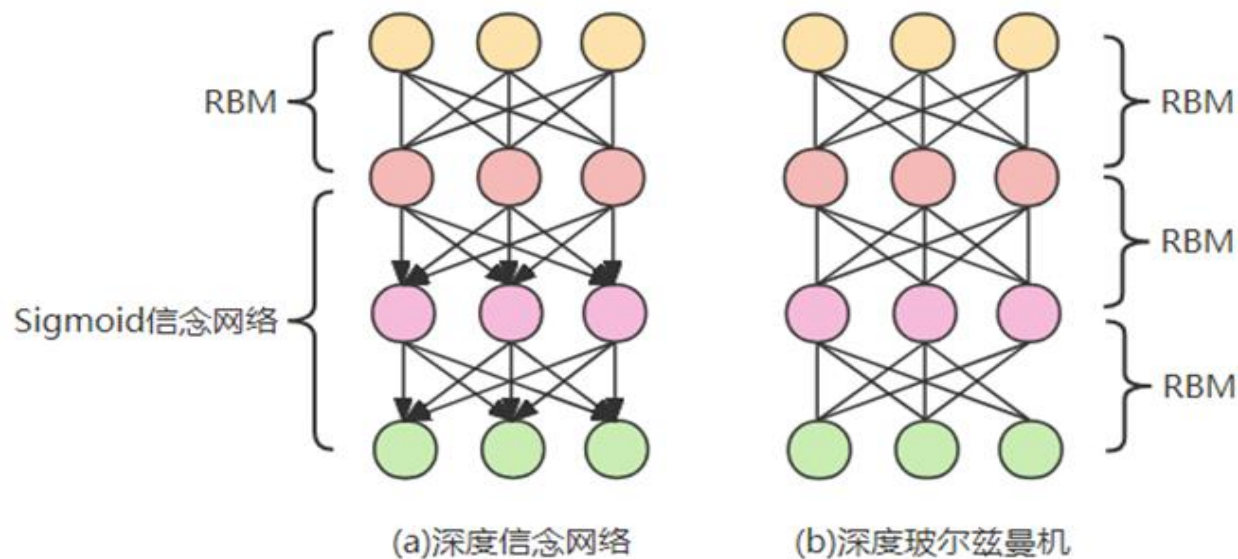


# 典型深度学习算法

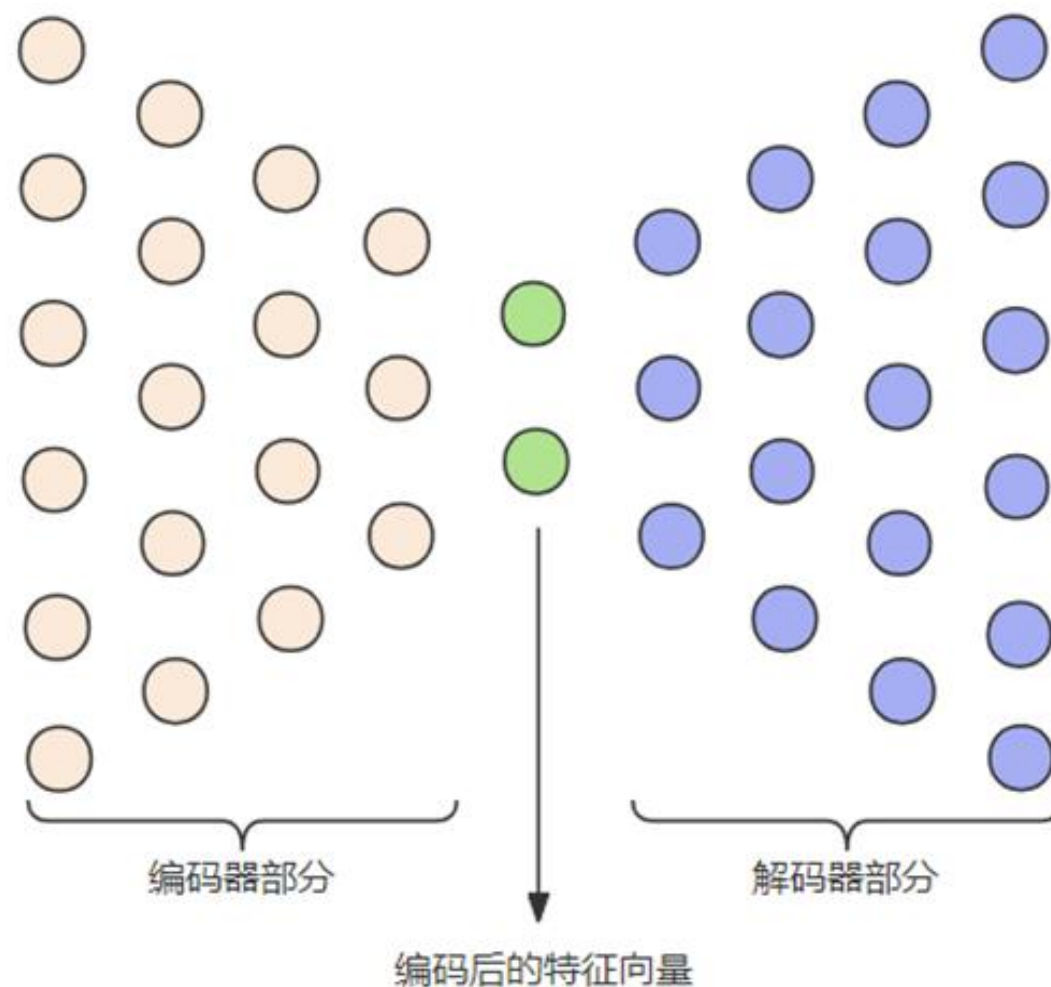
生成对抗网络



深度信念网络  
与深度玻尔兹曼机



深度自编码器



# 4

## 深度学习的主要应用概述

- 计算机视觉领域主要应用（基础任务）

- 图像分类：整幅图像的分类或识别。
- 目标检测：检测图像中物体的位置进而识别物体。
- 图像分割：对图像中的特定物体按边缘进行分割，并识别物体类别或个体。
- 图像回归：预测图像中物体或者物体组成部分的坐标。

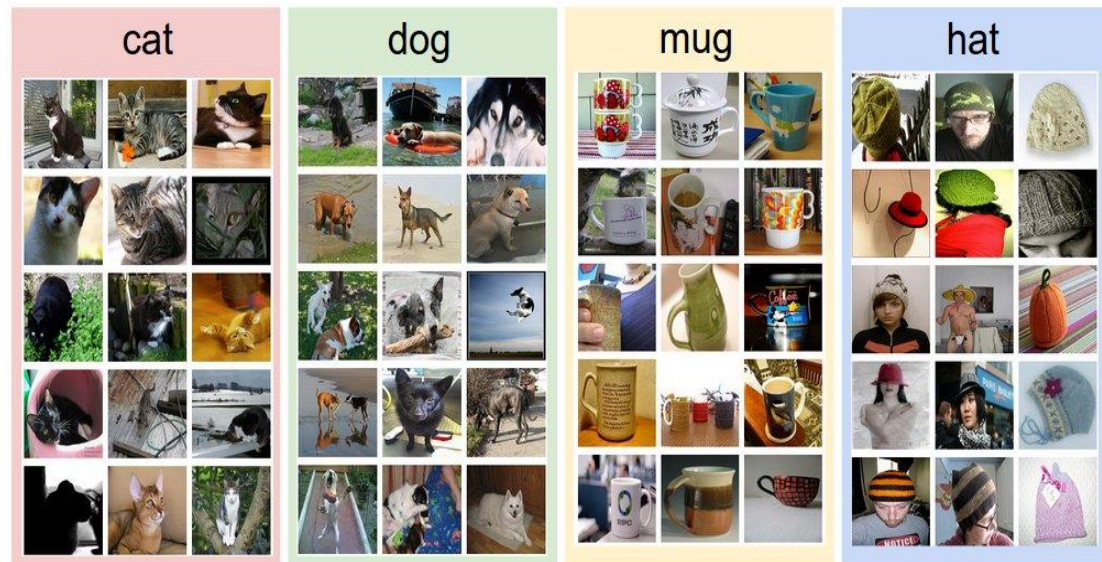


细化



# 深度学习的主要应用

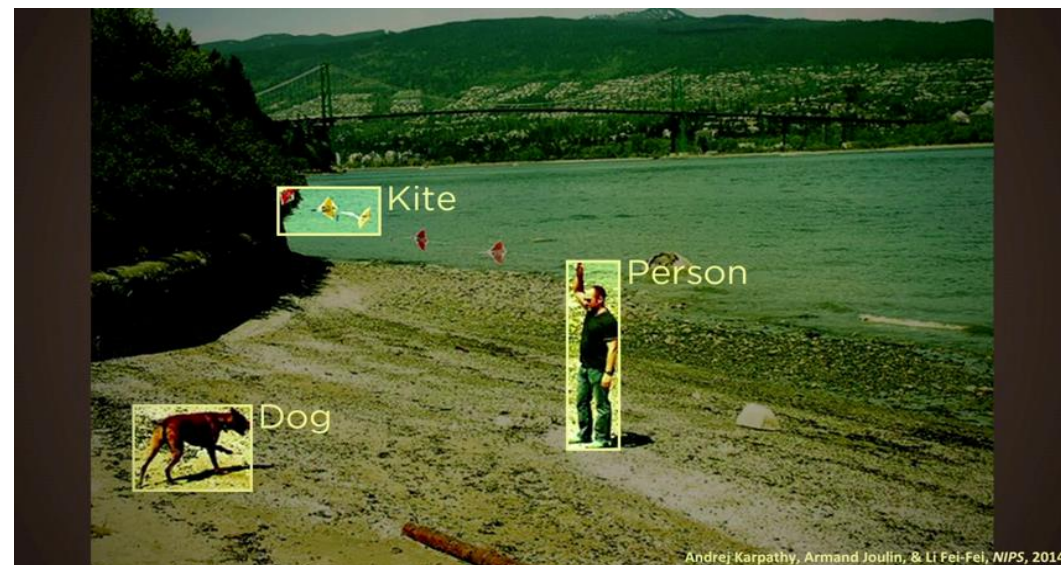
# 图像分类



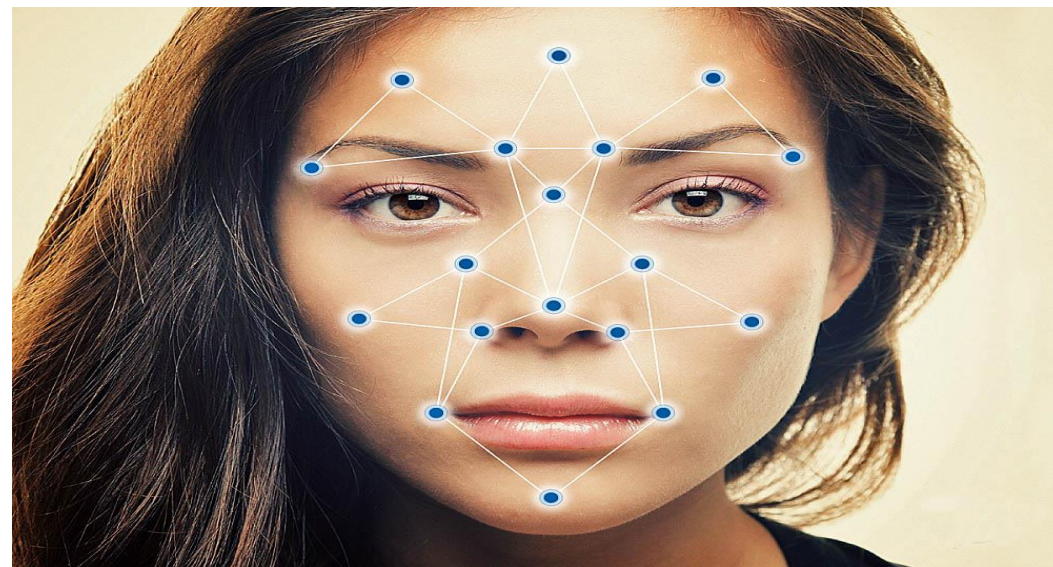
## 图像分割



## 目标检测



图像回归



- 计算机视觉领域主要应用（高级任务）
  - 人脸识别：首先通过目标检测提取人的正脸，然后通过人脸识别人员身份。
  - 行人重识别：检测视频序列中的行人，并识别特定人员的身份。
  - 目标跟踪：在连续的视频帧中定位某一行人或者其他运动目标。
  - 动作识别：识别视频中人体的动作/行为。
  - 产品缺陷检测：检测工业产品存在的缺陷。

- 语音识别领域主要应用
  - 语音识别：将人类说话的语音转换成文字。
  - 声纹识别：根据说话人的声波特性进行身份识别，又称为说话人识别。
  - 语音合成：将文本转换为语音。



- 自然语言处理领域主要应用（基础任务）
  - **词法分析**：以词为单位进行分析，包括词性标注、拼写校正等。
  - **句法分析**：以句子为单位进行分析，主要包括句法结构分析和依存句法分析等。
  - **语义分析**：分析自然语言的深层含义，包括词汇级语义分析、句子级语义分析和篇章级语义分析。
  - **信息抽取**：从自然语言中抽取结构化信息，包括实体抽取、事件抽取等。
  - **语言模型**：根据之前的单词预测下一个单词。

- 自然语言处理领域主要应用（高级任务）
  - 情感分析：分析文本体现的情感，可包含正负向、正负中或多态度等类型。
  - 神经机器翻译：基于神经网络语言模型的多语种互译。
  - 神经自动摘要：根据单文档或者多文档自动生成文档摘要。
  - 机器阅读理解：通过阅读文本回答问题、完成选择题或完型填空。
  - 自动问答：用户给出问题，机器可以进行回答，也称单轮对话。
  - 人机对话：通过训练大量语料，支持人与机器之间的自由对话，通常指的是多轮对话。



- 多模态处理领域的应用
  - 图像描述：机器可以根据图像给出描述图像的句子，也称看图说话。
  - 可视问答：机器可以回答特定图像或视频相关的问题。
  - 图像生成：机器可以根据文本描述生成相应的图像。
  - 视频生成：机器可以根据文字描述自动生成相应的视频。
  - 虚拟主播：自动播报新闻的虚拟人物。

5

## 中英文术语对照

- 深度学习: Deep Learning
- 人工神经网络: Artificial Neural Networks, ANN
- M-P神经元模型: McCulloch-Pitts Neuron Model
- 感知机: Perceptron
- 神经认知机: Neocognitron
- 反向传播算法: Back Propagation, BP
- 循环神经网络: Recurrent Neural Networks, RNN
- 支持向量机: Support Vector Machine, SVM
- 长短期记忆网络: Long-Short Term Memory, LSTM

- 卷积神经网络: Convolutional Neural Networks, CNN
- 深度信念网络: Deep Belief Networks, DBN
- 高斯混合模型: Gaussian Mixture Model, GMM
- 隐马尔可夫模型: Hidden Markov Model, HMM
- 生成对抗网络: Generative Adversarial Networks, GAN
- 门限循环单元: Gated Recurrent Unit, GRU
- 基于Transformer的双向编码器表示模型: Bidirectional Encoder Representation from Transformers, BERT
- 生成式预训练Transformer: Generative Pre-training Transformer, GPT

- 计算智能: Computational Intelligence
- 感知智能: Perceptual Intelligence
- 认知智能: Cognitive Intelligence
- K-近邻: K-Nearest Neighbor, KNN
- 深度前馈神经网络: Deep Feedforward Neural Networks, DFNN
- 多层感知机: Multi-Layer Perceptron, MLP
- 自注意力: Self-attention
- 编码器-解码器结构: Encoder-Decoder
- Sigmoid信念网: Sigmoid Belief Networks, SBN



- 受限玻尔兹曼机: Restricted Boltzmann Machines, RBM
- 深度玻尔兹曼机: Deep Boltzmann Machine, DBM
- 自编码器: Autoencoder, AE
- 深度自编码器: Deep Autoencoder, DAE
- 时间延迟神经网络: Time-delay Neural Networks
- 变分学习: Variational Learning
- 对比散度算法: Contrastive Divergence, CD
- 胶囊网络: Capsule Networks
- 前向-前向算法: Forward-Forward Algorithm

- Geoffrey Hinton

- 多伦多大学杰出教授，英国皇家科学院院士，美国国家工程院外籍院士，美国艺术与科学院外籍院士，2018图灵奖获得者。
- 在BP算法， Boltzmann machines, Time-delay neural nets, Variational learning and Deep learning做出杰出文献，被誉为“深度学习之父”



感谢!