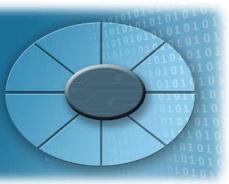




网络智能技术

石光耀

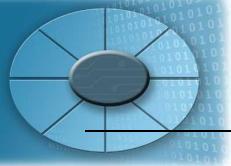
重庆邮电大学计算机学院



参考书目

参考教材

- § William Stallings, “无线通信与网络（第二版）”, 清华大学出版社，何军等译，2005年10月
- § Dharma Prakash Agrawal, Qing-An Zeng, “Introduction to wireless and mobile systems”. 《无线与移动系统导论》高教出版社影印版2003.10
- § Mattbew S. Gast, “802.11 Wireless Networks”, 清华大学出版社，2003
- § Kaveh Pahlavan, Prashant Krishnamurthy, “Principles of Wireless Networks: A Unified Approach”, 《无线网络原理》科学出版社，2003
- § Andrew S. Tanenbaum, “Computer networks”, fourth edition. 《计算机网络》第四版，清华大学出版社，影印版/中译本2004
- § 郑相全等编著，“无线自组网技术实用教程”，清华出版社，2004
- § 黎连业等，“无线网络及其应用技术”，清华出版社，2004
- § 王万良等，“人工智能导论”，高等教育出版社，2020
- § 修春波等，“人工智能技术”，机械工业出版社，2018



参考文献

§ 国际杂志

Ø 综述性质

æ IEEE Communications Magazine

æ IEEE Network Magazine

æ IEEE Wireless Communications

Ø 学术研究：

æ IEEE/ACM Transactions on networking, computer networks, IEEE Transactions on Wireless Communications, IEICE Transactions on Communications, (ACM/Springer) Wireless Networks, Ad Hoc networks, IEEE Transactions on Mobile Computing

§ 国际会议

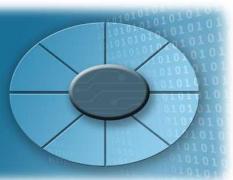
Ø ACM SIGCOMM、Mobicom、IEEE INFOCOM、ICNP

Ø IEEE ICC、GLOBECOM、ICCCN、ISCC、WCNC

VTC

§ 中国期刊网

Ø 通信学报、电子学报、软件学报、计算机学报等



Some useful Websites

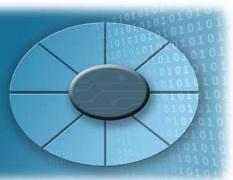
- § www.google.com scholar.google.com
- § <http://ieeexplore.ieee.org>
- § <http://portal.acm.org/dl.cfm>
- § <http://168.160.16.198/umi/index.jsp> 国外学位论文
- § 中国期刊网 <http://www.cnki.net/> 期刊、学术会议和学位论文
- § 万方数据库
<http://wanfang.calis.edu.cn/szhqk/index.html>
- § 《中文科技期刊全文数据库》

所有文献都可在重庆邮电大学数字图书馆上进行查询。



第一章 无线网络简介

- § 国内通信及无线通信市场
- § 无线网络应用现状
- § 无线移动通信网络及其发展
- § 无线网络概念及分类
- § 无线网络协议体系及标准化组织



国内通信及无线通信市场

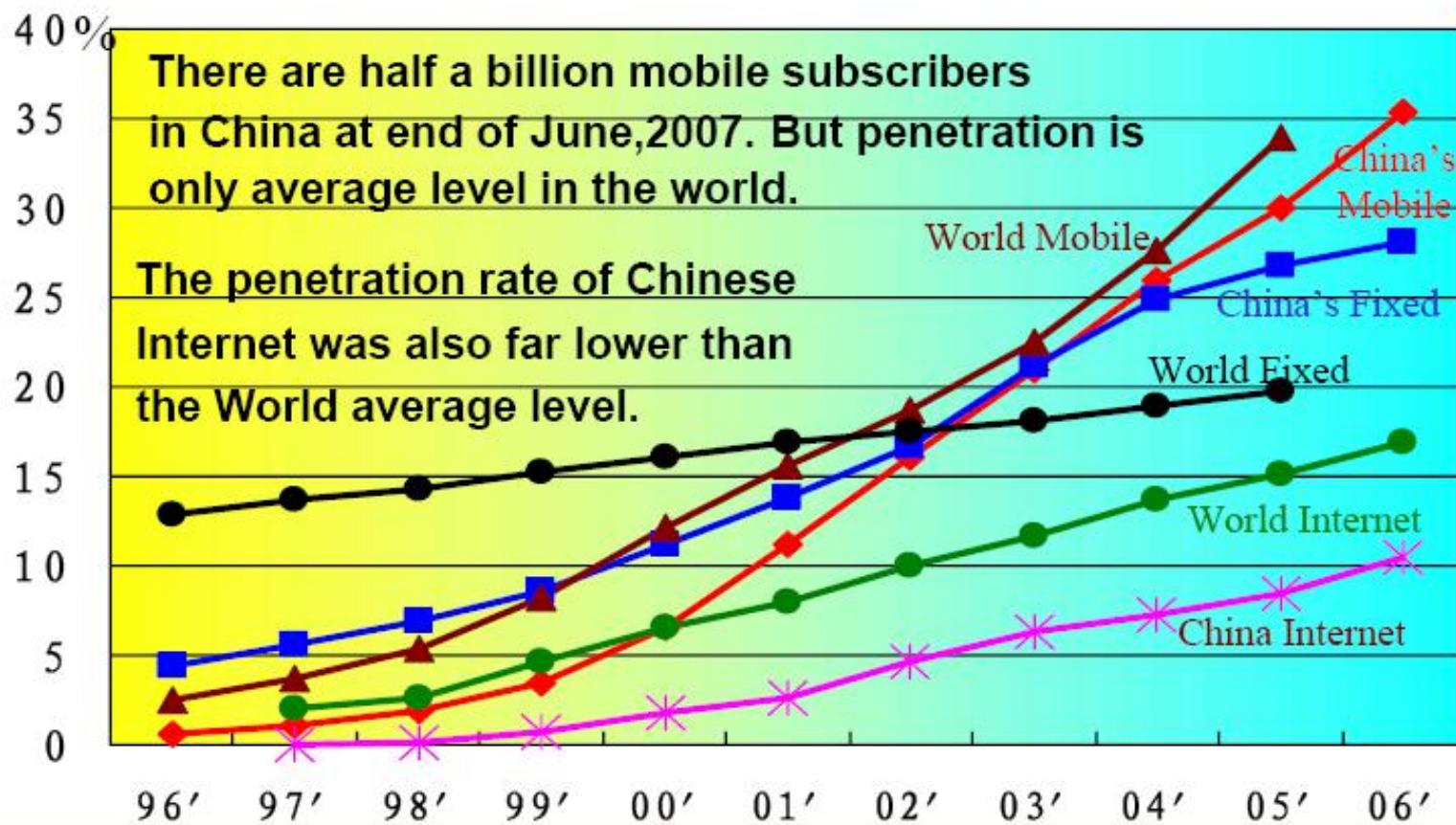
当今社会是个信息化社会，信息化是当今世界科技、经济与社会发展的必然趋势。无线通信是实现全球信息化的重要手段，它已经广泛渗透到经济和社会的各个领域，推动人类社会生产力达到一个崭新的高度。

尽管我国的移动通信用户总数已经达到较多的数字，但用户的普及率还比较低，仍有相当大的和持久的增长空间。



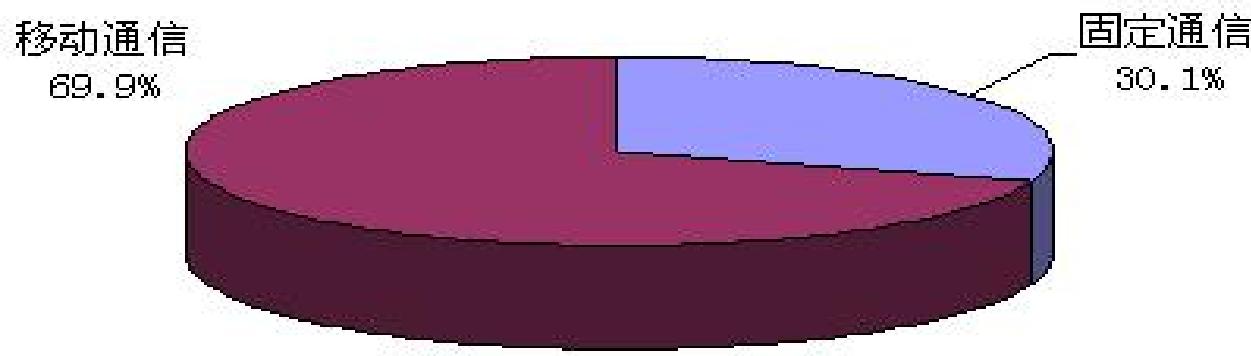
国内通信及无线通信市场

Telecom Penetration in the World and China





国内通信及无线通信市场

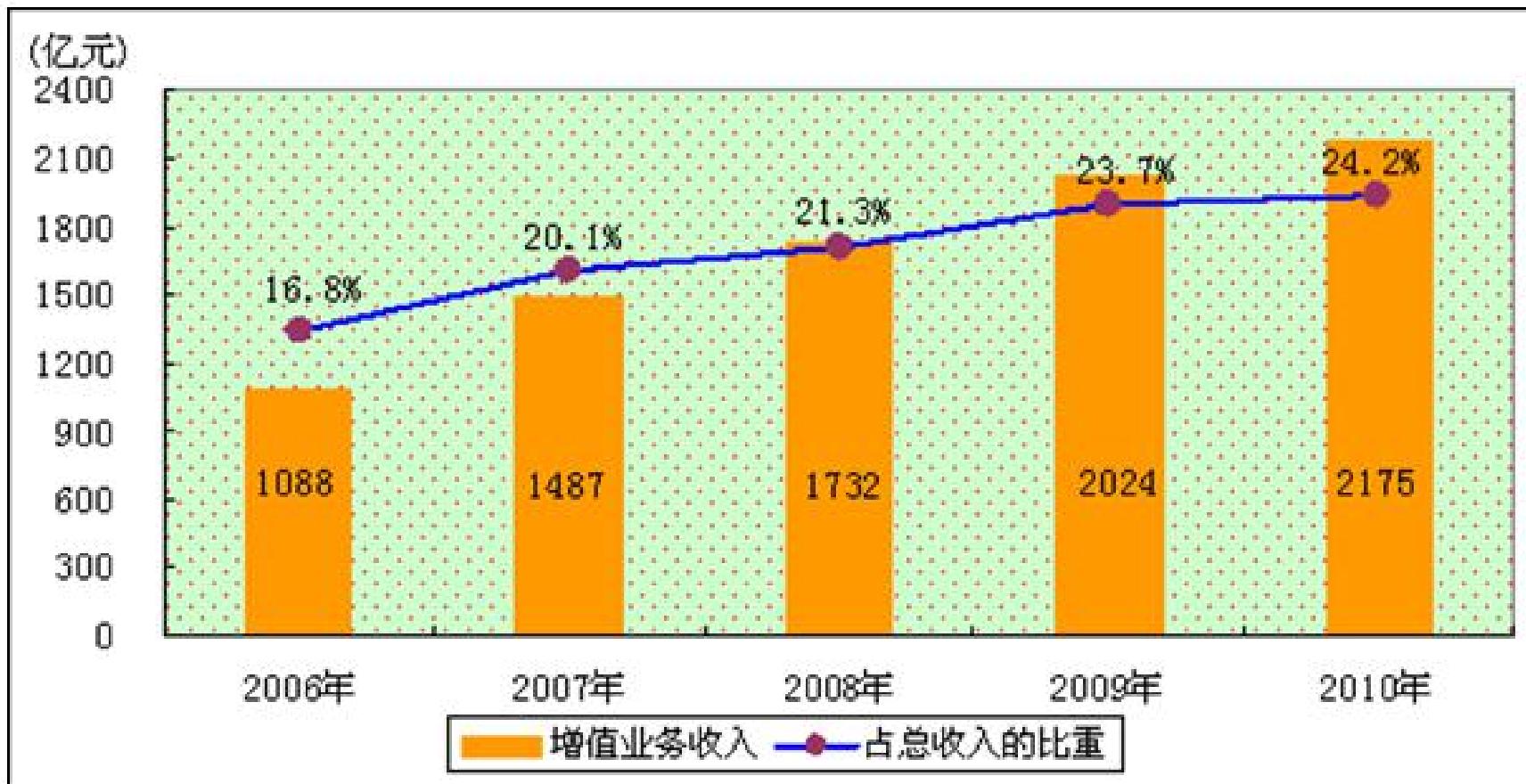


2010年电信业务收入构成

2010年，全国电信主营业务收入累计完成8988亿元，同比增长6.4%。其中，移动通信业务收入6282亿元，增长11.2%，占主营业务收入的比重上升到69.9%;固定通信业务收入2707亿元，下降3.3%。



国内通信及无线通信市场



2010年全国电信业统计公报

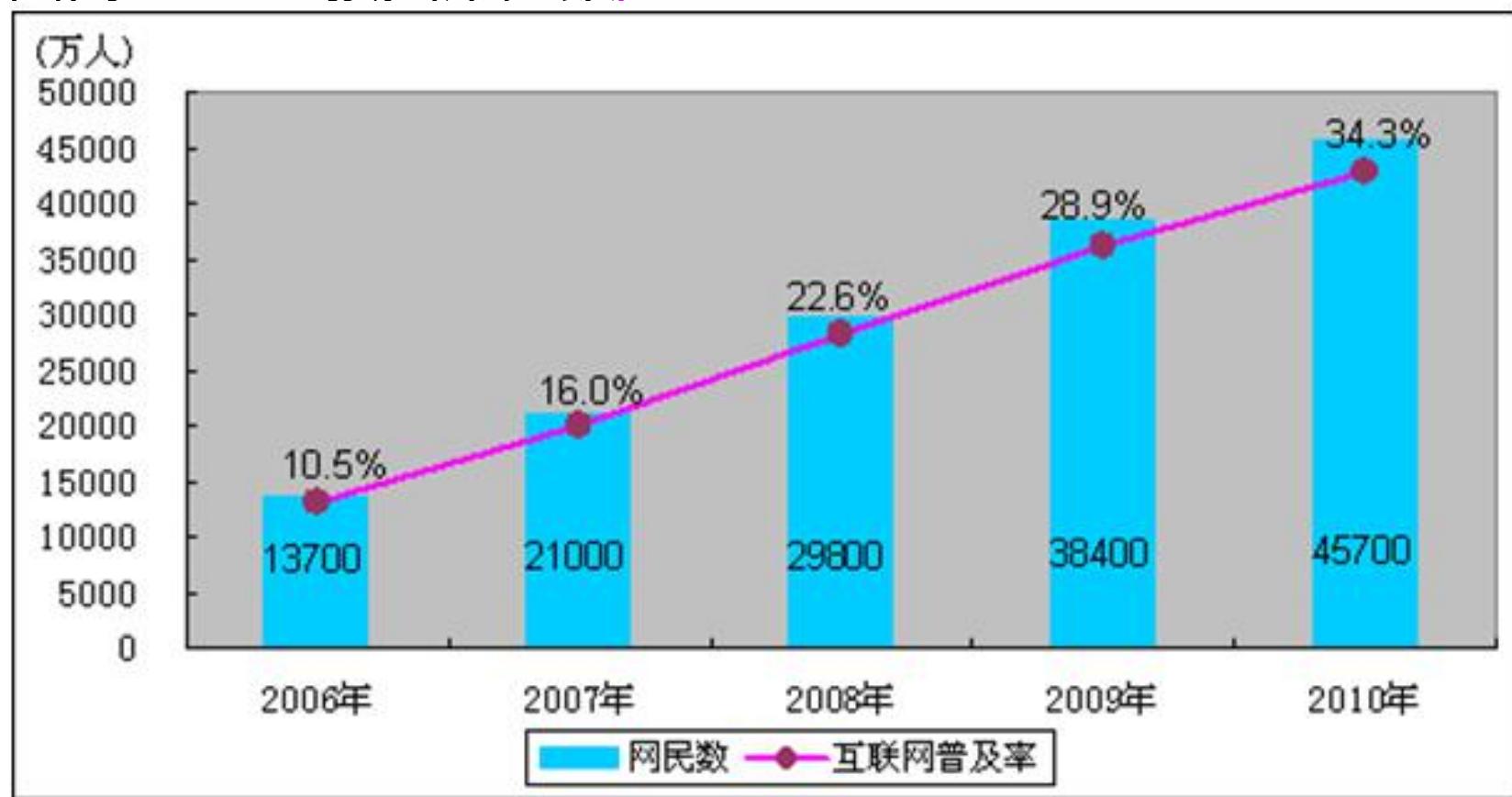
2006-2010年基础电信企业的**增值业务**收入

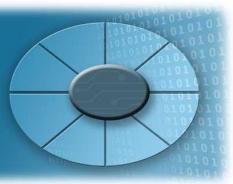


国内通信及无线通信市场

国内Internet接入用户数

2011年7月，中国互联网用户数达到4.85亿人，超过美国，跃居世界第一，手机上网用户数3.18亿





国内通信及无线通信市场





无线网络的应用

美国— Starbucks连锁店

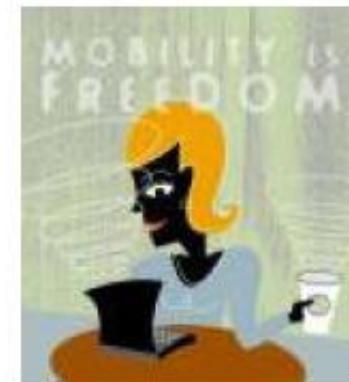
§ 2001年加入MobileStar成为第一个提供Wi-Fi Internet接入服务的零售业主

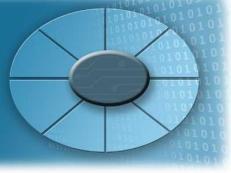


MobileStar



T-Mobile



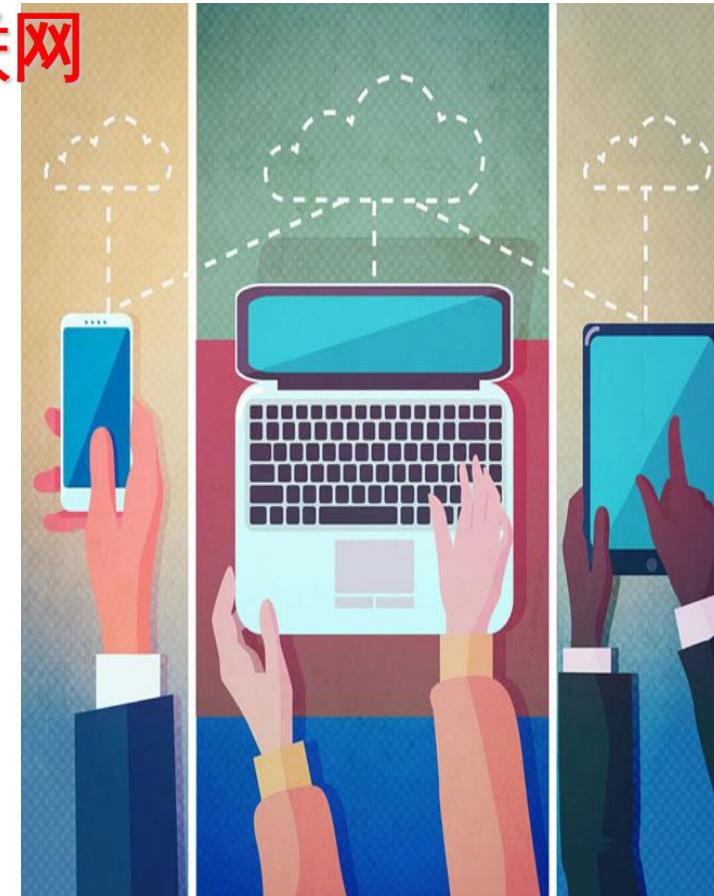


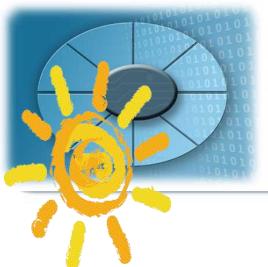
无线网络的应用

无线通信+互联网=移动互联网

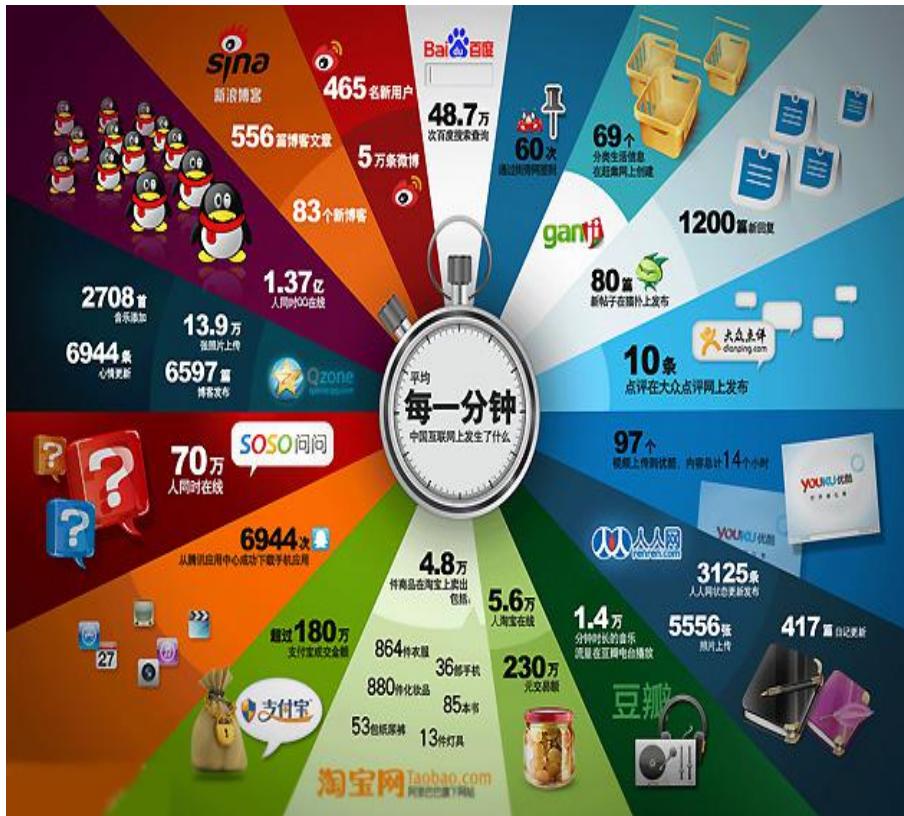
移动互联网是指：
(Mobile Internet)

以各种类型的移动终端作为接入设备，使用各种移动网络作为接入网络，从而实现包括传统移动通信、传统互联网及其各种融合创新服务的新型业务模式。





移动互联网的特点

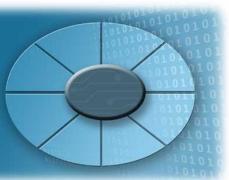


- u 移动性
- u 个性化
- u 私密性
- u 融合性
- u 媒体化
- u 社交化
- u 碎片化
- u 身份统一性
- u 便携性
- u 定位性
- u 感触性

移动互联网发展历程

移动互联网发展的5个层次





电话

互联网

剪掉了电话线

手机

剪掉了PC的网线

移动互联网

曾经：手机仅仅是打电话、发短信

3G、4G和Wifi网络

智能手机



手机正在扮演全新的角色，正成为人们生活、娱乐、学习、工作的好帮手。



移动无线通信网络的发展



第一代移动电话—语音

□ 关键技术

- 较小的覆盖区域（cell）
- 频率的重用

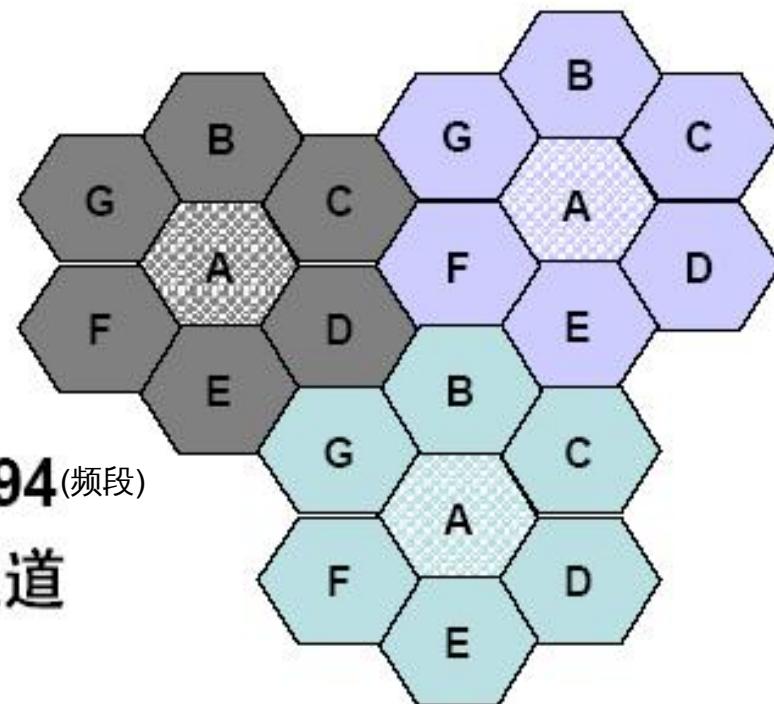
□ 每个cell采用一组频率

□ 相邻cell所采用的频率不同

□ AMPS共有832个信道

- 发送:824~849/接收:869~894^(频段)
- 每个为30kHz的单工双向通道
- 采用FDM

无统一的标准



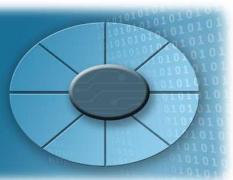


第二代移动电话 (2G) — 数字语音

各种制式

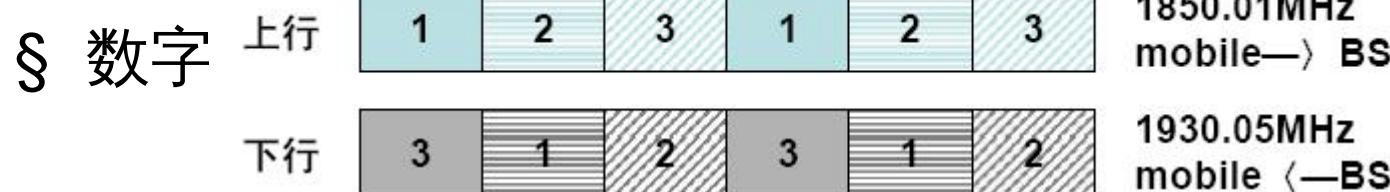
- Ø D-AMPS (Digital Advanced Mobile Phone System)
- Ø GSM (Global System for Mobile communications)
- Ø CDMA (Code Division Multiple Access)
- Ø PDS (基于D-AMPS, 日本制式)

无统一的标准

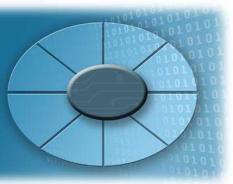


2G—— D-AMPS (美国)

- § 国际标准是IS-54/IS-136
- § 与AMPS兼容（模拟和数字混合模式）
- § 采用850MHz和1900MHz频带
- § 语音的数字化工作由手机完成



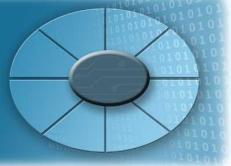
D-AMPS: Digital Advanced Mobile Phone System



2G——GSM (全球通)

- § 采用FDM技术 (发送和接收频率不同)
 - Ø 共有124对单工信道
- § 在每个频段又采用TDM为多个用户提供服务
- § GSM的频段更宽，数据率高于D-AMPS
- § 信道控制
 - Ø 广播控制信道 (基站发布信息)
 - Ø 专用控制信道 (呼叫建立)
 - Ø 公共控制信道 (访问请求)

GSM : Global System for Mobile communications



2G—— CDMA

(Code Division Multiple Access)

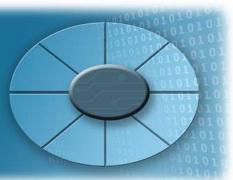
§ 国际标准是IS-95

§ CDMA的特点

- Ø 每个站使用整个频段发送信号；
- Ø 多个站的信号可以线性叠加；
- Ø 利用编码技术分离并发的传输；

§ CDMA的关键

- Ø 接收端能提取出期望的信号，同时拒绝所有其它的信号，并把这些信号当作噪声。



2.5G——语音为主兼顾数据

§ EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution)

Ø GSM的增强版本

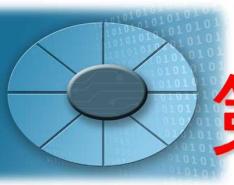
Ø 更高的数据率

§ GPRS (General Packet Radio Service)

Ø 层叠分组网络(GSM)

Ø 在语音系统的cell中发送/接收IP分组

GSM → GPRS → EDGE (384Kbps) → EGPRS (470 Kbps)



第三代移动电话（3G）— 数字语音和数据

3G期待的性能

- § 高质量的语音传输
- § 消息机制（取代email、fax、SMS、chat...）
- § 多媒体（听音乐、看视频/电影/电视...）
- § 访问Internet
- § 视频会议、群玩游戏、e-commerce...
- § 单一的标准化世界

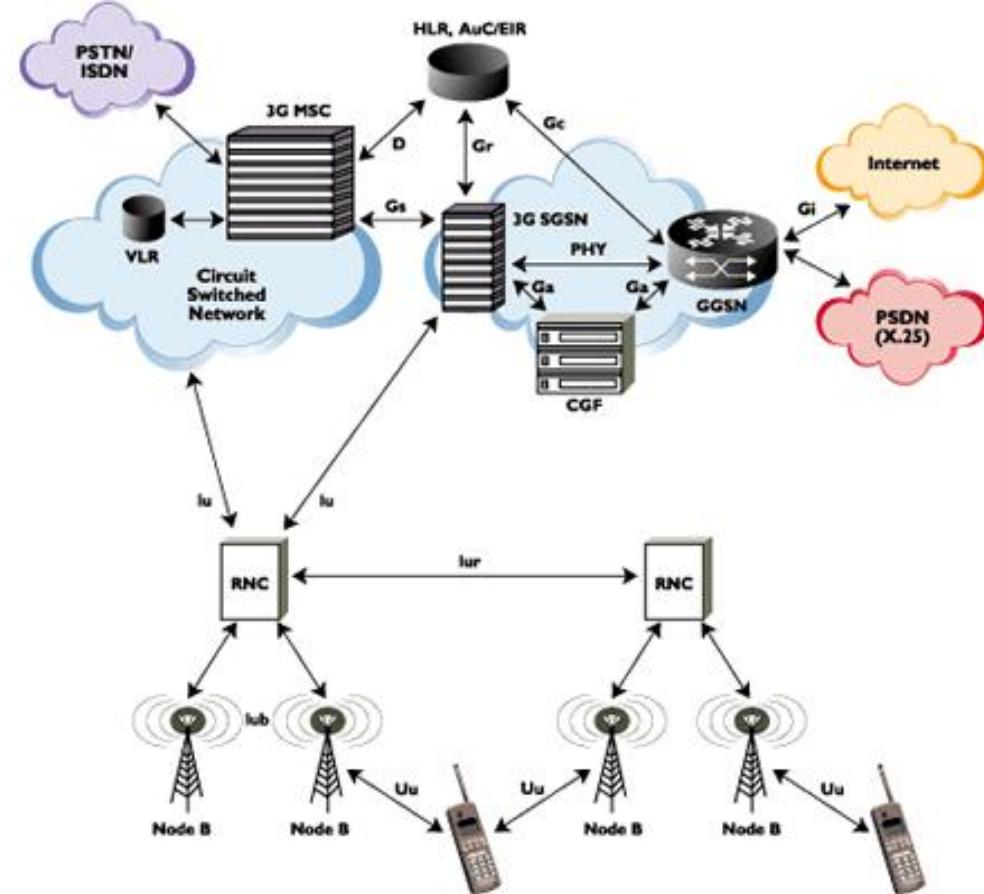
实现

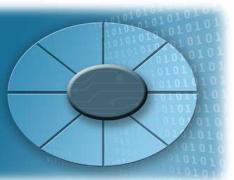
- ◆ 室内用户 2Mbps
- ◆ 行走用户 384kbps
- ◆ 车内用户 144kbps

第三代移动通信技

第三代与前两代的主要区别是在传输声音和数据的速度上的提升，它能够处理图像、音乐、视频流等多种媒体形式，提供包括网页浏览、电话会议、电子商务等多种信息服务

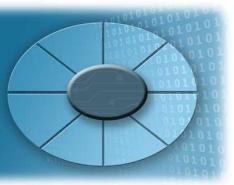
术---宽带通信





主要技术指标





CDMA2000



CDMA2000是由窄带CDMA(CDMA IS95)技术发展而来的宽带CDMA技术,也成为 Multi-Carrier ,它是由美国高通北美公司为主导提出的。中国电信天翼3G就是使用的这项技术。电信CDMA下行速率为3.1Mbps ,上行速率为1.8Mbps ,可视电话、高速数据上网、wap、彩信、话音、短信等。



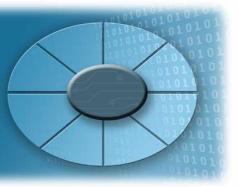
TD-SCDMA



TD-SCDMA，国际第三代移动通信技术标准（3G）中，唯一由我国自主研发并拥有知识产权的技术标准，它的出现打破了欧美在3G领域的垄断，是中国智慧的又一伟大创举，是我国通信史上的“神七”！

中国移动G3网络，以TD-SCDMA为技术核心，是中国智慧与中国移动专家品质的结晶，为您打造更快捷、更优质、更实惠、更精彩、更安全的3G生活！

中国移动的3G是使用的TD-SCDMA。TD-SCDMA作为中国提出的第三代移动通信标准（简称3G），自1998年正式向ITU(国际电联) 提交以来，已经历十多年的时间，完成了标准的专家组评估、ITU认可并发布、与3GPP（第三代伙伴项目）体系的融合、新技术特性的引入等一系列的国际标准化工作，从而使TD – SCDMA标准成为第一个由中国提出的，以中国知识产权为主的、被国际上广泛接受和认可的无线通信国际标准。这是中国电信史上重要的里程碑。



WCDMA

中国联通所使用的3G标准时WCDMA。

WCDMA是英文Wideband Code Division Multiple Access（宽带码分多址）的英文简称，是一种第三代无线通讯技术。W-CDMA Wideband CDMA是一种由3GPP具体制定的，基于GSM MAP核心网，UTRAN（UMTS陆地无线接入网）为无线接口的第三代移动通信系统。目前WCDMA有Release 99、Release 4、Release 5、Release 6等版本

浙江联通3G正式商用发布会2009年9月26日“浙江在线”网上直播，敬请光临见证精彩！

中国联通沃·3G，带您体验精彩3G服务：

- 无线上网卡：理论峰值高达7.2Mbps
- 手机上网：手机冲浪，高速体验
- 手机音乐：音乐世界，专业品质
- 手机电视：点播直播，高速流畅
- 国际漫游：215个国家地区，WCDMA全球覆盖漫游
- 沃·3G手机：品种全，款式多
- 可视电话：随时异地，即时会面
- 186靓号：登录10010.com，更多靓号任你挑

客服热线10010 光宽专线10011
网上营业厅 www.10010.com

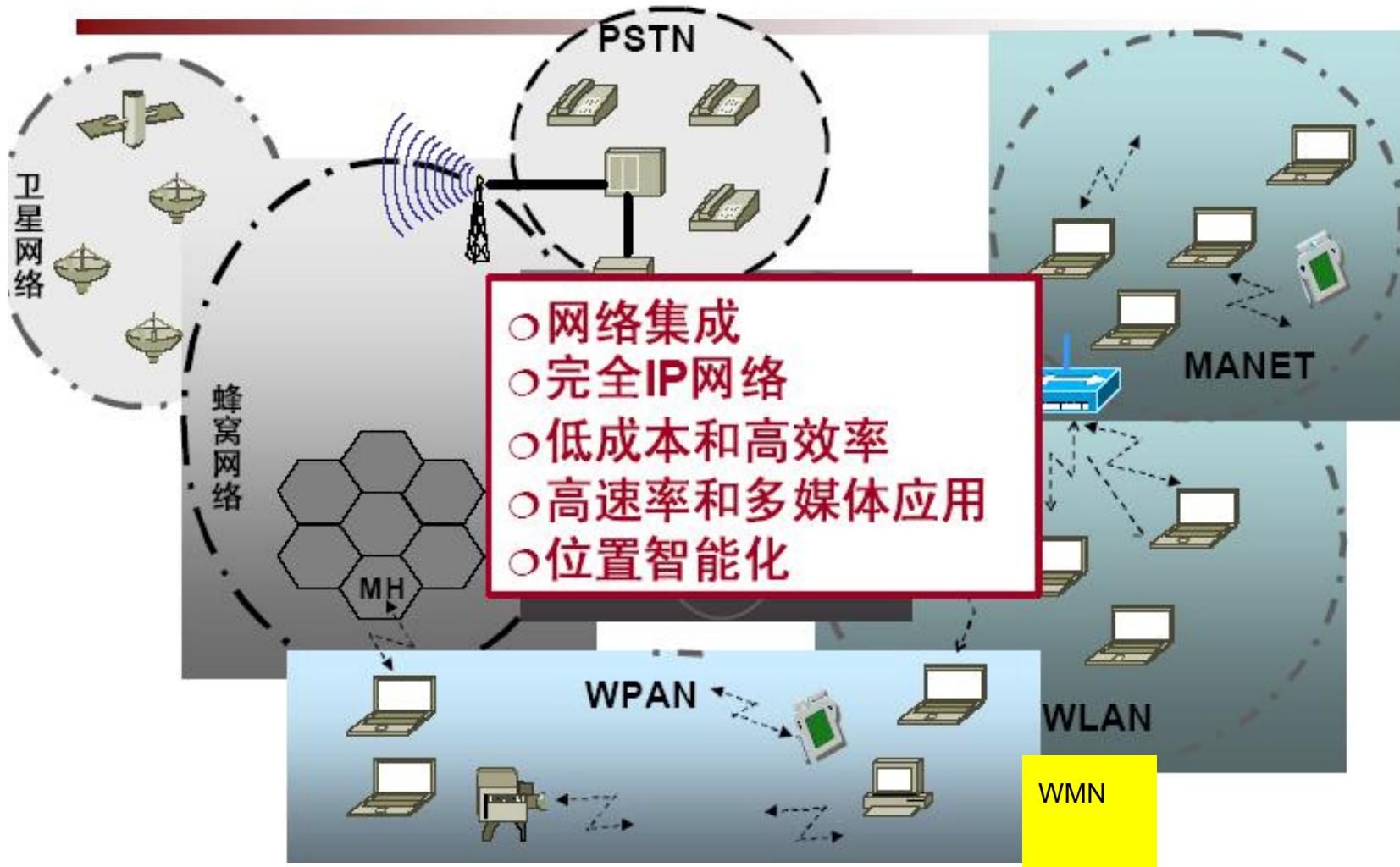


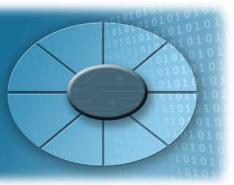
三种3G技术的比较

	WCDMA	CDMA2000	TD-SCDMA
核心网	基于GSM-MAP	基于ANSI-41	基于GSM-MAP
双工方式	FDD	FDD	TDD
双向信道带宽(MHz)	10	2.5	1.6
码片速率(Mcps)	3.84	1.2288	1.28
帧长(ms)	10ms	可变	10ms(分两个5ms子帧)
基站同步	异步(同步可选)	同步	同步
功率控制(Hz)	开环+快速闭环1500	开环+快速闭环800	开环+慢速闭环200



第四代移动通信系统





第四代移动通信技术

—无线多媒体

4G的一个主要目标是提供移动用户超宽带的多媒体服务,使其能充分利用基于移动网的下一代因特网技术。





4G简介

4G技术发展及手机柔性屏技术应用

Ø 第四代移动电话行动通信标准，指的是第四代移动通信技术，(the 4 Generation mobile communication technology)外语缩写：4G。

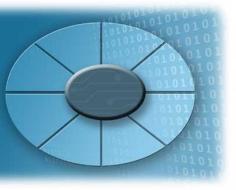
Ø 4G技术支持100Mbps~150Mbps的下行网络带宽，也就是4G意味着用户可以体验到最大12.5MB/s~18.75MB/s的下行速度。这是当前国内主流中国移动3G(TD-SCDMA)2.8Mbps的35倍，中国联通3G (WCDMA) 7.2Mbps的14倍。



从移动通信系统数据传输速率作比较：

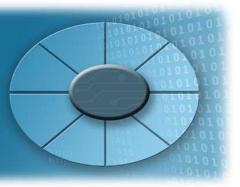


- Ø 第一代模拟式仅提供语音服务；
- Ø 第二代数位式移动通信系统传输速率也只有9.6Kbps，最高可达32Kbps，如PHS(个人手持电话)；
- Ø 第三代移动通信系统数据传输速率可达到2Mbps；
- Ø 而第四代移动通信系统传输速率可达到20Mbps，甚至最高可以达到高达100Mbps。



4G技术核心

- Ø 第四代移动通信系统主要是以正交频分复用（OFDM）为技术核心。
- Ø OFDM技术的特点是网络结构高度可扩展，具有良好的抗噪声性能和抗多信道干扰能力，可以提供无线数据技术质量更高（速率高、时延小）的服务和更好的性能价格比，能为4G无线网提供更好的方案。



目前国际4G标准有哪些？

是LTE的增强，完全向后兼容LTE，通过软件升级即可，峰值速率：

下行1Gbps，上行500Mbps。

是第一批被国际电信联盟承认的4G标准，也是事实上的**唯一主流4G标准**。

是WiMAX的增强，由美国Intel主导，接收下行与上行最高速率达300Mbps，静止定点接收可高达1Gbps。是国际电信联盟承认的4G标准。随着Intel退出，WiMAX技术也**逐渐被运营商放弃**。

4G网络两个标准：

LTE Advanced

长期演进技术升级版

WiMAX-Advanced

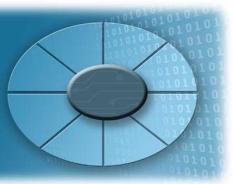
全球互通微波存取升级版

FDD-LTE

欧美

TD-LTE

中国政府主导



内地运营商4G牌照

运营商	牌照情况	4G品牌
 中国移动通信 CHINA MOBILE	中国移动3G标准为TD-SCDMA，获发 TD-LTE 牌照。	
 中国电信 CHINA TELECOM	3G标准为CDMA-2000，获发 TD-LTE 牌照、 FDD 牌照。	天翼4G
 China unicom中国联通	3G标准为WCDMA，获发 TD-LTE 牌照、 FDD 牌照。	 精彩在沃



全球商用国家数量，FDD占绝对主导

TD-LTE商用国家

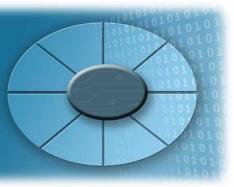
4个国家

中国移动、日本电信
软银、印度巴蒂电信、
波兰运营商Aero2。

FDD-LTE商用国家

102个国家

中国联通、美国AT&T、英国沃达丰、日本NTT
DoCoMo、和记黄埔3、西班牙电信、德国电信、
法国电信、意大利电信、瑞典TeliaSonera等全
球绝大多数运营商



4G通信终端及发展：

Ø 为了充分利用4G通信给人们带来的先进服务，人们还必须借助各种各样的4G终端才能实现，而不少通信营运商正是看到了未来通信的巨大市场潜力，他们已经开始把眼光瞄准到生产4G通信终端产品上。



三星Note4

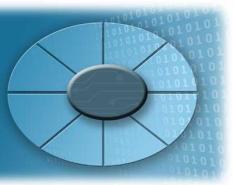
苹果6



OLED柔性屏幕



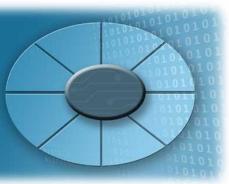
Ø OLED很薄，可以装在塑料或金属箔片等柔性材料上。不用玻璃而改用塑料的话，会让显示屏更耐用、更轻。柔性OLED面板从顶部到底部呈凹型，弯曲半径可达700毫米。该产品采用塑料基板，而非常见的玻璃基板，其借助薄膜封装技术，并在面板背面膜粘贴保护膜，让面板变得可弯曲，不易折断。柔性屏可以卷曲，但不能折叠，未来的产品应该可以折叠，外形会更多变。显示屏由面板切割而来。可弯曲\ 的显示屏又称为柔性屏，其被视作显示屏革命的初级阶段产物，最终目标是让移动和可穿戴电子设备改头换面。



卷芒手机



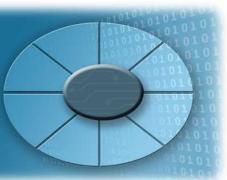
Ø 相较于传统屏幕，柔性屏幕优势明显，不仅在体积上更加轻薄，功耗上也低于原有器件，有助于提升设备的续航能力，同时基于其可弯曲、柔韧性佳的特性，其耐用程度也大大高于以往屏幕，降低设备意外损伤的概率。柔性屏幕的成功量产不仅重大利好于新一代高端智能手机的制造，也因其低功耗、可弯曲的特性对可穿戴式设备的应用带来深远的影响，未来柔性屏幕将随着个人智能终端的不断渗透而广泛应用。柔性屏手机是指采用可弯曲、柔韧性佳屏幕的手机，因为形似芒卷，又被称为卷芒手机。



柔性显示屏发展现状

- Ø 2013年10月7日，LG Display宣布开始量产首款柔OLED（有机发光二极管）面板，用于智能手机。2013年10月9日，三星随即宣布，通过韩国SK电信发布曲面OLED显示屏手机Galaxy Round。Galaxy Round是世界上第一款曲屏手机。配备5.7英寸的1080p高清屏，Android 4.3系统和以及三星Touch Wiz触控技术。
- Ø 据悉，其2014年9月上市的Note4显示屏也采用柔性OLED技术。





4G的不足之处：

标准难以统一

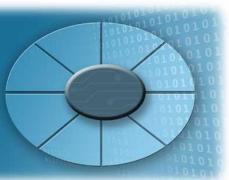
市场难以消化

技术难以实现

设施难以更新

容量受到限制

...



5G的产生背景

Ø 5G弥补了4G技术的不足，在吞吐率、时延、连接数量、能耗等方面进一步提升系统性能。它采取数字全IP技术，支持和分组交换，它既不是单一的技术演进，也不是几个全新的无线接入技术，而是整合了新型无线接入技术和现有无线接入技术(WLAN，4G、3G、2G等)，通过集成多种技术来满足不同的需求，是一个真正意义上的融合网络。并且，由于融合，5G可以延续使用4G、3G的基础设施资源，并实现与4G、3G、2G的共存。



Connecting everything. Faster.



1G



2G



3G



4G

1G主要解决语音通信的问题;

2G可支持窄带的分组数据通信，最高理论速率为236kbps;

3G在2G的基础上，发展了诸如图像、音乐、视频流的高带宽多媒体通信，并提高了语音通话安全性，解决了部分移动互联网相关网络及高速数据传输问题，最高理论速率为14.4Mbps;

4G是专为移动互联网而设计的通信技术，从网速、容量、稳定性上相比之前的技术都有了跳跃性的提升，传输速度可达100Mbit/s,甚至更高。

那么，**5G**为我们带来什么？



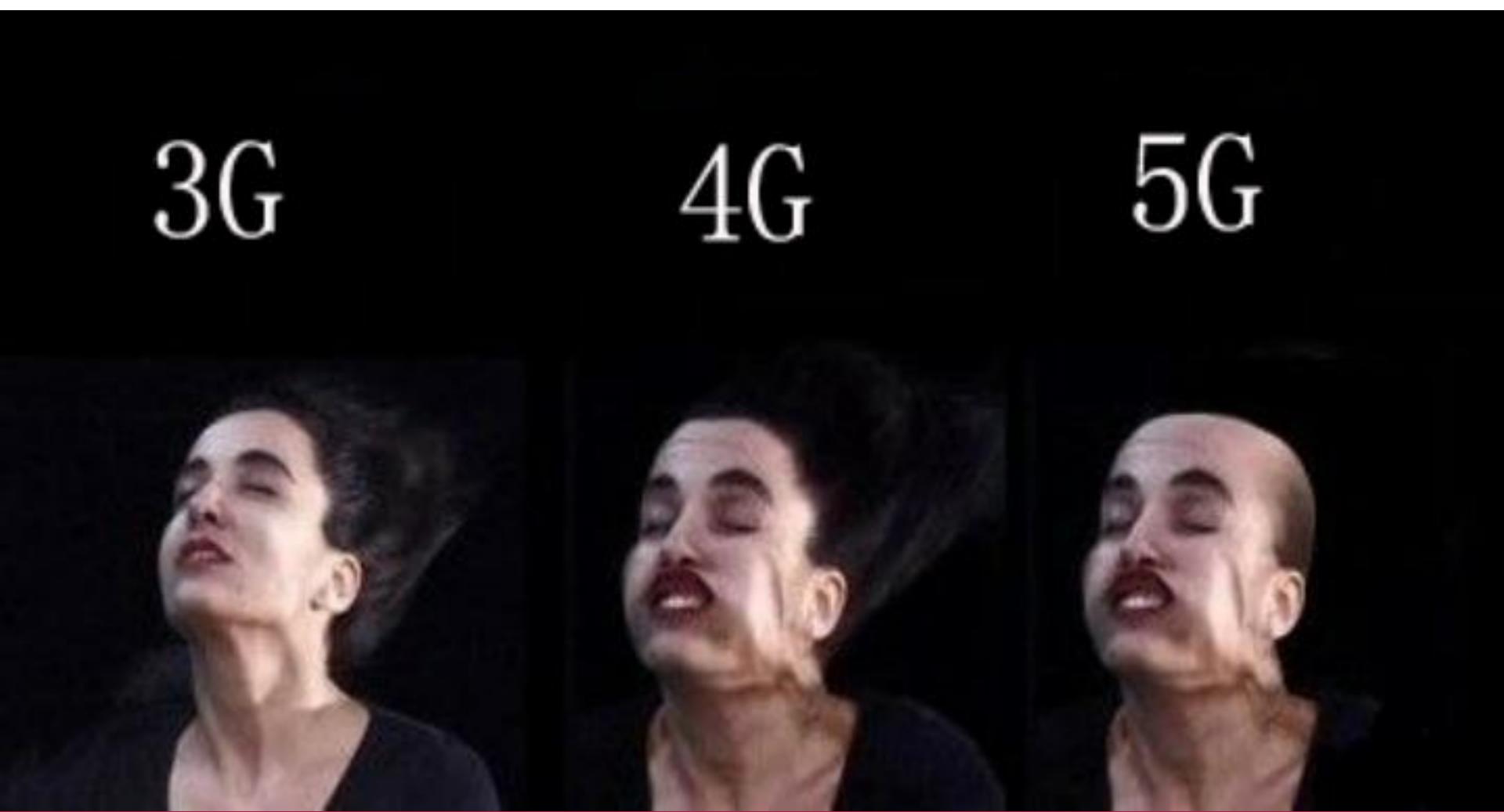
快的让我无法呼吸!!!

谁HOLD住？

3G

4G

5G





5G给社会带来的效益？

人类社会生态的无线信息流通系统

工业连接



无限通信引擎



精彩无线生活



通信权利



保证通信权利的基础设施



连接世界的无线通道



人们生活的信息中心



5G给用户带来的获益？

§ 5G移动宽带系统的目标是为全面提升用户体验，让用户随心所欲尽享移动宽带新生活。该目标可以总结为：够用、好用、易用、便宜、安全可靠和个性化。



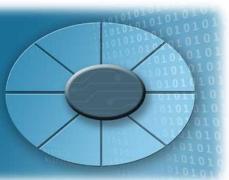


5G给运营商带来的效益？

§ 广泛业务支持能力和持续的盈利能力。体现在：

- Ø 更多的业务能力、更好的盈利能力；
- Ø 足够的带宽和容量；
- Ø 低成本、易于部署；
- Ø 兼容现有网络，保护已有投资





5G产生背景

- § 移动通信已经深刻地改变了人们的生活，但人们对更高性能移动通信的追求从未停止。为了应对未来爆炸性的移动数据流量增长、海量的设备连接、不断涌现的各类新业务和应用场景，第五代移动通信（5G）系统应运而生。
- § 5G渗透到未来社会的各个领域，以用户为中心构建全方位的信息生态系统。5G使信息突破时空限制，提供极佳的交互体验，为用户带来身临其境的信息盛宴；5G拉近万物的距离，通过无缝融合的方式，便捷地实现人与万物的智能互联。5G为用户提供光纤般的接入速率，“零”时延的使用体验，千亿设备的连接能力，超高流量密度、超高连接数密度和超高移动性等多场景的一致服务，业务及用户感知的智能优化，同时将为网络带来超百倍的能效提升和超百倍的比特成本降低，最终实现“**信息随心至，万物触手及**”的总体愿景。



促进5G发展的动力----技术

§ **移动互联网** ----颠覆了传统移动通信业务模式，为用户提供增强现实、虚拟现实、超高清(3D)视频、移动云等更加身临其境的极致业务体验。将带来未来移动流量超千倍增长，推动移动通信技术和产业的新一轮变革。

§ **物联网**----扩展了移动通信的服务范围，从人与人通信延伸到物与物、人与物智能互联，使移动通信技术渗透至更加广阔的行业和领域。





业务需求

- § 面向2020年及未来，超高清、3D和浸入式视频的流行将会驱动数据速率大幅提升，例如8K（3D）视频经过百倍压缩之后传输速率仍需要大约1Gbps。增强现实、云桌面、在线游戏等业务，不仅对上下行数据传输速率提出挑战，同时也对时延提出了“无感知”的苛刻要求。
- § 未来大量的个人和办公数据将会存储在云端，海量实时的数据交互需要可媲美光纤的传输速率，并且会在热点区域对移动通信网络造成流量压力。社交网络等OTT（Over-The-Top）业务将会成为未来主导应用之一，小数据包频发将造成信令资源的大量消耗。

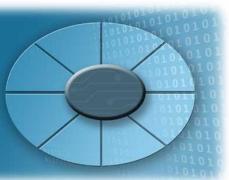




终端设备需求

§ 物联网业务类型非常丰富多样，业务特征也差异巨大。另外，大量物联网设备会部署在山区、森林、水域等偏远地区以及室内角落、地下室、隧道等信号难以到达的区域，因此要求移动通信网络的覆盖能力进一步增强。为了渗透到更多的物联网业务中，5G应具备更强的灵活性和可扩展性，以适应海量的设备连接和多样化的用户需求。





应用场景及能力需求



办公室
数十Tbps/km²的流量密度



体育场
1百万/km²连接数



地铁
6人/m²的超高用户密度



高铁
500km/h以上的高速移动



密集住宅
Gbps用户体验速率



露天集会
1百万/km²连接数



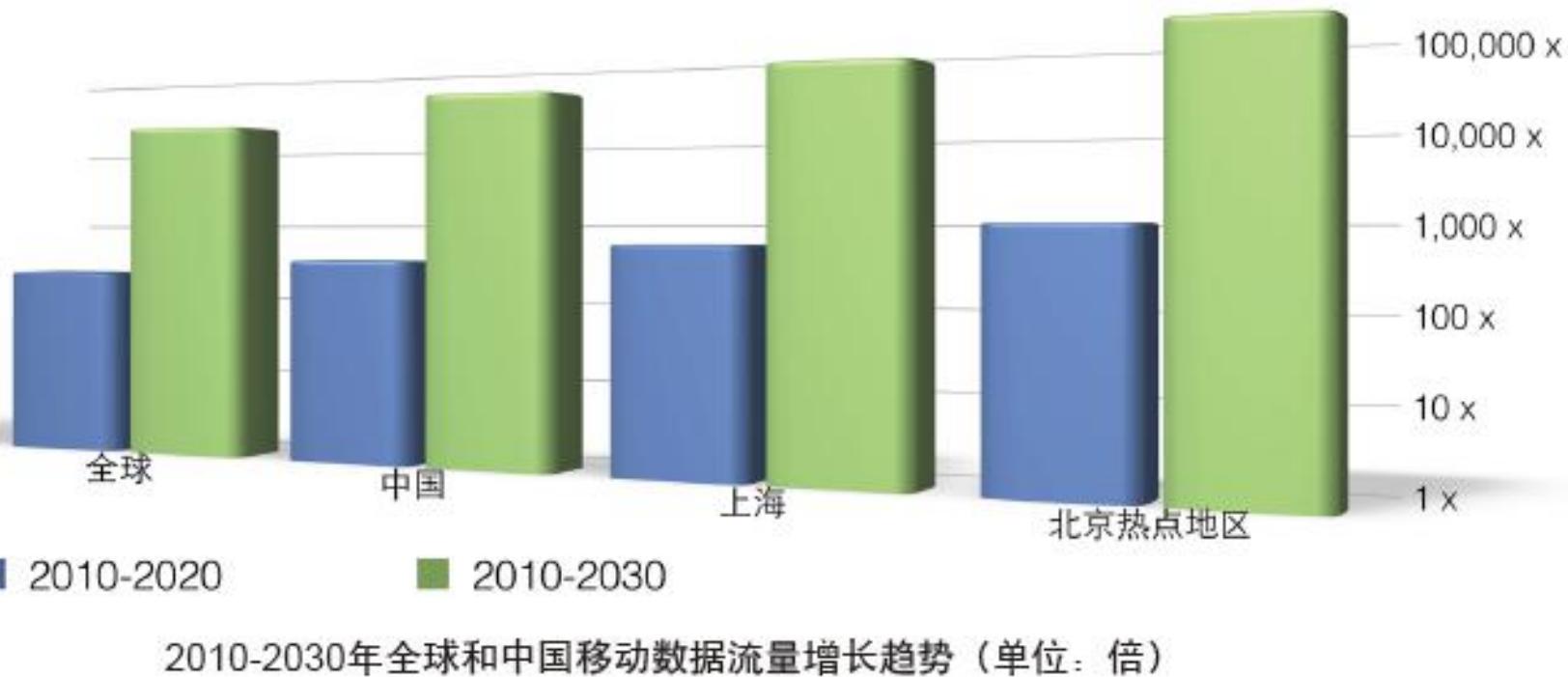
快速路
毫秒级毫秒级时延



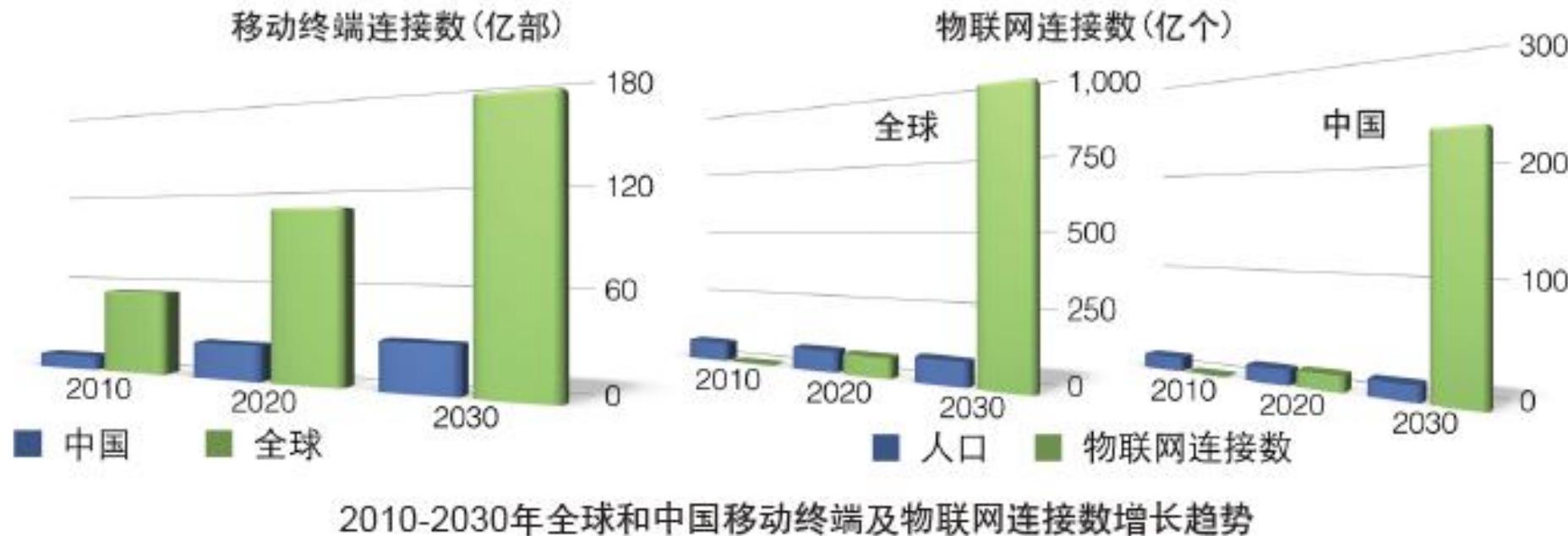
广域覆盖
100Mbps用户体验速率

未来通信的典型应用场景涉及未来人们居住、工作、休闲和交通等各种区域，特别是密集住宅区、办公室、体育场、露天集会、地铁、快速路、高铁和广域覆盖等场景。这些场景具有超高流量密度、超高连接数密度、超高移动性等特征，可能对移动通信系统形成极大的挑战。

促进5G发展的动力----市场



促进5G发展的动力----市场



§ 5G时代给我们通信专业带来的是什么？

Ø 更多的就业机会！！！

Ø 更好的发展机遇！！！

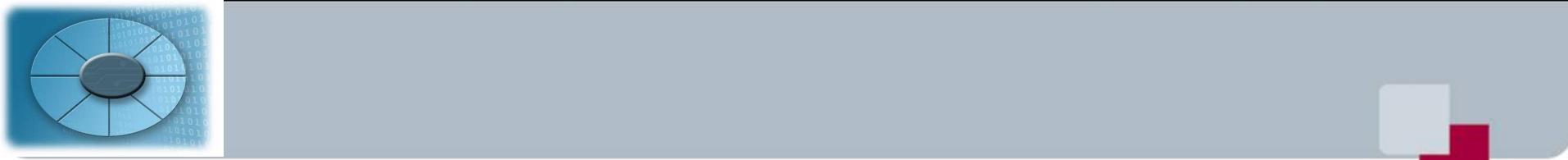




5G简介



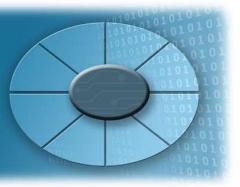
- § 5G，第五代移动通信技术，也是4G之后的延伸，目前正在研究中。目前还没有任何电信公司或标准订定组织（像3GPP、WiMAX论坛及ITU-R）的公开规格或官方文件有提到5G。
- § 按照业内初步估计，包括5G在内的未来无线移动网络业务能力的提升将在3个维度上同时进行：
 - § 1)通过引入新的无线传输技术将资源利用率在4G的基础上提高10倍以上；
 - § 2)通过引入新的体系结构(如超密集小区结构等)和更加深度的智能化能力将整个系统的吞吐率提高25倍左右；
 - § 3)进一步挖掘新的频率资源(如高频段、毫米波与可见光等),使未来无线移动通信的频率资源扩展4倍左右.



5G总体愿景

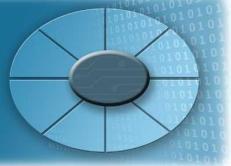
<http://www.IMT-2020.cn>

IMT-2020(CNR) http://www.IMT-2020.cn
IMT-2020(CNR) http://www.IMT-2020.cn
IMT-2020(CNR) http://www.IMT-2020.cn

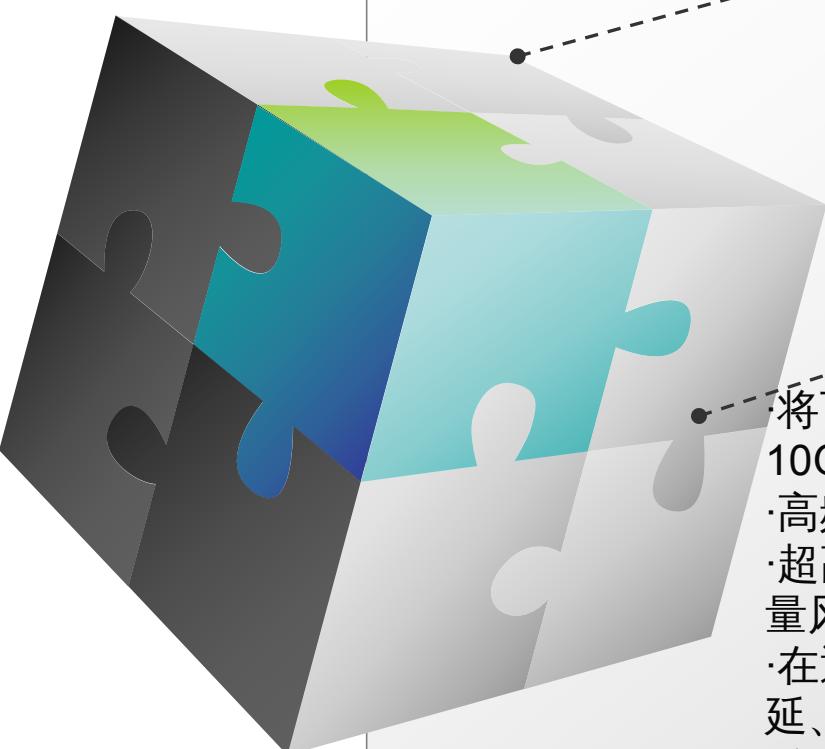


5G特点

- ∅ 1)5G研究在推进技术变革的同时将更加注重用户体验,网络平均吞吐速率、传输时延以及对虚拟现实、3D、交互式游戏等新兴移动业务的支撑能力等将成为衡量5G系统性能的关键指标.
- ∅ 2)与传统的移动通信系统理念不同,5G系统研究将不仅仅把点到点的物理层传输与信道编译码 等经典技术作为核心目标,而是从更为广泛的多点、多用户、多天线、多小区协作组网作为突破的重点,力求在体系构架上寻求系统性能的大幅度提高.
- ∅ 3)室内移动通信业务已占据应用的主导地位,5G室内无线覆盖性能及业务支撑能力将作为系统 优先设计目标,从而改变传统移动通信系统“以大范围覆盖为主、兼顾室内”的设计理念.
- ∅ 4)高频段频谱资源将更多地应用于5G移动通信系统,但由于受到高频段无线电波穿透能力的限制,无线与有线的融合、光载无线组网等技术将被更为普遍地应用.
- ∅ 5)可“软”配置的5G无线网络将成为未来的重要研究方向,运营商可根据业务流量的动态变化 实时调整网络资源,有效地降低网络运营的成本和能源的消耗.



5G与4G的对比

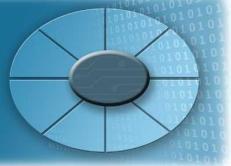


4G

- 在4G技术支持100Mbps~150Mbps的下行网络带宽
- 仍处在3GHz一下的频段范围内
- 开启了全球移动通信标准全面融合的趋势；但仍存在TD-LTE与LTE-FDD的标准之争
- 是专为移动互联网而设计的通信技术，是单一的无线接入技术。

5G

- 将可提供超级容量的带宽，短距离传输速率是10Gbps；
- 高频段频谱资源将更多地应用于5G；
- 超高容量、超可靠性、随时随地可接入性，有望解决“流量风暴”；
- 在通信、智能性、资源利用率、无线覆盖性能、传输时延、系统安全和用户体验都比4G有了数以倍计的增加；
- 全球5G技术有望共用一个标准；
- 5G并不是一个单一的无线接入技术，也不是几个全新的无线接入技术，而是多种新型无线接入技术和现有无线接入技术集成后的解决方案总称。所以说5G是一个真正意义上的融合网络。



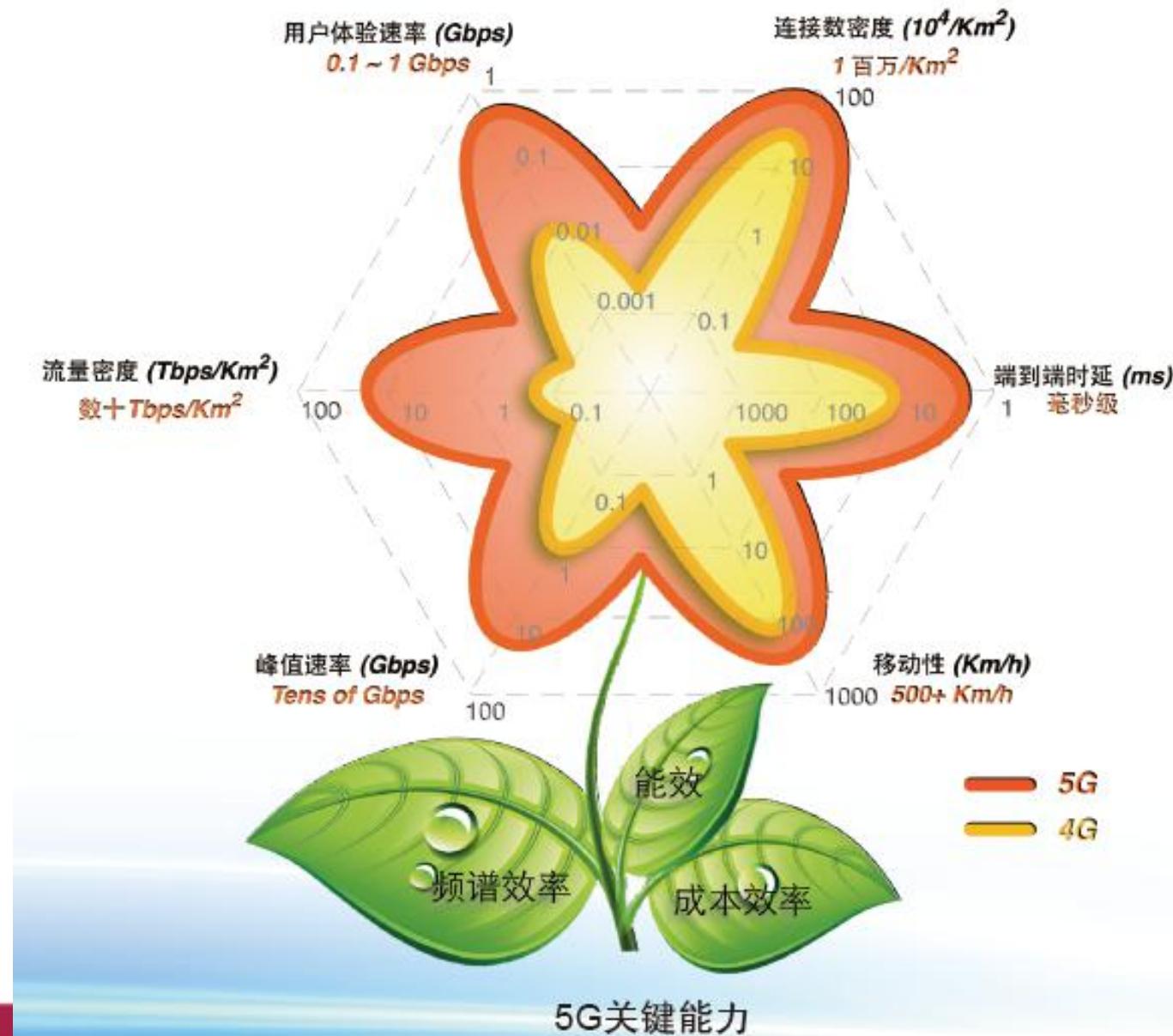
性能指标对比

§ 5G需要具备比4G更高的性能，支持0.1~1Gbps的用户体验速率，每平方公里一百万的连接数密度，毫秒级的端到端时延，每平方公里数十Tbps的流量密度，每小时500Km以上的移动性和数十Gbps的峰值速率。其中，用户体验速率、连接数密度和时延为5G最基

5G关键效率指标

名称	定义
频谱效率 (bps/Hz/cell或bps/Hz/Km ²)	每小区或单位面积内，单位频谱资源提供的吞吐量
能源效率 (bit/J)	每焦耳能量所能传输的比特数
成本效率 (bit/Y)	每单位成本所能传输的比特数

关键能力比较

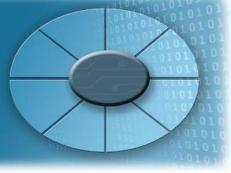




总体对比

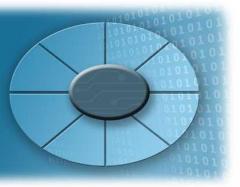
§ 总的来说，5G相比4G有着很大的优势：

- Ø 在容量方面，5G通信技术将比4G实现单位面积移动数据流量增长1000倍；在传输速率方面，典型用户数据速率提升10到100倍，峰值传输速率可达10Gbps（4G为100Mbps），端到端时延缩短5倍；在可接入性方面：可联网设备的数量增加10到100倍；在可靠性方面：低功率MMC（机器型设备）的电池续航时间增加10倍。
- Ø 由此可见，5G将在方方面面全面超越4G，实现真正意义的融合性网络。



5G的发展现状

- § 欧盟2012年宣布成立**METIS**，投资2700万欧元用于5G技术应用研究。据了解，METIS由29个成员组成，其中包括爱立信、华为、法国电信等主要设备商和运营商，欧洲众多的学术机构以及宝马集团。
- Ø METIS 目前划分成8个工作组，其中6个属于纯技术范畴（WP1-6）
- Ø WP7侧重标准制定与发布，WP8为项目管理和监管。爱立信不仅负责METIS的总体项目管理，还承担标准制定与发布、系统设计与性能指标这两项核心任务，即WP6、WP7和WP8。

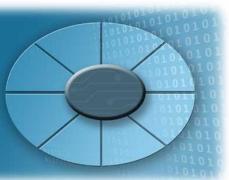


欧盟抢先一步

§ METIS是

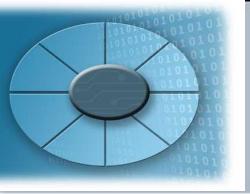
Mobile and Wireless Communications Enablers for the Twenty-Twenty (2020) Information Society的缩写，欧盟在2012年11月正式启动该项目，其目标是为建立下一代（5G）移动和无线通信系统奠定基础，为未来的移动通信和无线技术在需求、特性和指标上达成共识，取得在概念、雏形、关键技术组成上的统一意见。

§ METIS的总体目标是“为2020年以后的“5G”移动与无线通信，奠定理论和技术基础，确保成为一个全球论坛，并达成早期全球共识。相对于2G、3G以及4G技术来讲，5G的概念是一个综合的整体性范围，它主要是“现有无线技术演进和开发补充性的新技术”，目标为构建长期网络社会。从目前看，3G、4G、WiFi等无线接入技术都是5G的重要技术组成部分。



METIS发展阶段

- § 在具体技术目标方面，新的系统概念支持以下指标：单位面积移动数据流量增长1000倍、典型用户数据速率提升10到100倍、联网设备的数量增加10到100倍、低功率MMC（机器型设备）的电池续航时间增加10倍、端到端时延缩短5倍。
- Ø METIS第一阶段是2012-2015年：主要工作是探索5G新架构、基本原理和系统概念；
- Ø 第二阶段2016-2018年：主要是系统优化、标准化和网络试验；
- Ø 第三阶段2018-2020年：进行试商用；
- Ø 在2020年以后全面进行5G商用。



四.5G的关键技术



5G有以下六大关键技术：高频段传输；新型多天线传输技术；同时同频全双工技术；D2D技术；密集组网和超密集组网技术；新型网络架构。

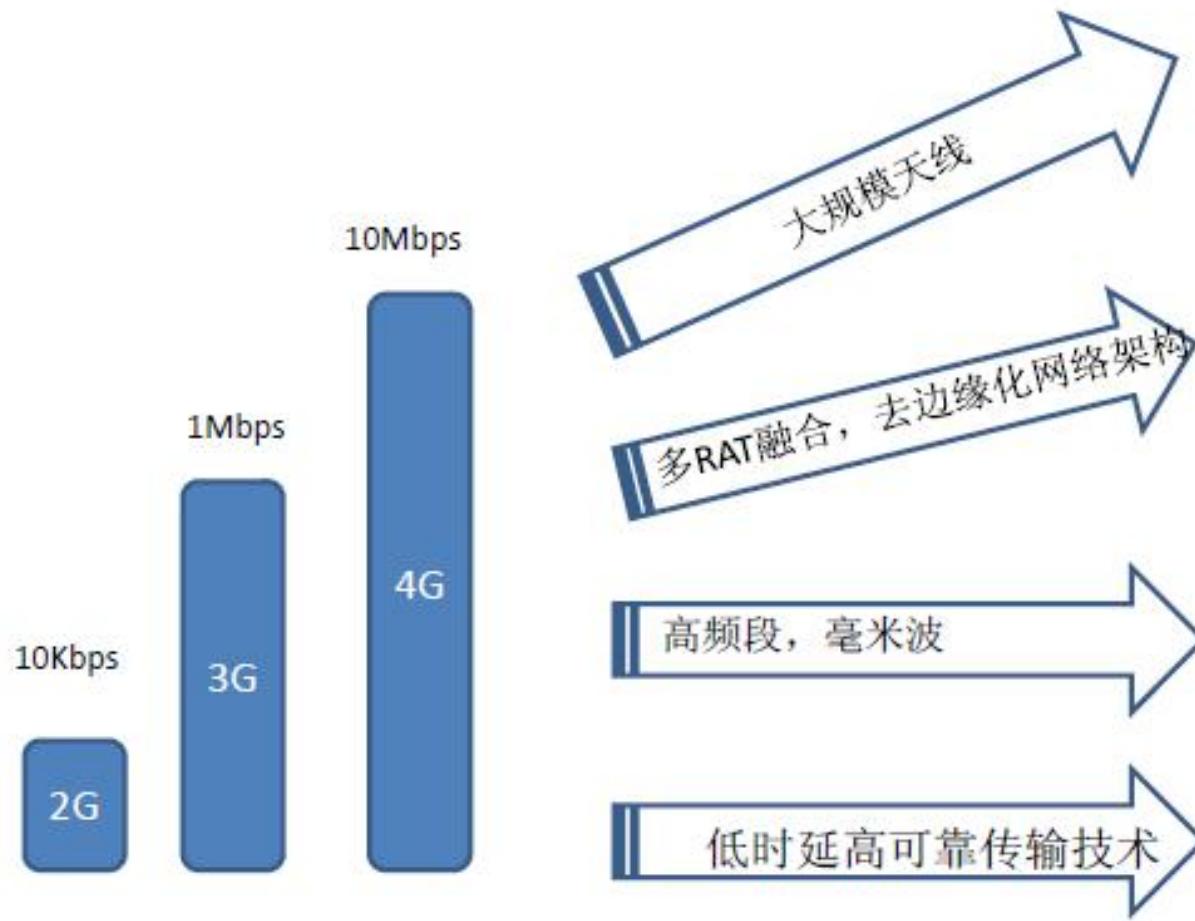


5G技术路线





重要需求与技术方向



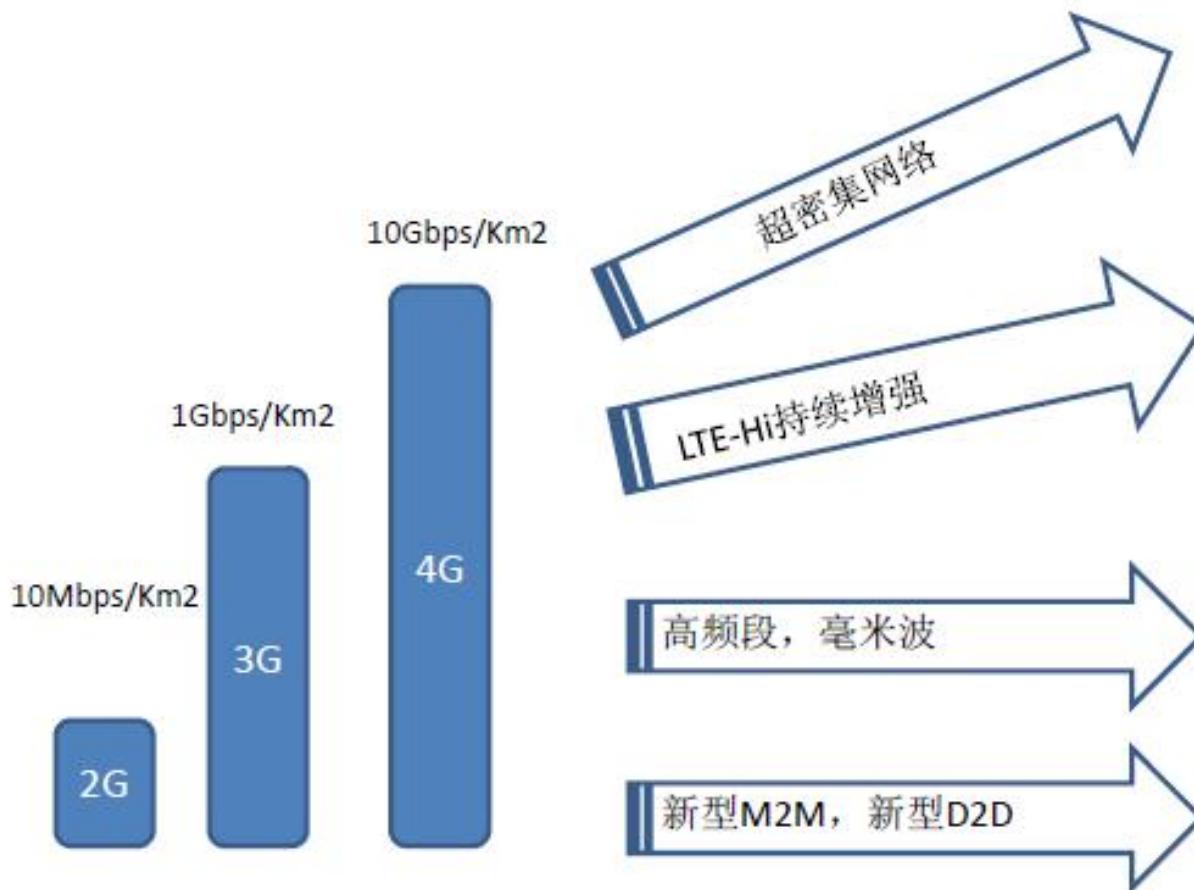
5G用户体验速率



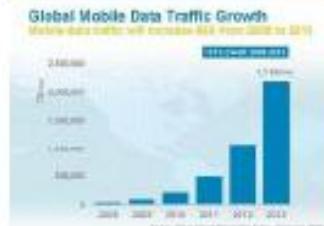
100Mbps 可获得速率
部分场景1 Gbps速率体验
毫秒级别端到端时延



重要需求与技术方向



5G容量需求

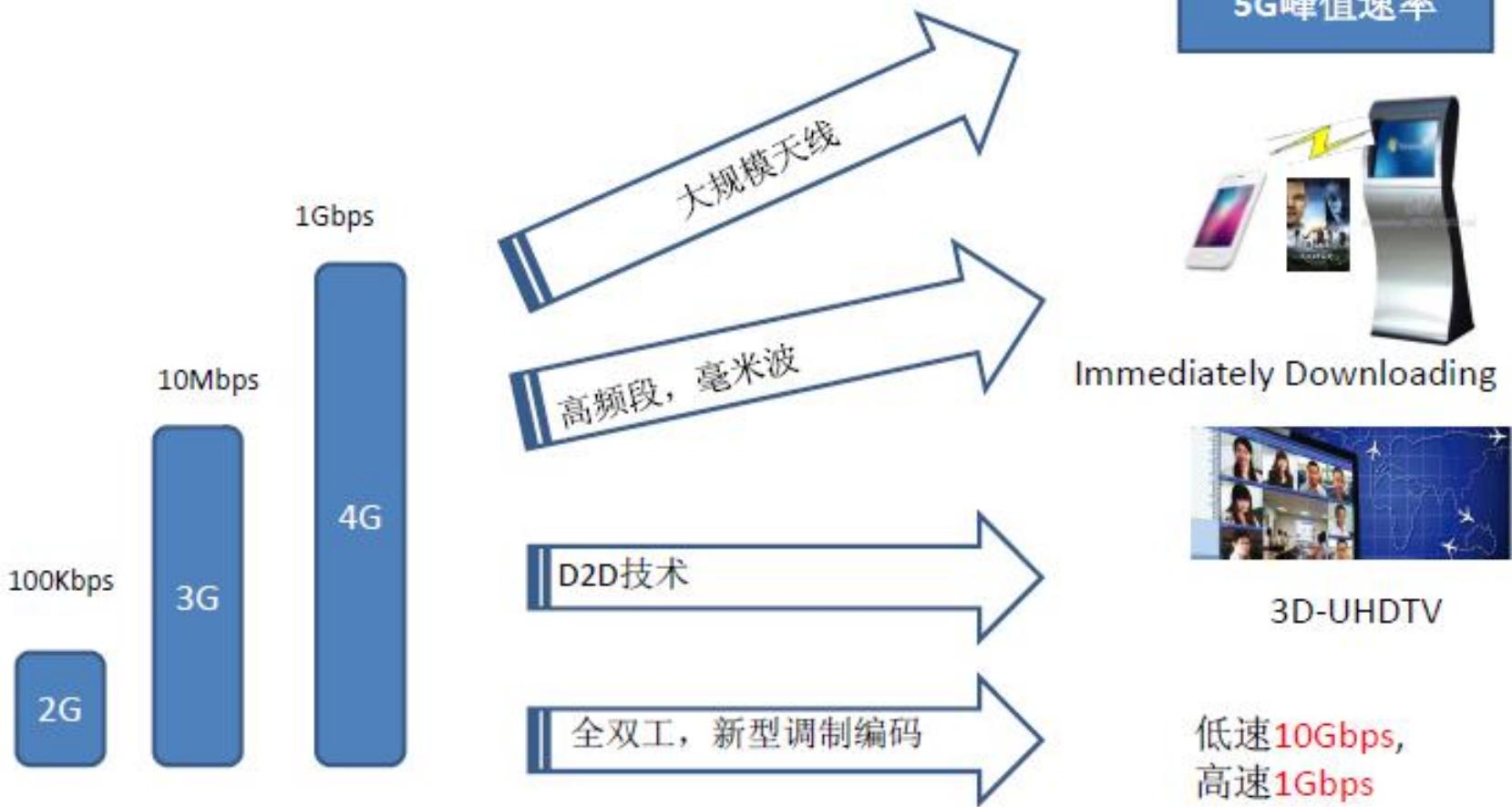


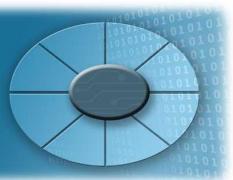
1000倍流量
(10Tbps/Km²)



1000倍连接
100万Connections/Km²)

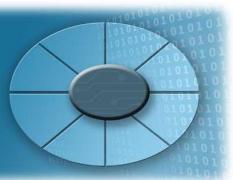
重要需求与技术方向





我国5G的演进路线

§ 移动通信的用户换代需要一个长期的过程，目前，LTE及其演进系统已经成为最主流的通信系统，LTE持续演进对2020年移动通信非常重要。截止到2013年，3GPP LTE标准已经完成了从R8到R11的持续增强和演进，正在开展R12的研究和标准化。LTE系统在LTE-Hi和小小区持续增强、用户边缘速率体验、多天线技术、对M2M业务的支持等各个方面有待进一步地提升和功能扩充。



无线网络基本概念

无线网络（wireless network）是采用**无线通信**技术实现的网络。无线网络既包括允许用户建立远距离无线连接的全球语音和数据网络，也包括为近距离无线连接进行优化的红外线技术及射频技术，与有线网络的用途十分类似，最大的不同在于传输媒介的不同，利用无线电技术取代网线，可以和有线网络互为补充。



无线网络分类

§ 从无线网络覆盖范围看

- Ø 系统内部互连/无线个域网 WPAN
- Ø 无线局域网 WLAN
- Ø 无线城域网/广域网 WMAN/WWAN

§ 从无线网络的应用角度看，还可以划分出无线传感器网络、无线Mesh网络等，这些网络一般是基于已有的无线网络技术，针对具体的应用而构建的无线网络。



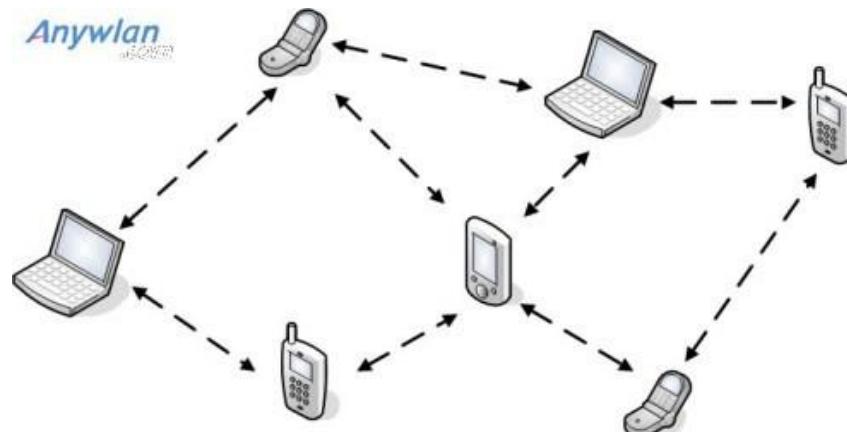
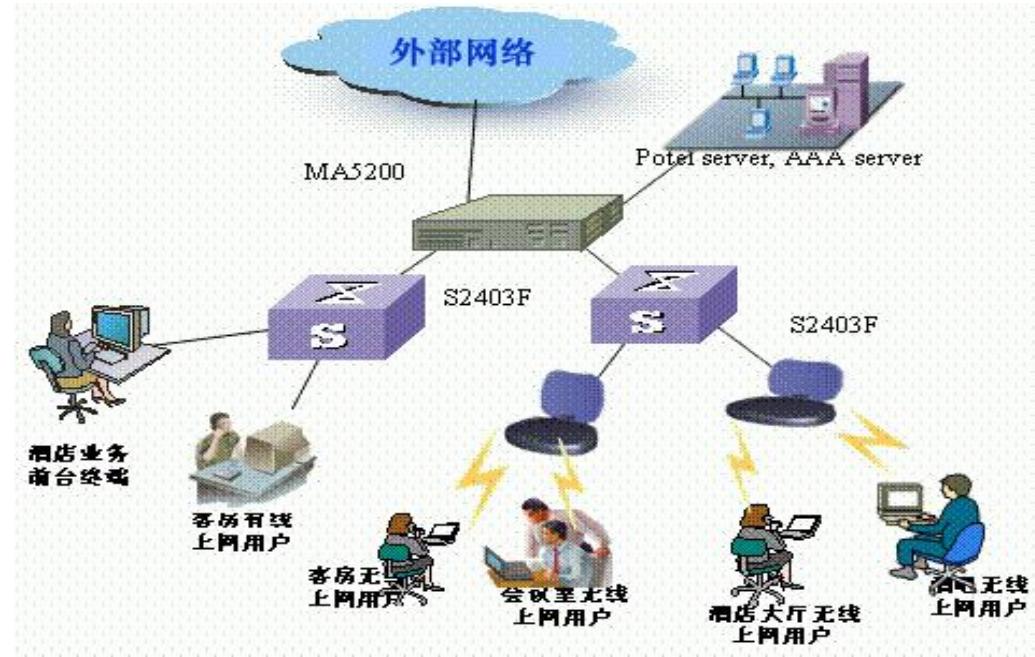
系统内部互连/无线个域网 WPAN

- § 系统内部互连是指通过短距离的无线电，将一台计算机的各个部件连接起来。
- § WPAN: Wireless Personal Area Network, 无线个域网，一种在个人操作空间之内的设备进行通信和相互连接的通信网络，其特点是短距离、低功耗和低成本。
- § 蓝牙(Blue Tooth)是一种典型的短距离无线网络，将这些部件以无线的方式连接起来。
- § 除蓝牙外，传统的红外无线传输技术、家庭射频和目前最新的Zigbee、超宽带无线技术UWB都可以用于无线系统内部互连，构建无线个域网等。



无线局域网

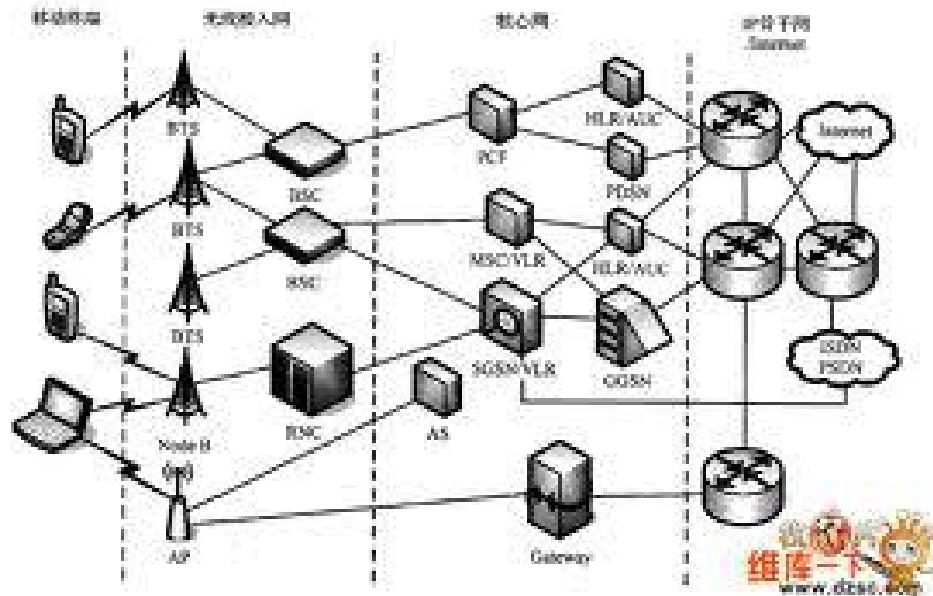
- § 第一类是有固定基础设施的:802.11WLAN
- § 第二类是无固定基础设施的:自组织网络/
移动Ad hoc网络

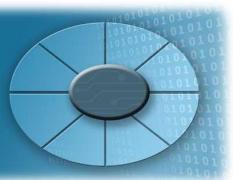




无线城域/广域网络

- § 目前的蜂窝移动电话所使用的无线电网络就是一个低带宽无线广域网系统的例子
- § 高带宽广域无线网络正在迅速发展。相应的标准有的已经开发出来，如 IEEE 802.16，有的正在制订完善中，如 IEEE 802.20。

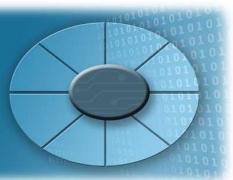




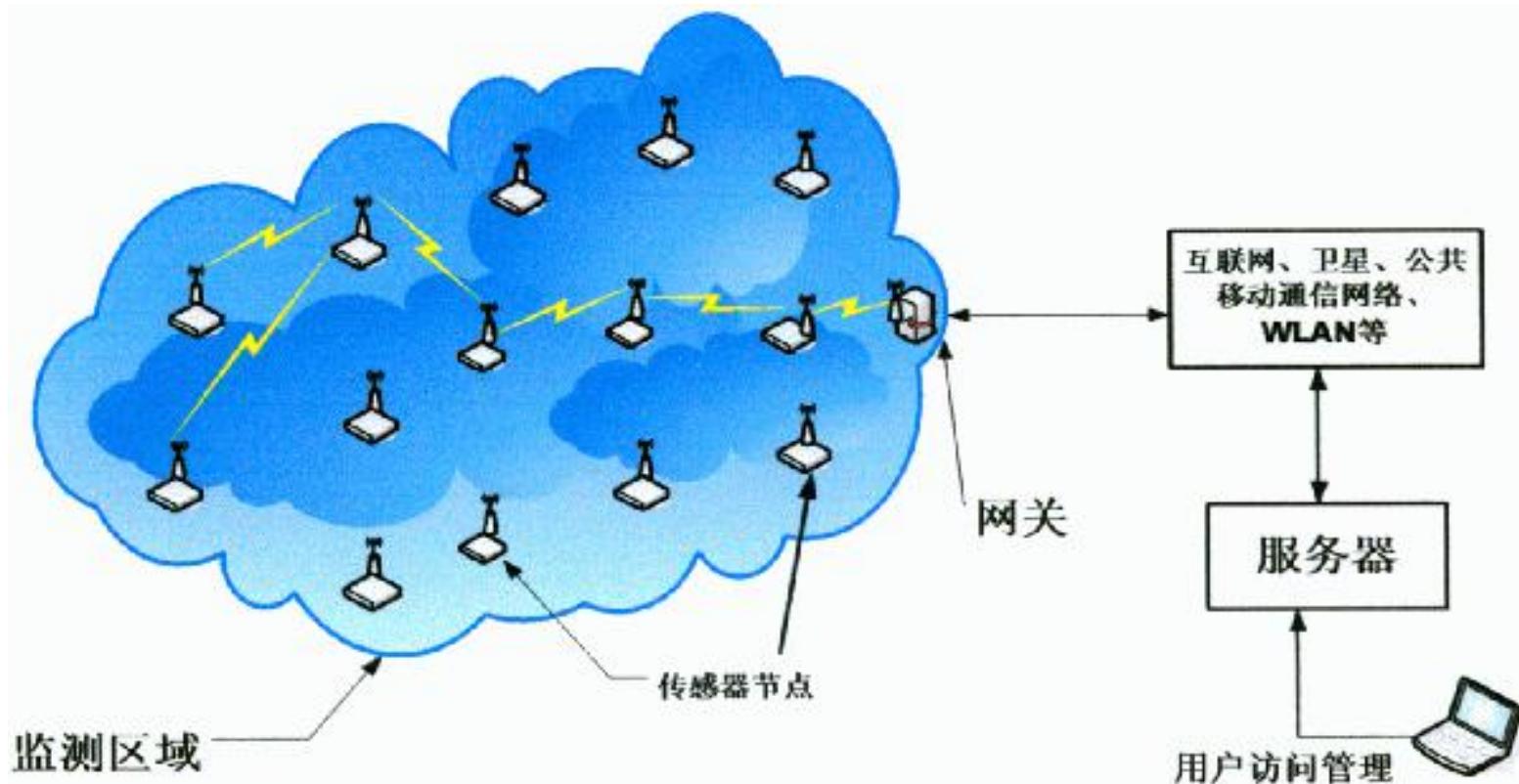
无线传感器网络

无线传感网络(WSN , wireless sensor networks)是当前在国际上备受关注的、涉及多学科高度交叉、知识高度集成的前沿热点研究领域。

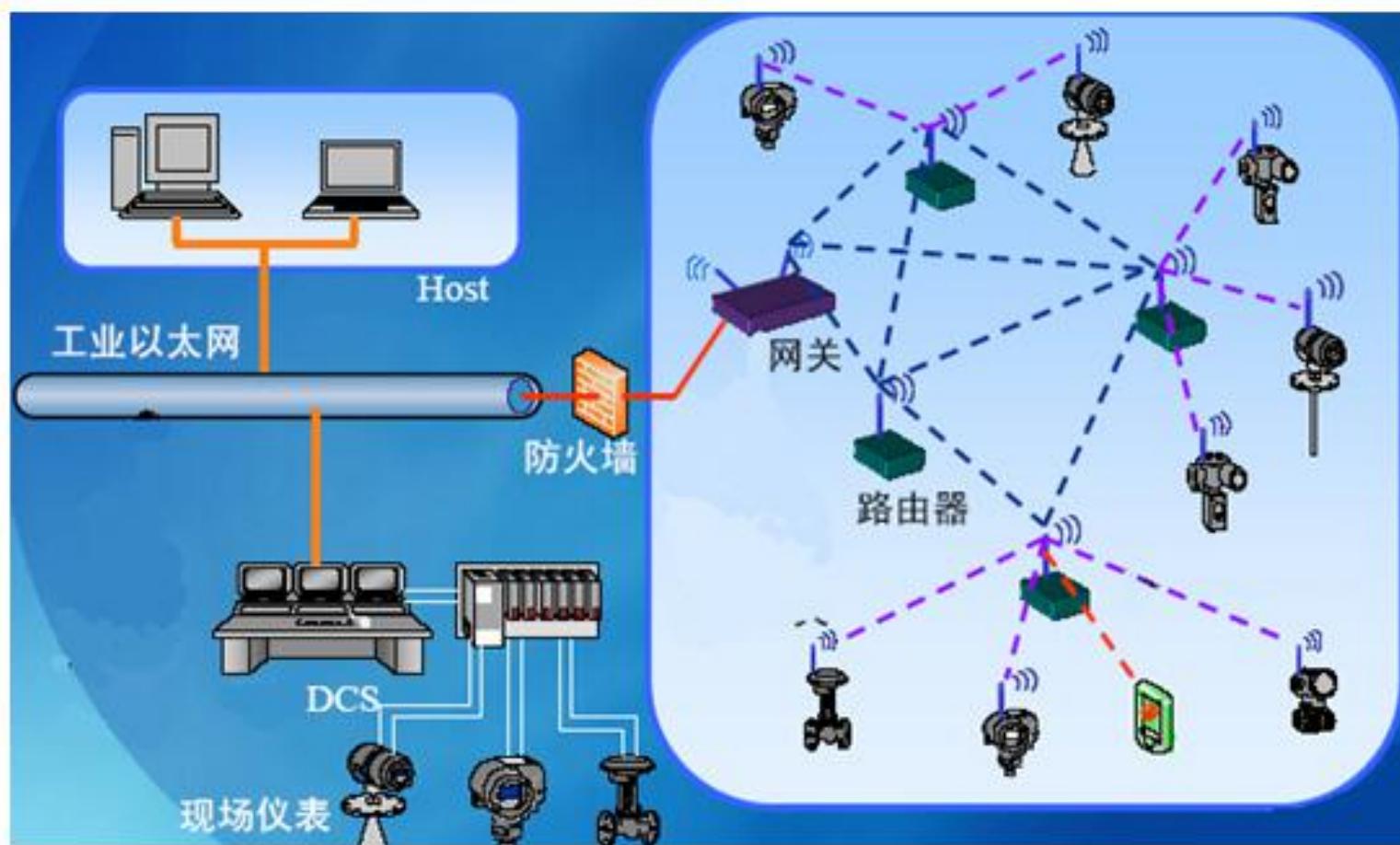
综合了传感器技术、嵌入式计算技术、现代网络及无线通信技术、分布式信息处理技术等，能够通过各类集成化的微型传感器协作地实时监测、感知和采集各种环境或监测对象的信息，这些信息通过无线方式被发送，并以自组多跳的网络方式传送到用户终端，从而实现物理世界、计算世界以及人类社会三元世界的连通。



WSN的网络结构



常见的WSN应用网络结构





实例：



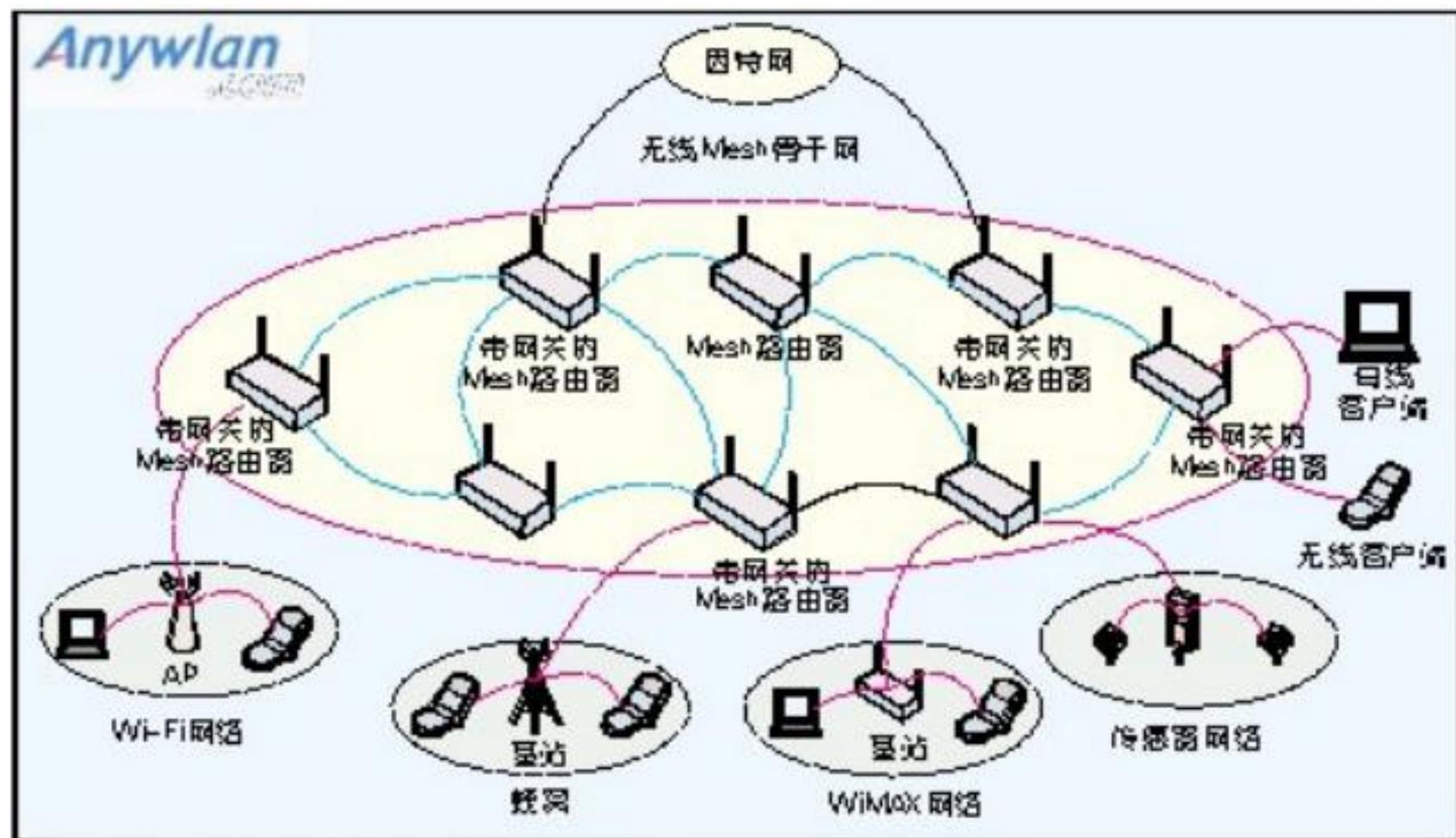
§ 利用适当的传感器，例如压电传感器、加速度传感器、超声传感器、湿度传感器等，可以有效地构建一个三维立体的防护检测网络，可用于监测桥梁、高架桥、高速公路等道路环境。对许多老旧的桥梁，桥墩长期受到水流的冲刷，传感器能够放置在桥墩底部、用以感测桥墩结构；也可放置在桥梁两侧或底部，搜集桥梁的温度、湿度、震动幅度、桥墩被侵蚀程度等，能减少断桥所造成生命财产的损失。



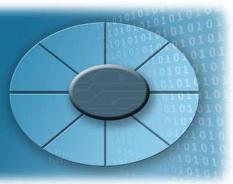
无线Mesh网络

无线Mesh网络(无线网状网络) 是一种与传统无线网络完全不同的新型无线网络，是由移动Ad Hoc网络顺应人们无处不在的 Internet接入需求演变而来，被形象称为无线版本的Internet。

在无线Mesh网络中，任何无线设备节点都可以同时作为AP和路由器，网络中的每个节点都可以发送和接收信号，每个节点都可以与一个或者多个对等节点进行直接通信。这种结构的最大好处在于：如果最近的AP由于流量过大而导致拥塞的话，那么数据可以自动重新路由到一个通信流量较小的邻近节点进行传输。依此类推，数据包还可以根据网络的情况，继续路由到与之最近的下一个节点进行传输，直到到达最终目的地为止。

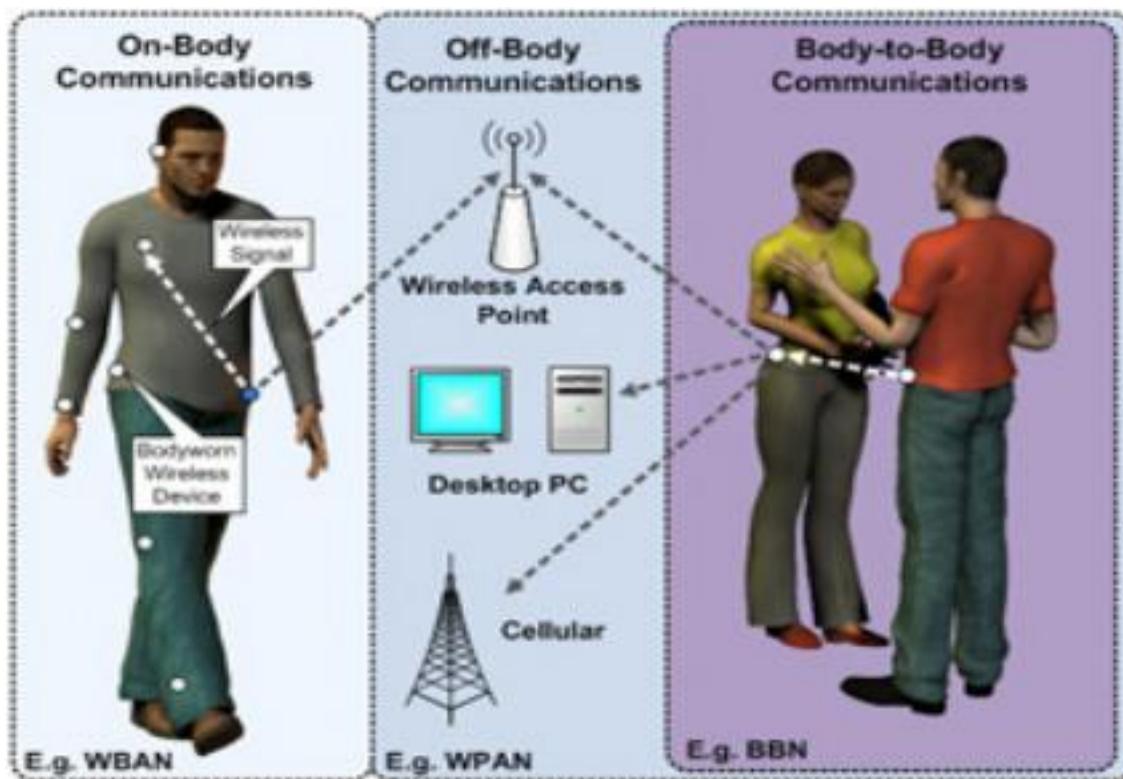


▲图2 融合多种无线网络的WMN网络结构



无线穿戴网络

无线穿戴网络是基于短距离无线通信技术(蓝牙和ZigBee技术等)与可穿戴式计算机(wearcomp)技术、穿戴在人体上、具有智能收集人体和周围环境信息的一种新型个域网(PAN)。





无线体域网

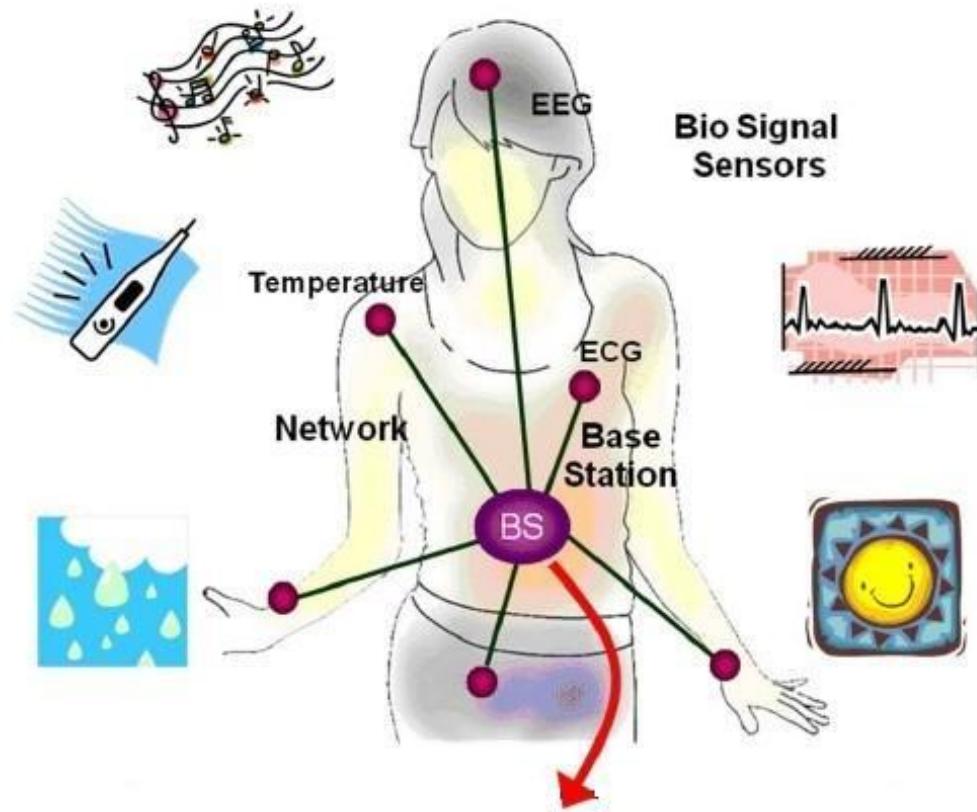


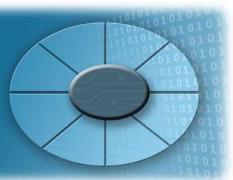
无线体域网（BAN）由依附于身体的各种传感器构成的网络。用于远程医疗监护系统提供实时现场身体状况检测和现场护理服务。





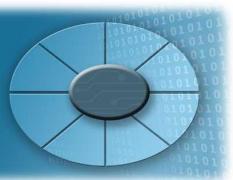
§ 体域网，英文为Body Area Network(BAN)，是附着在人体身上的一种网络，由一套小巧可移动、具有通信功能的传感器和一个身体主站(或称BAN协调器)组成。每一传感器既可佩戴在身上，也可植入体内。协调器是网络的管理器，也是BAN和外部网络(如3G、WiMAX、Wi-Fi等)之间的网关，使数据能够得以安全地传送和交换。由于这些传感器通过无线技术进行通信，所以BAN也叫无线体域网(WBAN)。





网络体系结构

- § 计算机分为硬件和软件两部分，二者缺一不可。
- § 简单的说，计算机网络就是计算机的集合，不管是有线网络还是无线网络，和计算机系统一样，计算机网络也是由这两部分构成，没有网络软件支持的网络硬件无法真正成为能够向人们提供服务的系统。
- § 网络体系结构研究的对象就是网络软件。

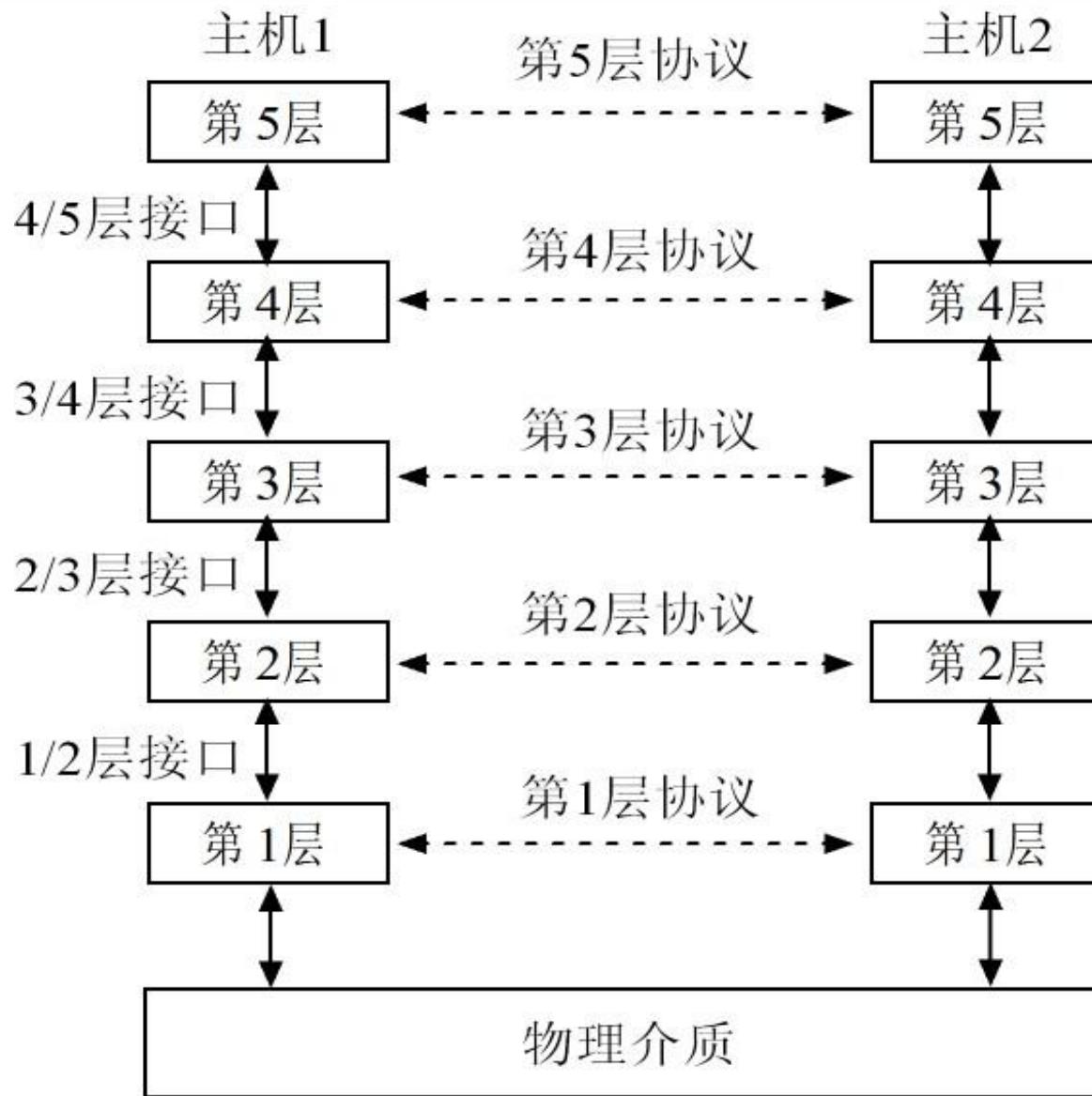


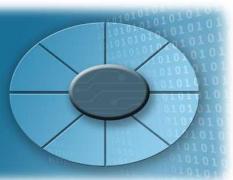
协议分层

- § 相互通信的两个计算机系统必须高度协调工作才行，而这种“协调”是相当复杂的。
- § 为了降低网络设计的复杂性，绝大多数网络采用了分层的思想，网络软件被组织成一堆相互叠加的层(layer或者level)，每一层都建立在其下一层的基础之上。
- § 每一层对等实体采用协议进行通信。
- § 下层通过层间接口为上层提供服务。
- § 分层和协议的集合就是网络的体系结构。



五层模型实例





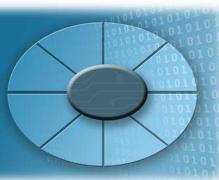
服务的类型

§ 面向连接的服务

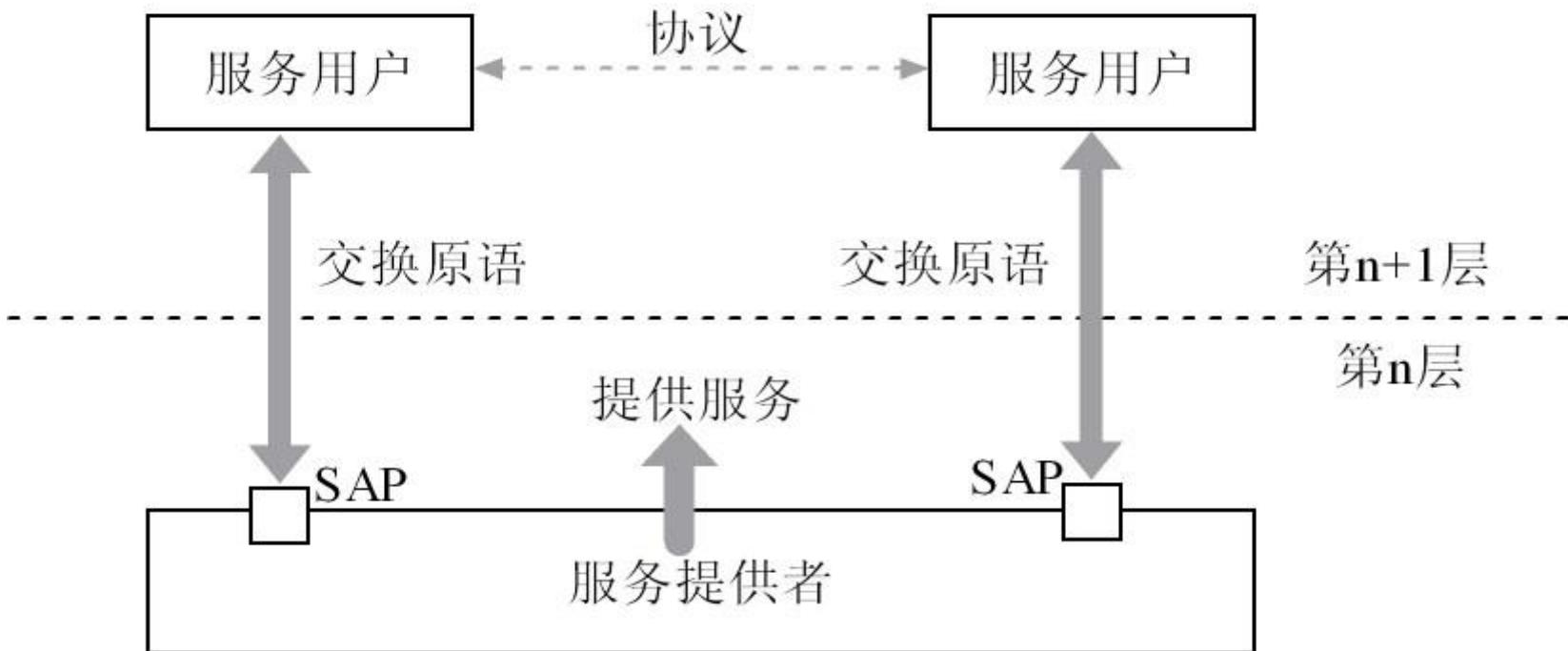
- Ø 连接就是两个对等实体为进行数据通信而进行的一种结合。
- Ø 面向连接服务具有连接建立、数据传输和连接释放这三个阶段，是一种可靠的服务。

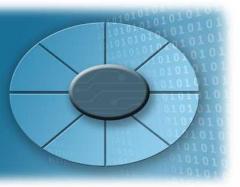
§ 无连接服务

- Ø 两个实体之间的通信不需要先建立好一个连接。
- Ø 是一种不可靠的服务，常被描述为“尽最大努力交付”(best effort delivery)或“尽力而为”。



协议和服务的关系



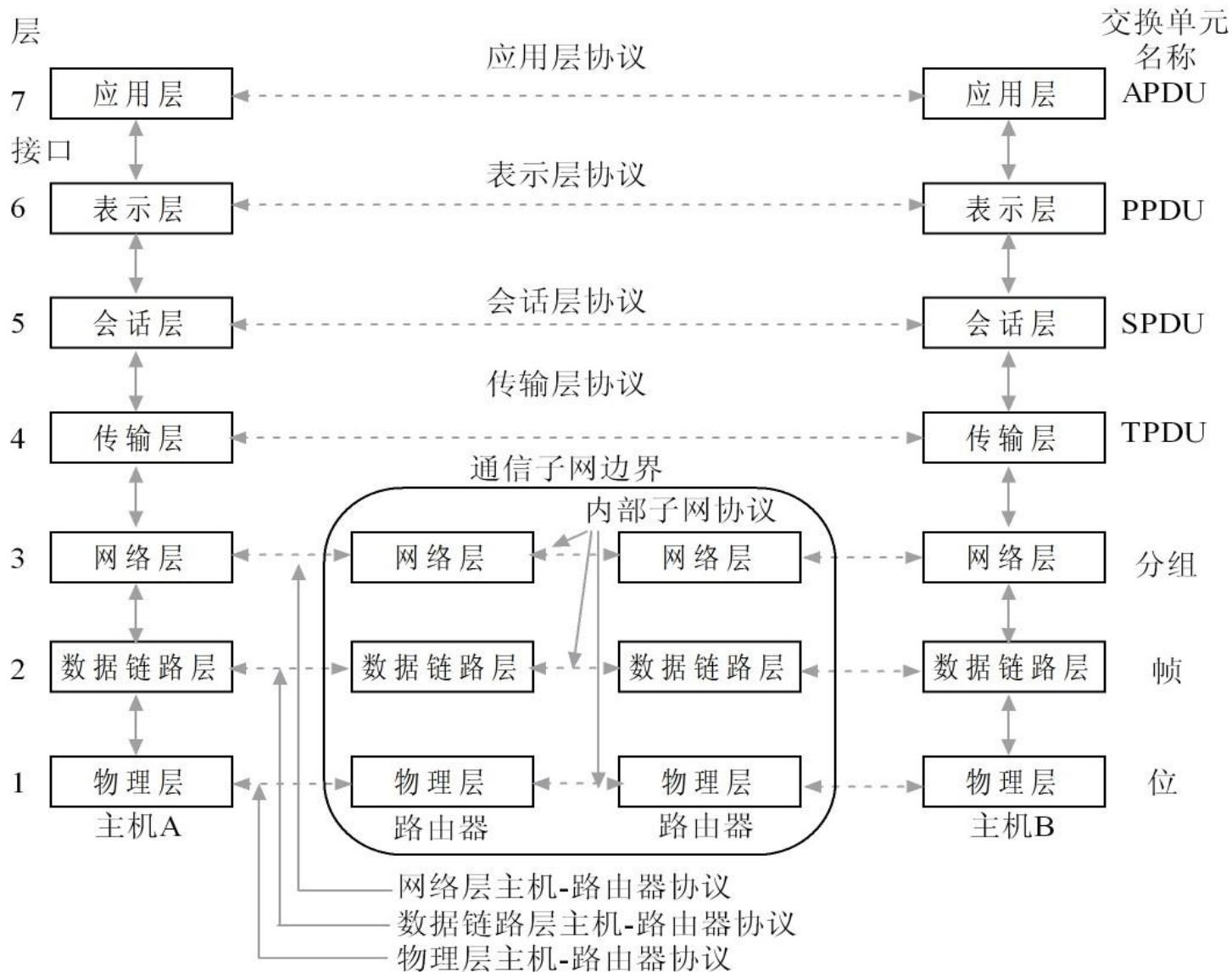


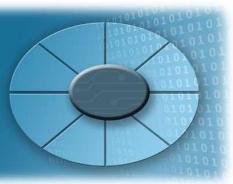
协议参考模型

§ OSI模型：法定标准，无人遵守。

§ TCP/IP模型：事实标准，全球遵守。

OSI参考模型





OSI参考模型层次结构

7

应用层

应用层为用户提供相关的服务，如：e-mail服务，ftp服务、www服务等。

6

表示层

表示层提供多种数据格式之间的转换。

5

会话层

会话层建立、管理和终止应用程序间的会话。

4

传输层

传输层保证数据的可靠传输。

3

网络层

网络层为处在不同位置的两个设备之间，提供连接和选择一条最佳路径。

2

数据链路层

数据链路层规定了物理地址、网络拓扑结构、错误警告机制、所传数据帧的排序和流量控制等。

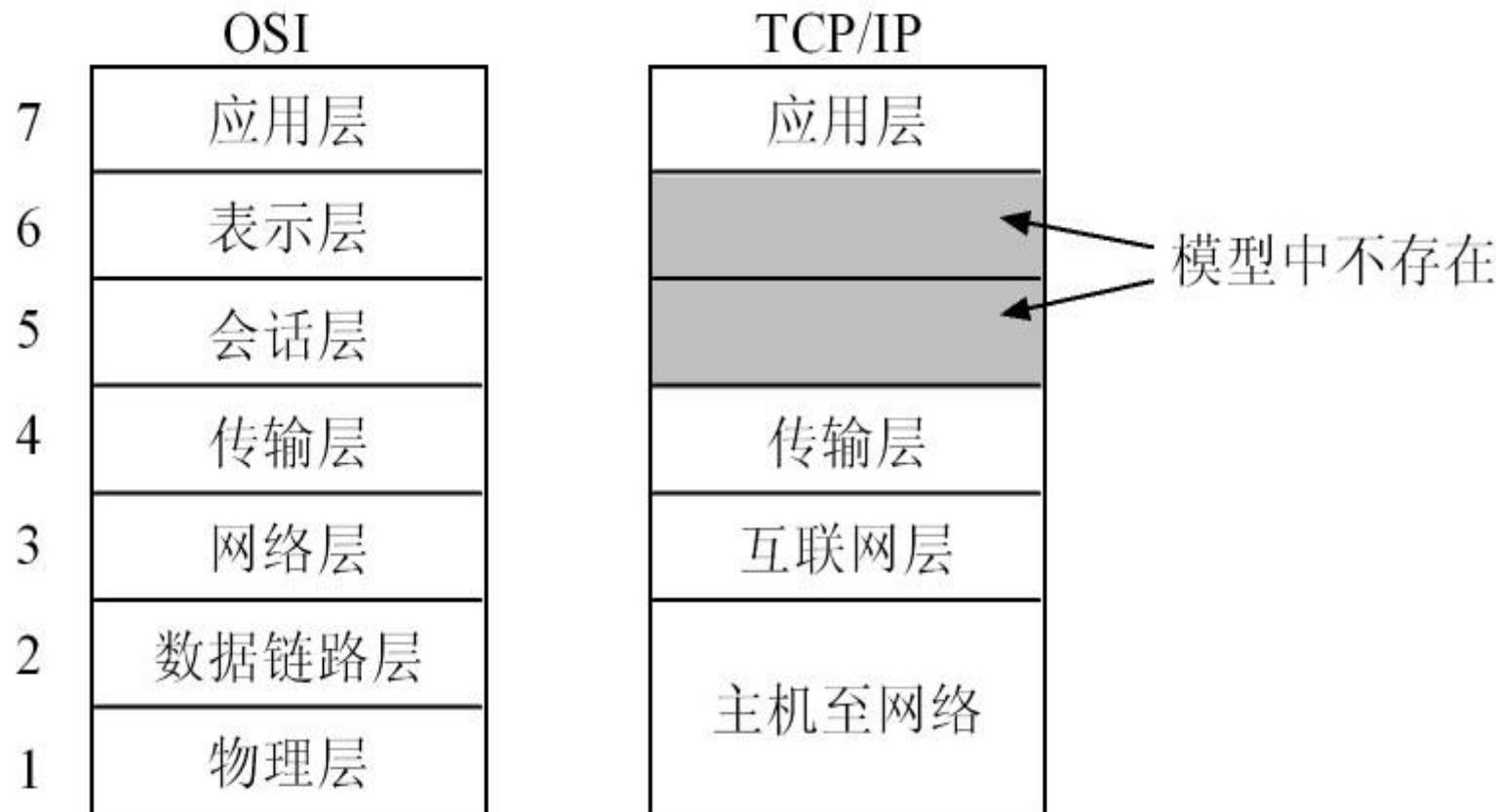
1

物理层

物理层定义了通信线路的一些规范。



TCP/IP参考模型





网络接口层



§ 负责处理与传输介质相关的细节

Ø 物理线路和接口

Ø 链路层通信

§ 主要协议

Ø 以太网/FDDI/令牌环

Ø SLIP/HDLC/PPP

Ø X.25/帧中继/ATM



网络层



§ 负责将数据包送达正确的目的

Ø 数据包的路由

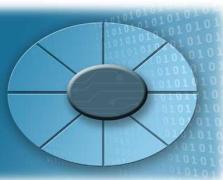
Ø 路由的维护

§ 主要协议

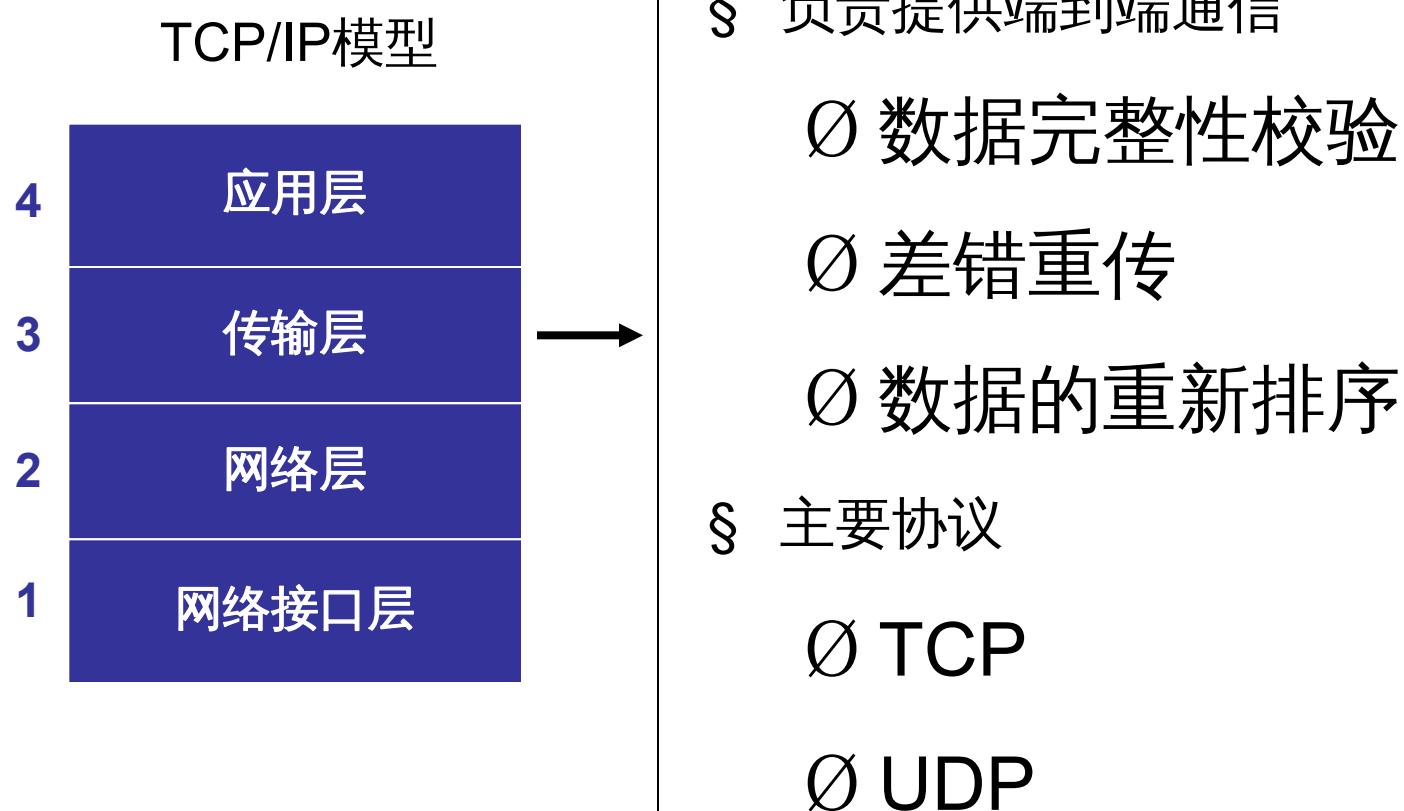
Ø IP

Ø ICMP

Ø IGMP

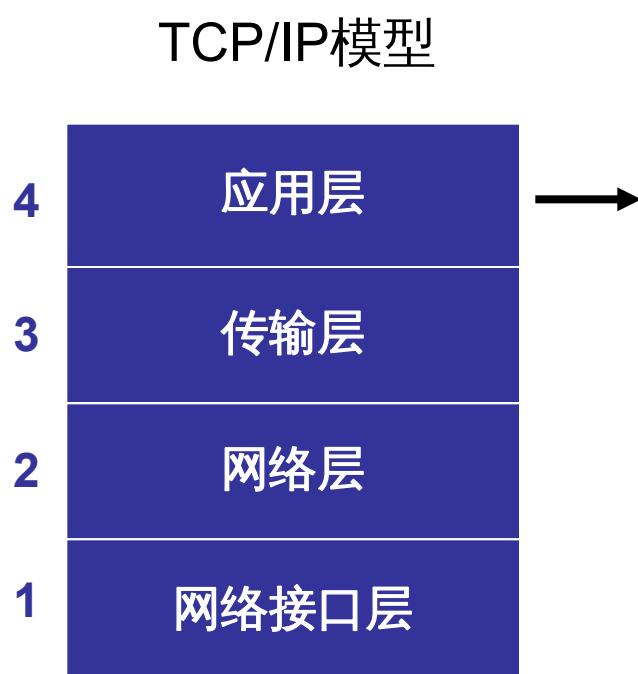


传输层





应用层



§ 负责处理特定的应用
程序细节

Ø 远程访问

Ø 资源共享

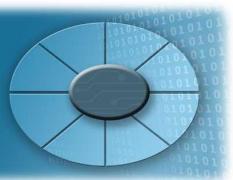
§ 主要协议

Ø Telnet

Ø FTP/TFTP

Ø SMTP/POP3

Ø SNMP/HTTP



无线网络的协议模型 (1)

- § 不同类型的无线网络所重点关注的协议层次是不一样的。
- § 无线局域网、无线个域网和无线城域网一般不存在路由的问题，所以它们没有制定网络层的协议，主要采用传统的网络层的IP协议。
- § 无线网络存在共享访问介质的问题，所以和传统有线局域网一样，MAC协议是所有无线网络协议的重点。



无线网络的协议模型 (2)

- § 无线频谱管理的复杂性，也导致无线网络物理层协议也是一个重点。
- § 对于传输层协议来说，虽然大多数TCP都已经小心地作了优化，而优化的基础是一些假设条件对于有线网络是成立的，但对于无线网络却并不成立。
- § 应用层的协议并不是无线网络的重点，只要支持传统的应用层协议就可以了，当然对于一些特殊的网络和特殊应用。



与网络相关的标准化组织

§ 电信领域中最有影响的组织：ITU

§ 国际标准领域中最有影响的组织

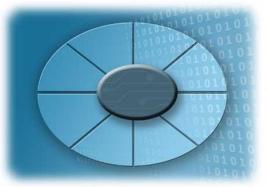
Ø ISO

Ø IEEE

§ Internet标准领域中最有影响的组织

Ø IAB (Internet 架构委员会)

Ø IETF (Internet 工程任务组) 、 IRTF (互联网研究专门工作组)



END

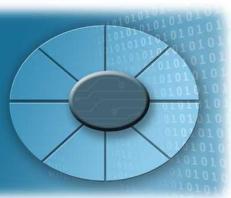




网络智能技术

石光耀

重庆邮电大学计算机学院



什么是人工智能?

人工智能—Artificial Intelligence (AI)

众说纷纭

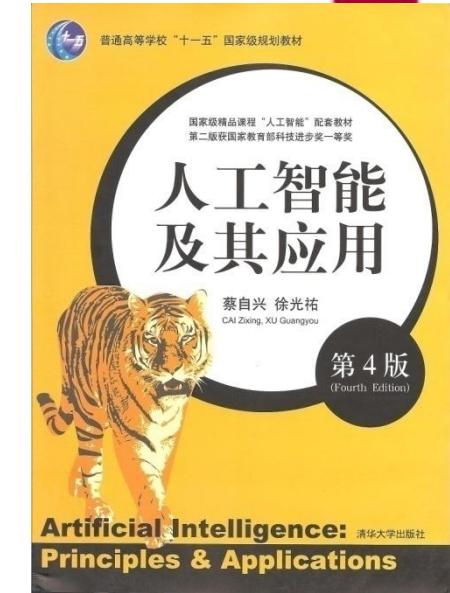
目前还没有统一的定义

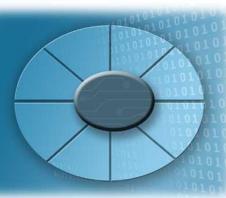
AI的严格定义依赖于对智能的定义

即要定义人工智能，首先应该定义智能
但智能本身也还无严格定义

因此，应当首先研究人类的自然智能

一般解释：人工智能就是用人工的方法在机器（计算机）上实现的智能，或称机器智能、计算机智能。



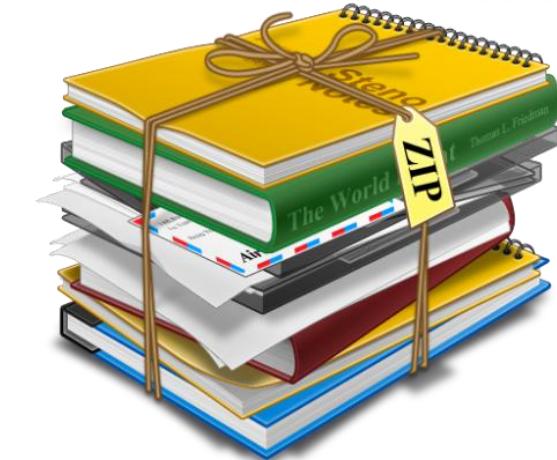


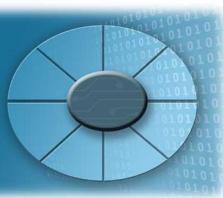
知识与智能

知识 人们通过体验、学习或联想而知晓的对客观世界规律性的认识，包括事实、条件、过程、规则、关系和规律等。

智能 一种应用知识对一定环境或问题进行处理的能力或者进行抽象思考的能力。

智能机器 能够在各类环境中自主地或交互地执行各种拟人任务的机器。

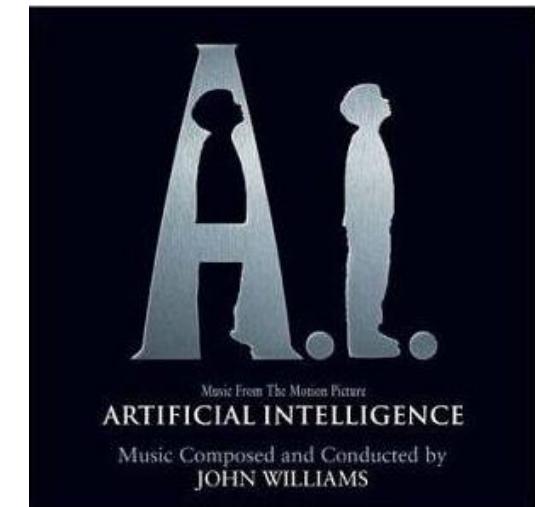
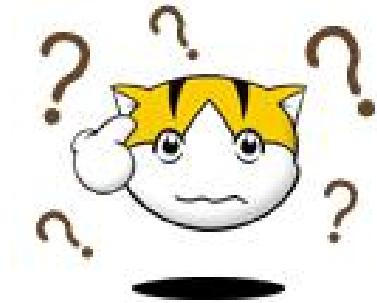




人工智能的不同定义

AI (能力) 智能机器所执行的通常与人类智能有关的智能行为，如判断、推理、证明、识别、感知、理解、通信、设计、思考、规划、学习和问题求解等思维活动。

AI (学科) 计算机科学中涉及研究、设计和应用智能机器的一个分支。它的近期目标在于研究用机器来模仿和执行人脑的某些功能，并开发相关理论和技术。





人工智能是如何发展的？

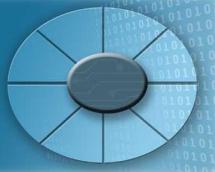
孕育期（1956年前）

形成期（1956 - 1970年）

暗淡期（1966 - 1974年）

知识应用期（1970 - 1988年）

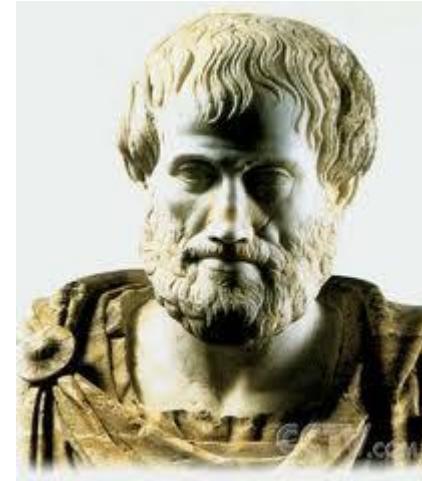
集成发展期（1986年至今）



人工智能的起源与发展—孕育期

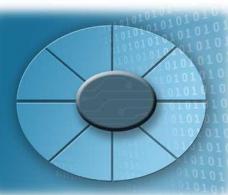
孕育期（1956以前）

亚里斯多德（公元前384—322）：古希腊伟大的哲学家和思想家，创立了演绎法。他提出的三段论至今仍然是演绎推理的最基本出发点。



莱布尼茨(1646—1716)：德国数学家和哲学家，把形式逻辑符号化，奠定了**数理逻辑**的基础。



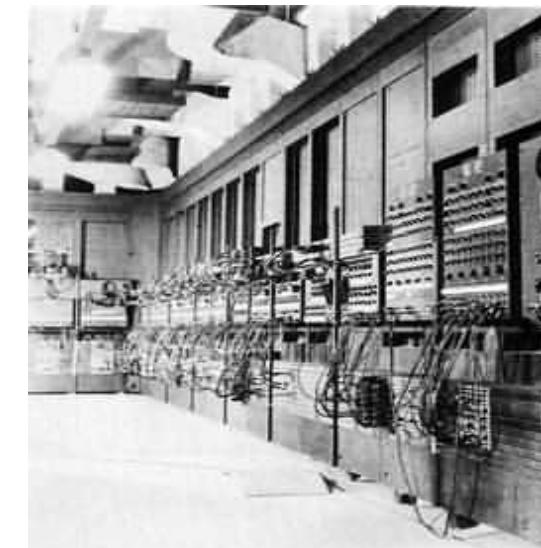


人工智能的起源与发展—孕育期

图灵(1912—1954)：英国数学家，1936年创立了自动机理论亦称图灵机，1950年在其著作《**计算机器与智能**》中首次提出“机器也能思维”，被誉为“人工智能之父”。



- 莫克(1907—1980)：美国数学家、电子数字计算机的先驱，1946年研制成功了世界上第一台通用电子数字计算机ENIAC。

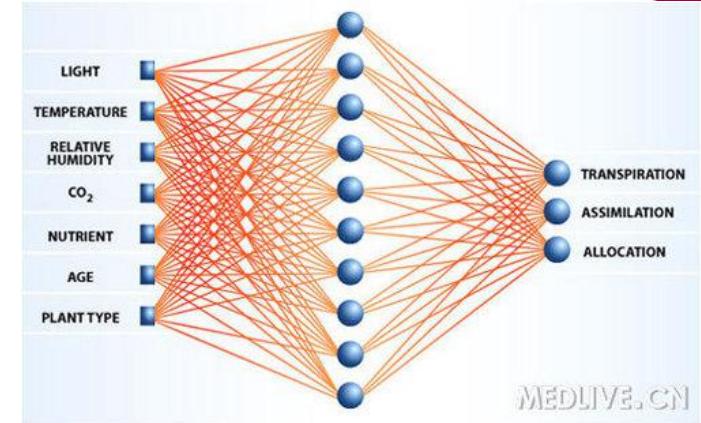




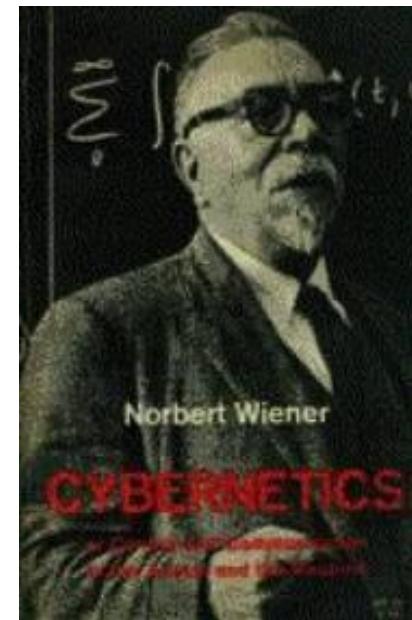
人工智能的起源与发展—孕育期

麦克洛奇和皮兹：美国神经生理学家，1943年建成第一个神经网络模型(MP模型)。

维纳(1874—1956)：美国著名数学家、控制论创始人。1948年创立了控制论。控制论对人工智能的影响，形成了行为主义学派。

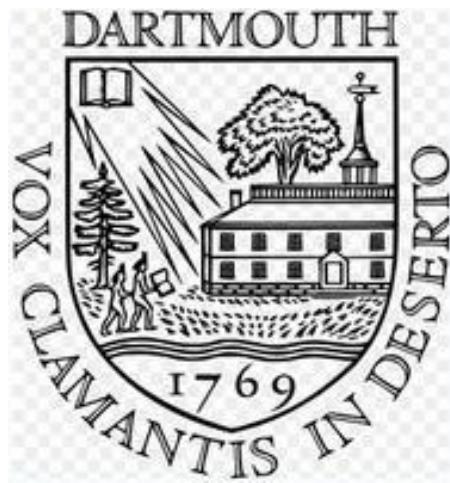


MEDLINE.CN





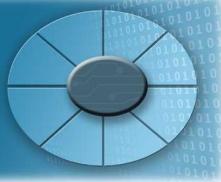
人工智能的起源与发展—孕育期



形成期（1956-1970）

AI诞生于一次历史性的聚会—达特茅斯会议

1956年夏季，年轻的美国学者麦卡锡、明斯基、朗彻斯特和香农共同发起，邀请莫尔、塞缪尔、纽厄尔和西蒙等参加在美国达特茅斯大学举办了一次长达2个多月的研讨会，热烈地讨论用机器模拟人类智能的问题。会上，首次使用了“人工智能”这一术语。这是人类历史上第一次人工智能研讨会，标志着人工智能学科的诞生，具有十分重要的历史意义。



人工智能的起源与发展—形成期

形成期 (1956-1970)

迅速发展，过于乐观

1956年，塞缪尔在IBM计算机上研制成功了具有自学
习、自组织和自适应能力的西洋跳棋程序。

1957年，纽厄尔、肖(Shaw)和西蒙等研制了一个称为
逻辑理论机 (LT)的数学定理证明程序。

1958年，麦卡锡建立了行动规划咨询系统。

1960年纽厄尔等研制了通用问题求解(GPS)程序。麦卡
锡研制了人工智能语言LISP。

1961年，明斯基发表了“走向人工智能的步骤”的论文，
推动了人工智能的发展。

1965年，鲁宾逊提出了归结（消解）原理。





人工智能的起源与发展—暗淡期

暗淡期（1966 – 1974）

过高预言的失败，给AI的声誉造成重大伤害。



“20年内，机器将能做人所能做的一切。”

——西蒙，1965

“在3~8年时间里，我们将研制出具有普通人智力的计算机。这样的机器能读懂莎士比亚的著作，会给汽车上润滑油，会玩弄政治权术，能讲笑话，会争吵。……它的智力将无以伦比。”

——明斯基，1977



人工智能的起源与发展—暗淡期

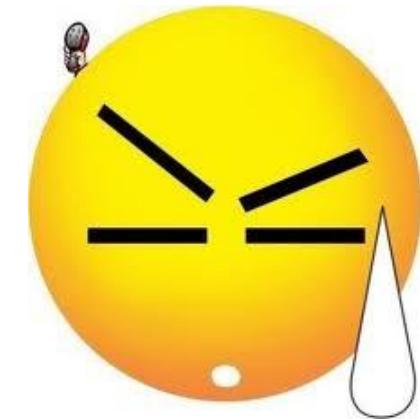
塞缪尔的下棋程序在与世界冠军对弈时，以1比4告负。

归结法的能力有限。当用归结原理证明“两连续函数之和仍然是连续函数”时，推了10万步也没证明出结果来。

把“心有余而力不足”(The spirit is willing but the flesh is weak)的英语句子翻译成俄语，再翻译回来时竟变成了“酒是好的，肉变质了”

英国剑桥大学数学家詹姆士按照英国政府的旨意，发表一份关于人工智能的综合报告，声称

人工智能即使不是骗局也是庸人自扰。





人工智能的起源与发展—知识应用期

知识应用期

(1970 – 1988 年)

专家系统

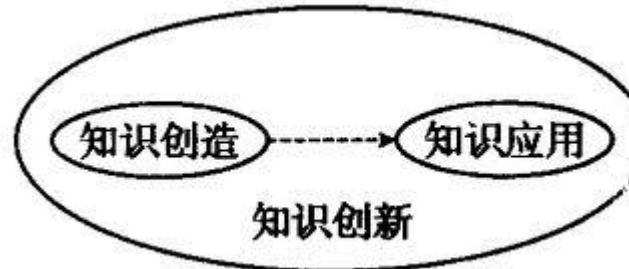
实现了人工智能从理论研究走向专门知识应用，是AI发展史上的一次重要突破与转折。

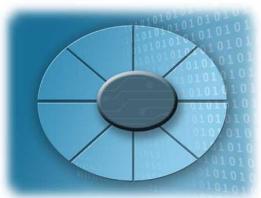
1972-1976年，费根鲍姆研制MYCIN专家系统，用于协助内科医生诊断细菌感染疾病，并提供最佳处方。

1976年，斯坦福大学的杜达等人研制地质勘探专家系统PROSPECTOR。

计算机视觉、机器人、自然语言理解、机器翻译等AI应用研究获得发展。

同时也出现新的问题





人工智能的起源与发展—集成发展期

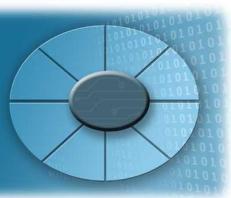
集成发展时期（1986 -）

专家系统的不足：应用领域狭窄、缺乏常识性知识、知识获取困难、推理方法单一、没有分布式功能、不能访问现存数据库等，促进专家系统的改进与发展。

机器学习、人工神经网络、智能机器人和行为主义研究趋向热烈和深入。

智能计算(CI)弥补了人工智能中在数学理论和计算上的不足，更新和丰富了人工智能理论框架，使人工智能进入一个新的发展时期。



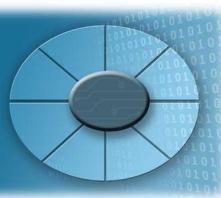


人工智能的时代已经到来

Hinton与库兹韦尔一起加入Google的X实验室，谷歌的战略则开始疯狂向人工智能倾斜。

IBM推出超级计算机Watson，并在电视智力竞赛中战胜人类对手，该公司将语音识别的精度提高了30%，并推出类Siri功能“Cortana个人助理”。

中国的玩家百度深度学习研究院，公布了“百度大脑”项目，宣布该项目已能模拟人脑的200亿个神经元，达到两三岁孩童的智力水平——这意味着百度的进度已经是谷歌此前10亿个神经元的20倍，在不声不响中做到了全球领先。

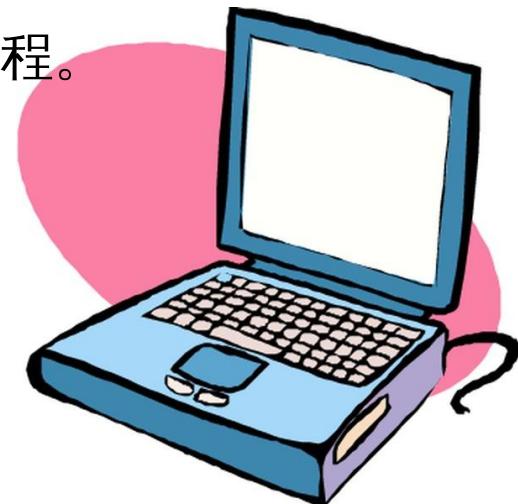
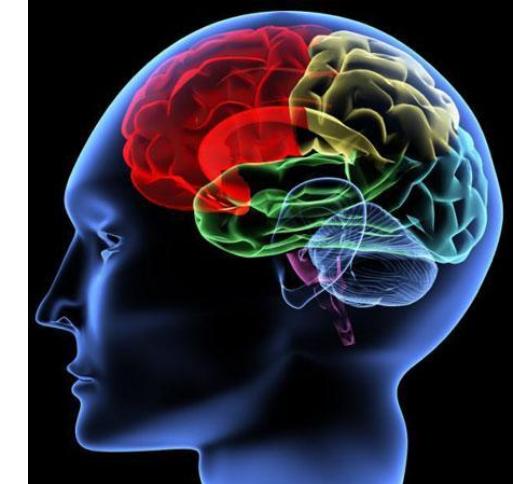


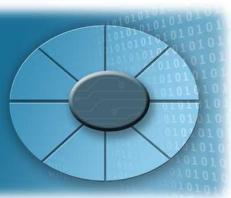
人类智能与人工智能关系？

■ 符号处理系统的六种基本功能

一个完善的符号系统应具有下列6种基本功能：

- (1) 输入符号(input)；
- (2) 输出符号(output);
- (3) 存储符号(store);
- (4) 复制符号(copy);
- (5) 建立符号结构：在符号系统中形成符号结构；
- (6) 条件性迁移:根据已有符号，继续完成活动过程。





人类智能与人工智能关系？

可以把人看成一个智能信息处理系统

如果一个物理符号系统具有上述全部6种功能，能够完成这个全过程，那么它就是一个完整的物理符号系统。人具有上述6种功能；现代计算机也具备物理符号系统的这6种功能。

物理符号系统的假设

任何一个系统，如果它能表现出智能，那么它就必定能够执行上述6种功能。反之，任何系统如果具有这6种功能，那么它就能够表现出智能；这种智能指的是人类所具有的那种智能。把这个假设称为物理符号系统的假设。



人类智能与人工智能关系？

物理符号系统3个推论

推论一

既然人具有智能，那么他就一定是个物理符号系统。人之所以能够表现出智能，就是基于他的信息处理过程。

推论二

既然计算机是一个物理符号系统，它就一定能够表现出智能。这是人工智能的基本条件。

推论三

既然人是一个物理符号系统，计算机也是一个物理符号系统，那么就能够用计算机来模拟人的智能活动。



人工智能的学派

符号主义：功能模拟方法

模拟人类认知系统所具备的功能，通过数学逻辑方法来实现人工智能。

连接主义：结构模拟方法

模拟人的生理神经网络结构，不同的结构表现出不同的功能和行为。认为功能、结构和智能行为是不可分的。

行为主义：行为模拟方法

采用行为模拟方法，也认为功能、结构和智能行为是不可分的。不同行为表现出不同功能和不同控制结构。



人工智能的学派

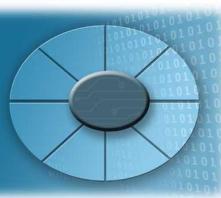
专用路线 强调研制与开发专用智能计算机、人工智能软件、开发工具、人工智能语言和其它专用设备。

通用路线 认为通用计算机硬件和软件能够对人工智能开发提供有效支持，解决一般人工智能问题。

硬件路线 认为人工智能发展主要依靠硬件技术
软件路线 强调人工智能发展主要依靠软件技术

AI各派争论到底谁胜谁负？





人工智能的研究目标

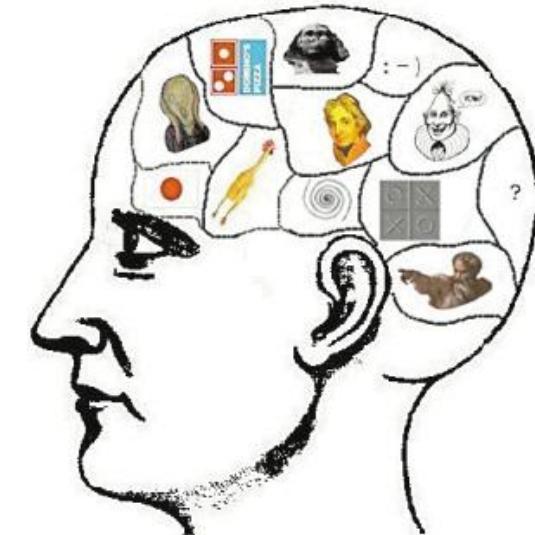
人工智能的一般研究目标

理解人类智能

通过编写程序来模仿和检验人类智能的有关理论，更好地理解人类智能。

实现人类智能

创造有用的灵巧程序，执行一般需要人类专家才能实现的任务，实现人类智能。





人工智能的研究目标

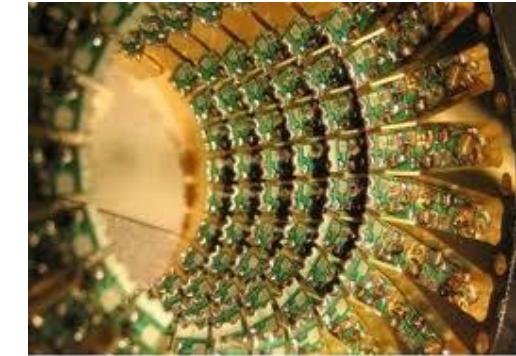
近期目标

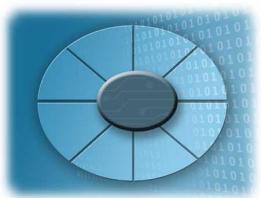
建造智能计算机代替人类的部分智力劳动。

远期目标

揭示人类智能的根本机理，用智能机器去模拟、延伸和扩展人类的智能。

近期目标则为远期目标奠定了理论和技术基础，远期目标为近期目标指明了方向。





人工智能研究的基本内容和主要方法

人工智能研究的基本内容

知识表示

状态空间法、问题归约法、谓词逻辑法…

推理搜索

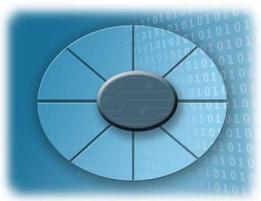
启发式搜索、消解原理、不确定性推理…

计算智能

模糊计算、神经计算、进化计算…

构成技术（系统与语言）

产生式系统、LISP语言、Prolog语言…



人工智能研究的基本内容和主要方法

人工智能研究的主要方法

功能模拟法

结构模拟法

行为模拟法

集成模拟法

上述前3种人工智能研究方法各有长短，各有长处，又有一定的局限性。各种模拟方法可以取长补短，建立集成模拟方法，实现优势互补。



人工智能的研究与应用领域

自动程序设计

根据不同的目的描述来编写的计算机程序。

促进半自动软件开发系统的发展，而且也使通过修正自身数码进行学习的人工智能系统得到发展。

专家系统

是一个智能化的计算机程序系统，其内部具有大量专家水平的某个领域知识与经验。

和传统的计算机程序有本质区别。

专家系统可以解决的问题：解释、预测、诊断、设计、规划、监视、修理、指导和控制等。



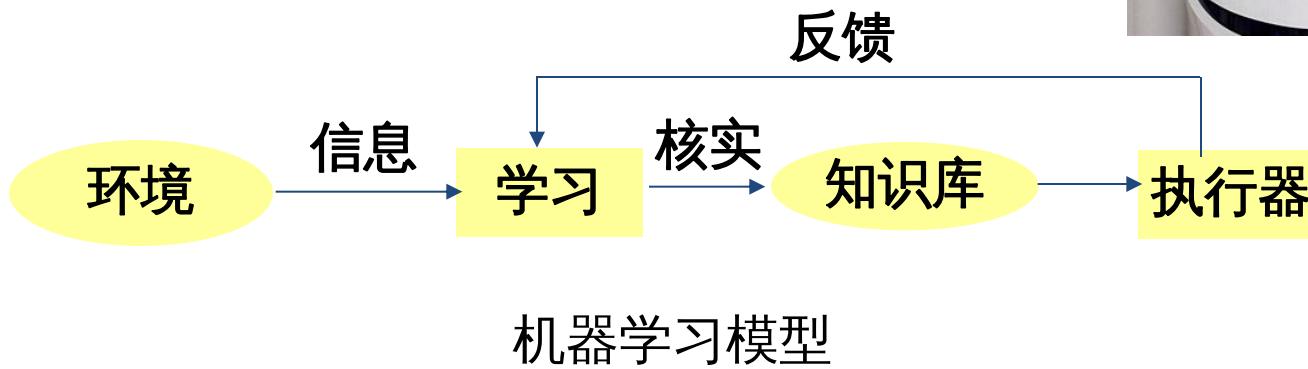
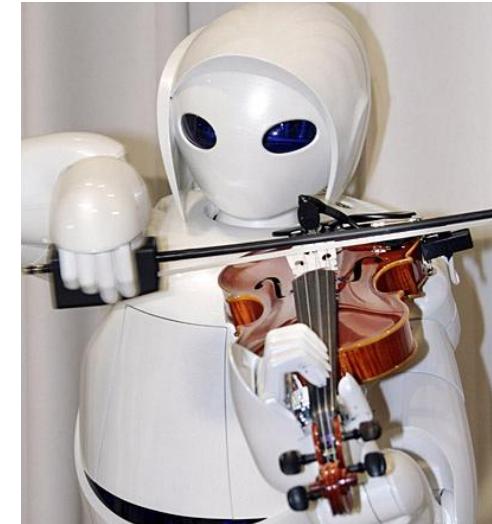


人工智能的研究与应用领域

机器学习

机器学习是智能机器基于大量知识和知识库系统来获取新的知识

新的分支—数据挖掘、知识发现





小结

任何新生事物的成长都不是一帆风顺的。在科学上，每当一门新科学或新学科诞生时或一种新思想问世时，也往往要遭到种种非议和反对。人工智能也不例外，从人工智能孕育于人类社会的母胎起，就引起人们的争议。

人工智能各个学派只有携手合作，取长补短，寻找解决问题的集成理论和方法，才能使人工智能取得更好和更大的发展，迎来人工智能前所未有的春天！

对于人工智能的未来发展，我们一向持乐观态度。我们相信人工智能有个更加美好的未来；尽管这一天的到来，需要付出辛勤劳动和昂贵代价，需要好几代人的持续奋斗。

中美人工智能之比较分析

A

全球人工智能技术和商业发展趋势

B

美国人工智能的发展

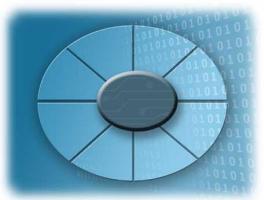
C

中国人工智能的发展态势

D

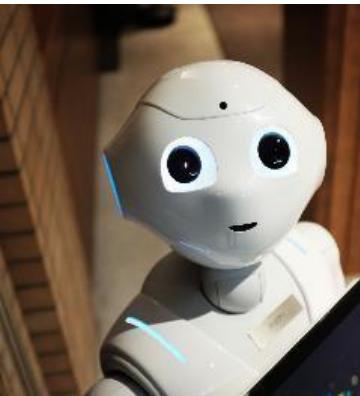
中国人工智能的产业机会





中美人工智能之比较分析

现阶段人工智能应用较广且具有较大的商业价值



现阶段人工智能应用较广且具有较大的商业价值



现阶段人工智能在网络优化、自然语言处理、面部识别、医疗影像和诊断、自主导航、农作物监测等领域被广泛探索。

人工智能在未来将创造可观的商业价值。根据Accenture Research和Frontier Economics的预测，到2035年，人工智能可以将所有行业GVA的加权平均增长率提高1.7%。

信息与通信业、制造业和金融服务业是受益最多的三大行业。



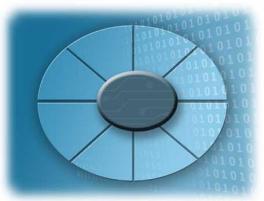
中美人工智能之比较分析

现阶段中国和美国是人工智能领域具有较明显优势的国家

Tortoise Intelligence衡量了包括AI的研究、编程平台、投资和政府支出的关键指标，发现美国和中国的人工智能居于全球领先水平。

均美国在人工智能的人才、设施、研究和商业化四个领域排名世界第一，在开发领域排名世界第二，但是在政府策略支持方面排名居中；

均中国则是在人工智能的开发和政府策略支持方面位于世界领先地位，在人工智能的研究和商业化方面排名世界第二，但是在人工智能的专业人才方面排名居中。

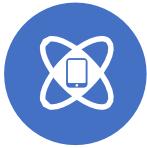


中美人工智能之比较分析

在美国Facebook、谷歌、微软等大型科技类公司更具有优势



在美国人工智能相关的企业中，相对于一些新创企业而言，Facebook、谷歌、微软、英特尔和亚马逊这些大型科技类公司更具有优势。



Facebook、谷歌、微软、英特尔和亚马逊均设有自己的人工智能实验室，并且发布了具有较强竞争力的人工智能产品，并且不断地在进行一些重要收购。

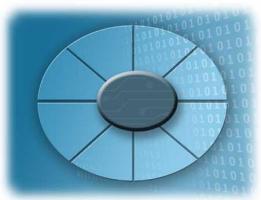


另一方面，Facebook、谷歌、微软、英特尔和亚马逊的关键财务数据均处于健康向上状态。近十年Facebook、亚马逊、谷歌、微软和英特尔的营业收入和净利润均实现了较大幅度的增长。



相对于Twilio和Veritone等这些创立不久且规模较小人工智能企业而言，Facebook、谷歌、微软、英特尔和亚马逊这些公司在技术研发和盈利上优势更加明显。





中美人工智能之比较分析

现阶段的新兴市场中，我国人工智能行业仍具有较好的投资机会



自2019年初我国股市开始出现回暖后，A股人工智能板块指数从2019年年初3758.15点上涨至2020年2月19日的6031.9点，上涨了60.5%



目前人工智能板块指数的PE目前为43，仍低于PE的历史平均值和中位数



另一方面，在新兴市场的人工智能发展中，我国占据较为领先地位

中美人工智能之比较分析

A

全球人工智能技术和商业发展趋势

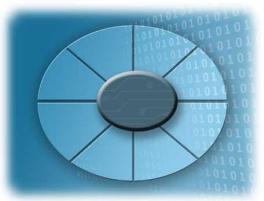
A1

人工智能的现状与影响

A2

技术和商业发展趋势





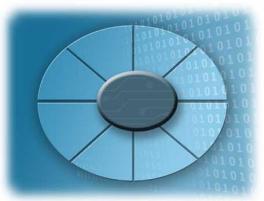
A1.1 对于人工智能的发展现状，社会上存在一些炒作



对于人工智能的发展现状，社会上存在一些“炒作”

比如说，认为人工智能系统的智能水平即将全面超越人类水平、30年内机器人将统治世界、人类将成为人工智能的奴隶，等等。这些有意无意的“炒作”和错误认识会给人工智能的发展带来不利影响。因此，制定人工智能发展的战略、方针和政策，首先要准确把握人工智能技术和产业发展的现状。



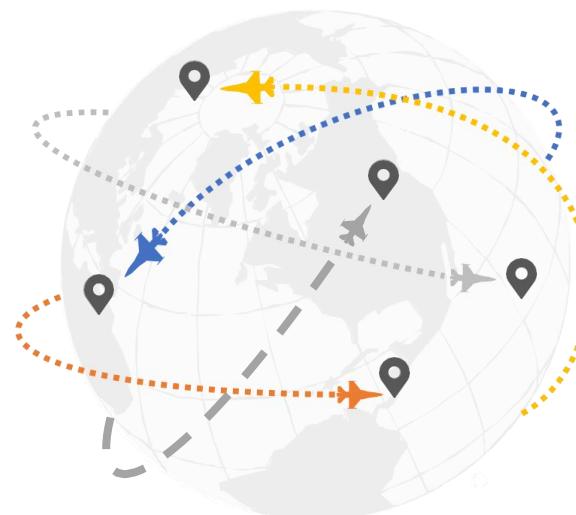


A1.2 专用人工智能取得重要突破

从可应用性看，人工智能大体可分为：
专用人工智能
通用人工智能

....

....

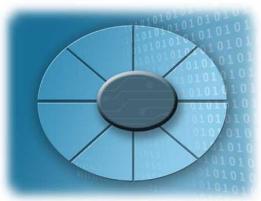


特定任务可以超越人类智能

面向特定任务（比如下围棋）的专用人工智能系统由于任务单一、需求明确、应用边界清晰、领域知识丰富、建模相对简单，形成了人工智能领域的单点突破，在局部智能水平的单项测试中可以超越人类智能。

人工智能的近期进展主要集中在专用智能领域

例如，阿尔法狗（AlphaGo）在围棋比赛中战胜人类冠军，人工智能程序在大规模图像识别和人脸识别中达到了超越人类的水平，人工智能系统诊断皮肤癌达到专业医生水平。



A1.3 通用人工智能尚处于起步阶段



人的大脑

人的大脑是一个通用的智能系统，能举一反三、融会贯通，可处理视觉、听觉、判断、推理、学习、思考、规划、设计等各类问题，可谓“一脑万用”。

真正意义上完备的人工智能系统应该是一个通用的智能系统



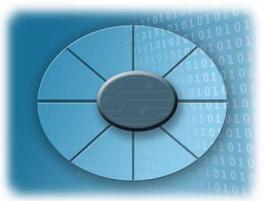
目前，虽然专用人工智能领域已取得突破性进展，但是通用人工智能领域的研究与应用仍然任重而道远，人工智能总体发展水平仍处于起步阶段。



当前的人工智能系统在信息感知、机器学习等“浅层智能”方面进步显著，但是在概念抽象和推理决策等“深层智能”方面的能力还很薄弱。



总体上看，目前的人工智能系统可谓有智能没智慧、有智商没情商、会计算不会“算计”、有专才而无通才。因此，人工智能依旧存在明显的局限性，依然还有很多“不能”，与人类智慧还相差甚远。



A1.4 人工智能创新创业如火如荼



谷歌在其2017年年度开发者大会上明确提出发展战略从“移动优先”转向“人工智能优先”

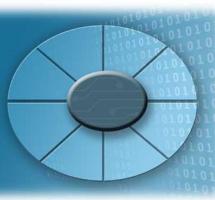


微软2017财年年报首次将人工智能作为公司发展愿景。人工智能领域处于创新创业的前沿



麦肯锡公司报告指出，2016年全球人工智能研发投入超300亿美元并处于高速增长阶段；全球知名风投调研机构CB Insights报告显示，2017年全球新成立人工智能创业公司1100家，人工智能领域共获得投资152亿美元，同比增长141%。

全球产业界充分认识到人工智能技术引领新一轮产业变革的重大意义，纷纷调整发展战略



A1.5 创新生态布局成为人工智能产业发展的战略高地

信息技术和产业的发展史，就是新老信息产业巨头抢滩布局信息产业创新生态的更替史。

传统信息产业代表企业有微软、英特尔、IBM、

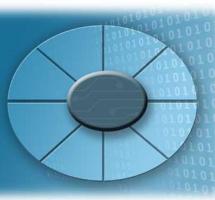
甲骨文等

互联网和移动互联网时代信息产业代表企业有谷歌、苹果、脸书、亚马逊、阿里巴巴、腾讯、百度等



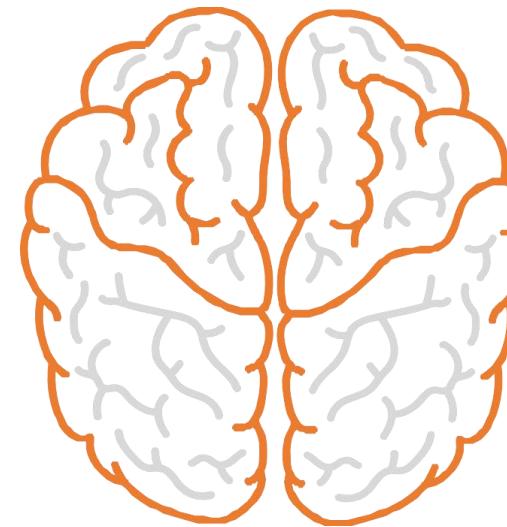
人工智能创新生态包括纵向的数据平台、开源算法、计算芯片、基础软件、图形处理器等技术生态系统和横向的智能制造、智能医疗、智能安防、智能零售、智能家居等商业和应用生态系统

目前智能科技时代的信息产业格局还没有形成垄断，因此全球科技产业巨头都在积极推动人工智能技术生态的研发布局，全力抢占人工智能相关产业的制高点



A1.6 人工智能的社会影响日益凸显

一方面，人工智能作为新一轮科技革命和产业变革的核心力量，正在推动传统产业升级换代，驱动“无人经济”快速发展，在智能交通、智能家居、智能医疗等民生领域产生积极正面影响。



另一方面，个人信息和隐私保护、人工智能创作内容的知识产权、人工智能系统可能存在的歧视和偏见、无人驾驶系统的交通法规、脑机接口和人机共生的科技伦理等问题已经显现出来，需要抓紧提供解决方案。

A

全球人工智能技术和商业发展趋势

A1

人工智能的现状与影响

A2

技术和商业发展趋势



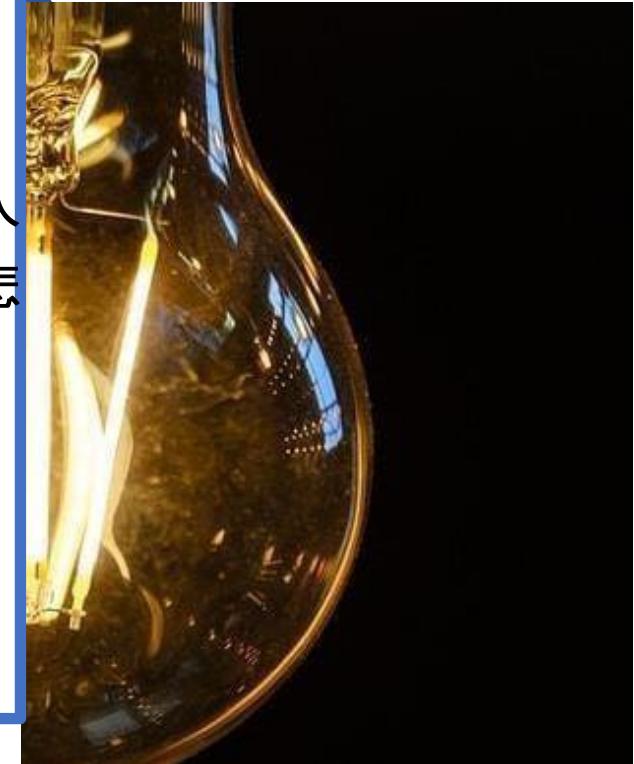


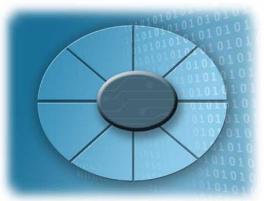
A2.1 趋势与展望

“在可以预见的未来，人工智能发展将会出现怎样的趋势与特征呢？”

经过60多年的发展，人工智能在算法、算力（计算能力）和算料（数据）等“三算”方面取得了重要突破，正处于从“不能用”到“可以用”的技术拐点，但是距离“很好用”还有诸多瓶颈。

.....





A2.2 从专用智能向通用智能发展

2016年10月，美国国家科学技术委员会发布《国家人工智能研究与发展战略计划》，提出在美国的人工智能中长期发展战略策略中要着重研究通用人工智能

智能

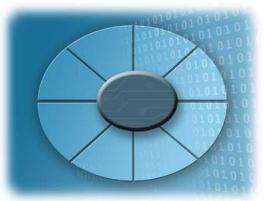


如何实现从专用人工智能向通用人工智能的跨越式发展，既 是下一代人工智能发展的必然 趋势，也是研究与应用领域的 重大挑战……

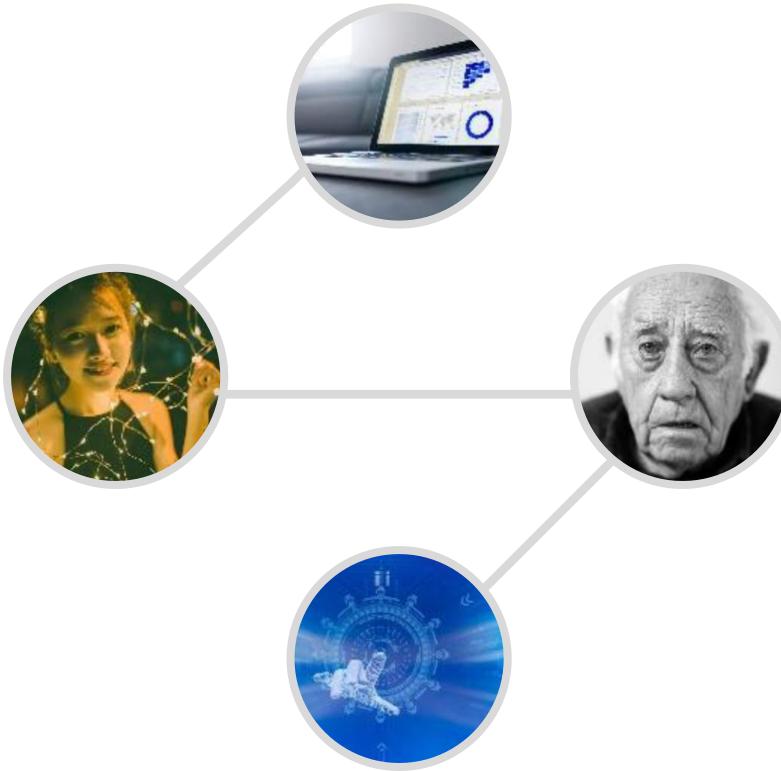
阿尔法狗系统开发团队创始人戴密斯·哈萨比斯提出朝着“创造解决世界上一切问题的通用人工智能”这一目标前进



微软在2017年成立了通用人工智能实验室，众多感知、学习、推理、自然语言理解等方面科学家参与其中



A2.3 从人工智能向人机混合智能发展



借鉴脑科学和认知科学的研究成果是人工智能的一个重要研究方向。



人机混合智能旨在将人的作用或认知模型引入到人工智能系统中，提升人工智能系统的性能，使人工智能成为人类智能的自然延伸和拓展，通过人机协同更加高效地解决复杂问题。



在我国新一代人工智能规划和美国脑计划中，人机混合智能都是重要的研发方向。



A2.4 从“人工+智能”向自主智能系统发展



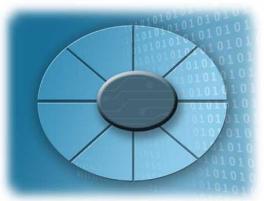
当前人工智能领域的大量研究集中在深度学习，但是深度学习的局限是需要大量人工干预，比如人工设计深度神经网络模型、人工设定应用场景、人工采集和标注大量训练数据、用户需要人工适配智能系统等，非常费时费力。



科研人员开始关注减少人工干预的自主智能方法，提高机器智能对环境的自主学习能力。例如阿尔法狗系统的后续版本阿尔法元从零开始，通过自我对弈强化学习实现围棋、国际象棋、日本将棋的“通用棋类人工智能”。



在人工智能系统的自动化设计方面，2017年谷歌提出的自动化学习系统（AutoML）试图通过自动创建机器学习系统降低人员成本。



A2.5 人工智能将加速与其他学科领域交叉渗透

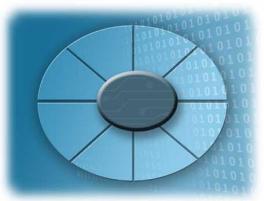
综合性的前沿学科

- 人工智能本身是一门综合性的前沿学科和高度交叉的复合型学科，研究范畴广泛而又异常复杂，其发展需要与计算机科学、数学、认知科学、神经科学和社会科学等学科深度融合。



高度交叉的复合型学科

- 随着超分辨率光学成像、光遗传学调控、透明脑、体细胞克隆等技术的突破，脑与认知科学的发展开启了新时代，能够大规模、更精细解析智力的神经环路基础和机制，人工智能将进入生物启发的智能阶段，依赖于生物学、脑科学、生命科学和心理学等学科的发现，将机理变为可计算的模型，同时人工智能也会促进脑科学、认知科学、生命科学甚至化学、物理、天文学等传统科学的发展。



A2.6 人工智能产业将蓬勃发展



随着人工智能技术的进一步成熟以及政府和产业界投入的日益增长，人工智能应用的云端化将不断加速，全球人工智能产业规模在未来10年将进入高速增长期。

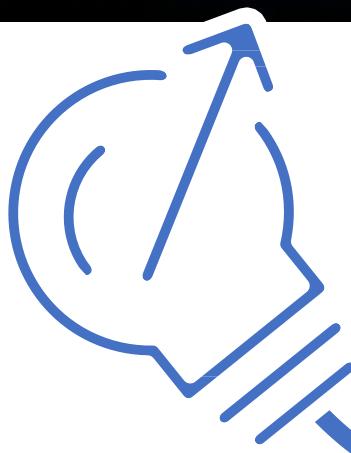
2016年9月，咨询公司埃森哲发布报告指出，人工智能技术的应用将为经济发展注入新动力，可在现有基

础上将劳动生产率提高40%；到2035年，美、日、英、德、法等12个发达国家的年均经济增长率可以翻一番。2018年麦肯锡公司的研究报告预测，到2030年，约70%的公司将采用至少一种形式的人工智能，人工智能新增经济规模将达到13万亿美元。



A2.7 人工智能将推动人类进入普惠型智能社会

“人工智能+X”的创新模式将随着技术和产业的发展日趋成熟，对生产力和产业结构产生革命性影响，并推动人类进入普惠型智能社会



01

2017年国际数据公司IDC在《信息流引领人工智能新时代》白皮书中指出，未来5年人工智能将提升各行业运转效率。

02

我国经济社会转型升级对人工智能有重大需求，在消费场景和行业应用的需求牵引下，需要打破人工智能的感知瓶颈、交互瓶颈和决策瓶颈，促进人工智能技术与社会各行各业的融合提升，建设若干标杆性的应用场景创新，实现低成本、高效益、广范围的普惠型智能社会。



A2.8 人工智能领域的国际竞争将日益激烈

当前，人工智能领域的国际竞赛已经拉开帷幕，并且将日趋白热化

欧盟

2018年4月，欧盟委员会计划2018—2020年在人工智能领域投资240亿美元；
法国总统在2018年5月宣布《法国人工智能战略》，目的是迎接人工智能发展 的新时代，使法国成为人工智能强国

2018年6月，日本《未来投资战略2018》重点推动物联网建设和人工智能的应用

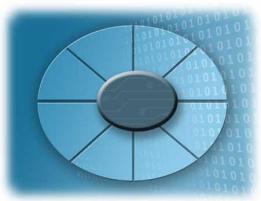
日本

美国

世界军事强国也已逐步形成以加速发展智能化武器装备为核心的竞争态势，例如美国特朗普政府发布的首份《国防战略》报告即谋求通过人工智能等技术创新保持军事优势，确保美国打赢未来战争

俄罗斯

俄罗斯2017年提出军工拥抱“智能化”，让导弹和无人机这样的“传统”兵器威力倍增



A2.9 人工智能的社会学将提上议程



为了确保人工智能的健康可持续发展，使其发展成果造福于民，需要从社会学的角度系统全面地研究人工智能对人类社会的影响，制定完善人工智能法律法规，规避可能的风险

01

2017年9月，联合国犯罪和司法研究所（UNICRI）决定在海牙成立第一个联合国人工智能和机器人中心，规范人工智能的发展

02

美国白宫多次组织人工智能领域法律法规问题的研讨会、咨询会

03

特斯拉等产业巨头牵头成立OpenAI等机构，旨在“以有利于整个人类的方式促进和发展友好的人工智能”



A2.10 全球人工智能技术的25个趋势



资料来源：CB Insights, 用财证券研究所

根据CB Insights发布的有关现阶段全球人工智能发展趋势的研究，2019年全球人工智能的发展呈现出25个明显趋势



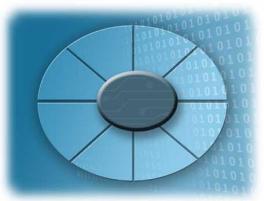
人工智能的基础设施主要呈现出使用开源框架、边缘计算和综合训练数据这三个趋势



体系结构则呈现出利用胶囊网络、GANs、联盟学习和强化学习这四个趋势



应用程序的发展趋势包括了智能预测网络威胁搜索、预测性维护、药物发现、网络优化、下一代假肢、高级医疗生物特征识别、自然语言处理/合成对话机器人、电商搜索、语言翻译、后台自动化、临床试验注册、计算机视觉面部识别、医疗影像和诊断、自主导航、农作物监测、无人零售超市、打击假冒伪劣和自动理赔处理这六个领域



A2.11 全球人工智能具有领先优势的国家

现阶段美国和中国是人工智能领域具有较明显优势的国家。

Tortoise Intelligence衡量了包括AI的研究、编程平台、投资和政府支出的关键指标，对54个国家和地区在2019年的AI表现进行了排名，发现AI综合排名前十的国家依次是美国、中国、英国、加拿大、德国、法国、新加坡、韩国、日本和爱尔兰。

图 6：2019 全球人工智能发展位于领先地位的经济体

Country	Rank							Total rank
	Talent	Infrastructure	Operating Environment	Research	Development	Government Strategy	Commercial	
United States of America	1	1	6	1	2	13	1	1
China	18	3	3	2	1	1	2	2
United Kingdom	5	8	1	3	11	7	4	3
Canada	4	23	5	8	10	4	5	4
Germany	9	12	7	4	12	5	9	5
France	8	30	2	12	9	6	7	6
Singapore	2	4	39	16	15	30	6	7
South Korea	28	5	30	22	3	31	25	8

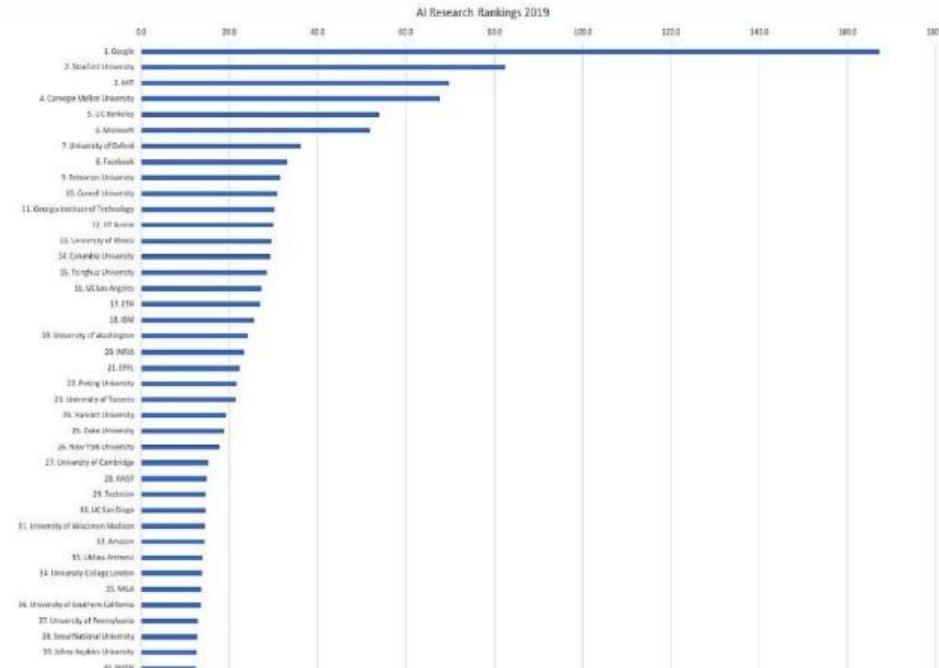
资料来源：Tortoise Intelligence，川财证券研究所



A2.12 AI研究方面处于领先的全球40大组织

- 根据Tortoise Intelligence的研究，美国在人工智能的人才、设施、研究和商业化四个领域排名世界第一，在开发领域排名世界第二，但是在政府策略支持方面排名居中。
- 中国则是在人工智能的开发和政府策略支持方面位于世界领先地位，在人工智能的研究和商业化方面排名世界第二，但是在人工智能的专业人才方面排名居中。
- 从Thundermark Capital做出的有关2019年AI科研方面处于领先的全球40大组织的研究结果来看，目前全球在AI研究领域发展最好商业或学术机构大部分位于美国。在AI科研发展位于全球排名前十的组织中，除一个位于英国以外，其他均位于美国。在商业领域中，美国的谷歌和Facebook占据明显优势。

图 7：2019 年 AI 研究方面处于领先的全球 40 大组织



资料来源：Thundermark Capital，川财证券研究所

The background of the slide features a blurred photograph of a multi-lane highway receding into the distance. The sky above is a clear, pale blue.

B

美国人工智能的发展

B1

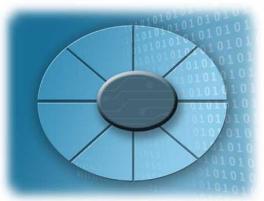
美国的人工智能战略布局及启示

B2

美国大型人工智能相关企业

B3

美国规模较小人工智能企业发展现状



B1.1 人工智能是未来最重要的战略科技



-  未来最重要的战略科技是什么？毫无疑问是人工智能。
-  因此，各国普遍重视人工智能的发展及布局，尤其世界各经济和军事强国高度重视人工智能的发展，发布相关战略和规划，竞相对人工智能技术进行大量投资，培养和吸引人才，抢占人工智能发展的战略制高点。
-  当今世界头号科技和经济强国美国的人工智能战略布局尤其值得深究，其人工智能战略布局对我们有哪些启示呢？



B1.2 美国成立多个人工智能管理与指导部门

- 2018年5月，美国白宫举行了一场由谷歌、亚马逊、微软等38家公司的代表、政府官员和学术界代表参与的人工智能研讨会上宣布，成立就人工智能问题向总统和联邦政府提供建议的**人工智能专门委员会**，负责协调各联邦机构的人工智能投资，包括与自动系统、生物识别、计算机视觉和机器人相关的研究，其职能是审查美国在人工智能开发方面的优先事项和投资。人工智能专门委员会的成员包括白宫科学和技术政策办公室、国家科学基金会和国防高级研究计划局（DARPA）等政府机构的官员，以确保人工智能领域的“美国第一”；此外会议还着重探索了通过公私合作的新方式，以加快美国人工智能领域的研发，并建立教育和培训体系，让美国劳动者充分利用人工智能技术带来的好处。
- 2018年6月，美国国防部成立**联合人工智能中心（JAIC）**，旨在让国防部各人工智能项目形成合力，加速人工智能能力的使用、扩大人工智能工具的影响，并计划5年内投入17亿美元。
- 2018年11月，美国成立了**人工智能国家安全委员会**，具有三大职责，包括考察人工智能技术在军事应用中的风险以及对国际法的影响、考察人工智能技术在国家安全和国防中的伦理道德问题以及建立公开训练数据的标准、推动公开训练数据的共享。
- 2018年7月，美国国会已经达成并发布了一份协议，要求国防部成立一个包括国防部长、商务部长和国会国防委员会成员在内的15人委员会，重点关注人工智能、机器学习以及其他与国家安全有关的技术，评估美国在人工智能领域的竞争力、国外在人工智能领域的最新进展、潜在的人力与教育激励措施等。在“2019财年国防授权法案”获得批准后的180天内，该委员会将会向总统和国会提交一份初步的报告。



B1.3 确保优先对人工智能投资

01

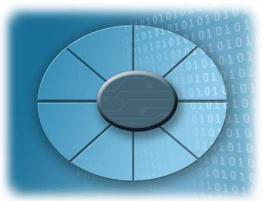
- 2018年8月，美国白宫管理与预算办公室发布《2020财年政府研究与开发预算优先事项》备忘录，为各部门制定2020财年的预算提供指南，并指出美国政府必须在人工智能、自主系统、高超声速、现代化核威慑以及先进的微电子、计算和网络能力等重点研发领域进行优先投资，应投资人工智能基础和应用研究，包括机器学习、自主系统和人类技术前沿的应用

02

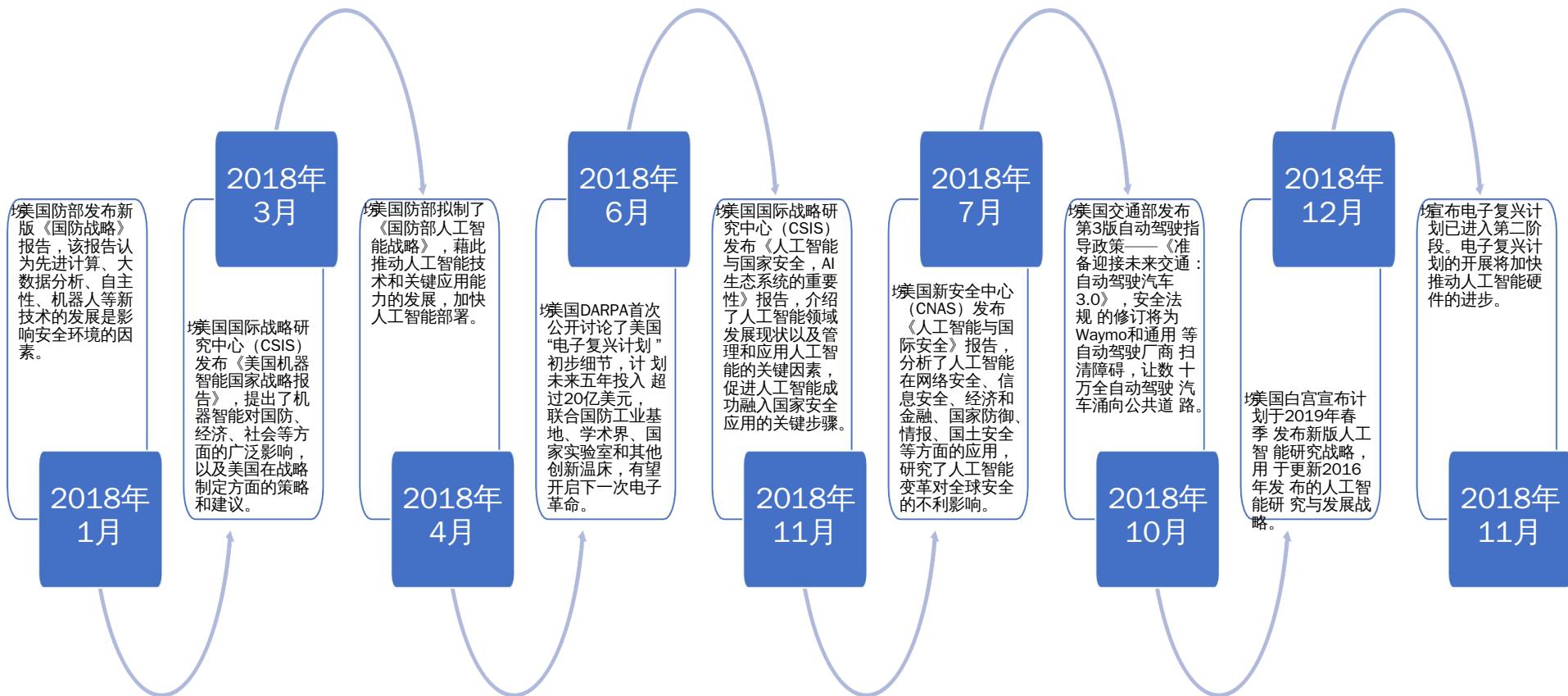
- 2018年8月，美国参议院通过美国“2019财年国防授权法案草案”，批准额度7,170亿美元军费（创美国国防法案预算额度的历史新高），在提升人工智能、空间和反空间、网络以及高超音速技术这些领域能力的项目上确立了重点，支持国防高级研究计划局和国防创新单位进行研发和试验，以确保技术优势，尤其在人工智能、高超自然力计划方面提供了额外资金加速其研发和应用

03

- 2018年9月，美国DARPA宣布未来五年将投资20亿美元开发下一波人工智能技术，用于资助DARPA新的和现有的人工智能研究项目，将致力于打造具有常识、能感知语境和更高能源效率的系统



B1.4 开展并更新相关战略计划





B1.5 出台人工智能国家战略

2019年2月11日，特朗普政府发布《维持美国人工智能领导力的行政命令》（The Executive Order on Maintaining American Leadership in Artificial Intelligence），标志着美国的国家人工智能战略正式出台，目标是让美国在人工智能战争抢得先机。

该计划旨在实现五个关键目标：



重新分配资金：该命令将指导联邦资助机构优先考虑人工智能方面的投资。



创造资源：它将寻求将联邦数据、计算机模型和计算资源提供给人工智能研究人员。



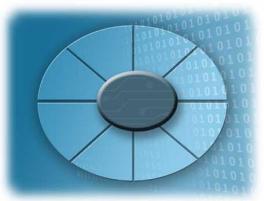
建立标准：它将指导美国国家标准与技术研究所(NIST)创建标准，促进“可靠、健壮、可信、安全、可移植和可互操作的人工智能系统”的开发。



变化做好准备。



国际合作战略：它将要求制定一项国际合作战略，确保人工智能的发展符合美国的“价值观和利益”。



B1.6 美国的一系列人工智能战略行动有以下特点

一

- 贯穿人工智能技术先行理念



三

- 以国防、交通等多领域实际应用推动人工智能发展



二

- 注重公私、多方合作推进人工智能研发及应用



四

- 确保资金投入为人工智能技术发展及应用保驾护航



B

美国人工智能的发展

B1

美国的人工智能战略布局及启示

B2

美国大型人工智能相关企业

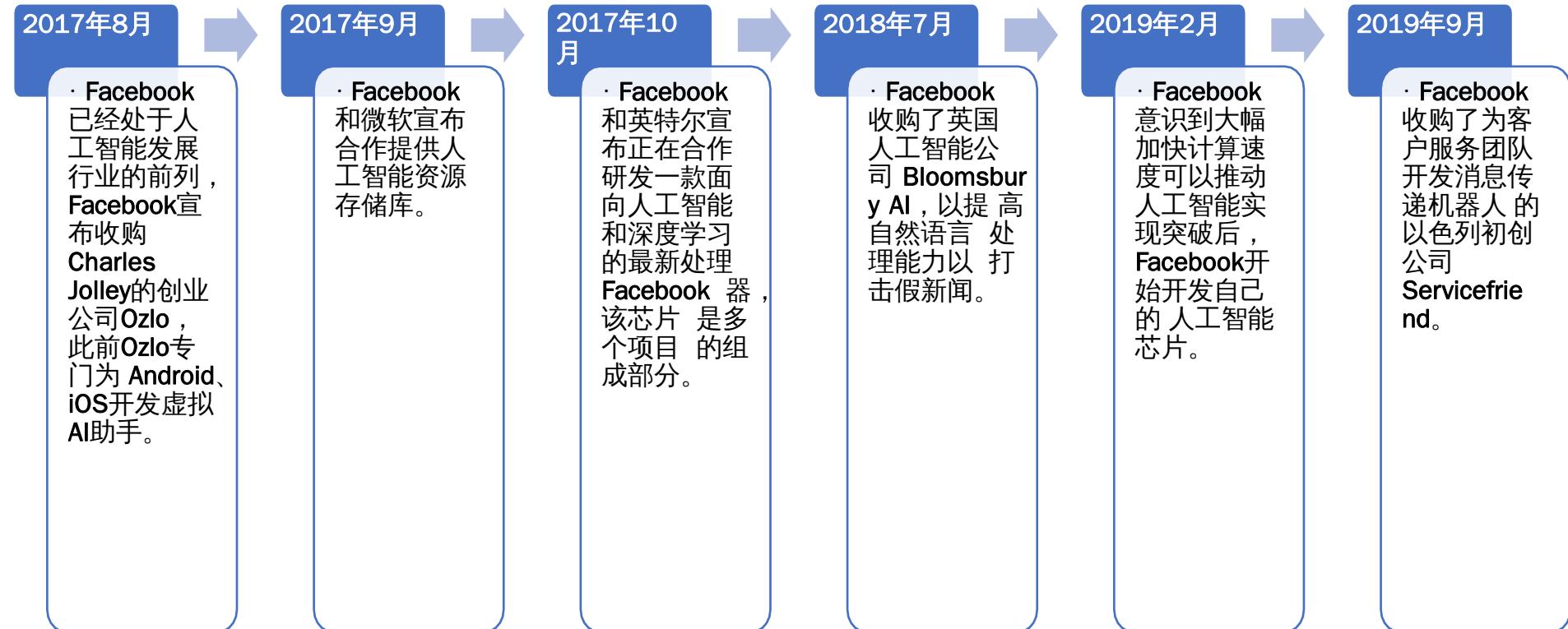
B3

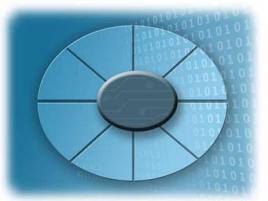
美国规模较小人工智能企业发展现状



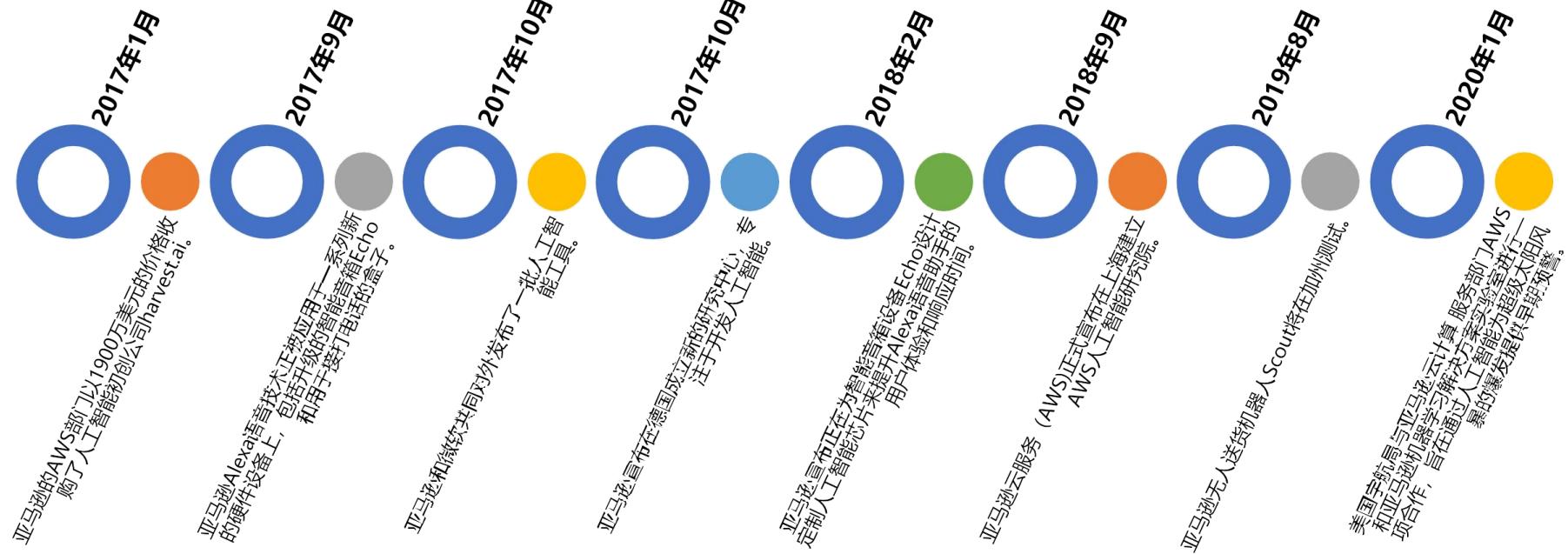


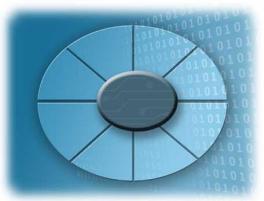
B2.1 Facebook



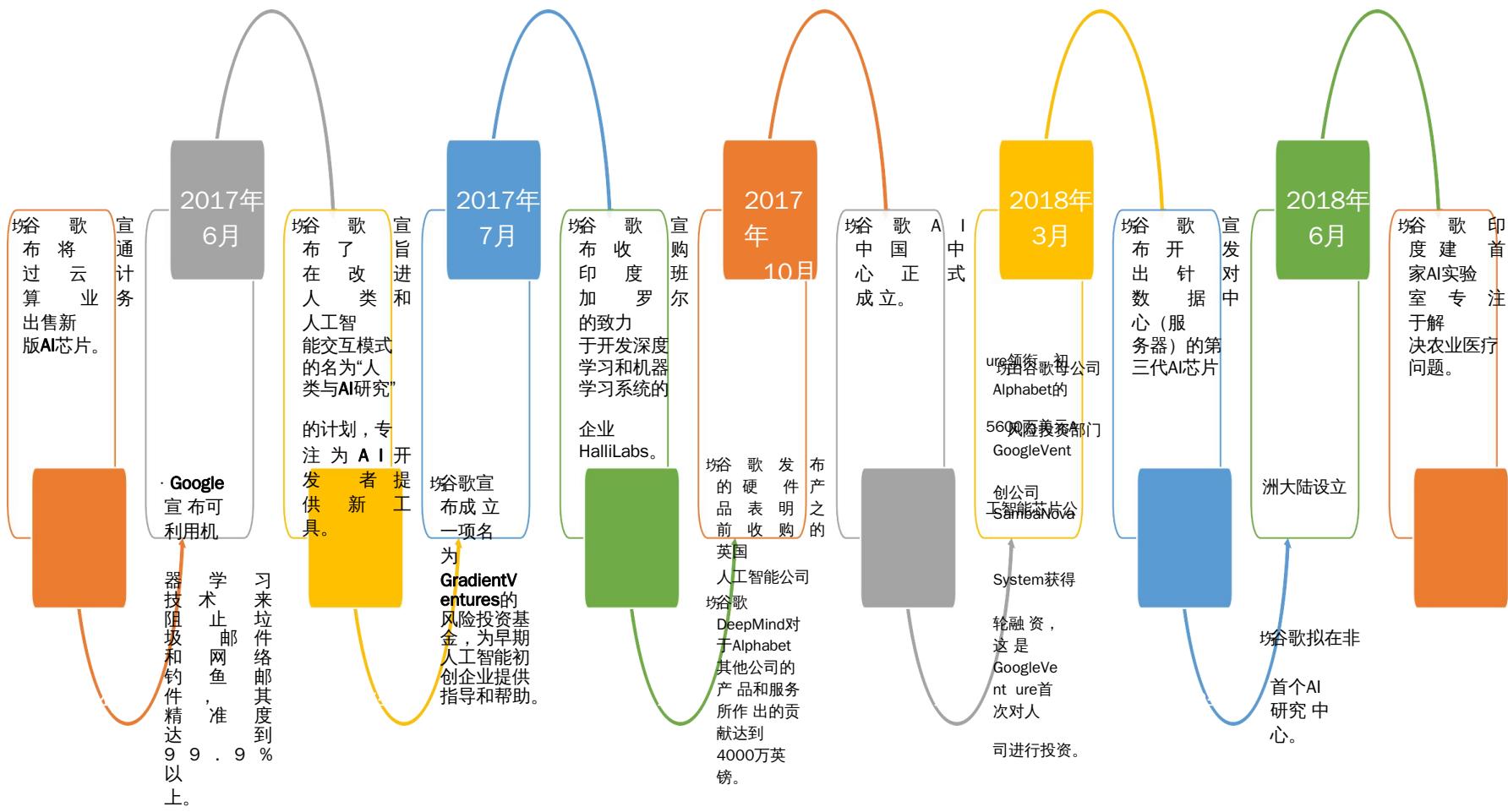


B2.2 亚马逊





B2.3 谷歌





B2.4 英特尔

2017年11月，英特尔发布首款自我学习AI芯片。

2018年5月，英特尔宣布将为2020 东京奥运会提供AI技术。

2018年8月，英特尔2017年人工智能芯片销售金额达10 亿美元。

2019年1月，英特尔子公司Mobileye宣布与北京公交集团和北太机电设备 工贸有限公司旗下北太智能达成合作，将在中国对自动驾驶公共交通服务进行商业部署。

2019年11月，英特尔推出从云端到边缘的全新AI硬件，加速AI开发、部署和 性能提升。

2019年11月，英特尔发布面向神经网络和视觉处理的AI芯片。

2019年 12月，英特尔以20亿美元的价格收购以色列初创公司HabanaLabs。

2020年2月，英特尔宣布在2019年第四季度的人工智能领域的总营收高达38亿美元。



B2.5 微软

2017年1月

微软宣布收购以深度学习为重心的研究型AI公司Maluuba。

2017年8月

微软将人工智能的运用延伸到了空中领域。

2017年9月

微软公司宣布旗下Azure 云平台会推出一系列新功能和更新，用户可以访问全新AI服务和成本管理功能等。

2017年10月

亚马逊和微软进行合作，允许双方旗下的数字助手Alexa和Cortana 进行交互。

2017年12月

微软Bing国际版中国发布，引入AI专注英文搜索。

2018年3月

微软宣布推出三种新的AI工具，包括人脸API、自定义影像服务、必应实体 搜索API。

2018年5月

微软翻译推出离线AI辅助包。

2018年5月

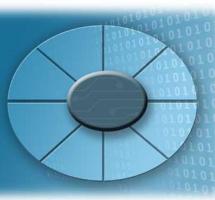
微软收购加州人工智能 (AI) 初创公司 SemanticMachines, 以强化公司的对话式人工智能技术。

2018年6月

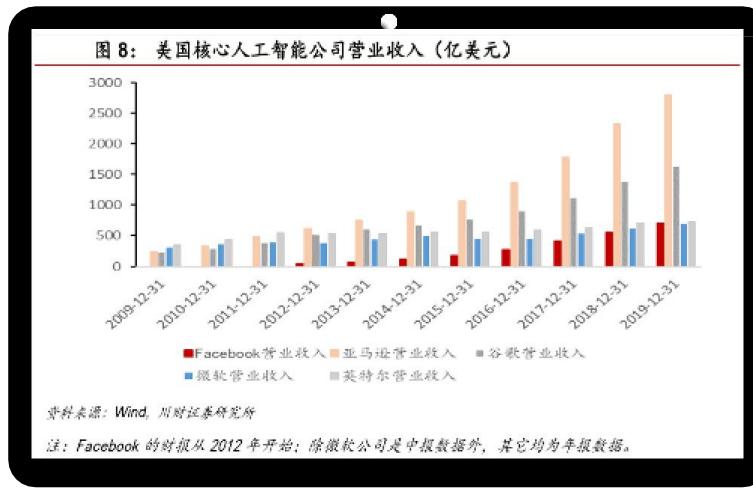
微软收购AI创企Bonsai，探索深度强化学习商业化。

2018年9月

微软收购AI公司Lobe，致力于向大众普及AI



B2.6 美国核心人工智能公司营业收入

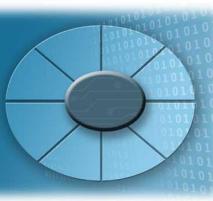


美国核心人工智能公司营业收入.

Facebook、谷歌、微软、英特尔和亚马逊近十年的关键财务数据均处于健康向 上状态

从近十年营业收入来看，Facebook,亚马逊，谷歌，微软和英特尔均实现了较大幅度的增长。从2009年12月至2019年12月，亚马逊的营业收入从245.09亿美元上升至2805.22亿美元；谷歌营业收入从236.51亿美元增加至1618.57亿美元；微软营业收入从319.42亿美元增加至699.61亿美元；英特尔营业收入从351.27亿美元增加至719.65亿美元。Facebook的营业收入从

89亿美元上升至2019年12月的706.97亿美元。



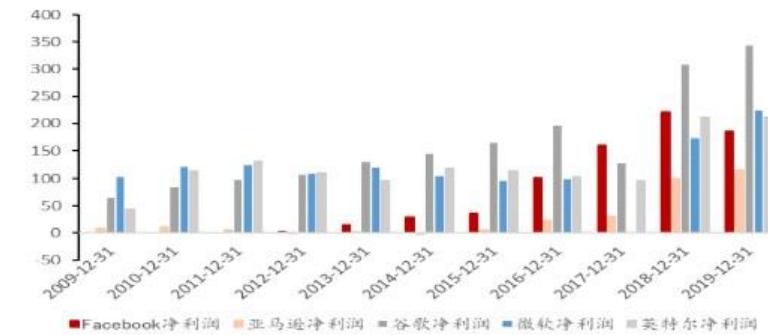
B2.7 美国核心人工智能公司净利润

从近十年美国重点人工智能公司净利润来看，Facebook,亚马逊，谷歌，微软 和英特尔均实现了较大幅度的增长。

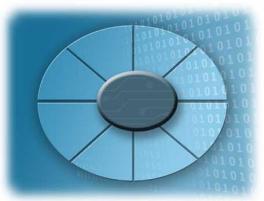
另一方面，2019财年 Facebook和英特尔的净利润增速出现了下滑。2019年12月 Facebook的净利润较2018年同期下降了 16.4%，2019年12月英特尔的净利润较2018年同期下降了 0.02%。相比之下，2019年12月，微软净利润涨幅为这几家公司中表现最好的，较2018年12月上升了 29.48%。

从2009年12月至2019年12月，亚马逊的净利润从9.02亿美元上升至115.88亿美元；谷歌净利润从65.2亿美元增加至343.43亿美元；微软净利润从102.36亿美元增加至223.27亿美元；英特尔净利润从43.69亿美元增加至210.48亿美元。Facebook的净利润从 2012年12月的0.53亿美元上升至 2019 年12月的184.85亿美元；

图 9：美国核心人工智能公司净利润（亿美元）



资料来源：Wind, 川财证券研究所



B2.8 美国核心人工智能公司研发支出

图 10：美国核心人工智能公司研发支出（亿美元）



资料来源：Wind, 川财证券研究所

从近十年美国重点人工智能公司研发支出来看，Facebook、亚马逊、谷歌、微软和英特尔均实现了较大幅度的增长。

从2009年12月至2019年12月，亚马逊的研发支出从12.4亿美元上升至359.31亿美元；

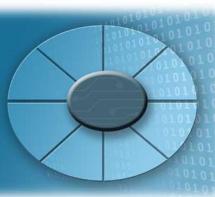
谷歌的研发支出从28.43亿美元增加至260.18亿美元；

微软的研发支出从41.44亿美元增加至91.68亿美元；

英特尔的研发支出从56.53亿美元增加至133.62亿美元。

另外，Facebook的研发支出从2012年12月的13.99亿美元上升至2019年12月的136亿美元。

另一方面，2019年12月英特尔研发支出为133.62亿美元，较2018年12月135.43亿美元出现小幅下滑。



B2.9 美国核心人工智能公司资产负债率

Facebook,亚马逊，谷歌，微软和英特尔的企业杠杆率保持在较为合理的水平。

从2009年12月至2019年12月，虽然亚马逊的资产负债率从61.94%上升至72.45%，但是2019年12月亚马逊的资产负债率明显低于2012年12月- 2018年12月的水平；

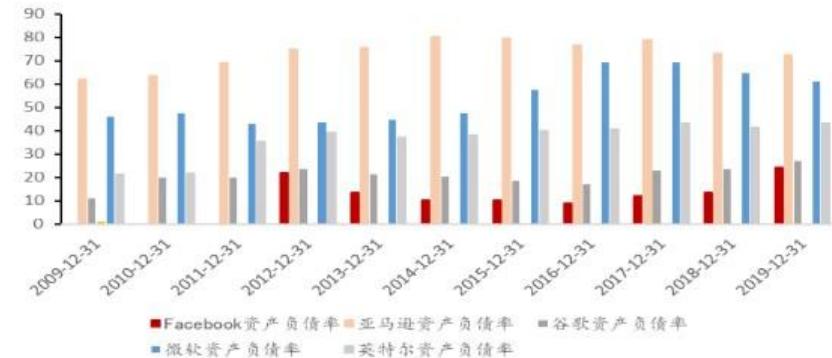
2019年12月，虽然谷歌的资产负债率为26.99%，较2009年的11.09%有所上升，但是仍然处于相对较低的水平；

2019年微软的资产负债率为61.06%，虽然高于于2009年12月的46.06%，但是是近三年的最低水平；

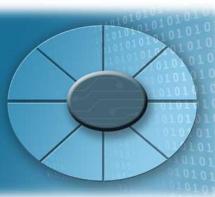
英特尔在2019年12月的资产负债率为43.12%，较2009年12月的21.45%有所升高，但是仍然处于较低

另外，从2012年12月至2019年12月，Facebook的资产负债率从22.17%仅仅上升至24.23%。

图 11：美国核心人工智能公司资产负债率（%）



资料来源：Wind, 川财证券研究所



B2.10 美国核心人工智能公司销售毛利率

从销售毛利率来看，现阶段除亚马逊以外，其他几个公司销售毛利率均达到50%以上。

Facebook和微软的销售毛利率表现较为出色，2019年12月分别高达81.94%和67.46%。

从销售净利率来看，现阶段除亚马逊以外，其他几个公司销售净利率均达到20%以上。

Facebook和微软的销售净利率表现较好，2019年12月微软和英特尔的销售净利率分别高达31.91%和29.25%

图 12： 美国核心人工智能公司销售毛利率 (%)

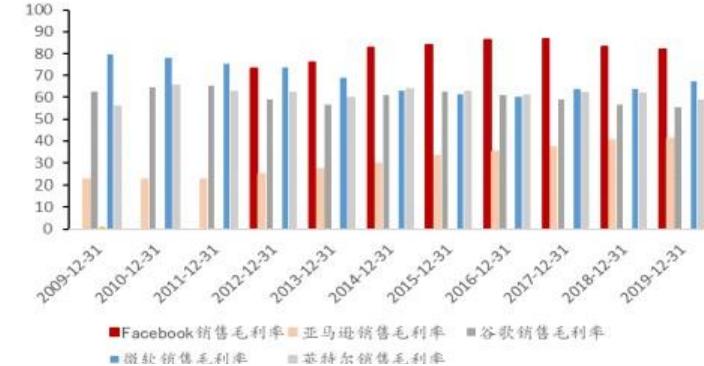
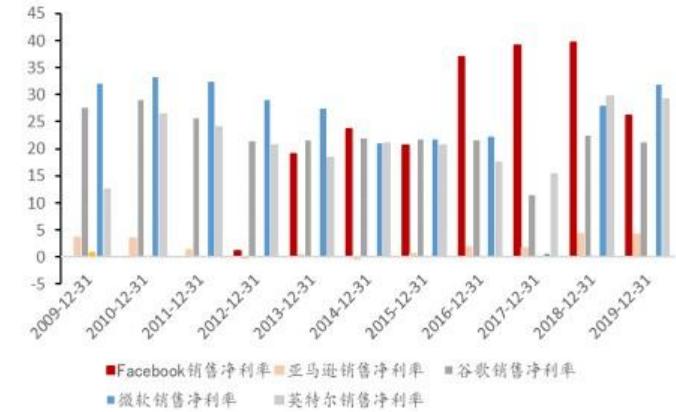


图 13： 美国核心人工智能公司销售净利润率 (%)



资料来源：Wind, 川财证券研究所

B

美国人工智能的发展

B1

美国的人工智能战略布局及启示

B2

美国大型人工智能相关企业

B3

美国规模较小人工智能企业发展现状





B3.1 美国规模较小的人工智能公司发展概况



在人工智能的发展上，Salesforce推出的Einstein成为全球首款客户即问即答的评价工具，销售人员可以用Salesforce的公司产品管理自己的销售线索，Einstein能帮助理清这些商机的优先顺序，大幅提高工作效率。



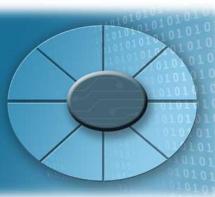
Twilio推出了第一款自然语言机器学习工具Autopilot，它可以授权开发人员在现实生活中大规模构建机器人，并将用户体验考虑在内。



Veritone则是开发出了一个专属人工智能平台，旨在充分利用认知计算的能力。Veritone的AI平台通过专属技术来管理和整合各种AI程序，以模仿人类认知功能，如感知、推理、预测和解决问题等，从而快速、高效地将非结构化数据转化为结构化数据。

美国还有一些规模相对偏小的典型的人工智能公司

除了Facebook、谷歌、亚马逊等大型科技公司有涉足人工智能领域以外，美国还有一些规模相对偏小的典型的人工智能公司，如赛福时、Twilio和Veritone



B3.2 美国其他重要人工智能公司营业收入

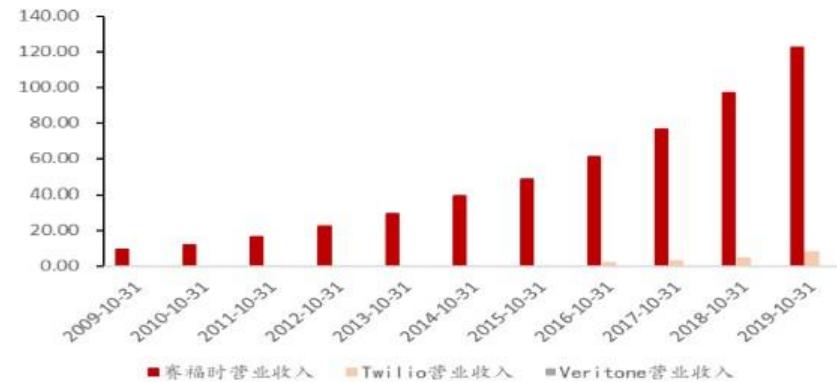
从美国这三家规模偏小的人工智能公司的营业收入来看（目前均已公布三季报），营业收入基本处于连年递增状态。

赛福时营业收入从2009年10月的9.52亿美元上升至2019年10月122.47亿美元。

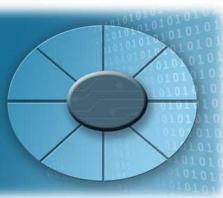
Twilio营业收入从2016年10月1.95亿美元上升至2019年10月8.03亿美元。

Veritone营业收入从2016年10月0.11亿美元上升至2019年10月0.37亿美元。

图 16： 美国其他重要人工智能公司营业收入（亿美元）



资料来源: Wind, 川财证券研究所



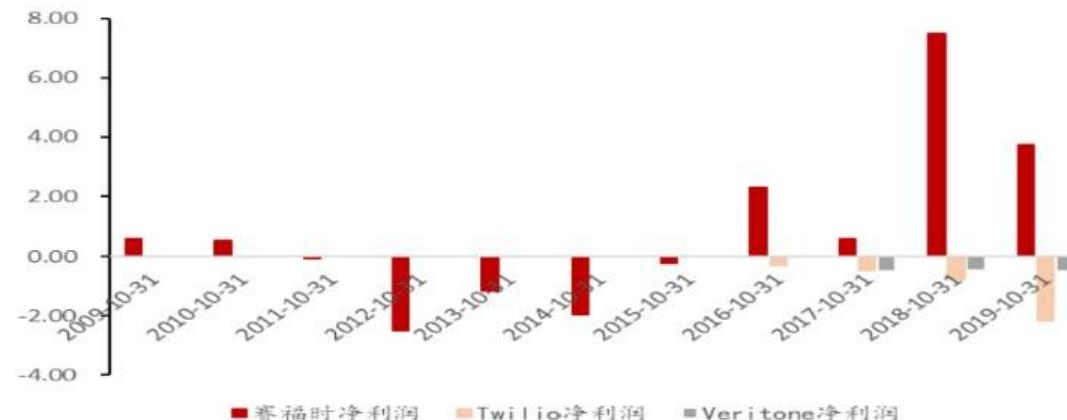
B3.3 美国其他重要人工智能公司净利润

从净利润来看，赛福时净利润表现较好

赛福时净利润从2009年10月的0.6亿美元上升至2019年10月3.74亿美元，尽管它曾在2011-2015年三季度均呈现亏损状态。而上市时间较短的Twilio和Veritone目前还处于亏损状态

• • •

图 17：美国其他重要人工智能公司净利润（亿美元）

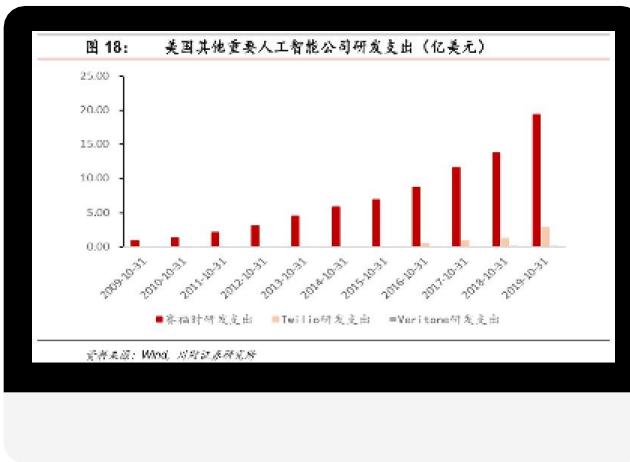


资料来源：Wind, 川财证券研究所



B3.4 美国其他重要人工智能公司研发支出

从研发支出来看，赛福时、Twilio和Veritone研发支出也处于连年递增状态



赛福时研发支出从2009年10月的0.95亿美元上升至2019年10月19.35亿美元。



Twilio研发支出从2016年10月0.53亿美元上升至2019年10月 2.81亿美元。



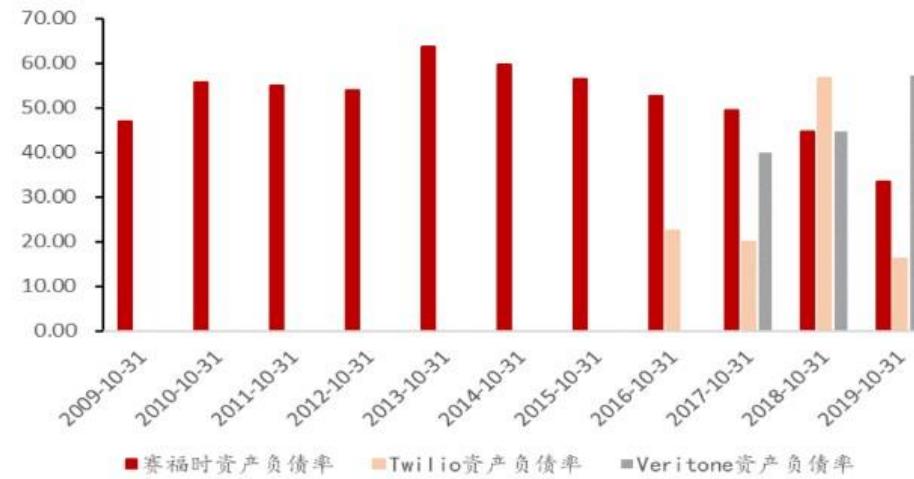
Veritone研发支出从2016年10月0.1亿美元上升至2019年 10月0.19亿美元。



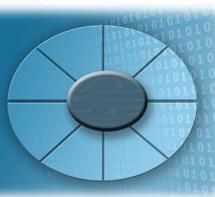
B3.5 美国其他重要人工智能公司资产负债率

- 现阶段赛福时和Twilio的资产负债率较上市之初出现了明显减少。2019年10月，赛福时和Twilio的资产负债率分别为33.36%和16.16%。
- Veritone的资产负债率较上市之初略有升高，2019年10月，Veritone的资产负债率上升至57.09%。

图 19：美国其他重要人工智能公司资产负债率（%）



资料来源：Wind, 川财证券研究所



B3.6 美国其他重要人工智能公司销售毛利率

现阶段赛福时、Twilio和Veritone的销售毛利率均表现较好。

2019年10月，赛福时、Twilio和Veritone的销售毛利率均高于50%。

但是从销售净利率来看，2019年10月，除了赛福时销售净利率达到了3.05%以外，Twilio和Veritone销售净利率均为负值

图 20：美国其他重要人工智能公司销售毛利率（%）

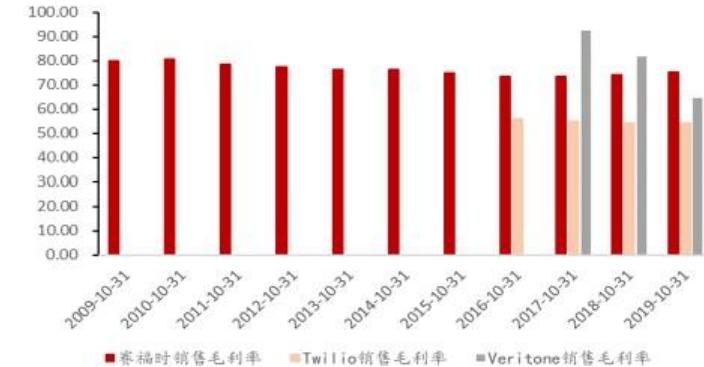


图 21：美国其他重要人工智能公司销售净利润率（%）



资料来源：Wind, 川财证券研究所

C

中国人工智能的发展态势

C1

中国人工智能科技产出与人才投入

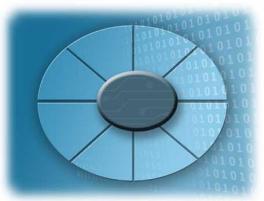
C2

中国人工智能产业发展和市场应用

C3

中国人工智能发展战略和政策环境



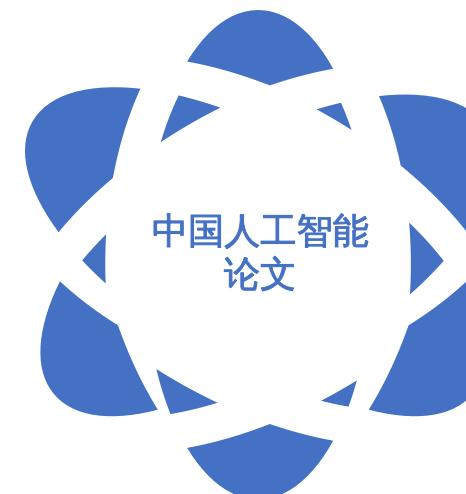


C1.1 中国人工智能论文总量和高被引论文数量都是世界第一

中国在人工智能领域论文的全球占比从1997年4.26%增长至2017年的27.68%，遥遥领先其他国家

不仅如此，中国的高被引论文呈现出快速增长的趋势，并在2013年超过美国成为世界第一

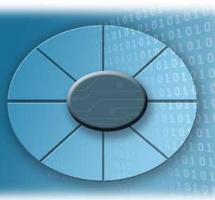
从学科分布看，计算机科学、工程和自动控制系统是人工智能论文分布最多的学科



高校是人工智能论文产出的绝对主力，在全球论文产出百强机构中，87家为高校。中国顶尖高校的人工智能论文产出在全球范围内都表现得十分出众

但在全球企业论文产出排行中，中国只有国家电网公司的排名进入全球前20位

国际合作对人工智能论文产出的影响十分明显，高水平论文里中国通过国际合作而发表的占比高达42.64%



C1.2 中国专利数量略微领先于美国和日本

中国已经成为全球人工智能专利布局最多的国家，数量略微领先于美国和日本，而中美日三国占全球总体专利公开数量的
74%

全球专利申请主要集中在语音识别、图像识别、机器人以及机器学习等细分方向

企业中的主要专利权人表现差异巨大，尤其是中国国家电网近五年的人工智能相关技术发展迅速，在国内布局专利技术量远高于其他专利权人，而且在全球企业排名中位列第四

中国人工智能专利持有数量前30名的机构中，科研院所与大学和企业的表现相当，其技术发明数占比分别为52%和48%



中国的专利技术集中在数据处理系统和数字信息传输等领域，其中图像处理分析的相关专利占总发明件数的16%。电力工程也已成为中国人工智能专利布局的重要领域

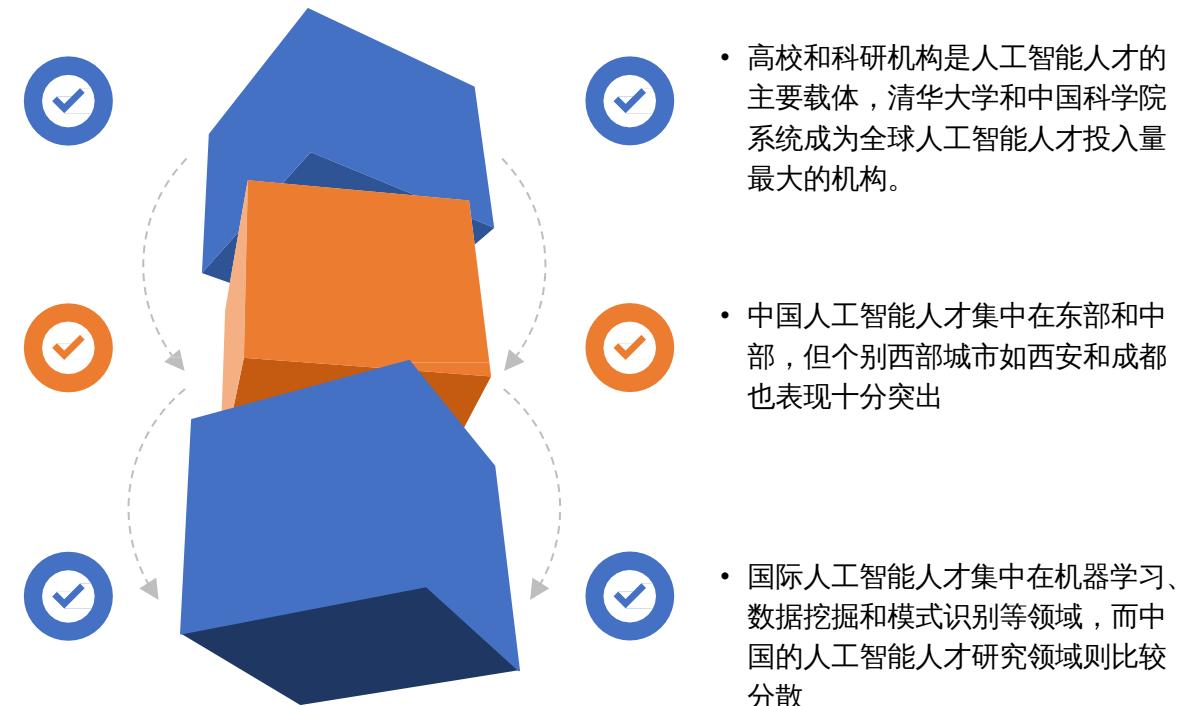


C1.3 中国人工智能人才总量居世界第二，但是杰出人才占比偏低

- 截至2017年，中国的人工智能人才拥有量达到18232人，占世界总量的8.9%，仅次于美国(13.9%)

- 企业人才投入量相对较少，高强度人才投入的企业集中在美国，中国仅有华为一家企业进入全球前20

- 然而，按高H因子（又称H指数，用于评价科学家的科研绩效）衡量的中国杰出人才只有977人，不及美国的五分之一，排名世界第六



C

中国人工智能的发展态势

C1

中国人工智能科技产出与人才投入

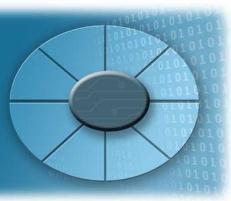
C2

中国人工智能产业发展和市场应用

C3

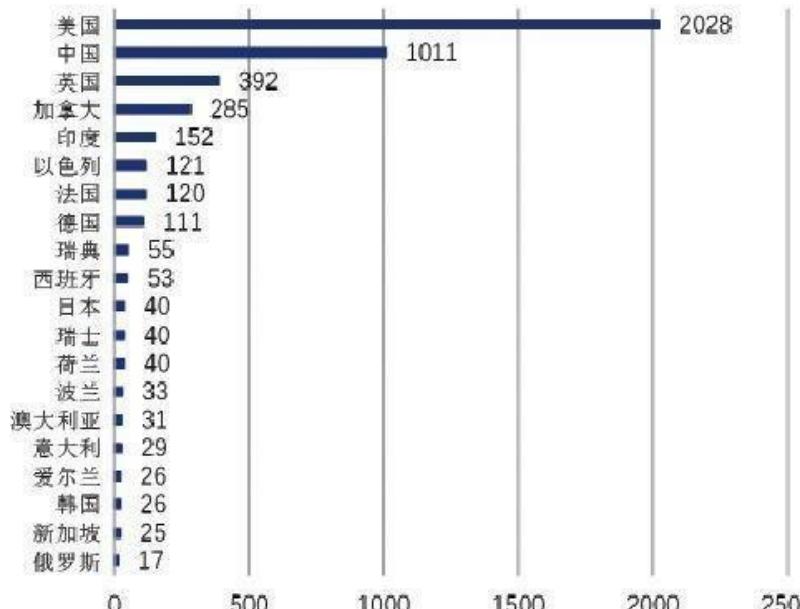
中国人工智能发展战略和政策环境





C2.1 中国人工智能企业规模

图1 全球人工智能企业分布（单位：家）



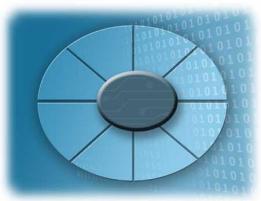
中国人工智能企业数量为全球第二，北京是全球人工智能企业最集中的城市



截至2018年6月，全球共监测到人工智能企业总数达4925家，其中美国人工智能企业数 2028家，位列全球第一

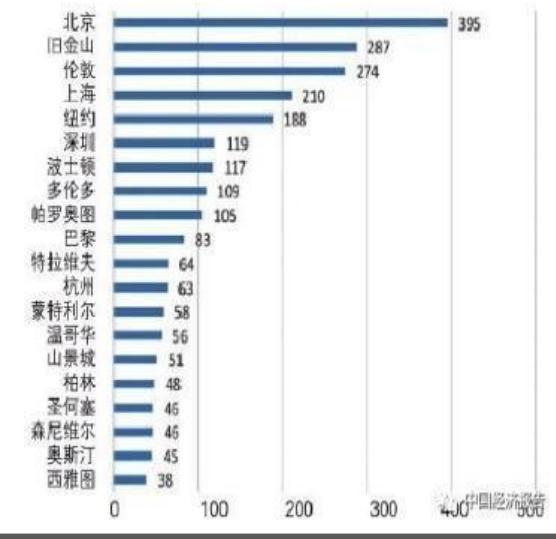


中国(不含港澳台地区)人工智能企业总数 1011家，位列全球第二，其后分别是英国、加拿大和印度



C2.2 从城市角度看人工智能发展

图2 全球人工智能企业数量TOP20城市 (单位: 家)



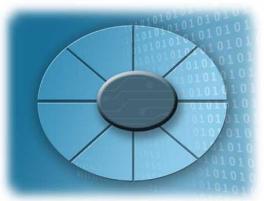
城市排名

全球人工智能企业数量排名前20的城市



TEXT HERE

- 美国占9个，中国占4个，加拿大占3个，英国、德国、法国和以色列各占1个
- 北京成为全球人工智能企业数量最多的城市，其次是旧金山和伦敦
- 上海、深圳和杭州的人工智能企业数量也进入全球前20



C2.3 从成立时间看人工智能的发展

中国人工智能企业的平均年龄
为5.5年

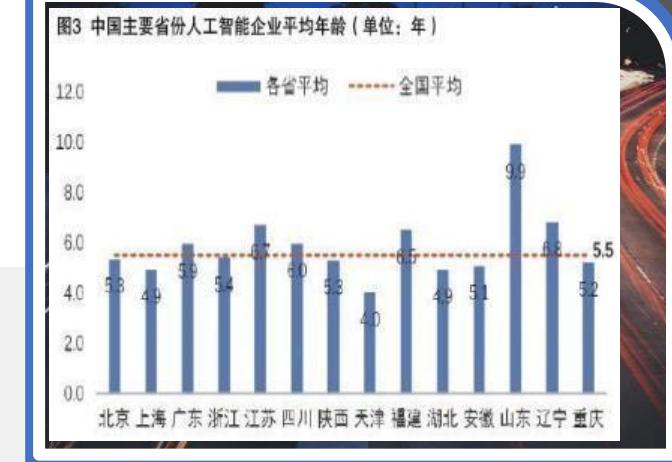
中国人工智能创业企业的涌现集中在2012-2016年，
在2015年达到顶峰，新增初创企业数量达到228家。
从2016年开始，创业企业的增速有所放缓。



北京、上海和天津等地初创企
业云集，企业平均年龄相较于
全国平均水平更年轻，平均年
龄在5.5年以下。



山东和辽宁等地老牌工业机器
人和自动化企业转型较多，企
业年龄相对较大。





C2.4 中国人工智能在行业的应用

中国人工智能在行业的应用

人工智能的应用技术主要包括语音类技术(包括语音识别、语音合成等)、视觉类技术(包括生物识别、图像识别、视频识别等)和自然语言处理类技术(包括机器翻译、文本挖掘、情感分析等)。将基础硬件考虑在内，国内外人工智能企业应用技术分布如图所示。相比国外，中国人工智能企业的应用技术更集中于视觉和语音，而基础硬件占比偏小。

人工智能在行业应用上包括智能机器人、智能驾驶、无人机、AR/VR、大数据及数据服务、各类垂直领域应用(本文中定义为“AI+”)等。国内外人工智能企业的行业应用分布如图所示。可以看出，相比于国外，国内企业更看重智能机器人、无人机和智能驾驶等终端产品的市场，而国外企业更注重AI在各类垂直行业的应用。

图4 国内外人工智能企业应用技术分布

■ 语音 ■ 视觉 ■ 自然语言处理 ■ 基础硬件

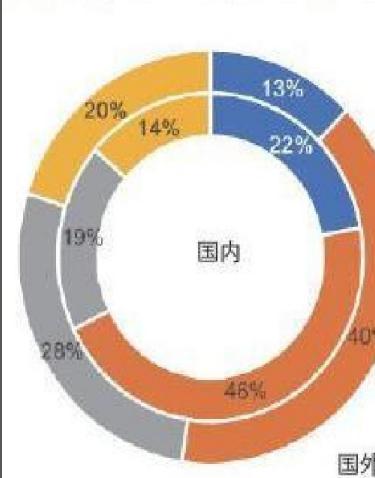
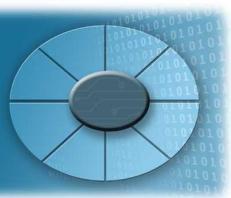


图5 国内外人工智能企业行业分布

■ AI ■ 智能机器人 ■ 智能驾驶 ■ 无人机

■ 大数据及数据服务 ■ AR/VR





C2.5 中国已成为全球人工智能投融资规模最大的国家

- 自2013年以来，全球和中国人工智能行业投融资规模都呈上涨趋势。2017年全球人工智能投融资总规模达395亿美元，融资事件1208笔，其中中国的投融资总额达到 277.1亿美元，融资事件369笔。中国AI企业融资总额占 全球融资总额的70%，融资笔数达31%。
- 根据2013年到2018年第一季度全球的投融资数据，中国已在人工智能融资规模上超越美国成为全球最“吸金” 国家，但是在投融资笔数上，美国仍然在全球处于领先地位。

图7 中国人工智能投融资地域分布（2015–2018Q1）

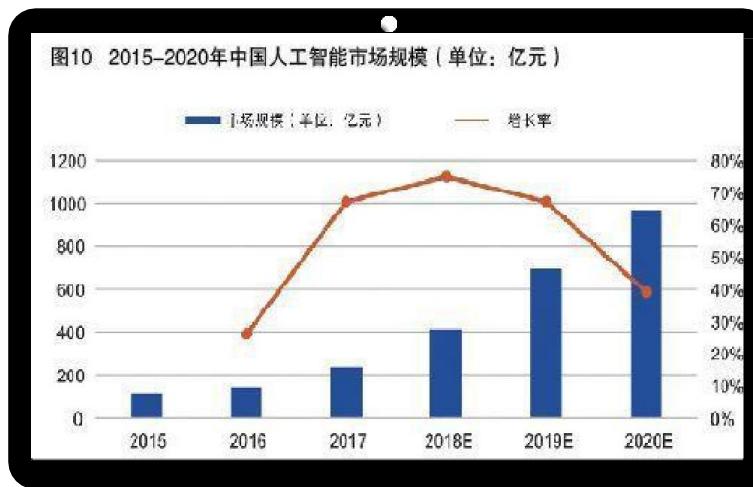


图8 中国人工智能投资轮次分布





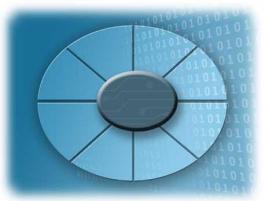
C2.6 中国人工智能市场规模



中国人工智能市场规模

中国人工智能市场增长迅速， 计算机视觉市场规模最大

2017年中国人工智能市场规模达到237.4亿元，相较于2016年增长67%。其中以生物识别、图像识别、视频识别等技术为核心的计算机视觉市场规模最大，占比34.9%，达到82.8亿元



C2.7 中国人工智能终端产品

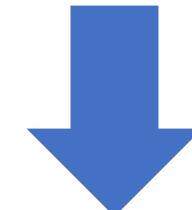
人工智能技术尚处于发展阶段

- 目前，由于人工智能技术尚处于发展阶段，且以机器学习、深度学习为代表的新一代人工智能技术主要体现在算法层面，而成熟的实体终端产品并不多



三款成熟终端产品介绍

- 下面主要对发展较为成熟，且已初具市场规模的三款终端产品予以介绍，分别是智能音箱、智能机器人和无人机



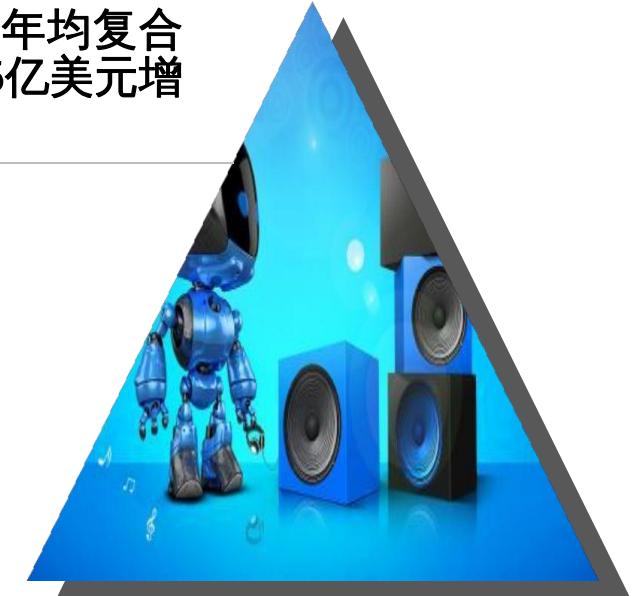


C2.7.1 中国人工智能终端产品——智能音箱

智能音箱

搭载了人工智能语音交互系统的联网智能音箱近几年年均复合增长率超过30%，全球总市场规模将从2017年的11.5亿美元增至 2021年的35.2亿美元，超过普通智能音箱市场。

- 研究公司Canalys今年5月发布的最新数据显示，谷歌已经超过亚马逊成为全球智能音箱市场的第一巨头。谷歌在2018年第一季度售出了320万台智能音箱，市场份额达36.2%
- 相比之下，亚马逊售出了250万台Echo智能音箱，市场份额为27.7%。
- 中国两大品牌阿里巴巴天猫和小米在第一季度分列全球智能音箱市场第三和第四位，市场份额分别为11.8%和7.0%。





C2.7.2 中国人工智能终端产品——智能机器人

智能机器人的关键技术包括视觉、传感、人机交互和机电一体化等

从应用角度分，智能机器人可以分为
工业机器人和服务机器人

工业机器人一般包括搬运机器人、码垛机器人、喷涂机器人和协作机器人等。

服务机器人可以分为行业应用机器人和个人/家用机器人。

- 行业应用机器人包括智能客服、医疗机器人、物流机器人、引领和迎宾机器人等
- 个人/家用机器人包括个人虚拟助理、家庭作业机器人(如扫地机器人)、儿童教育机器人、老人看护机器人和情感陪伴机器人等

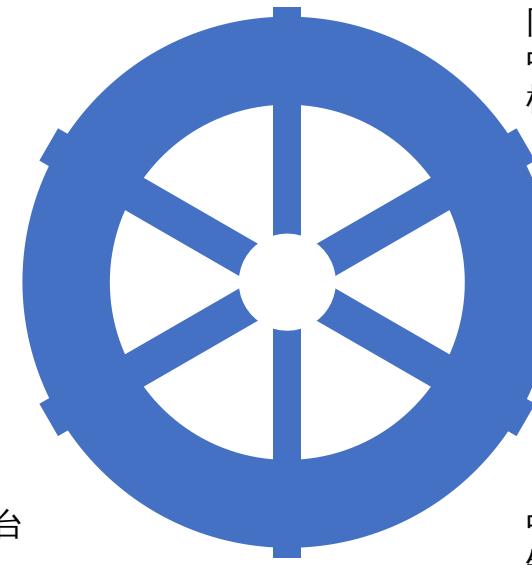


C2.7.3 中国人工智能终端产品——智能机器人市场规模

根据IFR 2018年6月最新发布的数据，2017年全球机器人市场规模已达500亿美元

2017年，中国的工业机器人销量达13.8万台，其次是韩国，约4万台，日本销量约有3.8万台

在欧洲，德国售出了约2.2万台



2017年全球工业机器人的总销量达38万台，同比增长29%。
中国自2013年以后一直是全球最大的工业机器人市场

在美洲，美国是最大的单一市场，销售了约3.3万台工业机器人

中、韩、日、美、德五国2017年工业机器人销量占全球总销量的71%



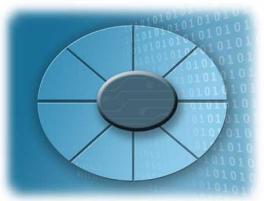
C2.8 中国人工智能终端产品——无人机

目前无人机市场主要由个人消费级无人机和商用无人机构成。消费级无人机主要用于航拍、跟拍等娱乐场景。商用无人机的应用范围则非常广泛，可以用于农林植保、物流、安保、巡防等多个领域。

消费级无人机售价基本保持在5000美元以下，续航能力不超过1小时。商用无人机相比于个人无人机，拥有更大的有效载荷和更长的飞行时间，目前在工业领域应用最为成功。商用无人机市场出货量虽小，但售价较高，其收入占据了无人机市场的三分之二。Gartner预测2018年全球无人机市场产量将达313万台，市场规模将达到73亿美元，预计较2017年同比增长28%。

目前国内最有影响力的无人机企业是大疆创新(DJI)。大疆主要开发制造消费级无人机，同时在民用领域也有渗透。在消费级无人机市场，大疆在全球占有绝对领先的市场地位。

除大疆外，国内还有一些发展较快、比较有影响力的无人机企业，如亿航、零零无限、零度智控和极飞科技等。



C2.9 中国人工智能的行业应用——智能医疗

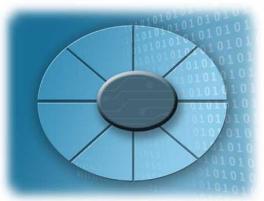


智能医疗

- 过去，医生以自己的医疗知识和临床经验为基础，根据病人的症状和检查结果判定病症及病程。如今，人们将人工智能应用于医疗辅助诊断，让计算机“学习”专业的医疗知识、“记忆”海量历史病例、识别医学影像，构建智能诊疗系统，为医生提供一个“超级助手”，帮助医生完成诊断。IBM的Watson是智能诊疗应用中的一个著名案例，Watson可以在17秒内阅读3469本医学专著、248000篇论文、69种治疗方案、61540次试验数据、106000份临床报告。2012年Watson通过了美国职业医师资格考试，并部署在美国多家医院提供辅助诊疗的服务。目前Watson提供诊治服务的病种包括乳腺癌、肺癌、结肠癌、前列腺癌、膀胱癌、卵巢癌、子宫癌等多种癌症。

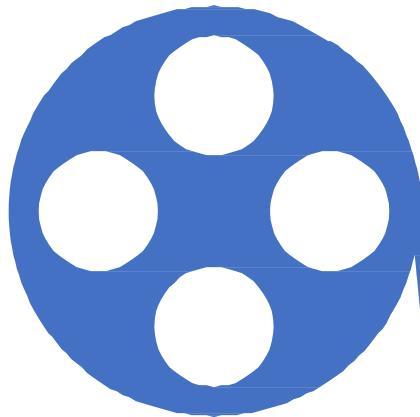


- 随着人工智能技术的不断落地，已有不少应用人工智能提高医疗服务水平的成功案例。人工智能已深入医疗健康领域的方方面面，包括智能诊疗、医学影像分析、医学数据治理、健康管理、精准医疗、新药研发等场景中都可以看到人工智能的身影



C2.10 中国人工智能的行业应用——智能金融

中国人工智能的行业应用—— 智能金融



01

智能金融是人工智能技术与金融体系的全面融合。人工智能在金融领域的应用主要包括“智能投顾”和金融欺诈检测等。

02

“智能投顾”，即智能投资顾问，是金融科技中非常常见的一类应用场景。“智能投顾”通过机器学习算法，根据客户设定的收益目标、年龄、收入、当前资产及风险承受能力自动调整金融投资组合，以实现客户的收益目标。不仅如此，算法还能根据客户收益目标的变动和市场行情的变化实时自动调整投资策略，始终围绕客户的收益目标为客户提供最佳投资组合。目前美国的一些大中型投资公司（如 Betterment 和 WealthFront）已经通过“智能投顾”为客户提供服务，并且价格低廉，获得了年轻一代的喜爱和认可。

03

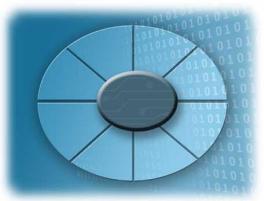
以往金融欺诈检测系统非常依赖复杂和呆板的规则，由于缺乏有效的科技手段，已无法应对日益演进的欺诈模式和欺诈技术。伪造、冒充身份等欺诈事件常有发生，给金融企业和用户造成很大经济损失。国内以猛犸反欺诈为代表的金融科技公司，应用人工智能技术构建自动、智能的反欺诈技术和系统，可以帮助企业风控系统打造用户行为追踪与分析能力，建立异常特征的自动识别能力，逐步达到自主、实时发现新欺诈模式的目标。



C2.11 中国人工智能的行业应用——智能安防

- 安防是人工智能落地较好的应用领域。安防以图像、视频数据为核心，海量的数据来源满足了算法和模型训练的需求，同时人工智能技术也为安防行业事前预警、事中响应和事后处理提供了技术保障。
- 目前，人工智能在安防领域的应用主要包括警用和民用两个方向。警用方向，人工智能在公安行业的应用最具有代表性。利用人工智能技术实时分析图像和视频内容，可以识别人员、车辆信息、追踪犯罪嫌疑人，也可以通过视频检索从海量图片和视频库中对犯罪嫌疑人进行检索比对，为各类案件侦查节省宝贵时间。在民用方向，利用人工智能可以实现智能楼宇和工业园区的智能监控。智能楼宇包括门禁管理、通过摄像头实现“人脸打卡”、人员进出管理、发现盗窃和违规探访的行为。在工业园区，固定摄像头和巡防机器人配合，可实现对园区内各个场所的实时监控，并对潜在的危险进行预警。除此之外，民用安防方向还有一个非常重要的应用场景，就是家用安防。当检测到家庭中没有人员时，家庭安防摄像机可自动进入布防模式，有异常时，给予闯入人员声音警告，并远程通知家庭主人。而当家庭成员回家后，又能自动撤防，保护用户隐私。
- 安防领域作为人工智能成功落地的一个应用，国内很多安防企业也开始从技术、产品等不同角度涉足人工智能。大华、海康威视、东方网力等传统企业在不断加大安防产品的智能化；另外，像商汤科技、旷视科技、云从科技和依图科技等以算法见长的企业正将技术重点聚焦于人脸识别、行为分析等图像智能领域。





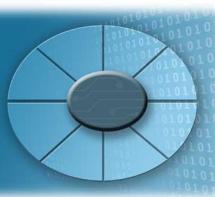
C2.12 中国人工智能的行业应用——智能家居



智能家居基于物联网技术，以住宅为平台，由硬件、软件、云平台构成家居生态圈。智能家居可以实现远程设备控制、人机交互、设备互联互通、用户行为分析和用户画像等，为用户提供个性化生活服务，使家居生活更便捷、舒适和安全。

例如，借助语音和自然语言处理技术，用户通过说话即可实现对智能家居产品的控制，如语音控制开关窗帘(窗户)、照明系统、调节音量、切换电视节目等操作；借助机器学习和深度学习技术，智能电视、智能音箱等可以根据用户订阅或者收看的历史数据对用户进行画像，并将用户可能感兴趣的内容推荐给用户。在家居安防方面，可以利用面部识别、指纹识别等生物识别技术对智能家居产品进行解锁，通过智能摄像头实时监控住宅安全，对非法入侵者进行监测等。

在国内，小米打造的智能家居生态链在经历了几年的积累后，已经形成了一套自研、自产、自销的完整体系，接入生态链的硬件已经高达6000万台。另外，以美的、海尔、格力为代表的传统家电企业依托本身庞大的产品线及市场占有率，也在积极向智能家居转型，推进自己的智能战略。

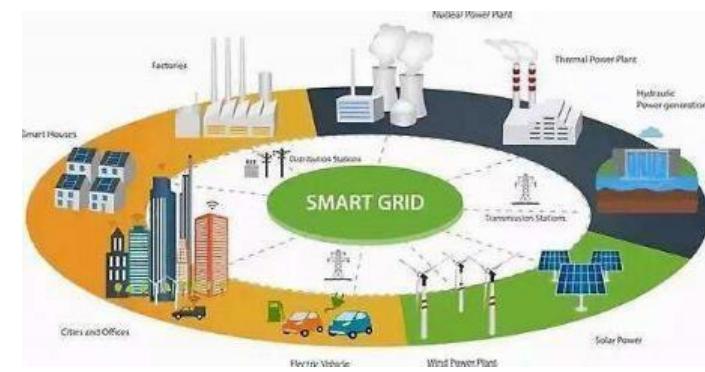


C2.13 中国人工智能的行业应用——智能电网

伴随着电网规模日趋庞大，未来人工智能将成为智能电网的核心部分。在需求方面，人工智能技术能持续监控家庭和企业的智能电表和传感器的供需情况，实时调整电网的电力流量，实现电网的可靠、安全、经济、高效。

在供应方面，人工智能技术能协助电力网络营运商或者政府改变能源组合，调整化石能源使用量，增加可再生能源的产量，并且将可再生能源的自然间歇性破坏降到最低。生产者将能够对多个来源产生的能源输出进行管理，以便实时匹配社会、空间和时间的需求变化。

在线路的巡视巡检方面，借助智能巡检机器人和无人机实现规模化、智能化作业，提高效率和安全性。智能巡检机器人搭载多种检测仪，能够近距离观察设备，运检准确性高。在数据诊断方面，相比人眼和各类手持仪器，机器人巡检也更精确，而且全天候全自主，大大提高了设备缺陷和故障查找的准确性和及时性。同时，可以对机器人巡检的每个点位的历史数据进行趋势分析，提前预警设备潜在的劣化信息，为制定精准检修策略提供科学依据。无人机搭载高清摄像仪，具有高精度定位和自动检测识别功能，可以飞到几十米高的输电铁塔顶端，利用高清变焦相机对输电设备进行拍照，即便非常细小的零件发生松脱现象，也可通过镜头得到清晰精准的呈现。来自广东电网的资料显示，广东电网在变电站的机巡，年作业量超18万公里，相当于绕地球4圈半，其中无人机巡视占85%，作业量全球第一，综合效率提升了2.6倍。



C

中国人工智能的发展态势

C1

中国人工智能科技产出与人才投入

C2

中国人工智能产业发展和市场应用

C3

中国人工智能发展战略和政策环境





C3.1 国际比较:各国人工智能战略与政策各有着重点

2013年以来，美、德、英、法、日、中等国都纷纷出台了人工智能战略和政策。各国人工智能战略各有侧重



美国重视人工智能对经济发展、科技领先和国家安全的影响



欧盟国家关注人工智能带来的安全、隐私、尊严等方面的伦理风险



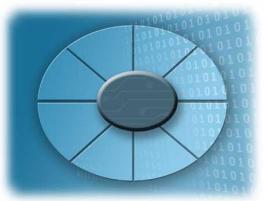
日本希望人工智能推进其超智能社会的建设



中国人工智能政策聚焦于实现人工智能领域的产业化，助力中国的制造强国战略



各国政策在研发重点和重点应用领域也存在着较大差异。



C3.2 国家政策:从物联网，到大数据，再到人工智能



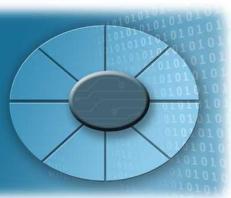
从2009至今，中国人工智能政策的演变可以分为五个阶段，其核心主题词也不断变化，体现了各阶段发展重点的不同



国家层面政策早期关注物联网、信息安全、数据库等基础科研，中期关注大数据和基础设施，而2017年后人工智能成为最核心的主题，知识产权保护也成为重要主题



综合来看，中国人工智能政策主要关注以下六个方面：中国制造、创新驱动、物联网、互联网+、大数据、科技研发



C3.3 地方政策:响应国家战略，地方政策主题因地而异

地方政府积极响应国家人工智能发展战略，其中，《中国制造2025》处于人工智能政策应用网络的核心，在地方人工智能政策制定过程中发挥着纲领性的作用。

通过政策发布数量来看，目前中国人工智能发展活跃的区域主要集中在京津冀、长三角和粤港澳地区。

各省的政策主题也大有不同，比如江苏省关注基础设施、物联网和云计算等基础研发领域，广东省关注制造和机器人等人工智能应用，而福建省关注物联网、大数据、创新平台和知识产权，各地政策与地方发展条件密切相关。

D

中国人工智能的产业机会

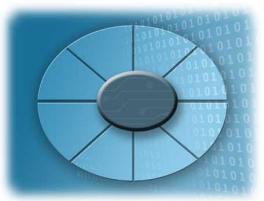
D1

中国人工智能发展机遇

D2

人工智能对社会的综合影响





D1.1 中国人工智能发展态势

中国科学院院士谭铁牛先生总结，
中国人工智能“高度重视，态势 喜人，差距不小，前景看好”





D1.2 党中央、国务院高度重视并大力支持发展人工智能

习近平总书记在党的十九大、2018年两院院士大会、全国网络安全和信息化工作会议、十九届中央政治局第九次集体学习等场合多次强调要加快推进新一代人工智能的发展。

2017年7月，国务院发布《新一代人工智能发展规划》，将新一代人工智能放在国家战略层面进行部署，描绘了面向

2030年的我国人工智能发展路线图，旨在构筑人工智能先发优势，把握新一轮科技革命战略主动。国家发改委、工信部、科技部、教育部等国家部委和北京、上海、广东、江苏、浙江等地方政府都推出了发展人工智能的鼓励政策。

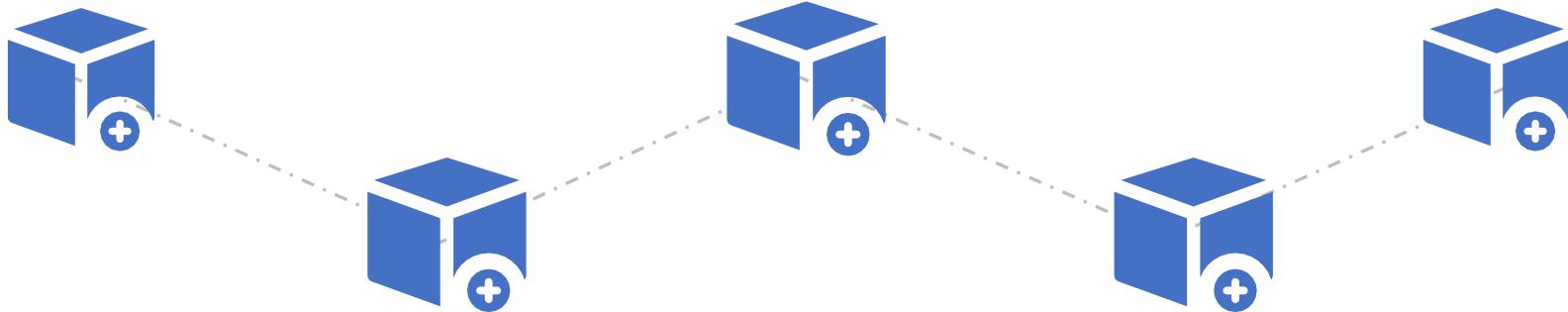


D1.3 我国人工智能态势喜人

据清华大学发布的《中国人工智能发展报告2018》统计，我国已成为全球人工智能投融资规模最大的国家，我国人工智能企业在人脸识别、语音识别、安防监控、智能音箱、智能家居等人工智能应用领域处于国际前列

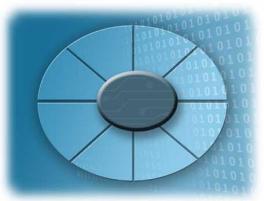
近两年，中国科学院大学、清华大学、北京大学等高校纷纷成立人工智能学院

总体来说，我国人工智能领域的创新创业、教育科研活动非常活跃



根据2017年爱思唯尔文献数据库统计结果，我国在人工智能领域发表的论文数量已居世界第一

2015年开始的中国人工智能大会已连续成功召开四届并且规模不断扩大



D1.4 我国与美国相比差距不小

在全球人工智能人才700强中，中国虽然入选人数名列第二，但远远低于约占总量一半的美国

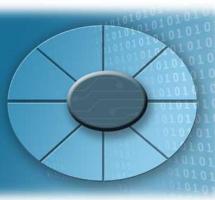
我国人工智能开源社区和技术生态布局相对滞后，技术平台建设力度有待加强，国际影响力有待提高



目前我国在人工智能前沿理论创新方面总体上尚处于“跟跑”地位，大部分创新偏重于技术应用，在基础研究、原创成果、顶尖人才、技术生态、基础平台、标准规范等方面距离世界领先水平还存在明显差距

2018年市场研究顾问公司Compass Intelligence对全球100多家人工智能计算芯片企业进行了排名，我国没有一家企业进入前十

我国参与制定人工智能国际标准的积极性和力度不够，国内标准制定和实施也较为滞后。我国对人工智能可能产生的社会影响还缺少深度分析，制定完善人工智能相关法律法规的进程需要加快



D1.5 我国人工智能前景看好

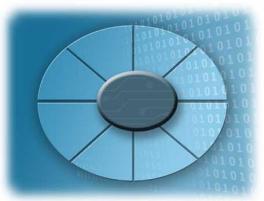


当前是我国加强人工智能布局、收获人工智能红利、引领智能时代的历史机遇期，如何在人工智能蓬勃发展的浪潮中选择好中国路径、抢抓中国机遇、展现中国智慧等，需要深入思考

我国发展人工智能具有市场规模、应用场景、数据资源、人力资源、智能手机普及、资金投入、国家政策支持等多方面的综合优势，人工智能发展前景看好

全球顶尖管理咨询公司埃森哲于2017年发布的《人工智能：助力中国经济增长》报告显示，到2035年人工智能有望推动中国劳动生产率提高27%

我国发布的《新一代人工智能发展规划》提出，到2030年人工智能核心产业规模超过1万亿元，带动相关产业规模超过10万亿元。在我国未来的发展征程中，“智能红利”将有望弥补人口红利的不足

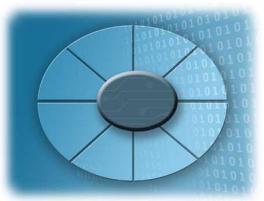


D1.6 树立理性务实的发展理念

任何事物的发展不可能一直处于高位，有高潮必有低谷，这是客观规律。

实现机器在任意现实环境的自主智能和通用智能，仍然需要中长期理论和技术积累，并且人工智能对工业、交通、医疗等传统领域的渗透和融合是个长期过程，很难一蹴而就。

因此，发展人工智能要充分考虑到人工智能技术的局限性，充分认识到人工智能重塑传统产业的长期性和艰巨性，理性分析人工智能发展需求，理性设定人工智能发展目标，理性选择人工智能发展路径，务实推进人工智能发展举措，只有这样才能确保人工智能健康可持续发展。



D1.7 重视固本强基的原创研究



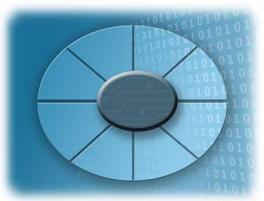
人工智能前沿基础理论是人工智能技术突破、行业革新、产业化推进的基石



面临发展的临界点，要想取得最终的话语权，必须在人工智能基础理论和前沿技术方面取得重大突破



我们要按照习近平总书记提出的“支持科学家勇闯人工智能科技前沿‘无人区’”的要求，努力在人工智能发展方向和理论、方法、工具、系统等方面取得变革性、颠覆性突破，形成具有国际影响力的人工智能原创理论体系，为构建我国自主可控的人工智能技术创新生态提供领先跨越的理论支撑



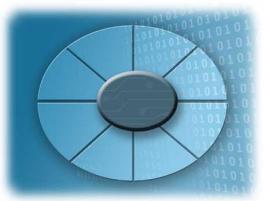
D1.8 构建自主可控的创新生态

我国人工智能开源社区和技术创新生态布局相对滞后，技术平台建设力度有待加强。

我们要以问题为导向，主攻关键核心技术，加快建立新一代人工智能关键共性技术体系，全面增强人工智能科技创新能力，确保人工智能关键核心技术牢牢掌握在自己手里。

要着力防范人工智能时代“空心化”风险，系统布局并重点发展人工智能领域的“新核高基”：“新”指新型开放创新生态，如产学研融合等；“核”指核心关键技术与器件，如先进机器学习技术、鲁棒模式识别技术、低功耗智能计算芯片等；“高”指高端综合应用系统与平台，如机器学习软硬件平台、大型数据平台等；“基”指具有重大原创意义和技术带动性的基础理论与方法，如脑机接口、类脑智能等。

同时，我们要重视人工智能技术标准的建设、产品性能与系统安全的测试。特别是我国在人工智能技术应用方面走在世界前列，在人工智能国际标准制定方面应当掌握话语权，并通过实施标准加速人工智能驱动经济社会转型升级的进程。



D1.9 推动共担共享的全球治理



目前看，发达国家通过人工智能技术创新掌控了产业链上游资源，难以逾越的技术鸿沟和产业壁垒有可能进一步拉大发达国家和发展中国家的生产力发展水平差距



在发展中国家中，我国有望成为全球人工智能竞争中的领跑者，应布局构建开放共享、质优价廉、普惠全球的人工智能技术和应用平台，配合“一带一路”建设，让“智能红利”助推共建人类命运共同体

D

中国人工智能的产业机会

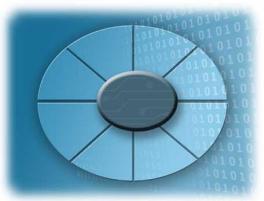
D1

中国人工智能发展机遇

D2

人工智能对社会的综合影响

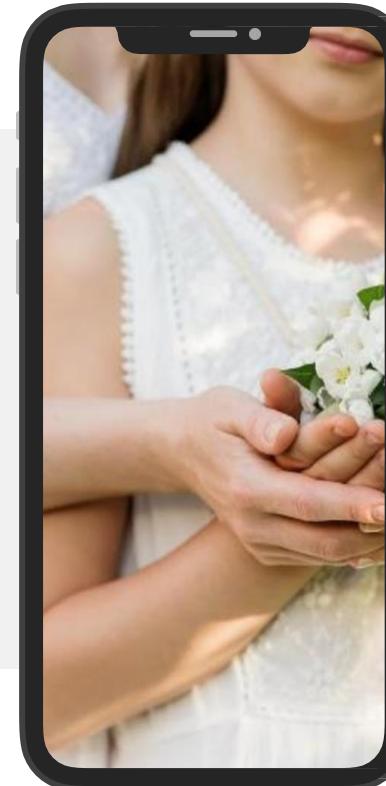




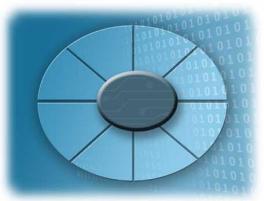
D2.1 智能技术对社会的综合影响



随着人工智能的充分发展，劳动生产率和生产力水平的提升，人们的生活体验将更加丰富多彩，将更多地将人们从体力劳动乃至常规性的脑力劳动中解放出来，更多地投入到创造性活动当中，使人类自身与社会得到更充分的发展



当前，人工智能技术的突飞猛进正不断改变着零售、农业、物流、教育、医疗、金融、商务等领域的发展模式，重构生产、分配、交换、消费等各环节。根据IDC数据显示，在未来5年内，人工智能技术应用到多个行业，将极大提高这些行业的运转效率，具体提升的效率为教育行业82%、零售业71%、制造业64%、金融业58%



D2.2 人工智能对教育和就业的影响

发展人工智能的最终目的不是用来替代人类，而是帮助人类变得更加智慧，而教育将在这个过程中起到关键性作用。人工智能技术提升经济活动中的产能，使得人们逐渐从机械的重复性的或危险的劳动中抽离出来，从而增加了思考、欣赏等闲暇时间，更专注于创新能力、思考能力、审美与想象力的潜能开发与提升。

在教育领域深度发展人工智能的意义并不是取代教师，而是协助教师使教学变得更加高效和有趣。另外，在人工智能技术所影响的教育体系中，对人才的信息输入与输出能力、自主学习能力等的要求骤然提高，创新能力的培养也成为重要方向。

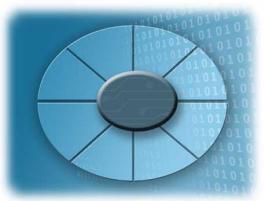
可以判断，在人工智能重塑产业格局和消费需求的情境下，一部分工作岗位终将被历史淘汰，但是也会伴随着人工智能技术孵化出一系列新的岗位。另一方面，新型的人机关系正在构建，非程序化的认知类工作会变得愈发难以替代，其对人的创新、思考与想象力提出更高的要求。



人工智能在教育领域的应用主要集中在以下几方面：自适应(个性化)学习、虚拟导师、教育机器人、基于编程和机器人的科技教育、基于虚拟现实/增强现实的场景式教育。用适合自己的方式去学习，不仅效率会提高，而且会保持更长时间的学习兴趣。

随着技术的发展逐步替代人类从事大部分繁琐重复的工作或体力劳动，在给人们带来福利的同时也带来前所未有的挑战。今天已经有越来越多的人担忧是否自己的工作会被人工智能技术所取代，或者只能在人工智能所留下的“夹缝”中生存。有专家对中国的就业岗位被人工智能取代的概率进行了估算，结果显示，未来20年中，约占总就业人口76%的劳动力会受到来自人工智能技术的冲击，若只考虑非农业人口，这一比例为65%。但同时，人工智能技术对就业的创造效应也已有所显现。调查显示，中国科技公司目前人工智能团队规模平均扩张20%，而且这种需求还会增长。另外国家工业和信息化部教育考试中心专家称，在未来几年中国对AI领域的人才需求可能增至500万。

机械化和智能化塑造着新的就业格局，但也要警惕新格局下有可能发生的衍生问题，比如由于失业率上升而引起的贫富差距和社会稳定问题。人工智能所带来的“冲击”是持续性的，对教育和就业的多重影响也是持续性的，因此也需要不断积极探索与技术革命相匹配、相适应的教育与就业机制。



D2.3 人工智能对隐私与安全的影响

今天，在许多生活消费场景中，人们对个性化体验的需求不断增加，个性化、场景化服务也逐渐成为人工智能驱动创新的主要方向。服务供应方在信息获取社交化、时间碎片化的情境下，着力建立更灵活便捷的消费场景，给人们带来更加友好的用户体验。与此同时，随着语音识别、人脸识别、机器学习算法的发展和日趋成熟，企业可以通过分析客户画像真正理解客户，精准、差异化的服务使得客户的被重视被满足感进一步增强。但是在蕴藏着巨大商业价值的同时，也对现有法律秩序与公共安全构成了一定的挑战。

网络空间的虚拟性，使得个人数据更易于被收集与分享，极大地便利了身份信息编号、健康状态、信用记录、位置活动踪迹等信息的存储、分析和交易过程，与此同时，人们却很难追踪个人数据隐私的泄露途径与程度。例如，以人工智能技术为支撑的智慧医疗，病人的电子病例、私人数据归属权如何界定，医院获得及使用私人数据的权限界限如何规范。再比如人工智能技术生成作品的著作权问题等。开放的产业生态使得监管机构难以确定监管对象，也令法律的边界变得越来越模糊。

人工智能的普遍使用使得“人机关系”发生了趋势性的改变，人机频繁互动，可以说已形成互为嵌入式的新型关系。时间与空间的界限被打破、虚拟与真实也被随意切换，这种趋势下的不可预测性与不可逆性很有可能会触发一系列潜在风险。与人们容易忽略的“信息泄露”不同，人工智能技术也可能被少数别有用心的人有目的地用于欺诈等犯罪行为。如基于不当手段获取的个人信息形成“数据画像”，并通过社交软件等冒充熟人进行诈骗。再比如，使用人工智能技术进行学习与模拟，生成包括图像、视频、音频、生物特征在内的信息，突破安防屏障。去年曾有报道，新款苹果手机“刷脸”开机功能被破解即是这类例子。而从潜在风险来看，无人机、无人车、智能机器人等都存在遭到非法侵入与控制，造成财产损失或被用于犯罪目的的可能。

随着人工智能研发与应用的突飞猛进，一系列价值难题也正逐渐显现 在人们面前

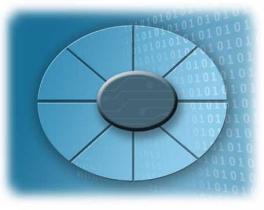


目前还有大量不会上网、由于客观条件无法使用互联网及不愿触碰互联网的人群，已经被定义为人工智能时代的“边缘人”，而人工智能对人们的文化水平、信息流的掌握程度又有了更高的要求

人工智能技术越发达，信息鸿沟就越深，进而演变为服务鸿沟、福利鸿沟，而在人工智能时代，“边缘人”将越来越难享受到便捷的智能信息服务，也更不易获得紧缺的服务资源

在人类社会，按照公正原则，人工智能技术应该使尽可能多的人群获益，技术所带来的福利和便捷应让尽可能多的人群共享。2017年初在美国阿西洛马召开的BeneficialAI会议上提出的“阿西洛马人工智能原则”强调，应以安全、透明、负责、可解释、为人类做贡献和多数人受益等方式开发人工智能。实实在在的公共服务将极大限度地促进和谐良好的人际关系，使均等的智能服务惠及各地区、不同行业和不同群体

因此人工智能技术突飞猛进的同时，要积极思考与研究如何利用其提高基本公共服务平台的建设水平，不断缩小信息鸿沟，建设高效、发达、宜居的智能社会，推动社会包容与可持续发展，让全体公民能共享科技创造的美好未来



END





网络智能技术

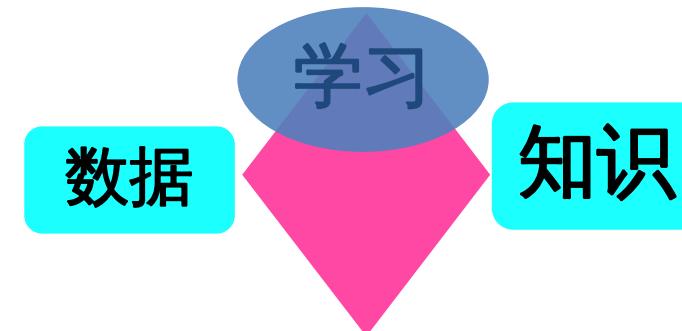
石光耀

重庆邮电大学计算机学院



§ 学习现象

- Ø 语言、文字的认知识别
- Ø 图像、场景、自然物体的认知识别
- Ø 规则
 - ▲ (eg 下雨天要带雨伞)
- Ø 复杂的推理、判断能力 (智能)
 - ▲ 好人与坏人 ?
 - ▲ 好猫与坏猫 ?



- 认知
- 推理
- 决策
- 识别

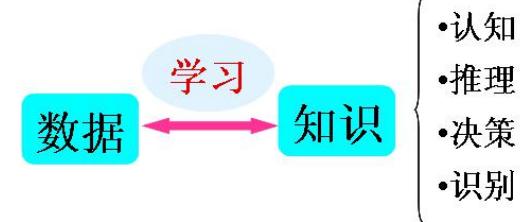


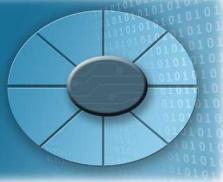
什么是机器学习？

§ 使得计算机具备和人类一样的学习能力

- Ø 决策
- Ø 推理
- Ø 认知
- Ø 识别
- Ø 等智能

§ 给定数据（样本、实例）和一定的学习规则， 从数据中获取知识的能力





机器学习与人工智能

- q **自然智慧的伟大与奥妙**
 - Ø 举例：婴儿的认知能力（声音、人脸、汽车...）
 - Ø 重要的二个特点：容错性，推广能力（举一反三）
- q **机器智能：希望用机器实现部分智能**
- q **基于数据的机器学习问题（引自清华张学工教授）**
 - Ø 根据已知样本估计数据之间的依赖关系，从而对未知或无法测量的数据进行预测和判断
 - Ø 关键：推广能力



什么是机器学习

q 中科院王珏研究员给出的定义：

Ø 令 W 是给定世界的有限或无限所有观测对象的集合，由于我们的观测能力有限，我们只能获得这个世界的一个子集 $Q \subset W$ ，称为样本集。机器学习就是根据这个样本集，推算这个世界 W 的模型，使它对这个世界（尽可能地）为真。

q 三个重要的理论问题：

Ø 一致： W 与 Q 有相同的性质。eg. i.i.d

Ø 划分：设样本定义于 d 维空间，要寻找在这个空间上的决策分界面

Ø 泛化（推广能力）：对未知样本的判断能力



What's is the Learning Problem?

q **Learning = Improving with experience at some task**

- | **Improve over task T**
- | **With respect to performance measurement P**
- | **Based on experience E**

q **Example: 中国象棋**

- | 任务T：下中国象棋
- | 性能目标P：比赛中击败对手（的百分比）
- | 训练经验E：和自己进行对弈，或者看棋谱

Ref : 《机器学习》 (曾华军等译)



Pedro对学习理解

2. LEARNING = REPRESENTATION + EVALUATION + OPTIMIZATION

Suppose you have an application that you think machine learning might be good for. The first problem facing you is the bewildering variety of learning algorithms available. Which one to use? There are literally thousands available, and hundreds more are published each year. The key to not getting lost in this huge space is to realize that it consists of combinations of just three components. The components are:

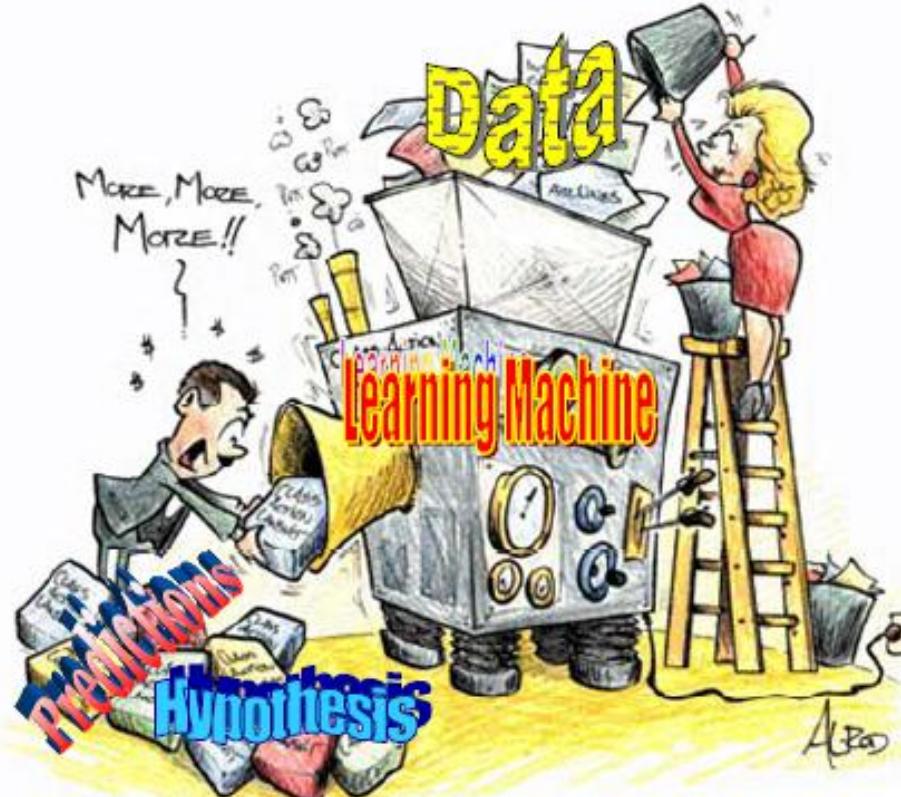
Representation. A classifier must be represented in some formal language that the computer can handle. Conversely, choosing a representation for a learner is tantamount to choosing the set of classifiers that it can possibly learn. This set is called the *hypothesis space* of the learner. If a classifier is not in the hypothesis space, it cannot be learned. A related question, which we will address in a later section, is how to represent the input, i.e., what features to use.

Evaluation. An evaluation function (also called *objective function* or *scoring function*) is needed to distinguish good classifiers from bad ones. The evaluation function used internally by the algorithm may differ from the external one that we want the classifier to optimize, for ease of optimization (see below) and due to the issues discussed in the next section.

Optimization. Finally, we need a method to search among the classifiers in the language for the *highest-scoring* one. The choice of optimization technique is key to the efficiency of the learner, and also helps determine the classifier produced if the evaluation function has more than one optimum. It is common for new learners to start out using off-the-shelf optimizers, which are later replaced by custom-designed ones.

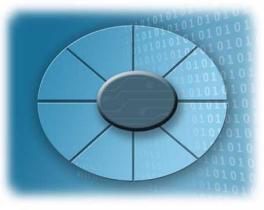


Machine Learning

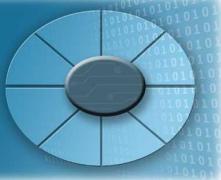


© Eric Xing @ CMU, 2006-2008

引用自CMU Dr. Eric Xing的Lecture Notes



机器学习的研究意义



机器学习的重要性！

q 《Science》 2001年论文：

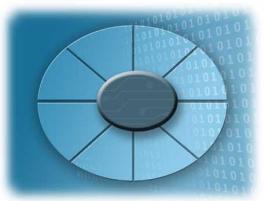
Ø ...每个科学领域的科学过程都有它自己的特点，但是，
观察、创立假设、根据决定性实验或观察的检验、可理
解检验的模型或理论，是各个学科所共有的。对这个抽
象的科学过程的每一个环节，机器学习都有相应的发展，
我们相信它将导致科学方法中从假设生成、模型构造到
决定性实验这些所有环节的合适的、部分的自动化。当前机器
学习研究在一些基本论题上取得令人印象深刻的
进展，我们预期机器学习研究在今后若干年中将有稳定的
进展！”

Ø 在稍早前，2000年《Science》还发表了另外3篇ML方
面的论文

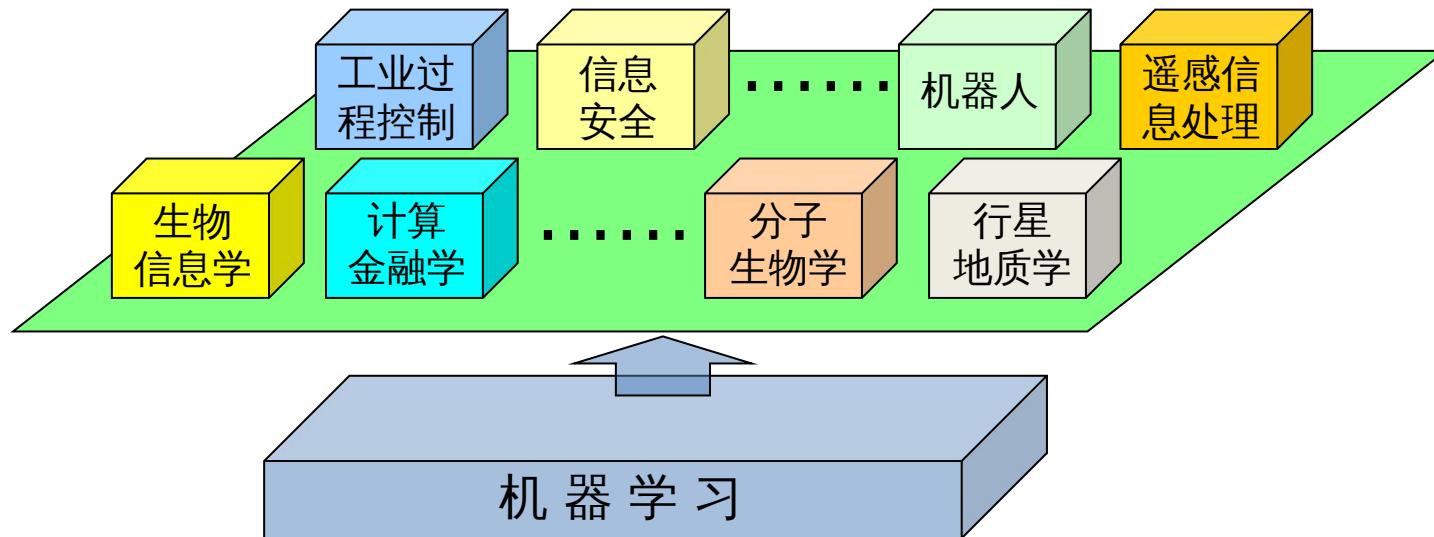
▲ “The Manifold Way of Perceptron”，“A global geometric

framework for nonlinear dimensionality reduction”，“Nonlinear

Mjolsness, D DeCoste, Machine Learning for Science: State of the Art and Future Prospects -
Science, 2001 : 2051-2055.

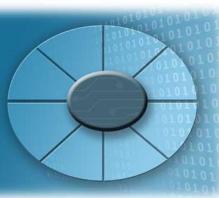


机器学习的重要性



摘自南京大学周志华教授

<http://cs.nju.edu.cn/people/zhouzh/>



多学科交叉

机器学习也是一个多学科交叉的产物，它吸取了人工智能、概率统计、神经生物学、认知科学、信息论、控制论、计算复杂性理论、哲学等学科的成果。

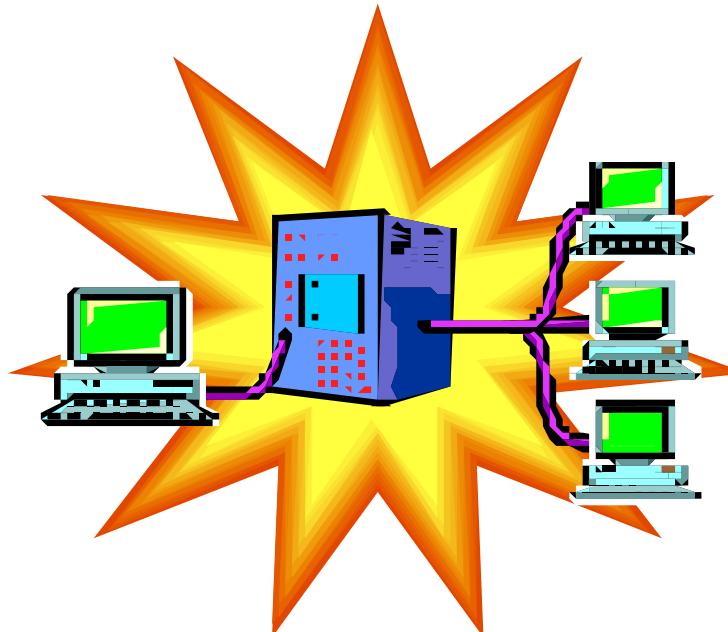
实践证明，机器学习在很多应用领域发挥了重要的实用价值，特别是在数据挖掘、语音识别、图像处理、机器人、车辆自动驾驶、生物信息学、信息安全、遥感信息处理、计算金融学、工业过程控制。



重要性：例子—网络安全

如何检测？

入侵检测：
是否是入侵？是何种入侵？



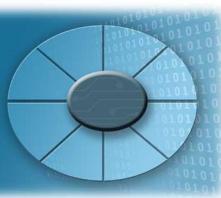
- 历史数据：以往的正常访问模式及其表现、以往的入侵模式及其表现.....
- 对当前访问模式分类

这是一个典型的预测
型机器学习问题

常用技术：

神经网络	决策树
支持向量机	k近邻
序列分析	聚类

.....



搜索引擎

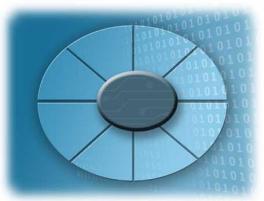


Google的成功，使得Internet
搜索引擎成为一个新兴的产业
不仅有众多专营搜索引擎的公司出现（例
如专门针对中文搜索的就有慧聪、百度
等），而且Microsoft等巨头也开始投入巨
资进行研发

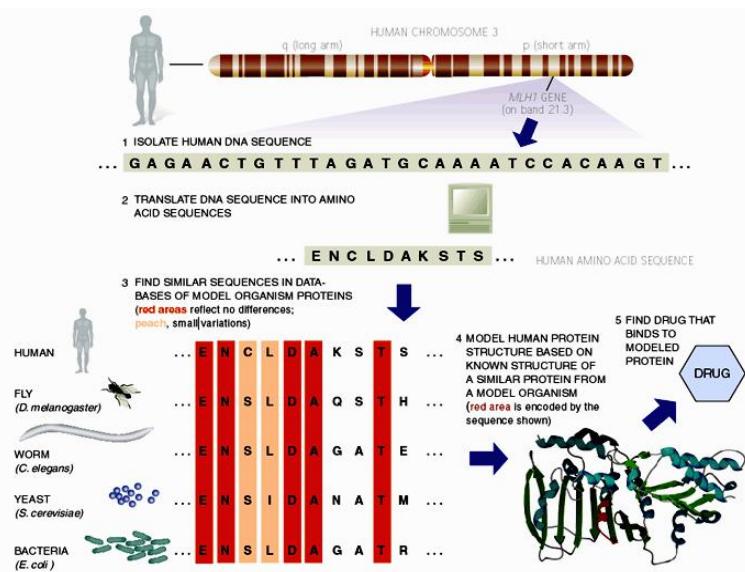
Google掘到的第一桶金，来源于其
创始人Larry Page和Sergey Brin提出
的PageRank算法

机器学习技术正在支撑着各类搜索
引擎（尤其是贝叶斯学习技术）

摘自南京大学周志华教授



重要性：例子—生物信息学



Genotype → Phenotype

DNA/Genes → Gene Expression → Proteins → Genetic Circuits → Cells → Physiology

Data → Discovery

Data Acquisition

Data Management

Data Analysis

Simulation

常用技术：

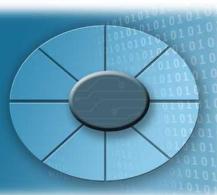
神经网络 支持向量机

隐马尔可夫模型

k近邻 决策树

序列分析 聚类

.....



重要性：例子—数据驱动控制

2.3.2 基于懒惰学习的控制方法

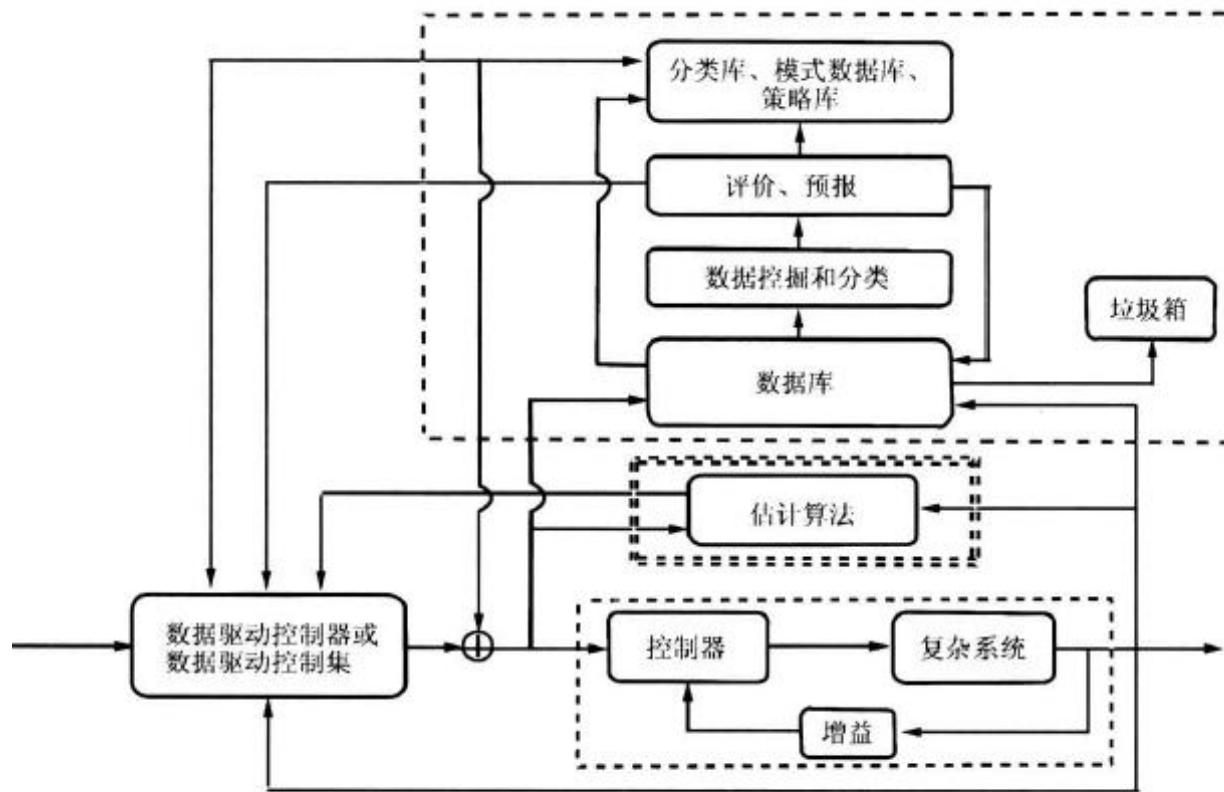
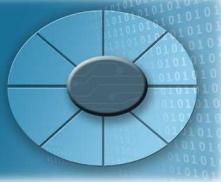
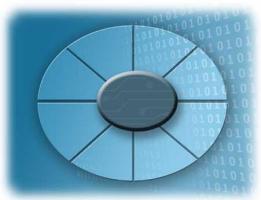


图 7 一类数据驱动控制系统结构
山航 J 一数据驱动控制系统的这一类，可以分为近似和重要的总结。



相关学科对ML的影响

- q **人工智能：**
 - Ø 学习的概念符号表示
- q **Bayes 方法**
- q **统计学：**
 - Ø 统计学习理论 (SLT)
- q **计算复杂性理论**
- q **控制论**
- q **信息论：最小描述长度**
- q **哲学：**
 - Ø “Occam's Razor原则”，“没有免费午餐”
- q **心理学和神经生物学：**
 - Ø **Neural Networks** (神经网络)



机器学习目前主要的一些研究领域

符号机器学习

Ø Eg. 决策树 , ID3 , ...

计算学习理论 (统计学习理论)

Ø PAC , SVM

监督学习 , 非监督学习 , 半监督学习

集群机器学习

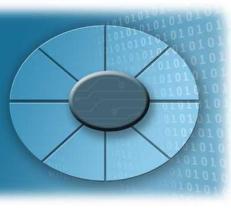
Ø Ensemble Learning , Boosting

流行 (Manifold) 学习

强化学习

Ranking学习

聚类学习...



Machine Learning Topics from Wiki

http://en.wikipedia.org/wiki/Machine_Learning

Prerequisites

- Bayesian theory

Modeling conditional probability density functions: regression and classification

- Artificial neural networks
- Decision trees
- Gene expression programming
- Genetic algorithms
- Genetic programming
- Holographic associative memory
- Inductive Logic Programming
- Gaussian process regression
- Linear discriminant analysis
- K-nearest neighbor
- Minimum message length
- Perceptron
- Quadratic classifier
- Radial basis function networks
- Support vector machines

Algorithms for estimating model parameters

- Dynamic programming
- Expectation-maximization algorithm

Modeling probability density functions through generative models

- Graphical models including Bayesian networks and Markov random fields
- Generative topographic map

Approximate inference techniques

- Monte Carlo methods
- Variational Bayes
- Variable-order Markov models
- Variable-order Bayesian networks
- Loopy belief propagation

Optimization

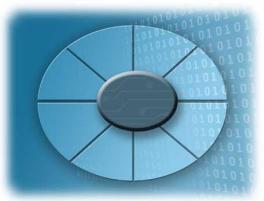
- Most of methods listed above either use optimization or are instances of optimization algorithms

Meta-learning (ensemble methods)

- Boosting
- Bootstrap aggregating
- Random forest
- Weighted majority algorithm

Inductive transfer and learning to learn

- Inductive transfer
- Reinforcement learning
- Temporal difference learning
- Monte-Carlo method



机器学习简要发展历史回顾



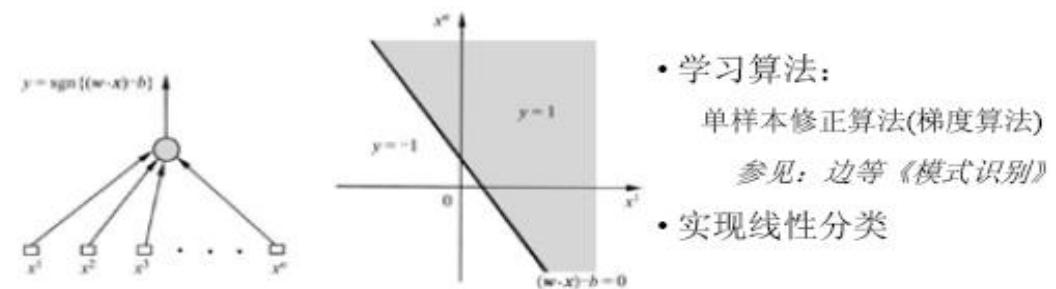
ML的发展历史(1)

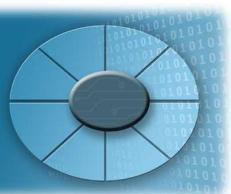
1950s : 神经科学的理论基础

- ∅ James关于神经元是相互连接的发现
- ∅ McCullon & Pitts的神经元模型
- ∅ Hebb 学习律 (相互连接强弱度的变换规则)

1960s : 感知器 (Perceptron) 时代

- ∅ 1957年Rosenblatt首次提出





ML的发展历史(2)

1969年：《Perceptron》出版，提出著名的XOR问题

1970s：符号主义，逻辑推理

1980s：MLP+BP算法成功解决XOR问题，从此进入神经网络时代（连接主义）

1960s-1970s: 统计学习理论创立

Ø VC维的基本概念

Ø 结构风险最小化原则

Ø 概率空间的大数定律



ML的发展历史(3)

1990s：统计学习理论的发展及完善

- Ø 典型代表：SVM (Vapnik, Bell实验室)
- Ø 结构风险最小化
- Ø 最小描述长度原则
- Ø 小样本问题
- Ø 核函数、核空间变化
- Ø PAC理论下的弱可学习理论的建立
- Ø 支持向量机
- Ø ...



ML的发展历史(4)

2000s：各种机器学习理论及算法得以充分发展

- Ø 符号机器学习
- Ø 计算机器学习 (统计学习理论，典型例子：SVM)
- Ø 集群机器学习 (典型代表：Boosting)
- Ø 强化机器学习
- Ø 流行机器学习
- Ø 监督学习，非监督学习
- Ø 半监督学习、
- Ø



未来发展趋势

机器实际上是一个应用驱动的学科，其根本的驱动力是：

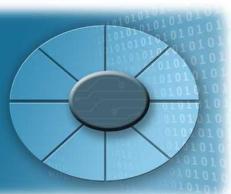
Ø “更多、更好地解决实际问题”

由于近20年的飞速发展，机器学习已经具备了一定的解决实际问题的能力，似乎逐渐开始成为一种基础性、透明化的“支持技术、服务技术”

Ø 基础性：在众多的学科领域都得以应用（“无所不在”）

Ø 透明化：用户看不见机器学习，看见的是防火墙、生物信息、搜索引擎；（“无所不在”）

Ø “机器更好用了”(正如CALO的一些描述：“you won’t leave home without it”； "embodied as a software environment that transcends workstations, PDA’s, cell phones, ...”)



讨论议题

机器学习的主要策略与基本结构

机器学习的主要策略

机器学习系统的基本结构



机器学习系统的基本结构

我们以西蒙的学习定义做为出发点，建立起下图 1.1 所示的简单学习模型，然后通过对这个简单模型的讨论，总结出设计学习系统应当注意的某些总的原则。

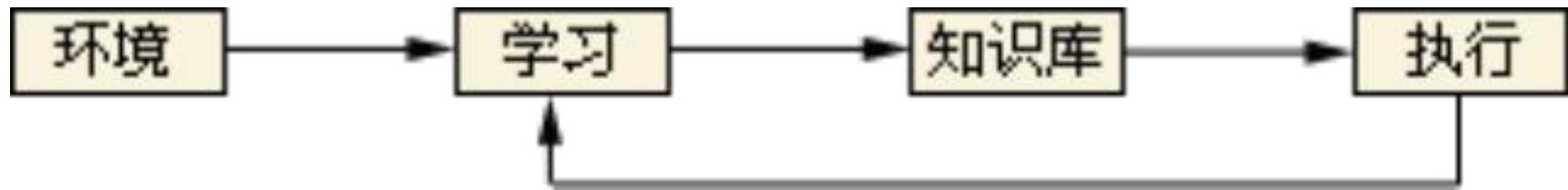
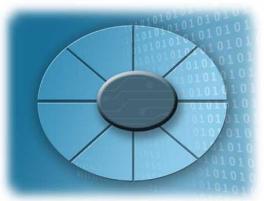
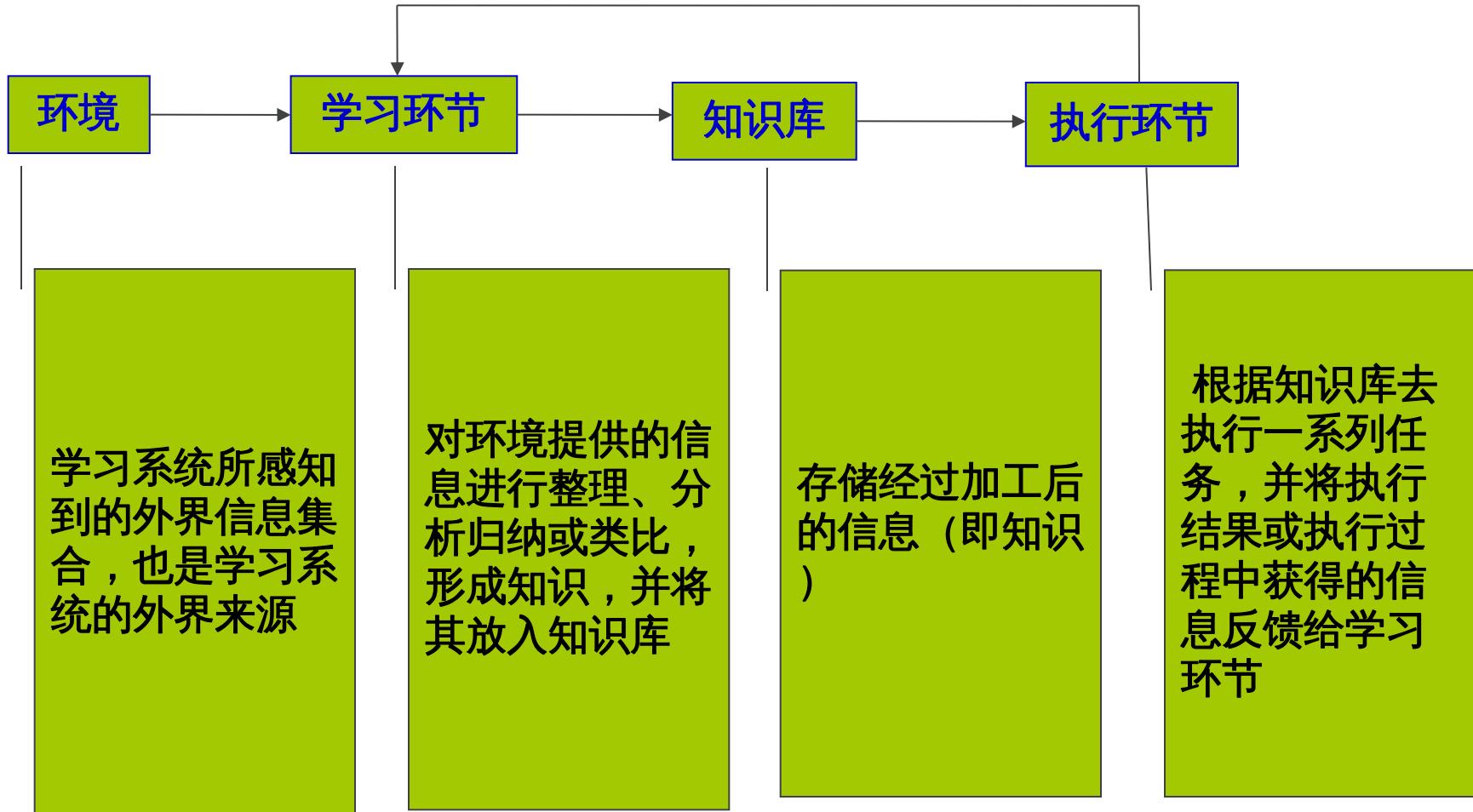
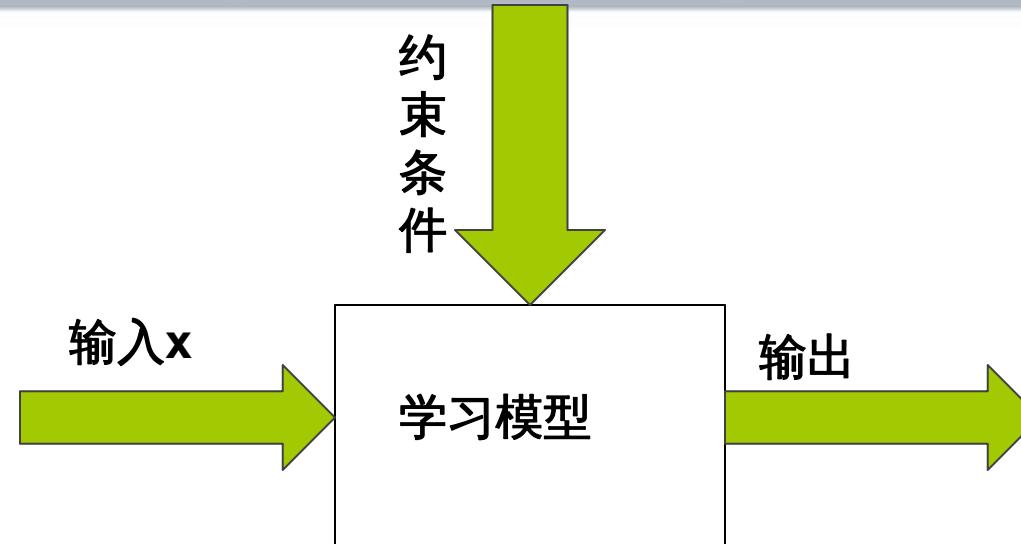
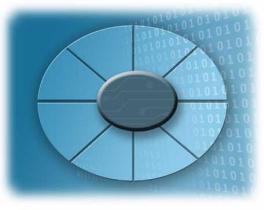


图 1.1 学习系统的基本结构

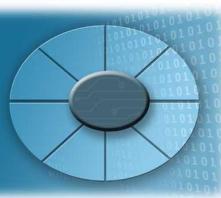


学习系统





- **Rote Learning(死记硬背式学习、机械学习)**
memory-based
- **Learning from Induction(归纳学习)**
Learning from examples (Supervised)
Learning from observation and discovery (Unsupervised)
- **Learning by Analogy (类比学习)**
according to the similarity of knowledge in different domain
- **Explanation-based Learning(解释学习)**
Deduction and Induction are combined
- **Neural Learning**



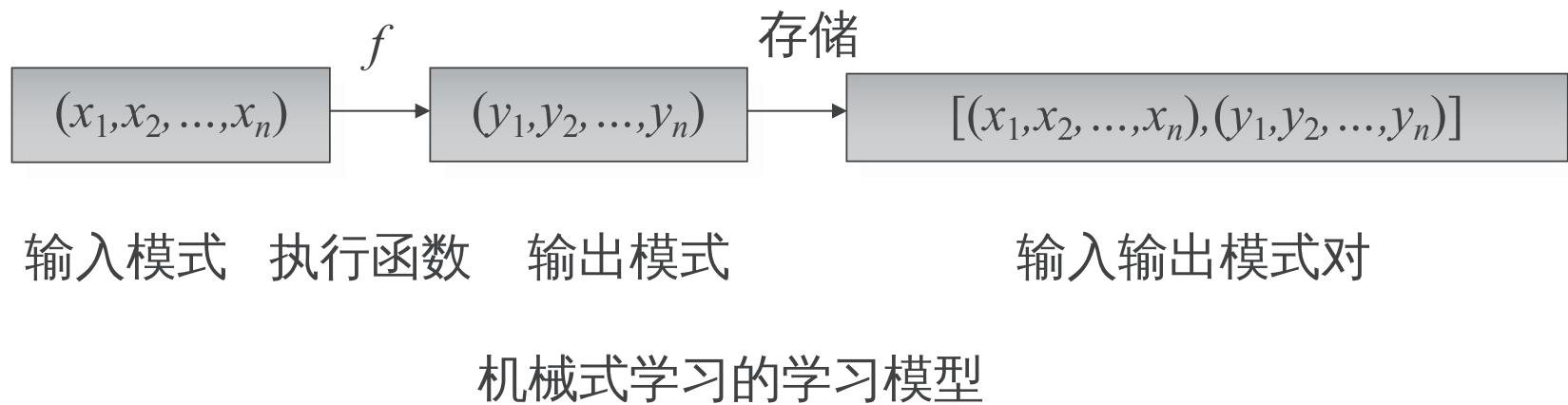
机械学习

机械学习模式 (Rote Learning)

最初在Sameul的跳棋程序CHECKERS中提出，并获得成功应用

机械学习就是记忆，即把新的知识存储起来，供需要时检索调用
也叫死记硬背学习

最简单的学习方法，不需要计算和推理
是一种最基本的学习过程





机械学习的主要问题

存储组织信息：要采用适当的存储方式，使检索速度尽可能地快。

环境的稳定性与存储信息的适用性问题：机械学习系统必须保证所保存的信息适应于外界环境变化的需要。

存储与计算之间的权衡：对于机械学习来说很重要的一点是它不能降低系统的效率。

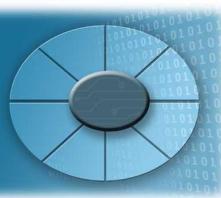


例：一个决定受损汽车修理费用的汽车保险程序

- 程序的输入：被损坏的汽车的描述，包括制造厂家、生产年代、汽车的种类以及记录汽车被损坏部位和损坏程度的一个表。
- 程序的输出：保险公司应付的修理费用。
- 机械记忆系统

在存储器中查找同一厂家、同一生产年代、损坏的部位和程度相同的汽车，然后把对应的费用提交给用户。

如果系统没有发现这样的汽车，则它使用保险公司公布的赔偿规则估算出一个修理费用，然后把厂家、生产日期和损坏情况等特征与估算出的费用保存起来，以便将来查找使用。

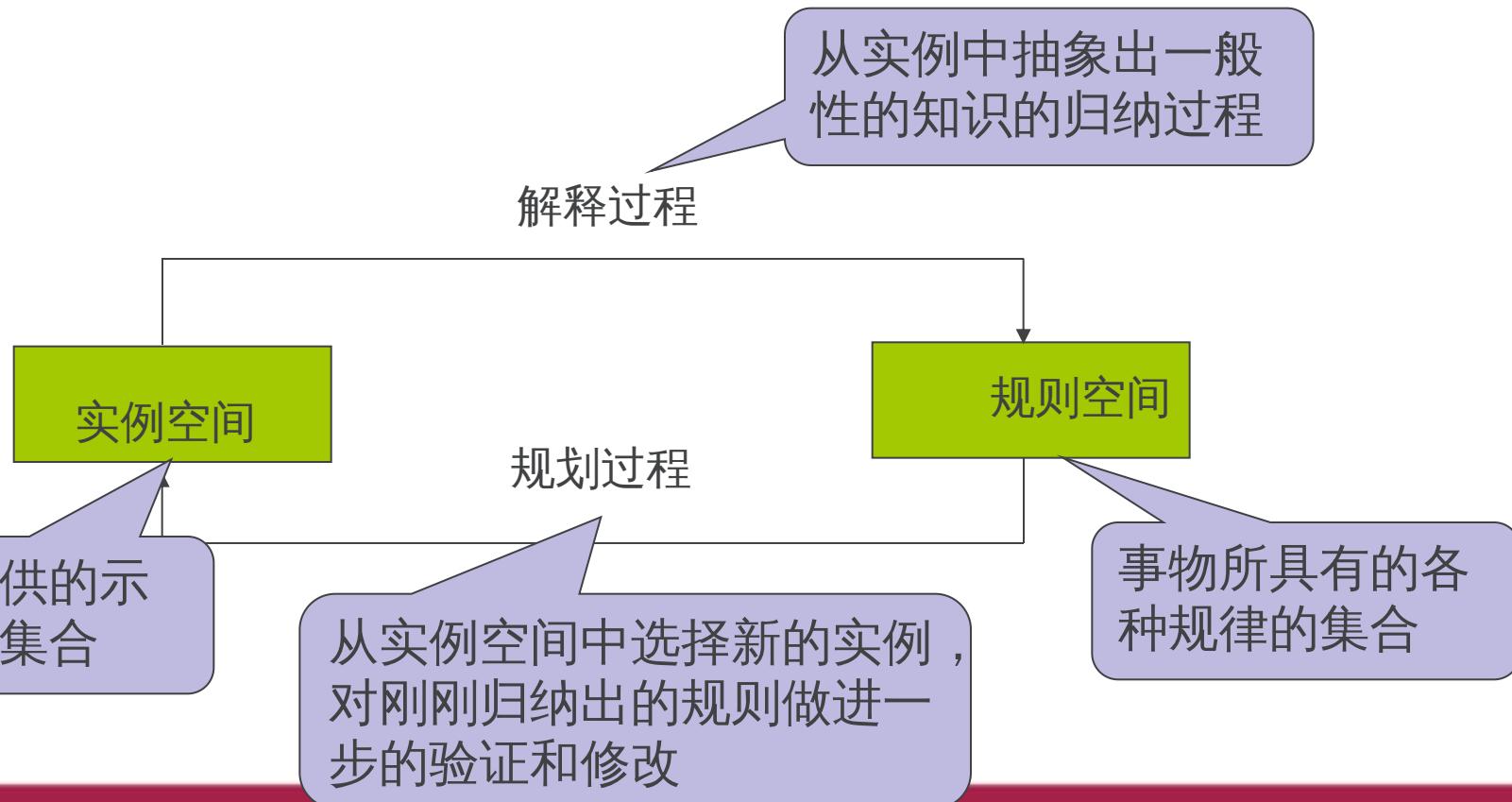


归纳学习

○ 归纳学习 (Induction Learning)

Learning from examples (**Supervised 有师**)

Learning from observation and discovery (**Unsupervised 无师**)





归纳学习

例：学习“同花”概念

实例空间： $(2, \text{梅花}), (3, \text{梅花}), (5, \text{梅花})$
 $(J, \text{梅花}), (K, \text{梅花})$

规则空间：描述一手牌的全部谓词表达式

如： $\text{SUIT}(\text{花色}), \text{RANK}(\text{点数}), \text{常量梅花}, \text{方块}, A, 1, 2\dots$

$\text{SUIT}(c1, x) \wedge \text{SUIT}(c2, x) \wedge \text{SUIT}(c3, x) \wedge \text{SUIT}(c4, x) \rightarrow \text{同花}(c1, c2, c3, c4)$



归纳学习

○ 归纳推理的方法

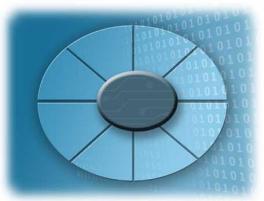
变量代换常量

示例1：SUIT(c1，梅花) \wedge SUIT(c2，梅花) \wedge SUIT(c3，梅花) \wedge SUIT(c4，梅花)

示例2：SUIT(c1，红桃) \wedge SUIT(c2，红桃) \wedge SUIT(c3，红桃) \wedge SUIT(c4，红桃)

用变量x代替常量：

规则1：SUIT(c1，x) \wedge SUIT(c2，x) \wedge SUIT(c3，x) \wedge SUIT(c4，x) \rightarrow 同花(c1,c2,c3,c4)



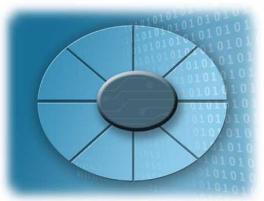
归纳学习

舍弃条件

示例： $\text{SUIT}(c1, \text{红桃}) \wedge \text{RANK}(c1, 2) \wedge \text{SUIT}(c2, \text{红桃}) \wedge \text{RANK}(c2, 4) \wedge \text{SUIT}(c3, \text{红桃}) \wedge \text{RANK}(c3, 6) \wedge \text{SUIT}(c4, \text{红桃}) \wedge \text{RANK}(c4, 7) \rightarrow \text{同花}(c1, c2, c3, c4)$

舍去点数，用x代替红桃

规则1： $\text{SUIT}(c1, x) \wedge \text{SUIT}(c2, x) \wedge \text{SUIT}(c3, x) \wedge \text{SUIT}(c4, x) \rightarrow \text{同花}(c1, c2, c3, c4)$



归纳学习

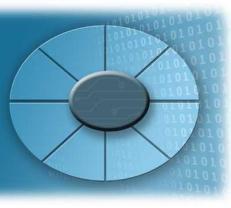
增加选择项

示例1： $\text{RANK}(c1,J) \rightarrow \text{FACE}(c1)$

示例2： $\text{RANK}(c1,Q) \rightarrow \text{FACE}(c1)$

示例3： $\text{RANK}(c1,K) \rightarrow \text{FACE}(c1)$

规则2： $\text{RANK}(c1,J) \vee \text{RANK}(c1,Q) \vee \text{RANK}(c1,K) \rightarrow \text{FACE}(c1)$



归纳学习

○归结归纳

示例1：某天下雨，且自行车在路上出了毛病要修理，所以他上班迟到。

示例2：某天没下雨，但交通堵塞，所以他上班迟到。

通过归纳归结，得：

如果自行车在路上出了毛病要修理，或者交通堵塞，则他有可能上班迟到。

曲线拟合

示例形式: (x, y, z)

示例1： $(1,0,10)$

示例2： $(2,1,18)$

示例3： $(-1,-2,-6)$

$$z=2x+6y+8$$



类比学习

- **类比学习 (Learning by Analogy)**

通过类比，即通过对相似事物加以比较所进行的一种学习

推理过程

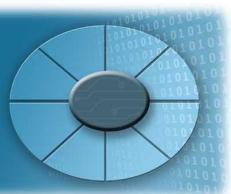
坊回忆与联想：遇到新情况与新问题时，首先通过回忆与联想，
找出与当前情况相似的已经解决的情况

坊选择：找出与当前情况最相似的情况。

坊建立对应关系：建立相似问题与求解问题之间的对应关系，
以获得求解问题的知识。

坊转换：把已经解决情况的知识转换到待求情况中来，从而建
立起求解问题的知识。

坊验证与归纳：检验所获知识的有效性，若有错，修正直到获
得正确知识。对正确知识，经过推广、归纳获得一般性知识。



类比学习

- **类比学习主要包括如下四个过程**

- 输入一组已知条件和一组未完全确定的条件

- 对两组出入条件寻找其可类比的对应关系

- 根据相似转换的方法，进行映射

- 对类比推得到的知识进行校验

- **类比学习的研究可分为两大类**

- 问题求解型的类比学习

- 预测推定型的类比学习

- 传统的类比法

- 因果关系型的类比



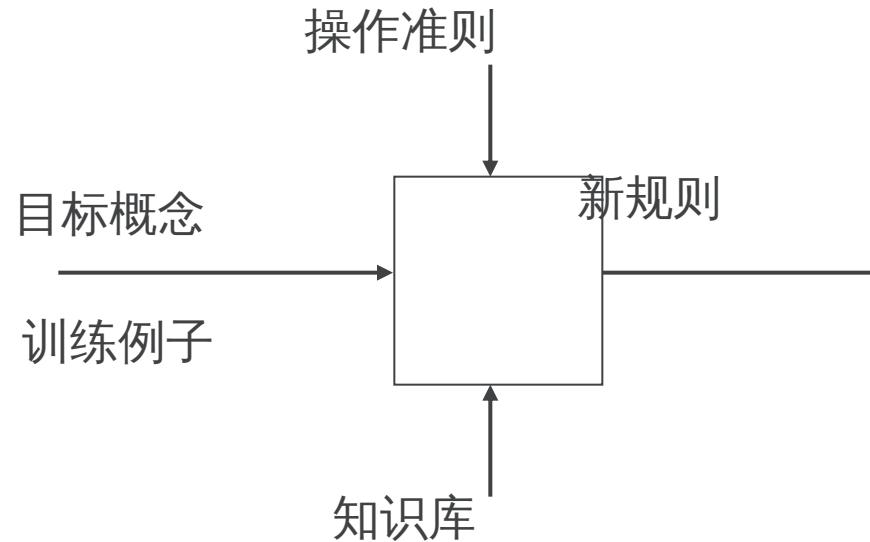
解释学习

- 解释学习 (Explanation-based Learning)

Deduction and Induction are combined

1986年米切尔 (Mitchell) 等人为基于解释的学习提出了一个统一的算法EBG：

其 Their ability to *generalize* from a single example follows from their ability to *explain* why the training example is a member of the concept being learned.





○ EBG求解问题的形式

给定：

- (1) 目标概念描述 TC ；
- (2) 训练实例 TE ；
- (3) 领域知识 DT ；
- (4) 操作准则 OC 。

求解：

训练实例的一般化概括，使之满足：

- (1) 目标概念的充分概括描述 TC ；
- (2) 操作准则 OC 。



机器学习的分类

- 根据是否需要已知类别的样本进行学习，机器学习可以分为两大类：
- 有教师学习（监督学习）
- 无教师学习（非监督学习和强化学习）



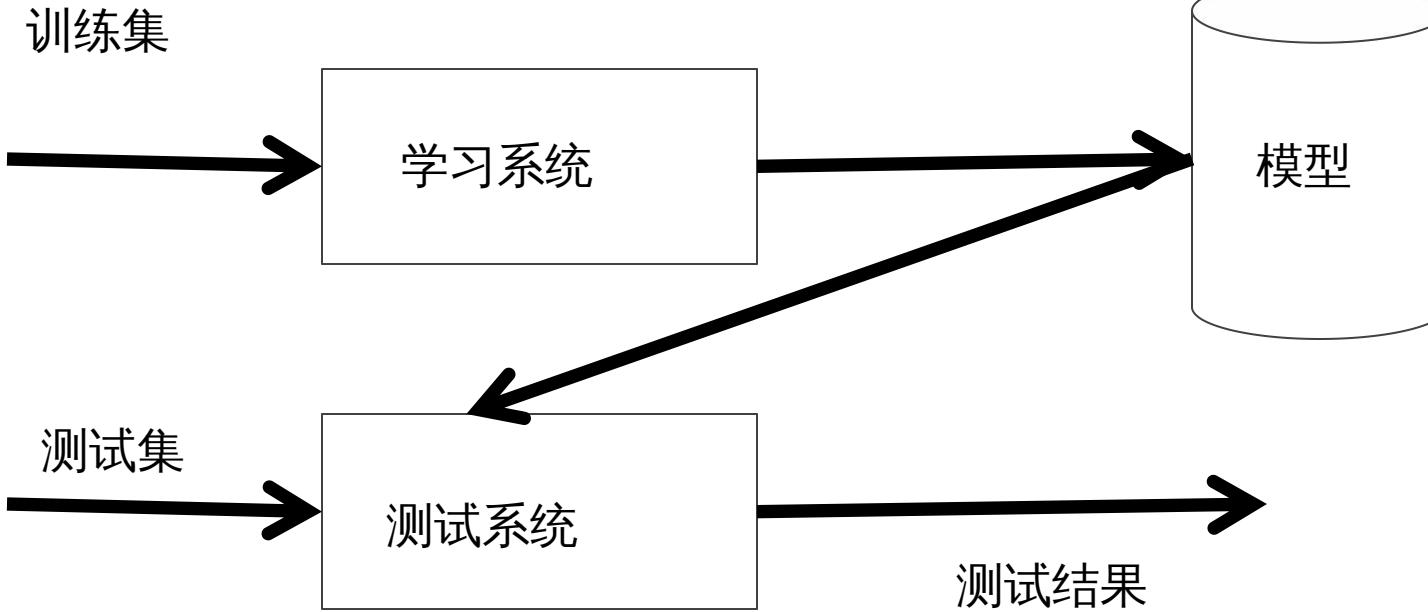
监督学习

supervised learning

- 利用已知类别的样本去训练算法从而调整分类器的参数，这样的学习过程叫做监督学习。监督学习的任务是学习一个模型，使模型能够对任意给定的输入，对其相应的输出做出一个很好的预测。常见的监督学习算法有：
 - 决策树
 - adboost算法
 - 朴素贝叶斯算法
 - 回归算法
 - 支持向量机

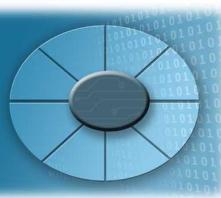


监督学习示意图



	体重	翼展	脚蹼	后背颜色	种属
1	1000.1	125.0	无	棕色	红尾鵟
2	3000.7	200.0	无	灰色	鹭鹰
3	3300.0	220.3	无	灰色	鹭鹰
4	4100.0	136.0	有	黑色	普通潜鸟
5	3.0	11.0	无	绿色	蜂鸟

上表是用于区分不同鸟类需要使用的四个不同的属性值，分别选取的是体重、翼展、脚蹼和后背颜色作为评测基准。这些测量的四种值成为特征，也叫属性。



- 数据 $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ 表示一组数据
- 标签 label $Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4\}$
- 训练集 $T = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)\}$
- 测试集 $\{(x_4, y_4)\}$
- 特征
- 损失函数，训练误差，测试误差
- 经验风险最小化与结构风险最小化
- 交叉验证



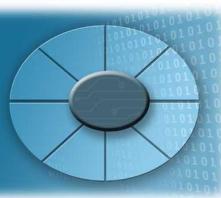
选取特定的机器学习算法进行分类，首先需要做的是训练算法，既学习如何分类。通常我们为算法输入大量已分类数据作为算法的训练集。训练集就是用于训练机器学习算法的数据样本集合，表1是包含5个样本集合的训练集，每个训练样本有4中特征和一个目标变量，目标变量是机器学习算法的预测结果既 $F(x)$ ，其中 x 为一组输入样本。



损失函数

在监督学习中，给定 x ，根据 $F(x)$ 给出相应的输出，而这个输出是预测输出，和真实值 y 可能一致，也可能不一致。

用一个损失函数或者代价函数来度量预测错误的程度。损失函数是 $F(x)$ 和 y 的非负值函数，记做 $L(y, F(x))$ 。



常用的损失函数

(1) 0-1损失函数

$$L(y, F(x)) = \begin{cases} 1, & y \neq F(x) \\ 0, & y = F(x) \end{cases}$$

(2) 平方损失函数

$$L(y, F(x)) = (y - F(x))^2$$

(3) 绝对损失函数

$$L(y, F(x)) = |y - F(x)|$$

(4) 对数损失函数

$$L(y, F(x)) = \log P(y|x)$$



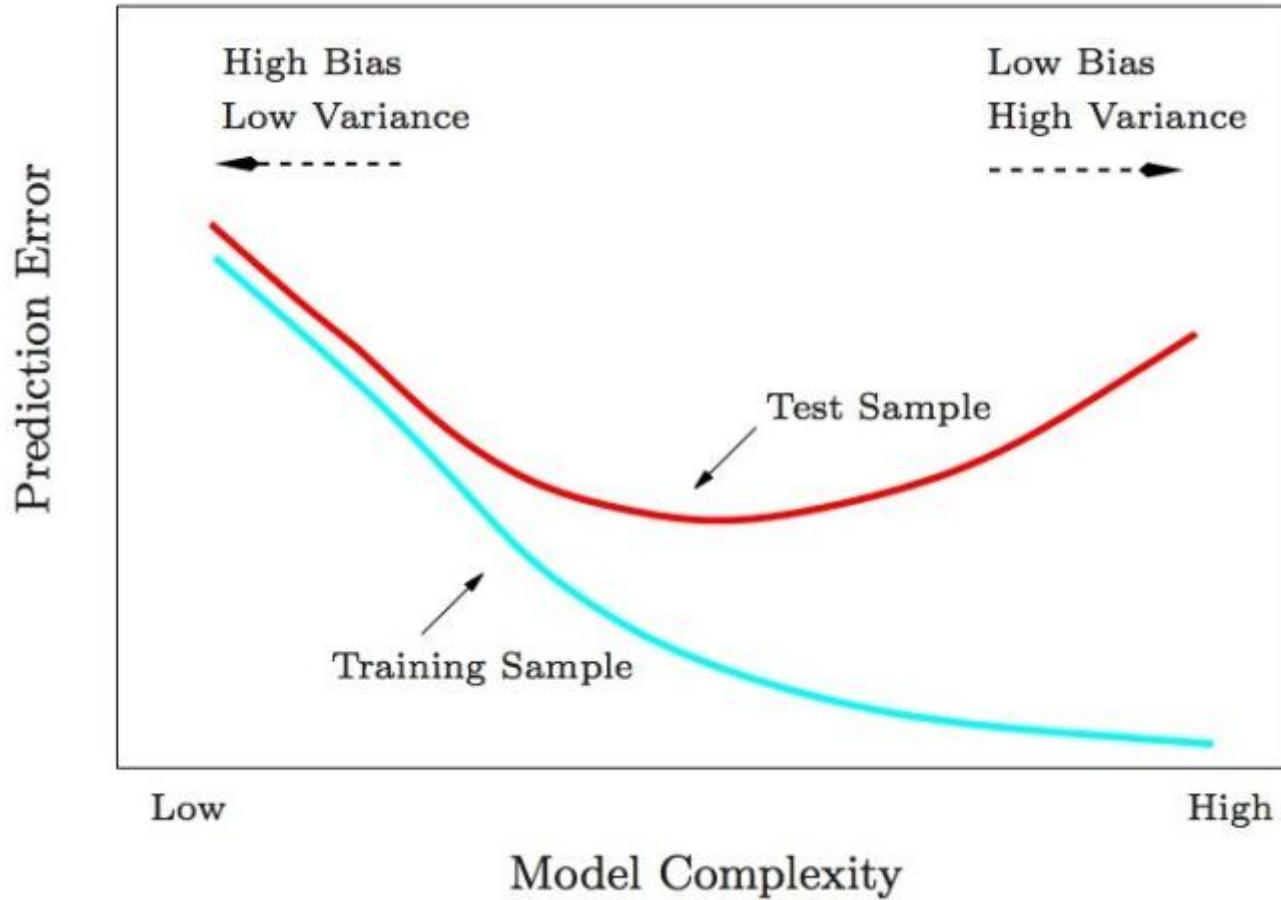
经验风险最小化与结构风险最小化

经验风险最小化的策略认为，经验风险最小的模型是最优模型

结构风险最小化 是为了防止过拟合而提出的策略。结构风险在经验风险的上加上表示模型复杂度的正则化项或者说是惩罚项

$$R(f) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L(y_i, F(x_i)) + \lambda J(F)$$

$$\min R(f)$$



奥卡姆剃刀原理：在所有可能的模型中，能够很好地解释已知数据并且十分简单的是最好的模型，也是应该选择的模型。



交叉验证

如果给定的样本数据充足，进行模型选择的一种简单方法就是随机地将数据切分成三部分，分别为训练集，验证集和测试集。训练集用来训练模型，验证机用于模型选择，测试集用于最终对学习方法的评估。在学习到不同的复杂度的模型中，选择对验证集有最小预测误差的模型。

但是，许多实际应用中数据并不是充分的，为了选择好的模型，可以采用交叉验证的方法。交叉验证的基本思想是重复的使用数据；把给定的数据进行切分，将切分的数据组合成训练集与测试集，在此基础上反复地进行训练，测试以及模型的选择。

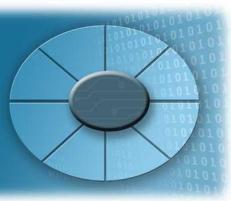


交叉验证

(1) 简单交叉验证：首先随机地将已给数据分为两部分，一部分作为训练集，另一部分最为测试集；然后用训练集在各种条件下训练模型，从而得到不同的模型，在测试集上评价各个模型的测试误差，选出测试误差最小的模型

(2) **S**折交叉验证：首先随机的把已给的数据切分成s个互不相交的大小相同的子集，然后利用s-1个子集的数据训练模型，利用余下的自己测试模型；重复的随机选择训练子集，最后选出评测中平均测试误差最小的模型

(3) 留一交叉验证：当S=N时，成为留一交叉验证，这往往在数据缺乏的时候使用。



朴素贝叶斯算法

贝叶斯分类是一类分类算法的总称，这类算法均以贝叶斯定理为基础，故统称为贝叶斯分类

假设一个样本集的数据分类两类。 $P_1(x,y)$ 表示数据点 (x,y) 属于类别1的概率， $p_2(x,y)$ 表示数据点 (x,y) 属于类别2的概率

如果 $p_1(x,y) > p_2(x,y)$ 则数据 (x,y) 属于类别1

如果 $p_1(x,y) < p_2(x,y)$ 则数据 (x,y) 属于类别2

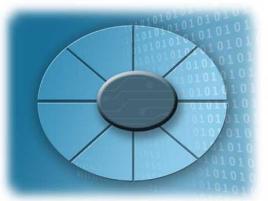


贝叶斯分类的基础——贝叶斯定理

$$P(c_i | x) = \frac{P(x | c_i)P(c_i)}{P(x)}$$

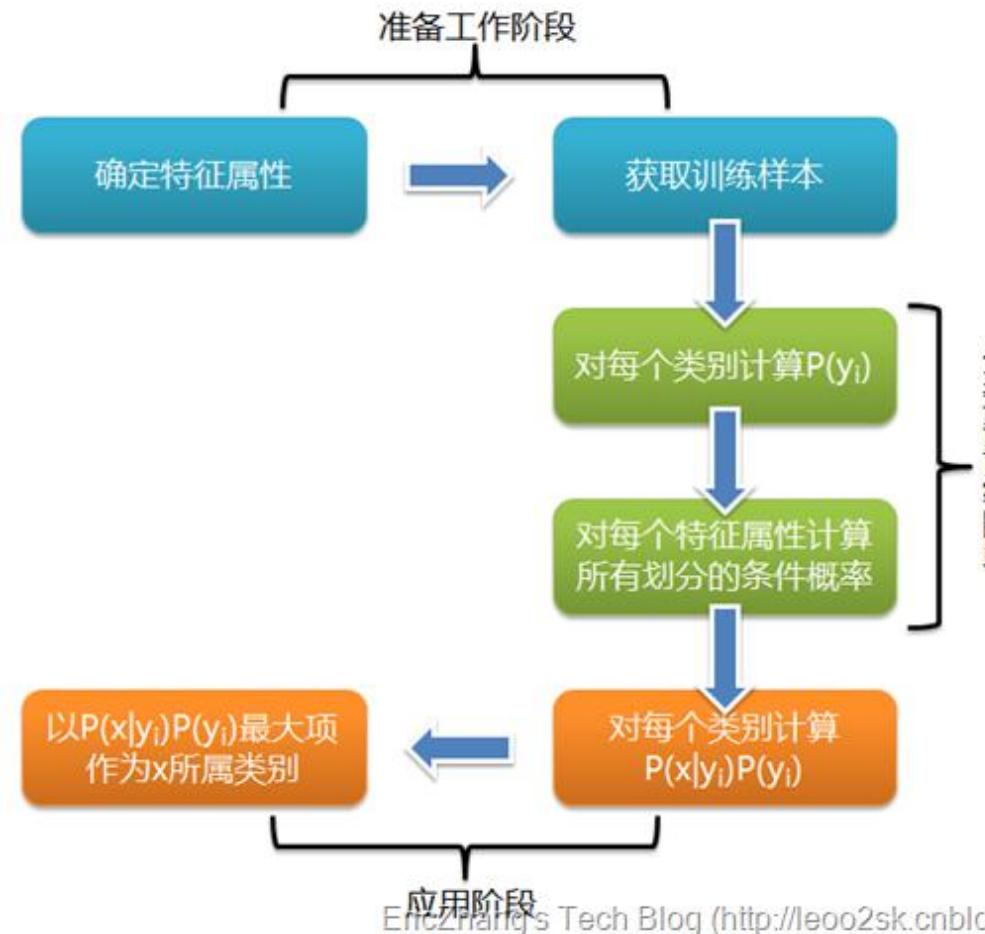
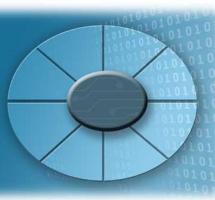
$$P(x|c_i) = P(a_1, a_2..a_m | c_i)$$

$$p(a_1, a_2..a_m | c_i) = p(a_1 | c_i)p(a_2 | c_i)..p(a_m | c_i)$$



基本流程

- 1、设 $x = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ 为 m 个待分类项，而每个 a 为 x 的一个特征属性。
- 2 有类别集合 $C = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$
- 3 计算 $P(y_1|x), P(y_2|x), \dots, P(y_n|x)$
- 4 求出最大的 $P(y_k|x)$ 则划分为类别 y_k

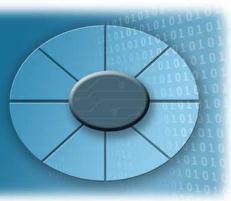




某个医院早上收了六个门诊病人，如下表。

症状	职业	疾病
打喷嚏	护士	感冒
打喷嚏	农夫	过敏
头痛	建筑工人	脑震荡
头痛	建筑工人	感冒
打喷嚏	教师	感冒
头痛	教师	脑震荡

现在又来了第七个病人，是一个打喷嚏的建筑工人。请问他患上感冒的概率有多大？



$P(\text{感冒} | \text{打喷嚏} \times \text{建筑工人})$

$$= P(\text{打喷嚏} \times \text{建筑工人} | \text{感冒}) \times P(\text{感冒}) \\ / P(\text{打喷嚏} \times \text{建筑工人})$$

"打喷嚏"和"建筑工人"这两个特征是独立的



$$P(\text{感冒} | \text{打喷嚏} \times \text{建筑工人}) \\ = P(\text{打喷嚏} | \text{感冒}) \times P(\text{建筑工人} | \text{感冒}) \times P(\text{感冒}) / P(\text{打喷嚏}) \times P(\text{建筑工人})$$



$$\begin{aligned} P(\text{感冒} | \text{打喷嚏} \times \text{建筑工人}) \\ = 0.66 \times 0.33 \times 0.5 / 0.5 \times 0.33 \\ = 0.66 \end{aligned}$$

因此，这个打喷嚏的建筑工人，有66%的概率是得了感冒。
同理，可以计算这个病人患上过敏或脑震荡的概率。比较这几个概率，就可以知道他最可能得什么病。

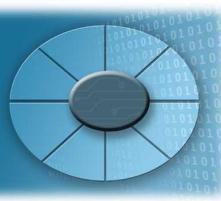
这就是贝叶斯分类器的基本方法：在统计资料的基础上，依据某些特征，计算各个类别的概率，从而实现分类。



基于朴素贝叶斯的文本分类

- 首先需要拆分文本以便从中获取特征（词条），一个词条是任意字符的组合。

'my' 'dog' 'has' 'flea' 'problems' 'help' 'please'	0(正常言论)
'maybe' 'not' 'take' 'him' 'to' 'dog' 'park' 'stupid'	1 (侮辱性)
'my' 'dalmation' 'is' 'so' 'cute' 'i' 'love' 'him'	0
'stop' 'posting' 'stupid' 'worthless' 'garbage'	1
'mr' 'licks' 'ate' 'my' 'steak' 'how' 'to' 'stop' 'him'	0
'quit' 'buying' 'worthless' 'dog' 'food' 'stupid'	1



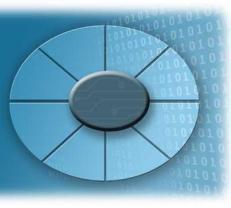
$$p(c_i | w) = \frac{p(w | c_i) p(c_i)}{p(w)}$$

将W 作为一个个独立的特征，上述公式可写成

$$p(w | c_i) = p(w_1, w_2, w_3, w_4, \dots, w_n | c_i)$$

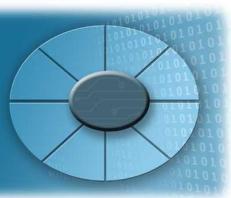
假设所有词都相互独立（独立性加色）

$$p(w_1 | c_i) p(w_2 | c_i) p(w_3 | c_i) \dots p(w_n | c_i)$$



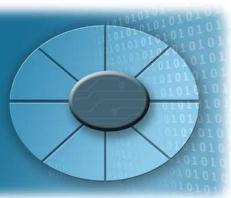
训练阶段

- 创建包含所有文档中出现的不重复的词列表
- [**'cute' 'love' 'help' 'garbage' 'quit' 'I' 'problems'** 'is' 'park' 'stop' 'flea' 'dalmation' 'licks' '**food**' 'hot' 'him' 'buying' 'posting' '**has**' 'worthless' 'ate' 'to' 'maybe' '**please**' '**dog**' 'how' 'stupid' 'so' 'take' 'mr' 'steak' '**my**']
- 然后将每一个文本片段表示为一个词条向量，1表示词条出现在文档中，0表示未出现。
- [0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1]
- 给出一个新的文档 C_{test} ,计算



- 通过训练集，对算法进行训练 得出P1 , P2。

```
...
>>> p0,p1,pab=bayes.trainNB0(trainmat,classes)
>>> p0
array([ 0.04166667,  0.04166667,  0.04166667,  0.          ,  0.          ,
       0.04166667,  0.04166667,  0.04166667,  0.          ,  0.04166667,
       0.04166667,  0.04166667,  0.04166667,  0.          ,  0.          ,
       0.08333333,  0.          ,  0.          ,  0.04166667,  0.          ,
       0.04166667,  0.04166667,  0.          ,  0.04166667,  0.04166667,
       0.04166667,  0.          ,  0.04166667,  0.          ,  0.04166667,
       0.04166667,  0.125      ])
>>> p1
array([ 0.          ,  0.          ,  0.          ,  0.05263158,  0.05263158,
       0.          ,  0.          ,  0.          ,  0.05263158,  0.05263158,
       0.          ,  0.          ,  0.          ,  0.05263158,  0.05263158,
       0.05263158,  0.05263158,  0.05263158,  0.          ,  0.10526316,
       0.          ,  0.05263158,  0.05263158,  0.          ,  0.10526316,
       0.          ,  0.15789474,  0.          ,  0.05263158,  0.          ,
       0.          ,  0.          ])
```



测试阶段

给定一个测试词条，转换成词条向量 w_{test}

计算

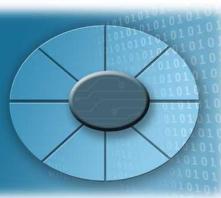
$$\begin{aligned} p(c_1 | w_{test}) &= \frac{p(w_{test} | c_1) p(c_1)}{p(w_{test})} \\ &= \frac{p(w_1^{test} | c_1) p(w_2^{test} | c_1) \dots p(w_n^{test} | c_1) p(c_1)}{p(w_{test})} \\ p(c_2 | w_{test}) &= \frac{p(w_{test} | c_2) p(c_2)}{p(w_{test})} \\ &= \frac{p(w_1^{test} | c_2) p(w_2^{test} | c_2) \dots p(w_n^{test} | c_2) p(c_2)}{p(w_{test})} \end{aligned}$$

比较 $p(c_1 | w_{test})$ $p(c_2 | w_{test})$ 大小。



优点：在数据较少的情况下仍然有效，可以处理多类别问题

缺点：对于输入数据的准备方式比较敏感。



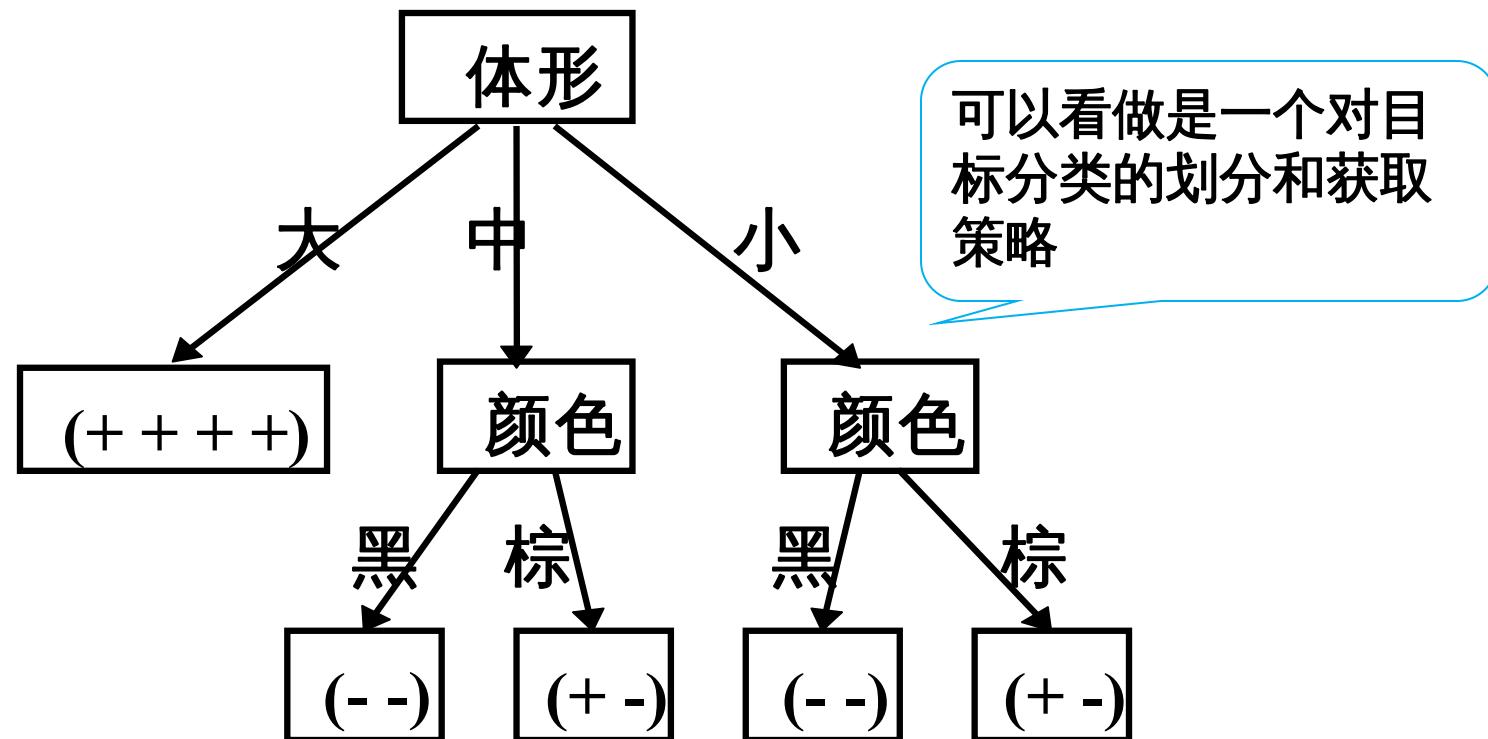
决策树学习

在示例学习中，每一个概念实际上可以看成是例子中所属的一个类



示例学习就可以转化为对例子集进行分类的任务

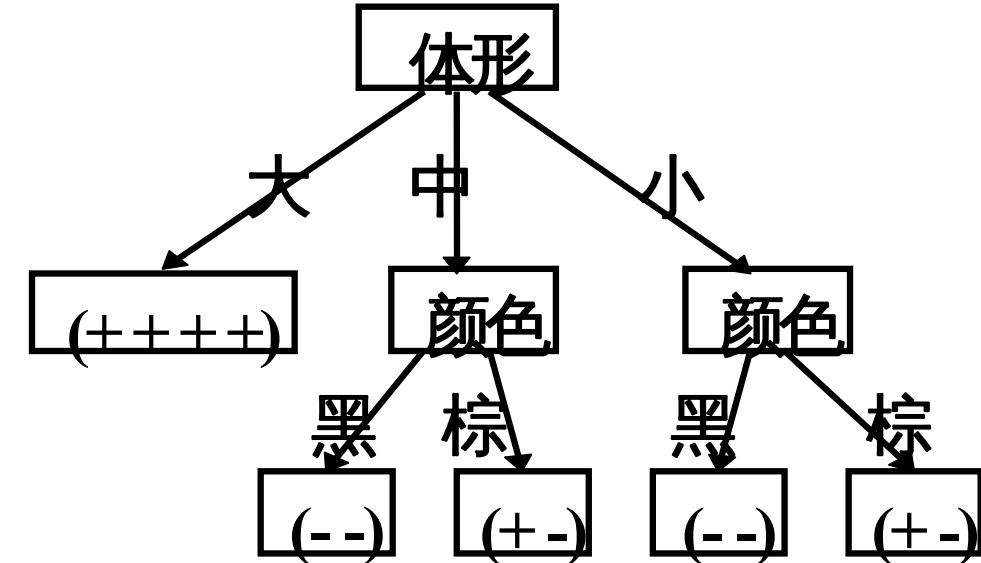
决策树





决策树

- 由一个根结点，若干叶结点和非叶结点构成。
- 根结点对应于学习任务，分类的开始。
- 每个叶结点都包含一个分类名(概念)，表示一个实例的结束。
- 每个非叶结点都包含表示相应实例中的某一属性。
- 边代表某一属性可能的属性值。



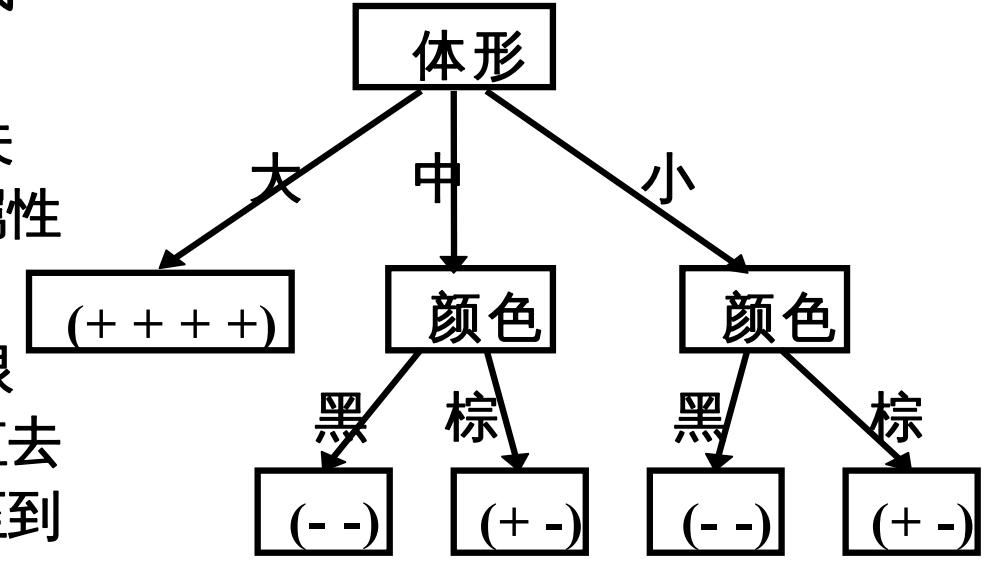


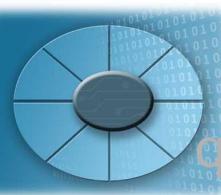
关于决策树：

从根节点到叶节点的每一条路径都代表一个具体的实例

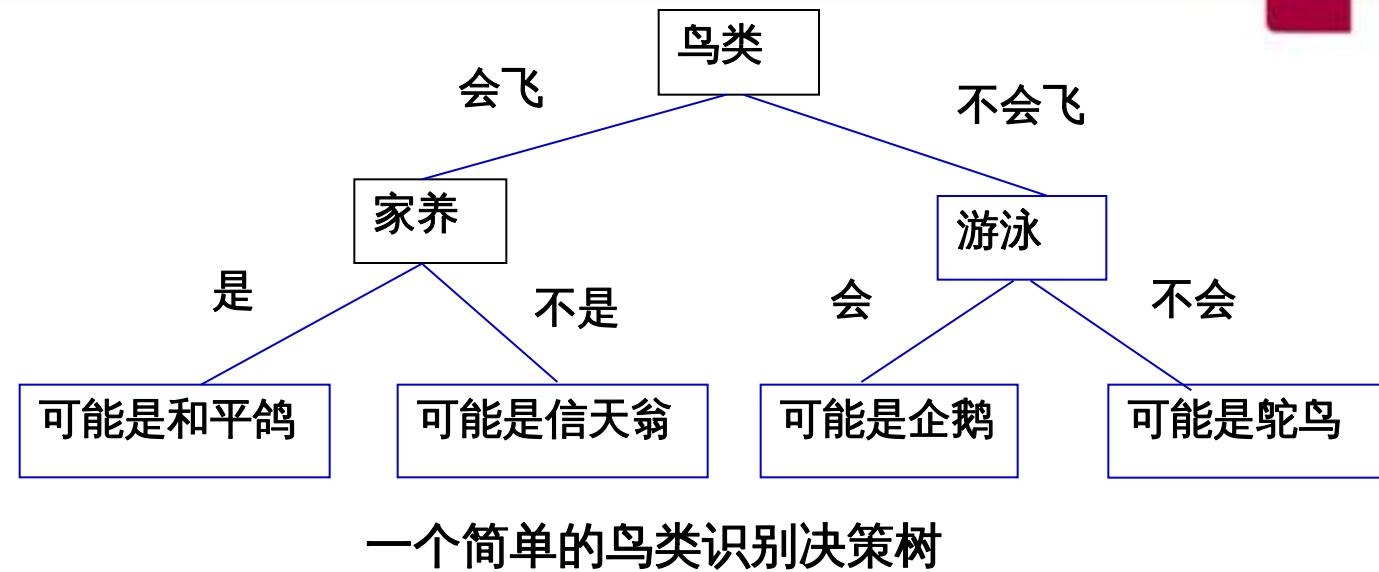
同一路径上的所有属性之间为合取关系，不同路径（即一个属性的不同属性值）之间为析取关系。

决策树的分类过程就是从这棵树的根接点开始，按照给定的事例的属性值去测试对应的树枝，并依次下移，直至到达某个叶节点为止。



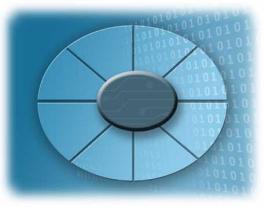


决策树还可以表示成规则的形式



可表示为如下规则集：

- IF 鸟类会飞 AND 是家养的 THEN 该鸟类可能是和平鸽
- IF 鸟类会飞 AND 不是家养的 THEN 该鸟类可能是信天翁
- IF 鸟类不会飞 AND 会游泳 THEN 该鸟类可能是企鹅
- IF 鸟类不会飞 AND 不会游泳 THEN 该鸟类可能是鸵鸟



ID3 算法：

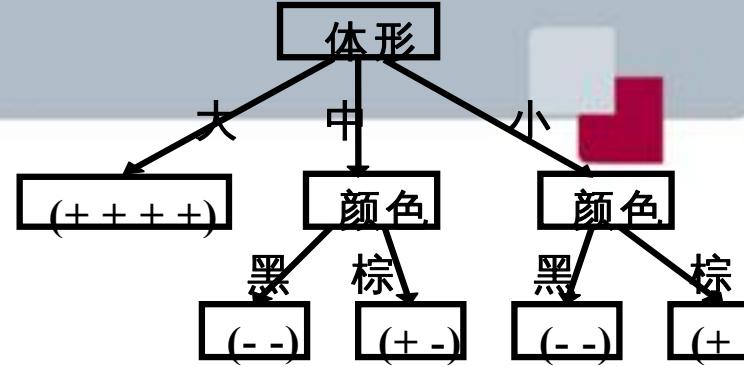
昆兰 (J.R.Quinlan) 于1979年提出的一种以信息熵 (entropy) 的下降速度作为属性选择标准的一种学习算法。

输入是一个用来描述各种已知类别的例子集

学习结果是一棵用于进行分类的决策树



ID3 算法：



1. 令根结点包含例子集中所有实例。
2. 如果每个叶结点包含的例子都属于同一分类，则停止划分。
3. 否则需对叶结点进行进一步划分：
 - (1) 需要进一步划分的叶结点所包含的例子组成子例子集S。
 - (2) 找出对S来说E值最小的属性 a_{best} 。
 (3) 根据属性 a_{best} 的值对S进行划分，每个值将生成一个分枝。
 (4) 执行步骤2。

通过E值可以找出一个最有利于当前划分的属性



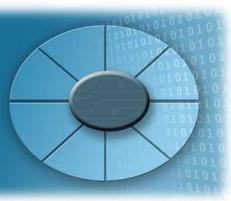
ID3 算法

$$E(a_i) = \sum_{j=1}^{|V_i|} \left(-N_j^+ \log_2 \frac{N_j^+}{N_j^+ + N_j^-} - N_j^- \log_2 \frac{N_j^-}{N_j^+ + N_j^-} \right)$$

S中属性 a_i 的值为
 v_{ij} 的正例数目

N_j^+ 为属性 a_i 的值为 v_{ij}
的反例数目

E是一个基于熵(平均信息量)的函数，该函数评价用各属性进行分类所能获得的信息量，选择E值最小即获得信息量最大的属性。



熵

- 熵是研究不确定人工智能的一个重要参数

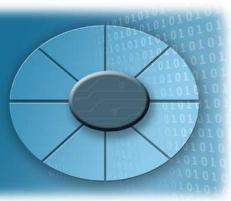
§ 熵的历史可以追溯到19世纪。1864年德国物理学家克劳修斯在研究热力学时首先提出熵的概念：

§ 1877年，玻尔兹曼又给出了熵的统计学新定义——玻尔兹曼公式，即

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$$

$S=k\ln W$; k为玻尔兹曼常数；W是某一宏观态所对应的微观态数目，即该微观态的热力学几率

§ 1948年，香农将熵的定义引入信息领域：信息熵



信息熵的定义：

设一个系统X由多个事件 $|X_i|$ ($i=1, 2, \dots, n$) 组成，事件 X_i 的概率为 $p(X_i)$ ，那么信息熵定义为：

$$H(X) = -\sum_{i=1}^n p(X_i) \log p(X_i)$$

信息熵大，说明什么？



例：给出概率分布

$$[X, P(x_i)] = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 \\ 0.99 & 0.01 \end{bmatrix}$$

$$[Y, P(y_i)] = \begin{bmatrix} y_1 & y_2 \\ 0.5 & 0.5 \end{bmatrix}$$

$$H(X) = -\sum_{i=1}^n p(X_i) \log p(X_i)$$

其信息熵分别为：

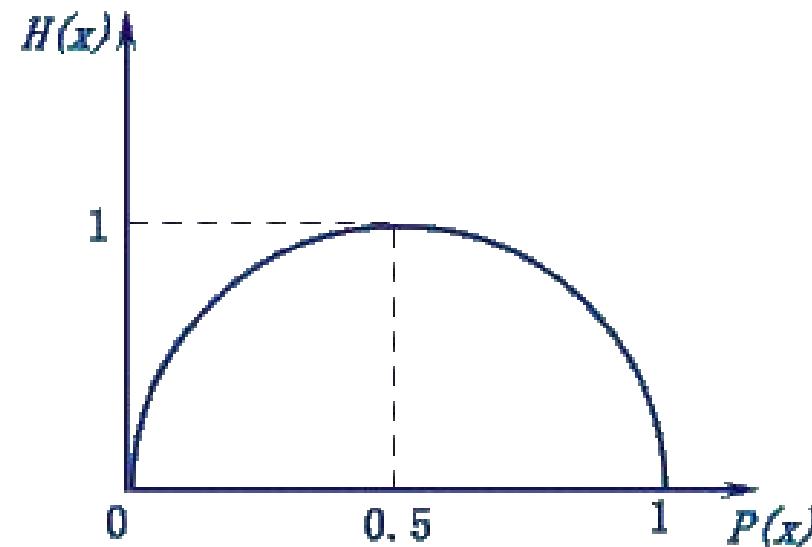
$$H(X) = -0.99 \log 0.99 - 0.01 \log 0.01 = 0.08 \text{ [bit/事件]}$$

$$H(Y) = -0.5 \log 0.5 - 0.5 \log 0.5 = 1 \text{ [bit/事件]}$$

- q 信息熵越大，不确定性程度越大
- q 信息熵表示事件集X中事件出现的平均不确定性
- q 当X中事件出现的概率相等时，信息熵达到最大值



H(X)-P(x1)关系



熵函数



ID3 算法：

$$E(a_i) = \sum_{j=1}^{|V_i|} \left(-N_j^+ \log_2 \frac{N_j^+}{N_j^+ + N_j^-} - N_j^- \log_2 \frac{N_j^-}{N_j^+ + N_j^-} \right)$$

S中属性 a_i 的值为
 v_{ij} 的正例数目

N_j^+ 为属性 a_i 的值为 v_{ij}
的反例数目

- E是一个基于熵(平均信息量)的函数，该函数评价用各属性进行分类所能获得的信息量，选择E值最小即获得信息量最大的属性。



实例：

狗的例子集

危险

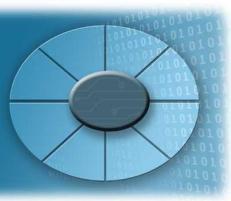
例子序号	颜色	体形	毛型	类别
1	黑	大	卷毛	+
2	棕	大	光滑	+
3	棕	中	卷毛	-
4	黑	小	卷毛	-
5	棕	中	光滑	+
6	黑	大	光滑	+
7	棕	小	卷毛	+
8	棕	小	光滑	-
9	棕	大	卷毛	+
10	黑	中	卷毛	-
11	黑	中	光滑	-
12	黑	小	光滑	-



狗的例子集

例子序号	颜色	体形	毛型	类别
1	黑	大	卷毛	+
2	棕	大	光滑	+
3	棕	中	卷毛	-
4	黑	中小	卷毛	-
5	棕	中	光滑	+
6	黑	大	光滑	+
7	棕	大小	卷毛	+
8	棕	小	光滑	-
9	棕	大	卷毛	+
10	黑	中	卷毛	-
11	黑	中	光滑	-
12	黑	小	光滑	-

$$E(a_i) = \sum_{j=1}^{|V_i|} (-N_j^+ \log_2 \frac{N_j^+}{N_j^+ + N_j^-} - N_j^- \log_2 \frac{N_j^-}{N_j^+ + N_j^-})$$

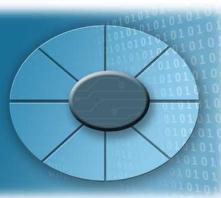


颜色=棕色的狗：4只是危险的，2只不是危险的。
颜色=黑色的狗：2只是危险的，4只不是危险的。

$$E_{\text{颜色.棕色}} = -4 \log_2 \frac{4}{4+2} - 2 \log_2 \frac{2}{4+2} = 5.510$$

$$E_{\text{颜色.黑色}} = -2 \log_2 \frac{2}{2+4} - 4 \log_2 \frac{4}{2+4} = 5.510$$

$$\therefore E_{\text{颜色}} = 5.510 + 5.510 = 11.020$$



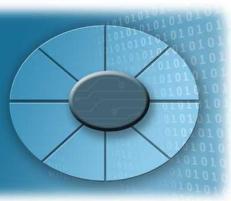
体形=大的4条狗全是危险的；
体形=中/小的狗：1条是危险的；3条不是危险的。

$$E_{\text{体形.大}} = -4 \log_2 \frac{4}{4+0} - 0 \log_2 \frac{0}{4+0} = 0$$

$$E_{\text{体形.中}} = -1 \log_2 \frac{1}{1+3} - 3 \log_2 \frac{3}{1+3} = 3.245$$

$$E_{\text{体形.小}} = -1 \log_2 \frac{1}{1+3} - 3 \log_2 \frac{3}{1+3} = 3.245$$

$$\therefore E_{\text{体形}} = 3.245 + 3.245 = 6.490$$



ID3 算法

毛型=光滑的狗：3条是危险的；3条不是危险的。

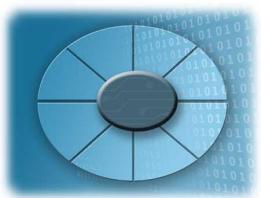
毛型=卷毛的狗：3条是危险的；3条不是危险的。

$$E_{\text{毛型.光滑}} = -3 \log_2 \frac{3}{3+3} - 3 \log_2 \frac{3}{3+3} = 6$$

$$E_{\text{毛型.卷毛}} = -3 \log_2 \frac{3}{3+3} - 3 \log_2 \frac{3}{3+3} = 6$$

$$\therefore E_{\text{毛型}} = 6 + 6 = 12$$

因此， $E_{\text{体形}} < E_{\text{颜色}} < E_{\text{毛型}}$



例子序号	颜色	体形	毛型	类别
1	黑	大	卷毛	+
2	棕	大	光滑	+
3	棕	中	卷毛	-
4	黑	小	卷毛	-
5	棕	中	光滑	+
6	黑	大	光滑	+
7	棕	小	卷毛	+
8	棕	小	光滑	-
9	棕	大	卷毛	+
10	黑	中	卷毛	-
11	黑	中	光滑	-
12	黑	小	光滑	-

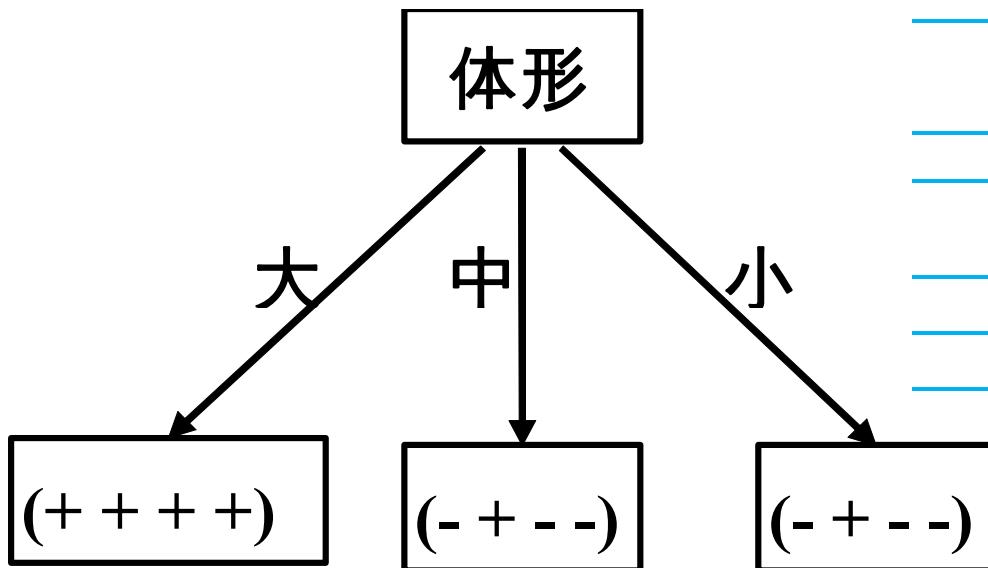
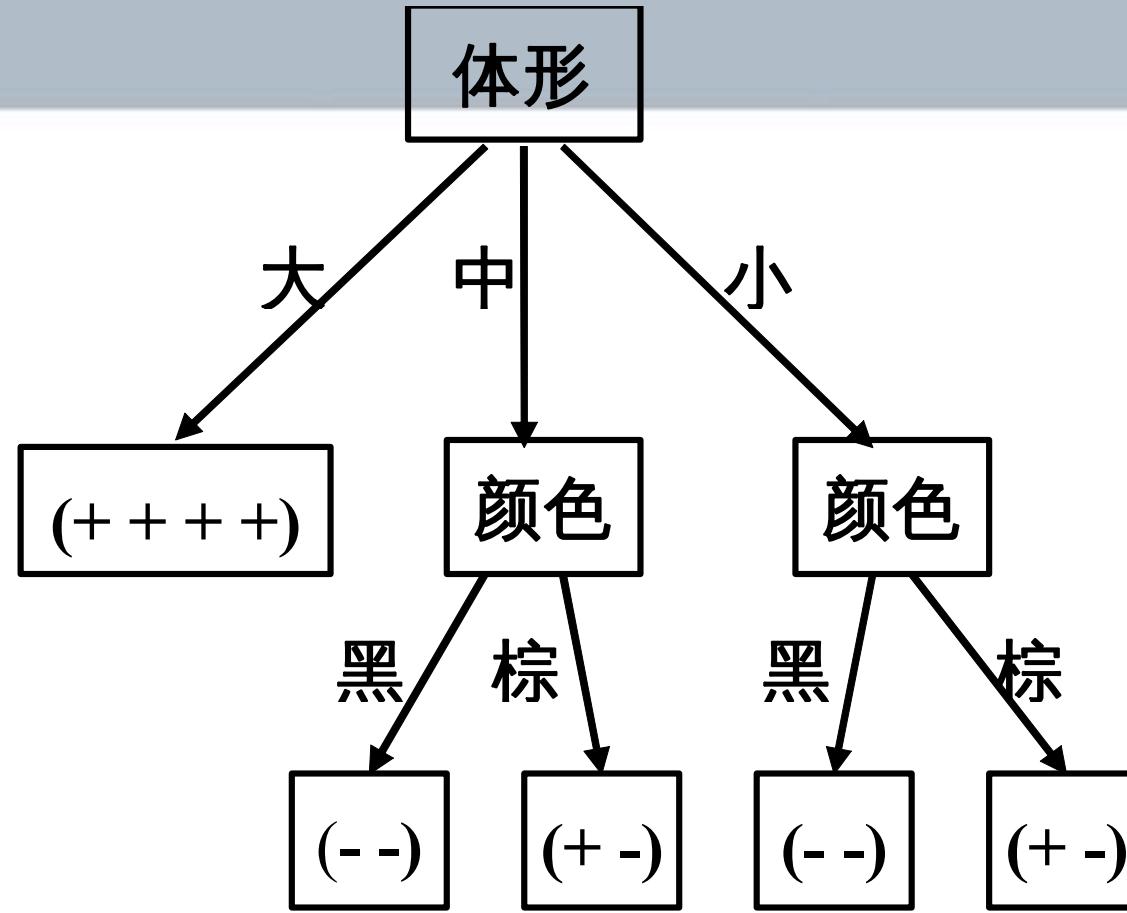
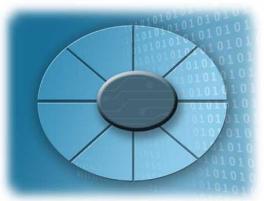


图 用“体形”划分后的判定树

- 现在必须对“中”“小”这两个分枝的实例重复上述计算过程。

$$E_{\text{颜色}} = 4 \text{ 和 } E_{\text{毛型}} = 6.490$$



- 图用“颜色”作第二次划分后的判定树
 - 现在只有“体形”中的“中”和“小”的“棕色”尚未有明确类别，需用“毛型”来进一步划分。



体形

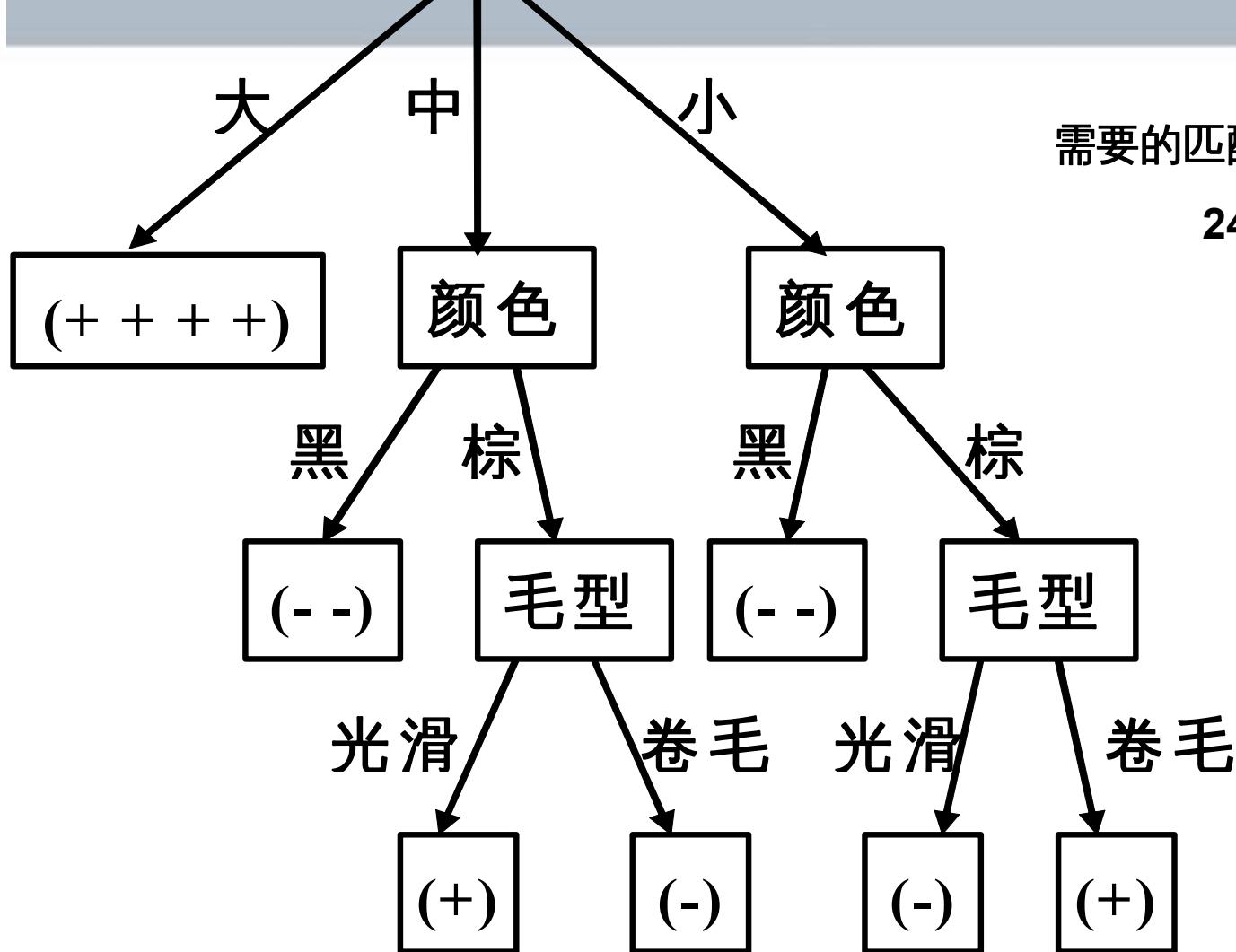


图 最终得到的判定树



需要的匹配次数 : 36

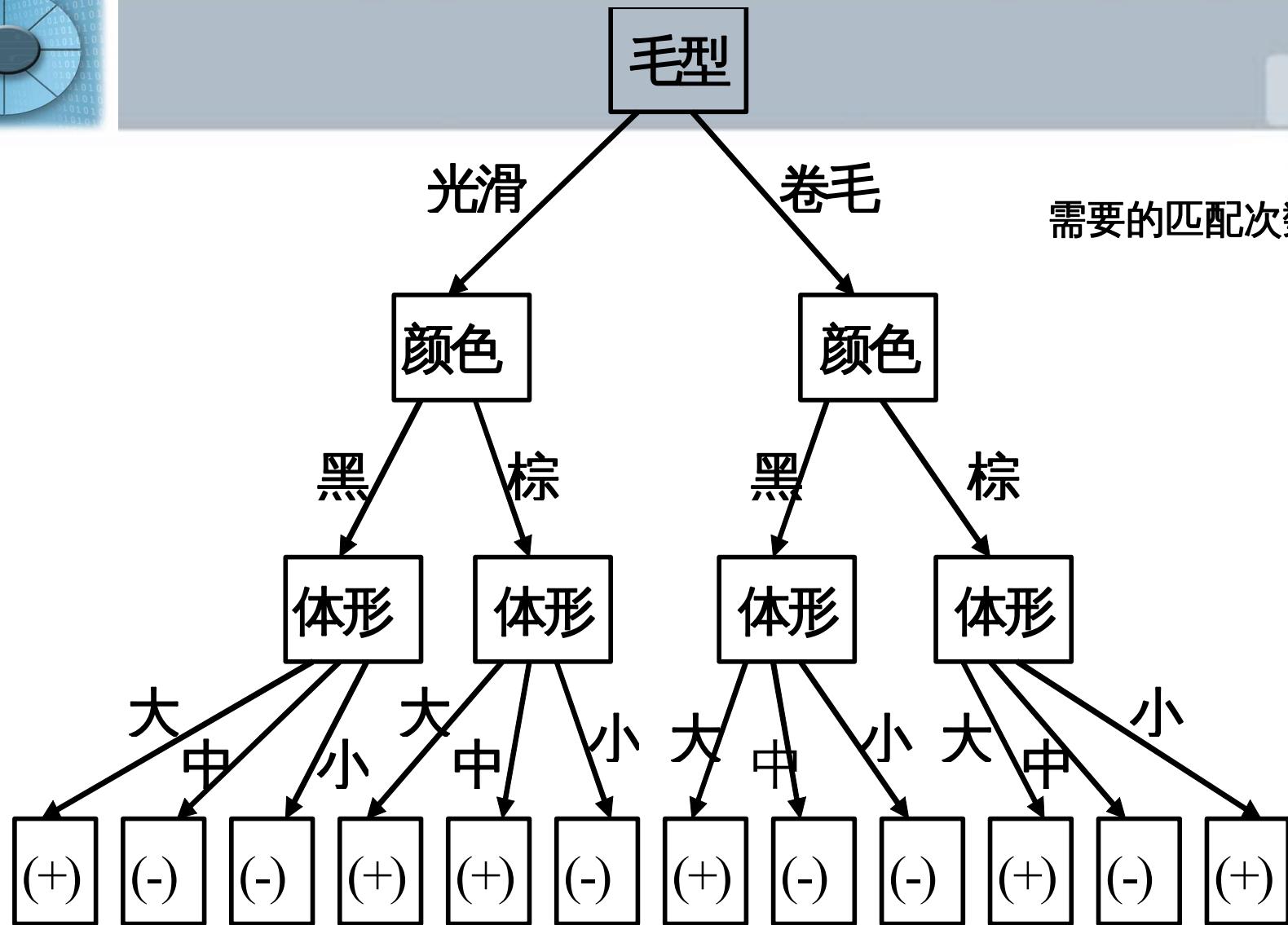


图 始终选 E 值最大的属性进行划分所得到的判定树



决策树的优点

- n 可以生成可以理解的规则；
- n 计算量相对来说不是很大；
- n 可以处理连续和离散字段；
- n 决策树可以清晰的显示哪些字段比较重要。



AdaBoost元算法

当需要做出重要决定的时候，大家往往听取多人的意见而不是一个人的意见，元算法就是采用这种思想。

机器学习种类繁多，各有优缺点。我们自然可以将不同的分类器组合起来，而这种组合结果称为集成算法，或者元算法。

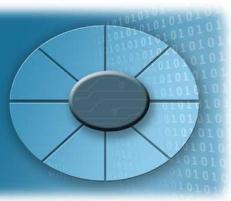
集成方法有很多形式：可以是不同算法的集成，也可以是同一算法在不同设置下的集成，还可以是数据集不同部分分配给不同分类器之后的集成。



基于数据随机重抽样的分类器构建方法

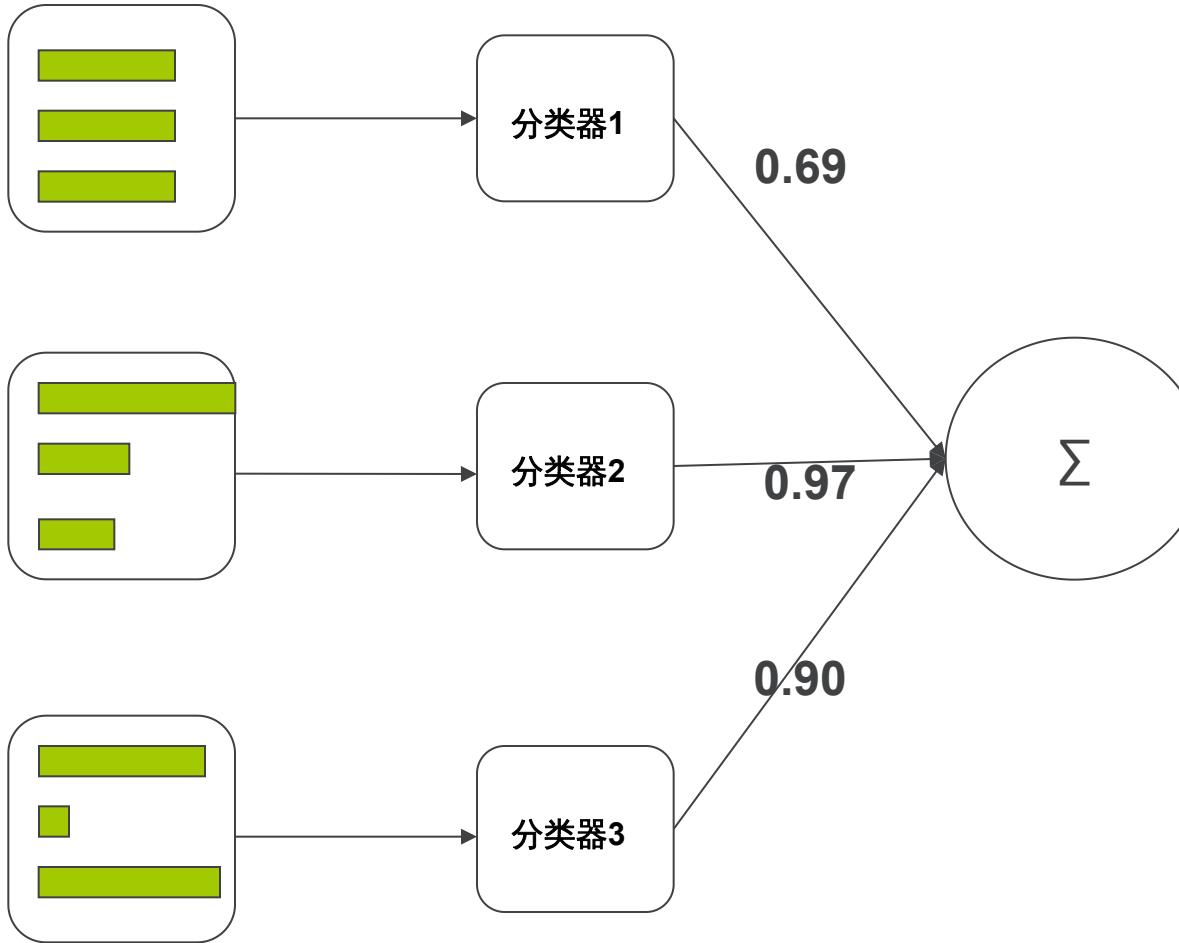
自举汇聚法，也称bagging方法，是在原始数据集选择s次后得到s个新数据集的方法。新数据集和原数据集相等，每个数据集都是通过在原始数据集中随机选取一个样本进行替换而得到的。这里的替换意味着可以多次选择同一个样本。

在s个数据建好之后，将某个学习算法分别作用于每个数据集就得到s个分类器。当要对新数据进行分类的时候，需要应用s个分类器进行分类，选择分类器投票结果中最多的类别作为最后的分类结果。



另一与bagging类似的技术是boosting技术。前者在训练中，不同的训练器是通过串行训练而获得的，每个分类器都根据已训练出的分类器的性能来进行训练。而boosting是通过集中关注已有分类器错分的哪些数据获得新的分类器。

Boosting方法种类很多，其中最流行的就是AdaBoost算法。





AdaBoost元算法

- 思想：使用弱分类器和过个实例来构建一个强分类器
- 基本过程：训练数据中的每个样本，并赋予一个权重，这些权重构成了向量D，以及分类器的权值。一开始，这些权重初始化成相等的值。首先在训练数据上训练出一个弱分类器并计算该分类器的错误率，然后再同一数据集上再次训练弱分类器。在分类器的第二次训练当中，将会重新调整每个样本的权重，使分对的样本权重变低，分错的样本权重变高，同时更新分类器的权值，以此类推。



- 其中 α 是根据错误率 ε 进行计算的，错误率 ε 定义如下：

$$\varepsilon_m = \sum_{n=1}^n D_n^{(m)} I(y_m(x_n) \neq t_n)$$

- 而 α 的计算公式如下：

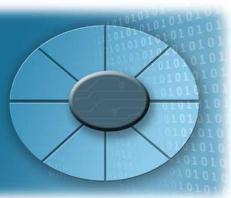
$$\alpha = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} \right)$$

- 计算出 α 的值后，可以对权值向量 D 进行调整，使那些正确分类的样本权值变低，错误分类的样本权值变高。
- 如果一个样本被正确分类，则其权值被更改为：

$$D_i^{(t+1)} = \frac{D_i^{(t)} e^{-\alpha}}{\text{Sum}(D)}$$

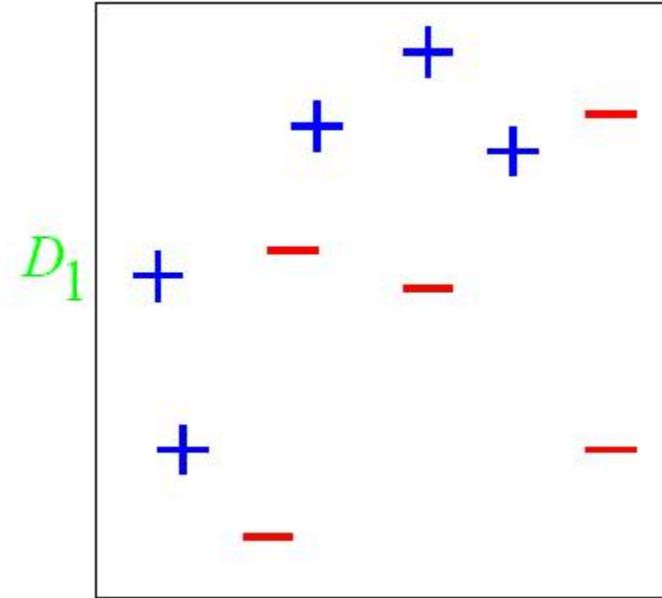
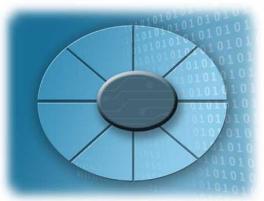
- 反之：

$$D_i^{(t+1)} = \frac{D_i^{(t)} e^{\alpha}}{\text{Sum}(D)}$$

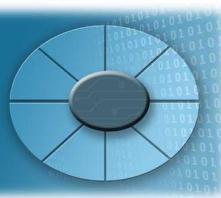


假设训练出m个分类器，最终的分类结果等于：

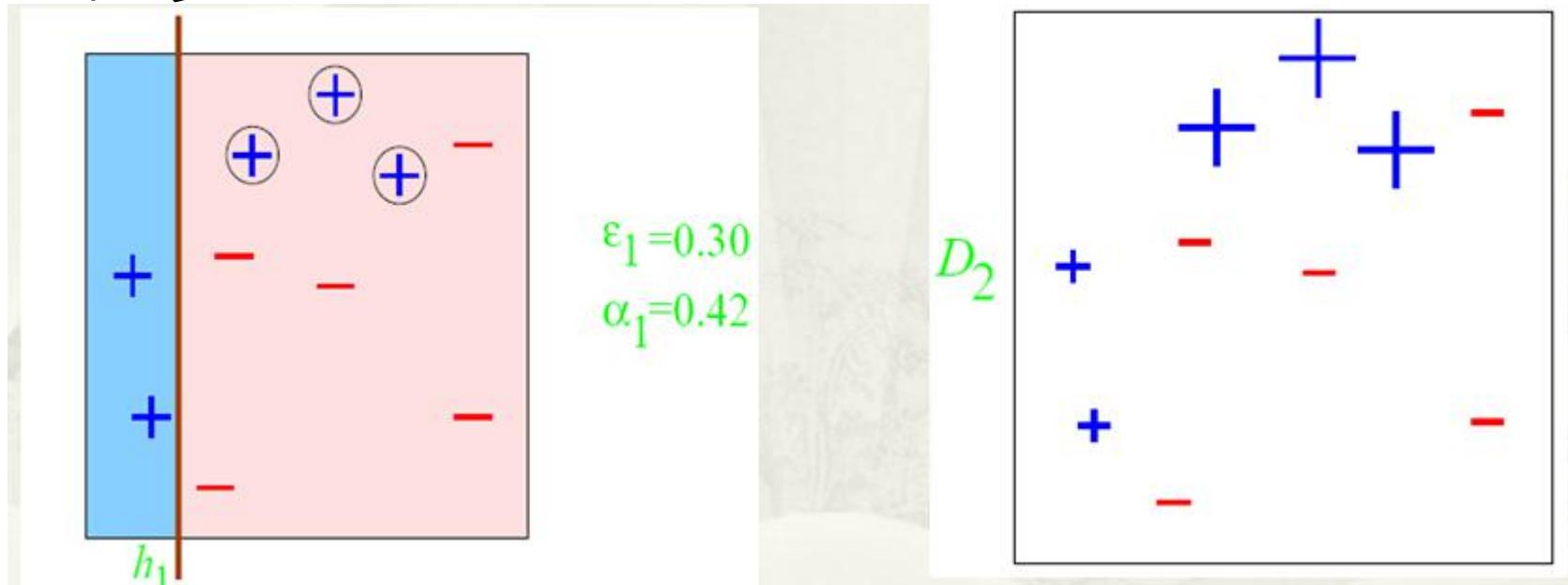
$$Y(X) = sign \left(\sum_{i=1}^m \partial_i y_i \right)$$



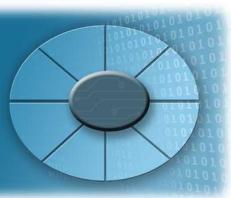
- 图中，“+”和“-”分别表示两种类别，在这个过程中，我们使用水平或者垂直的直线作为分类器，来进行分类。



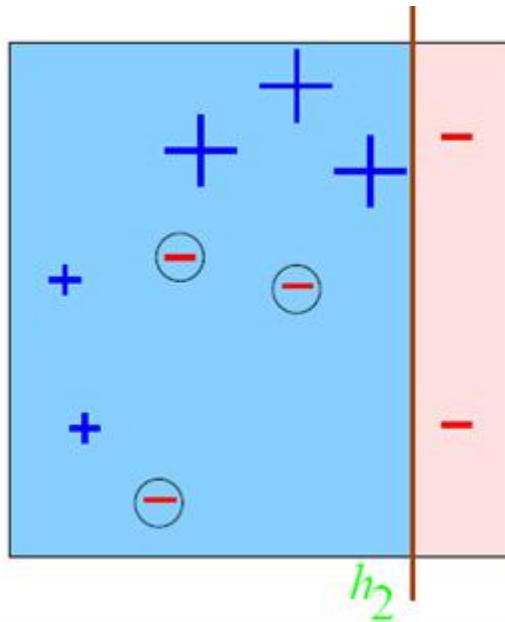
- 第一步：



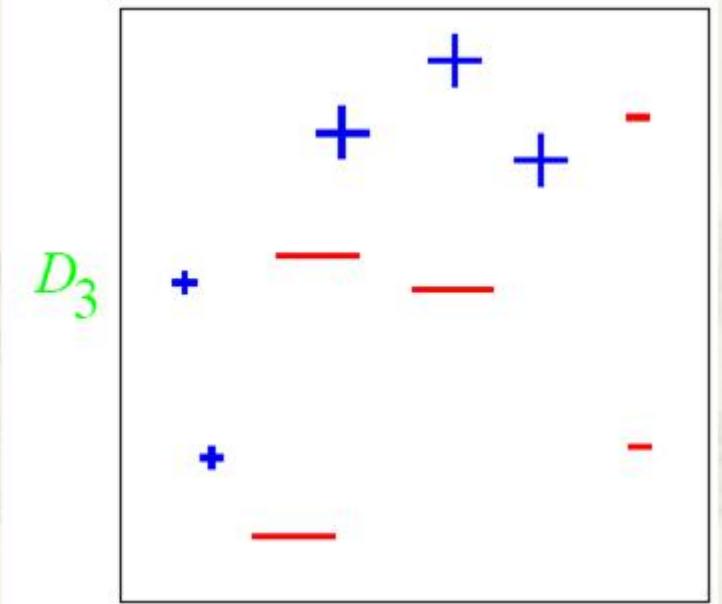
- 根据分类的正确率，得到一个新的样本分布D2-，一个子分类器 h_1
- 其中： $\partial_1 = \frac{1}{2} \ln\left(\frac{1 - \varepsilon_1}{\varepsilon_1}\right) = 0.5 * \ln(0.7 / 0.3) = 0.42$
- 其中划圈的样本表示被分错的。在右边的途中，比较大的“+”表示对该样本做了加权，



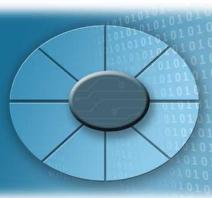
- 第二步：



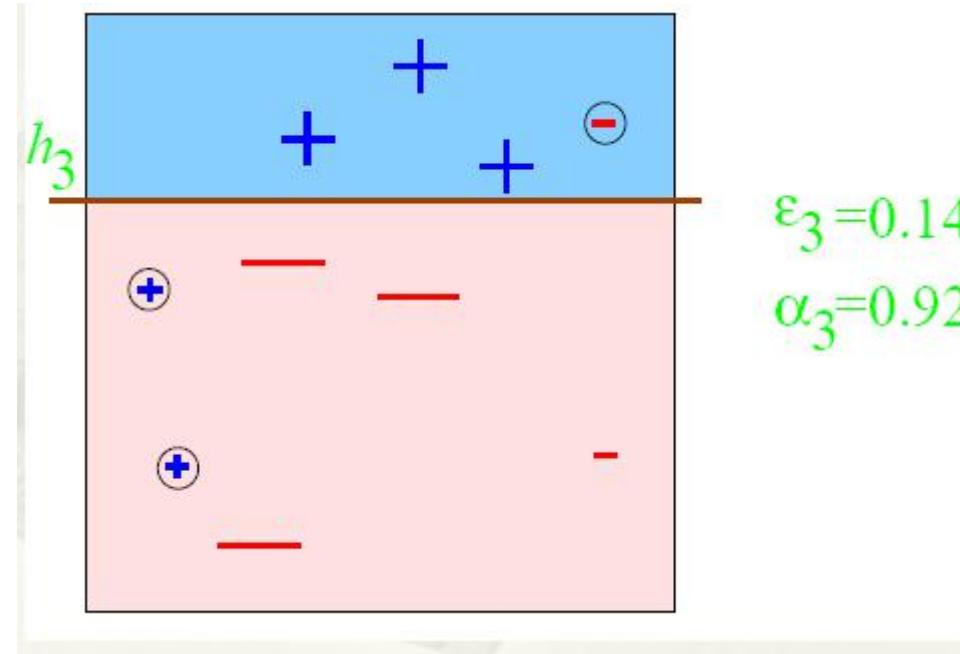
$$\begin{aligned}\epsilon_2 &= 0.21 \\ \alpha_2 &= 0.65\end{aligned}$$



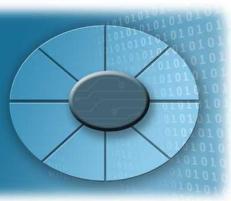
- 根据分类的正确率，得到一个新的样本分布 D_3 ，一个子分类器 h_2



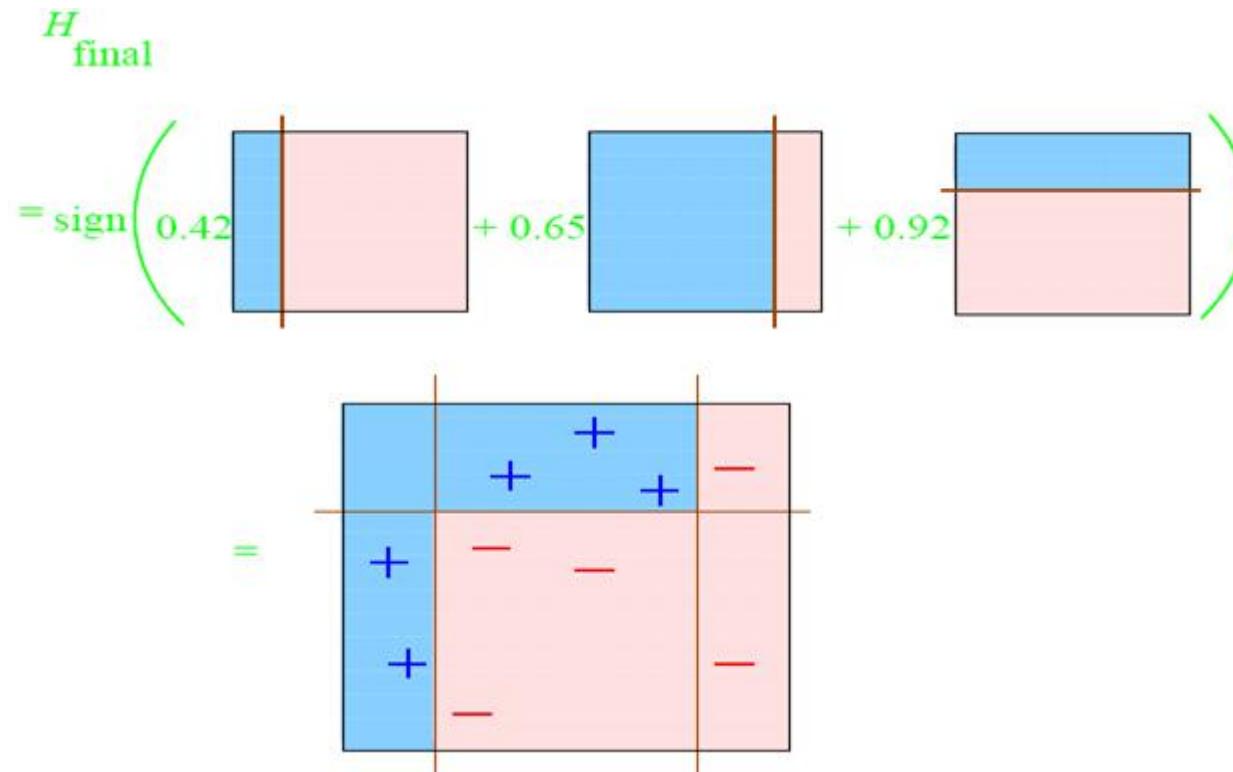
- 第三步：

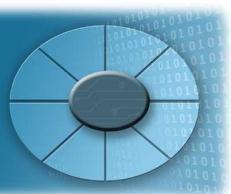


- 得到一个子分类器 h_3



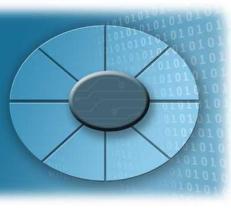
整合所有的子分类器：





Adaboost优点

- 1)adaboost是一种有很高精度的分类器
- 2)可以使用各种方法构建子分类器，adaboost算法提供的是框架
- 3)当使用简单分类器时，计算出的结果是可以理解的。而且弱分类器构造极其简单
- 4)简单，不用做特征筛选
- 5)不用担心overfitting！



回归

回归的目的就是预测数值型的目标值。

总成绩=0.6*期末成绩+0.2*期中成绩+0.2*平时成绩

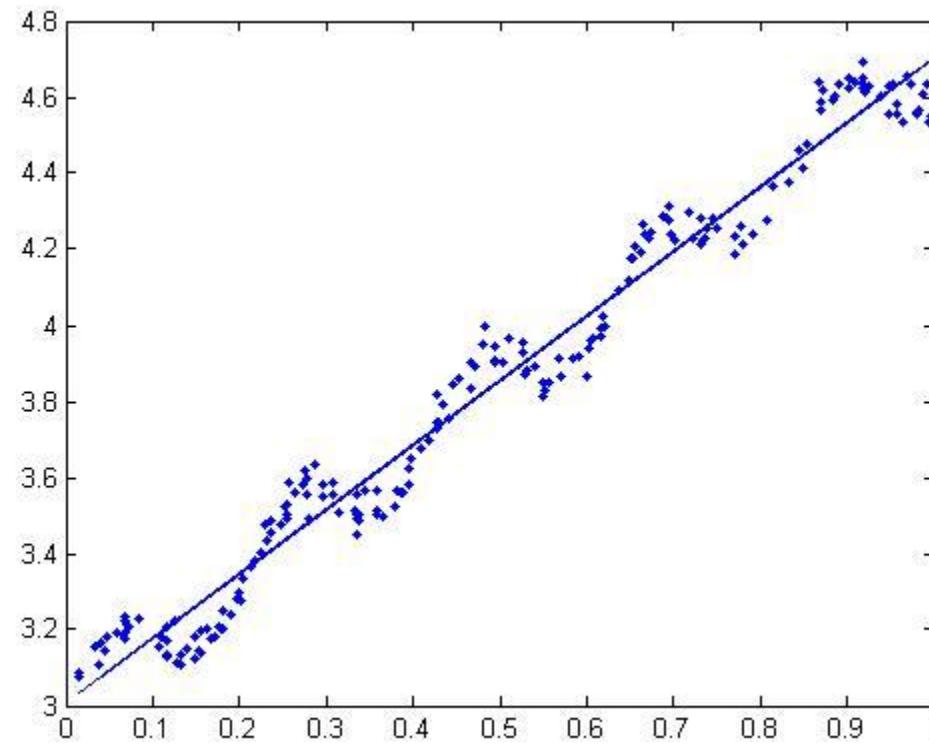
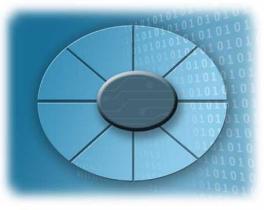
这就是回归方程，其中0.6 0.2 0.2就是回归系数，求这些回归系数的过程就是回归。

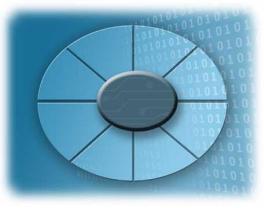
假设我们有一组数据{X,Y}，

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}, Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$$

对error求导，并令其等于零，解出 $\dot{\theta} = (X^T X)^{-1} X^T y$

$$error = \sum_{i=1}^m (y_i - x_i^T w)^2$$

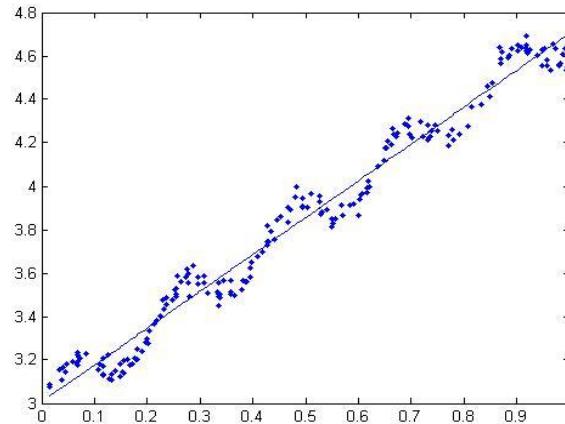
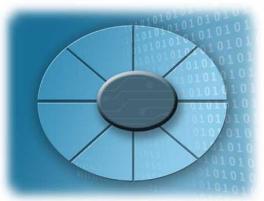




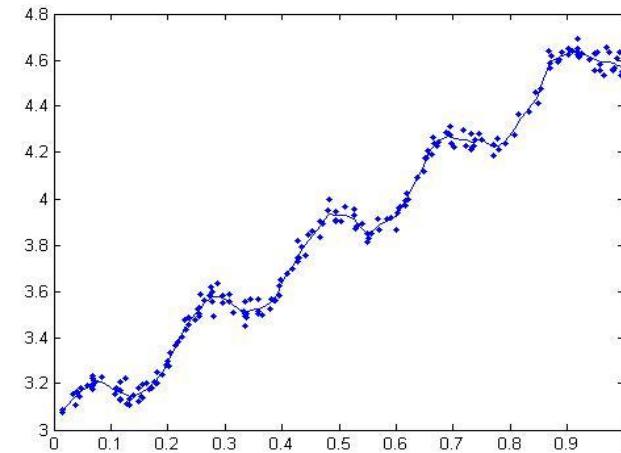
局部加权线性回归：给待测点附近每个点一个权重。

$$\theta = (X^T W X)^{-1} X^T W Y$$

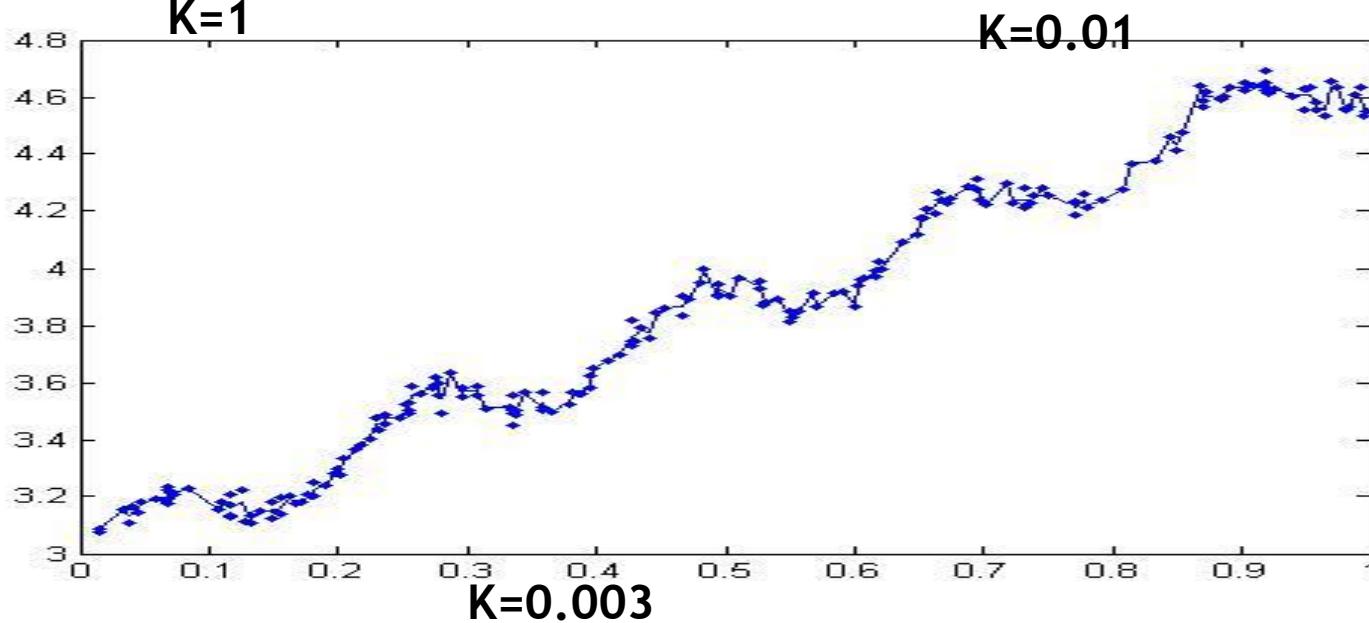
$$w(i,i) = \exp\left(\frac{|x^i - x|}{-2k^2}\right)$$



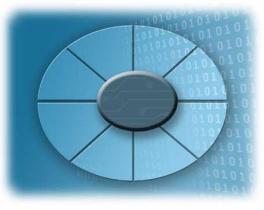
$K=1$



$K=0.01$



$K=0.003$



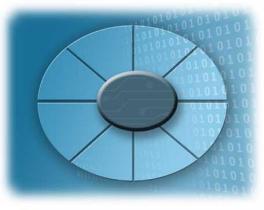
如果特征比样本数还多 ($n > m$) , 输入矩阵 X 不是满秩矩阵，
而非满秩矩阵在求逆会出现问题。

为了解决这个问题，引入了岭回归的概念。



岭回归就是在矩阵 $x^T x$ 上加上一个 λI 矩阵，使其非奇异。矩阵I是一个m*m的单位矩阵，对角线上为1，其他元素为0. 其中 λ 是自定义的一个参数。

$$\theta = (X^T X + \lambda I)^{-1} X^T Y$$

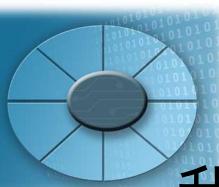


Logistic回归



假设现在有一些数据点，我们用一条直线对这些点拟合（最佳拟合直线），这个拟合的过程就叫回归。

根据现有数据对分类边界线简历回归公式，以此进行分类，训练分类器时的做法就是寻找最佳拟合参数。

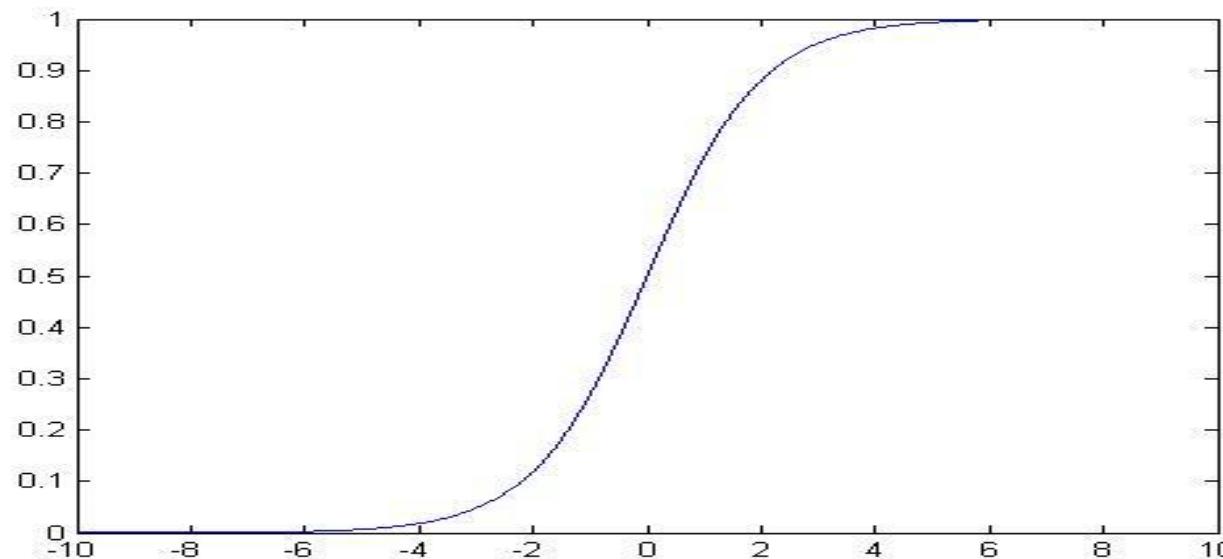


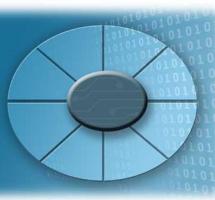
我们想要的函数应该是能够接受所有的输入然后预测出类别。在两类的情况下，函数应该输出0或1.有很多单位跃阶函数（海维赛德跃阶函数）。然而，这种函数在跳跃点上从0瞬间跳到1上，这个瞬间跃阶很难处理好

Sigmoid函数 $\frac{1}{1 + e^{-z}}$

当x为0时，函

数值为0.5，随着x增大，函数值增大并逼近于1，x减小，函数值减小并逼近于0.



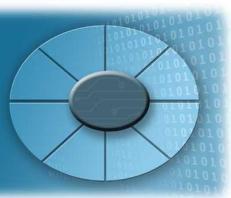


$$h = \theta_0 x_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \dots + \theta_m x_m$$

如果采用向量的方法写 $z^T x$

x 就是输入数据， θ 就是需要进行训练的参数。

通过训练后找到最优化的参数

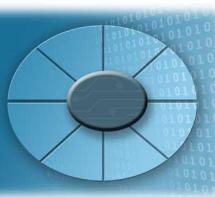


梯度上升法

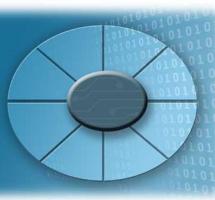
基本思想：想找到某函数的最大值，最好的方法是沿着该函数的梯度方向探寻。

$$\begin{array}{c} \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} \\ f(x,y) \\ \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} \end{array}$$

梯度上升算法的迭代公式： $f(\)$



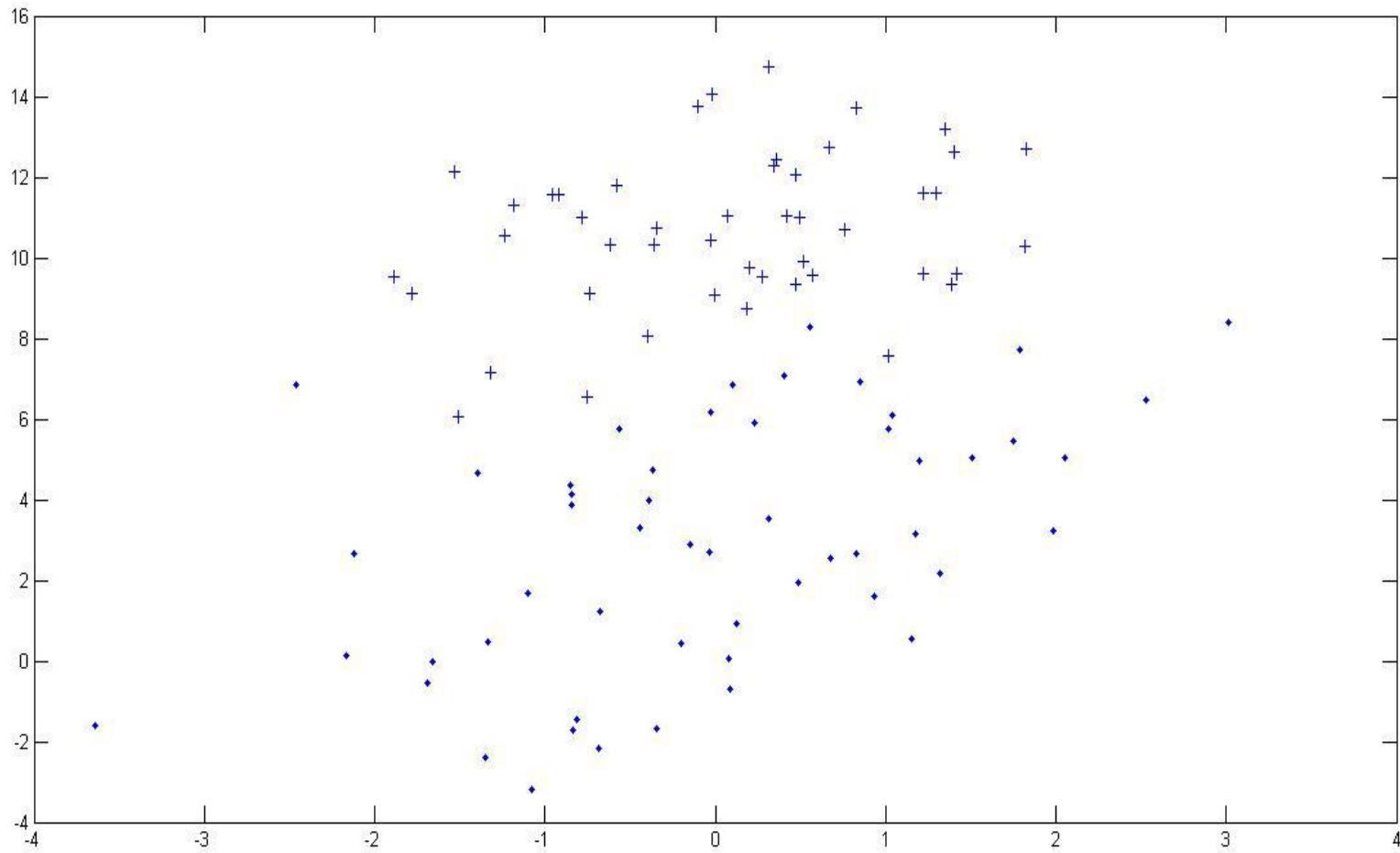
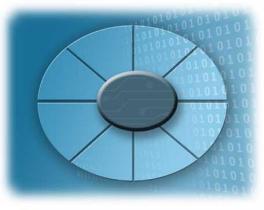
$$\begin{aligned} J(\theta) &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (h_{\theta}(x^{(i)}) - y^{(i)})^2 \\ \frac{\partial J(\theta)}{\partial \theta_j} &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (h_{\theta}(x^{(i)}) - y^{(i)}) \cdot \sum_{j=0}^n (h_{\theta}(x^{(i)}) - y^{(i)}) x_j^{(i)} \\ &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (h_{\theta}(x^{(i)}) - y^{(i)}) \cdot \sum_{j=0}^n (y^{(i)} - h_{\theta}(x^{(i)})) x_j^{(i)} \end{aligned}$$

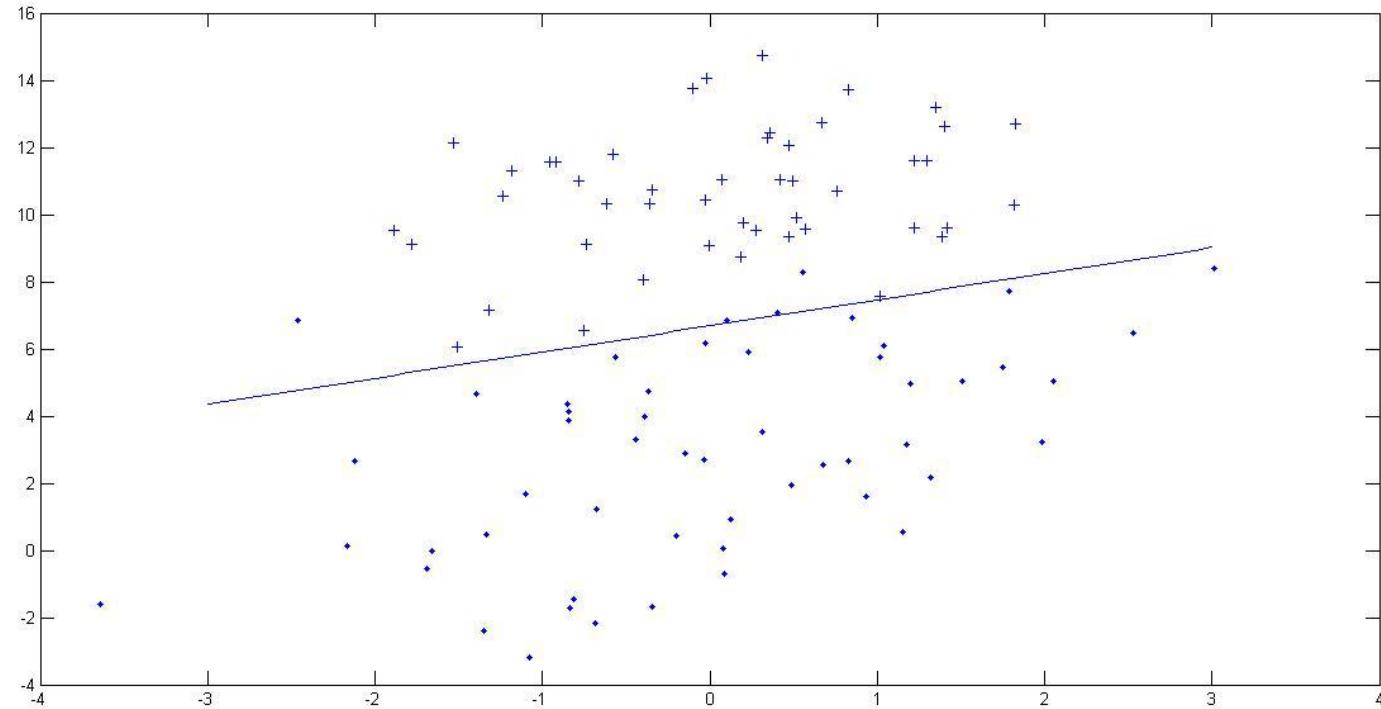


每个回归系数初始化为1
重复N次：

计算整个数据集的梯度
使用 $\theta = \theta + \alpha \nabla_{\theta} f(\theta)$
归系数
返回回归系数

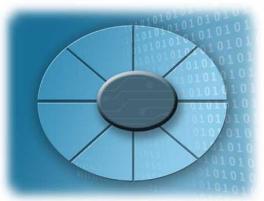
更新回





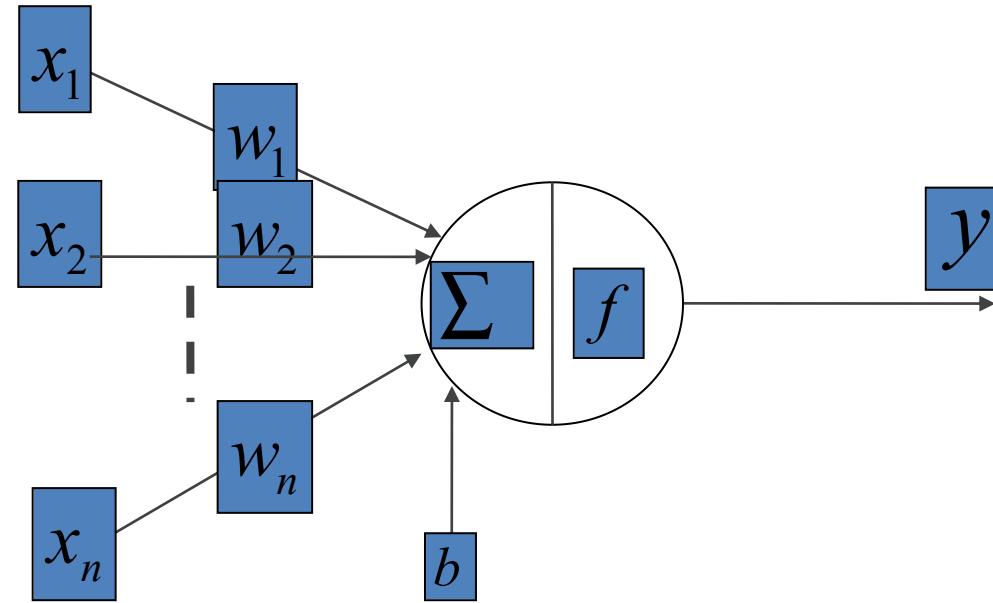
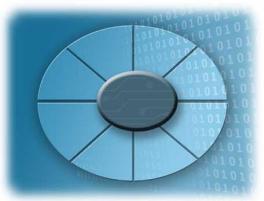
$$W = [4.120711455781440, 0.479779632289162, -0.616416051893343]$$

这个分类结果只错分了4个点，分类精度相当不错。但是这个方法需要大量的计算，不适用于大规模的数据。

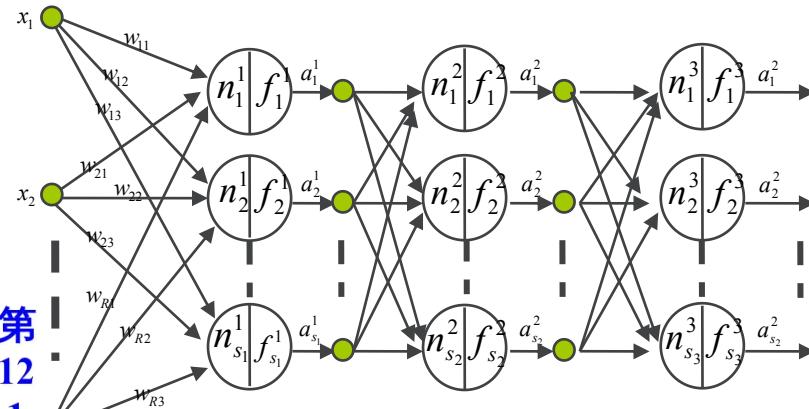
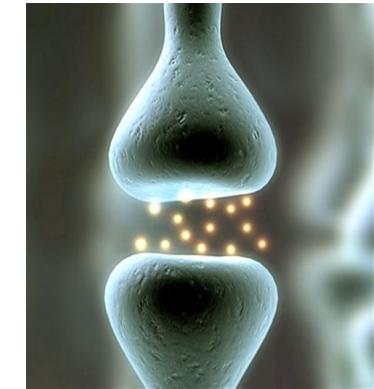
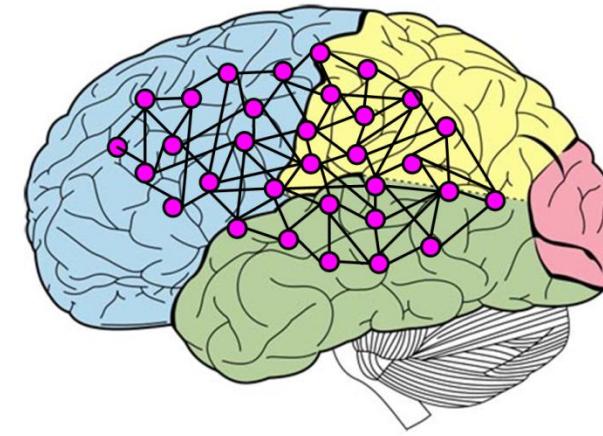
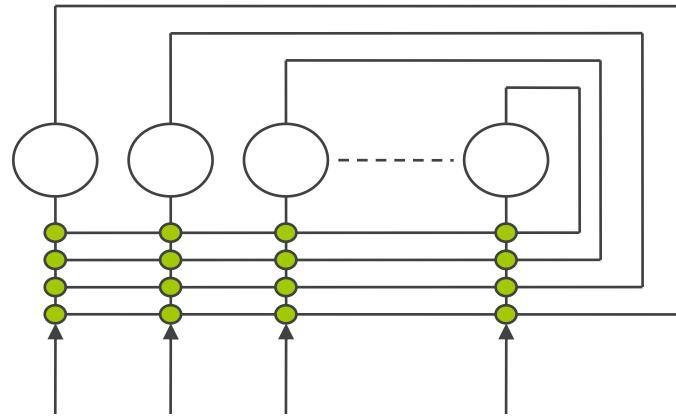
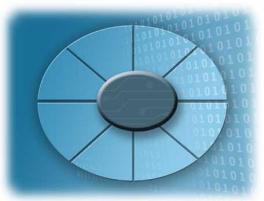


神经网络

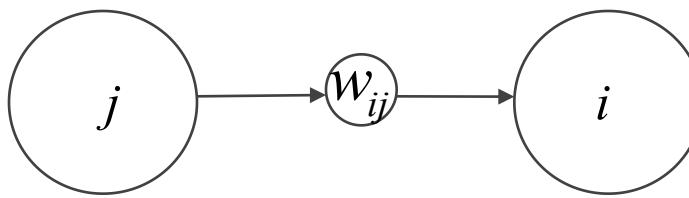
人工神经网络（Artificial Neural Networks，简写为ANNs）也简称为神经网络（NNs）或称作连接模型（Connection Model），它是一种模仿动物神经网络行为特征，进行分布式并行信息处理的算法数学模型。这种网络依靠系统的复杂程度，通过调整内部大量节点之间相互连接的关系，从而达到处理信息的目的。



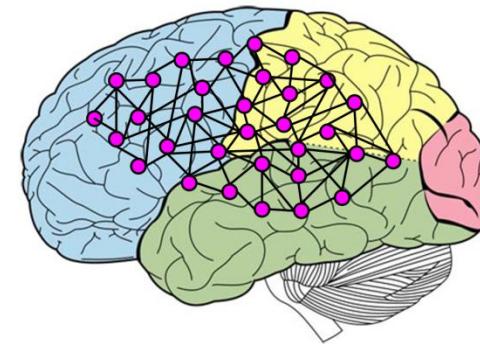
$$y = f\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i + b \right)$$



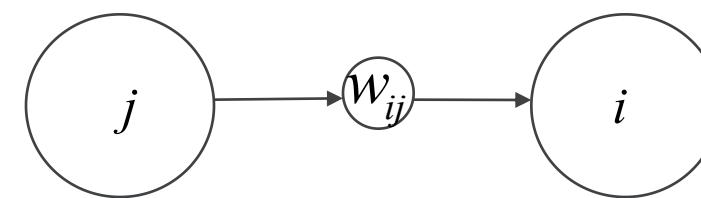
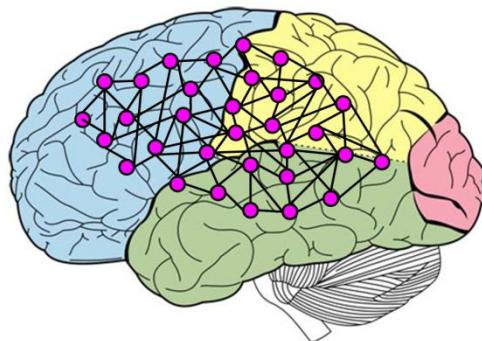
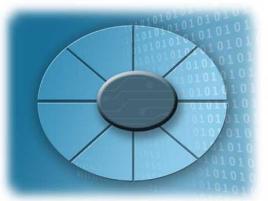
连接权值



$w_{ij}^{old} \rightarrow w_{ij}^{new}$



改变权值的过程就是学习
的过程


$$w_{ij}^{old} \rightarrow w_{ij}^{new}$$

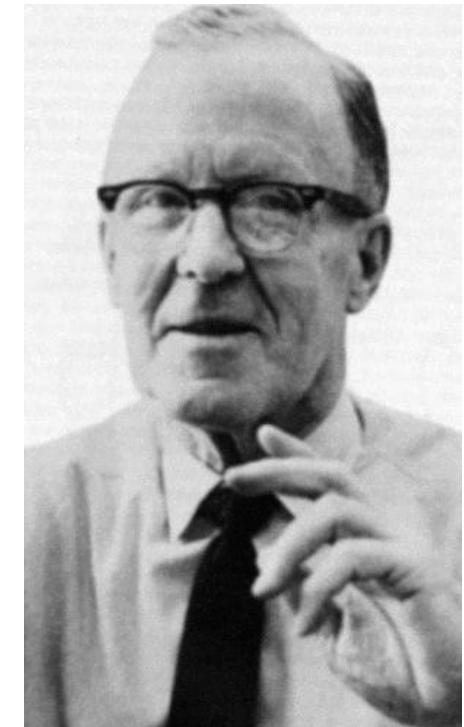
•
•
•

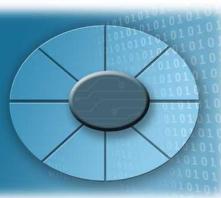
规律？



The Hebb Rule

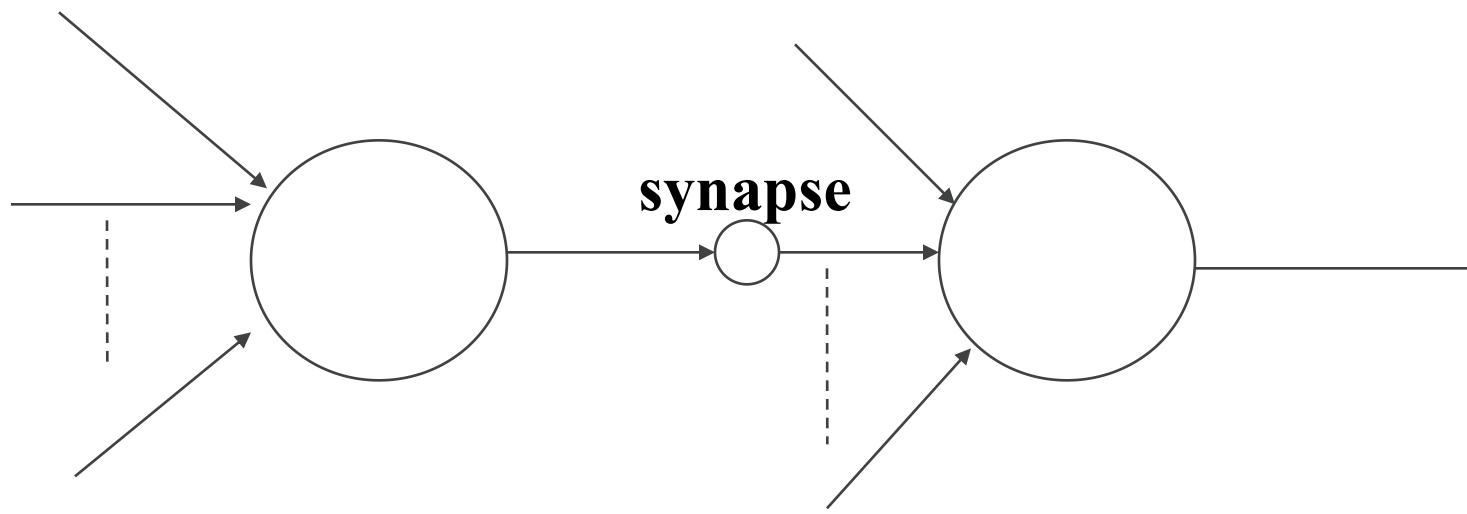
1. **D. Hebb, 1904-1985.**
2. **Degree in English, 1925.**
3. **Master degree in psychology at McGill University.**
4. **Ph.D. from Harvard in 1936.**
5. **Moved to Yerkes Lab in 1942.**
6. **Published “The Organization of Behavior” in 1949.**

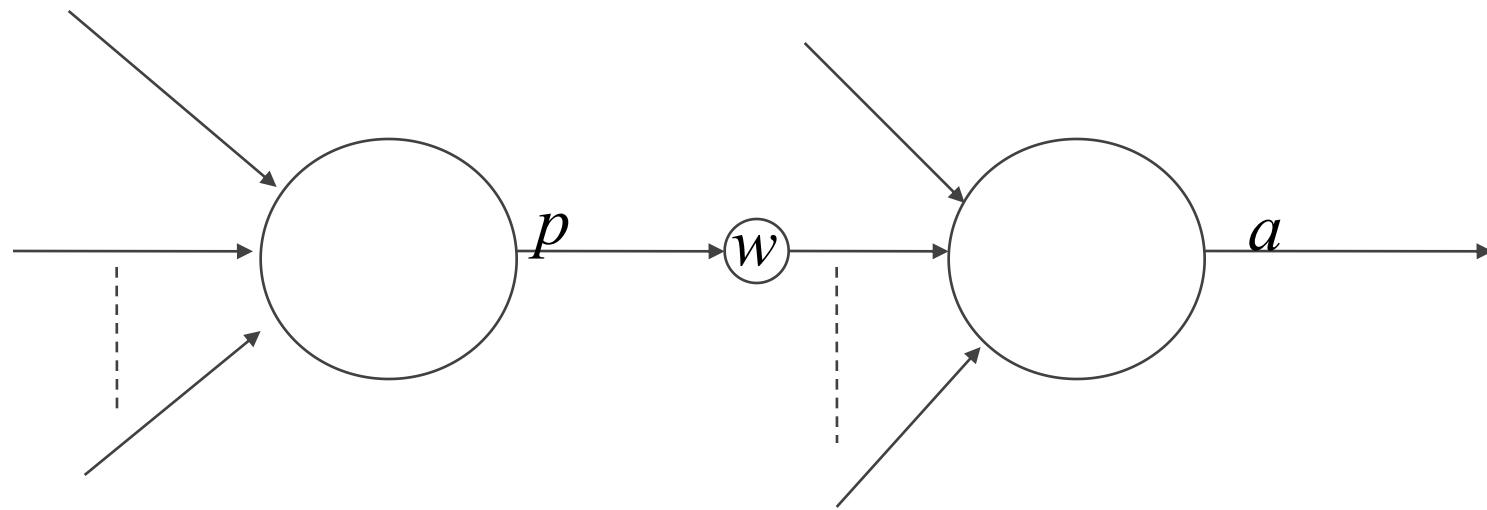
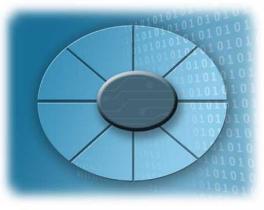




Hebb Rule

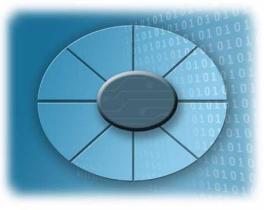
- Hebb 规则是最早的神经网络学习规则之一，
- 其最关键的一条假设：若一条突触两侧的两个神经元同时被激活，那么突触的强度将增大。





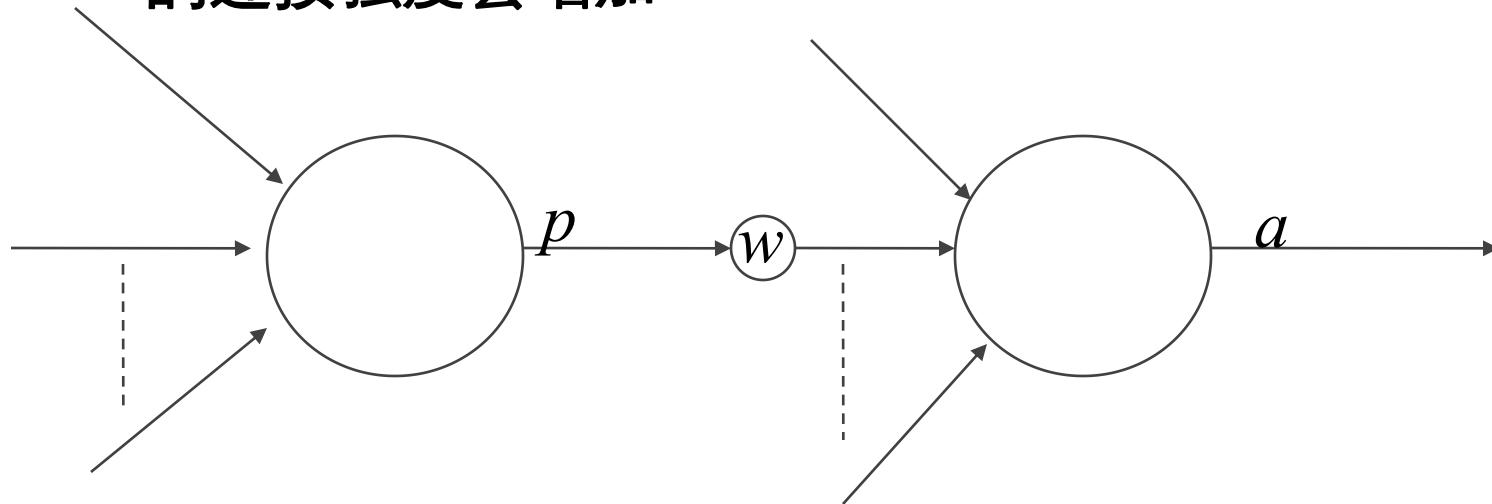
$$w^{old} \longrightarrow w^{new}$$

权值 w 不仅仅在 a, p 全为正数增大，在全为负数时也增大

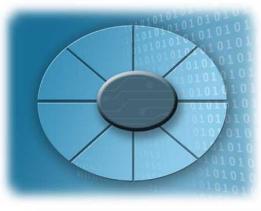


Hebb 规则

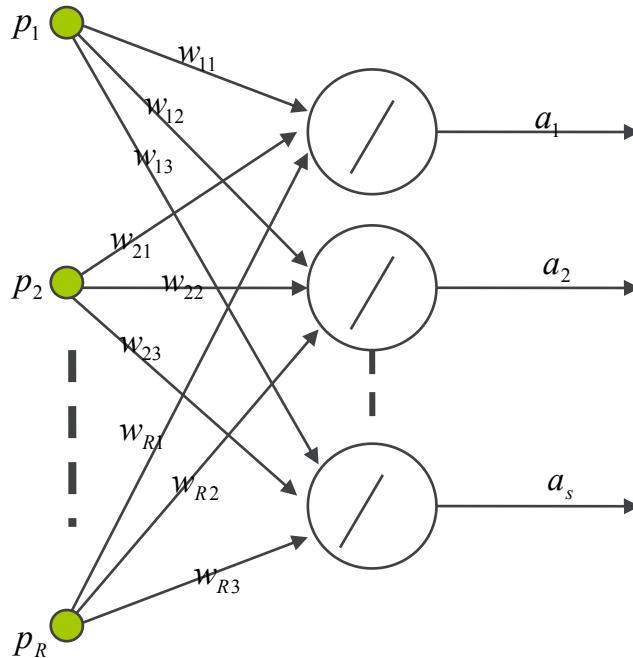
如果两个神经元的突触同时激活，那么它们之间的连接强度会增加



$$W^{\text{new}} - W^{\text{old}} = \alpha \cdot a \cdot p$$



自联想存储器—学习规则



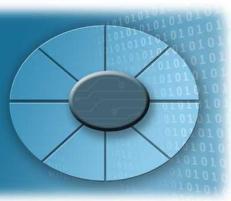
$\{\mathbf{p}_1, \mathbf{t}_1\}, \{\mathbf{p}_2, \mathbf{t}_2\}, \dots, \{\mathbf{p}_Q, \mathbf{t}_Q\}$

$$\mathbf{W}^{new} = \mathbf{W}^{old} + \mathbf{t}_q \mathbf{p}_q^T$$

$$\mathbf{W} = \mathbf{t}_1 \mathbf{p}_1^T + \mathbf{t}_2 \mathbf{p}_2^T + \dots + \mathbf{t}_Q \mathbf{p}_Q^T = \sum_{q=1}^Q \mathbf{t}_q \mathbf{p}_q^T$$

Supervised Hebbian Learning

$$\mathbf{W}^{new} = \mathbf{W}^{old} + \alpha \cdot \mathbf{t} \cdot \mathbf{p}$$



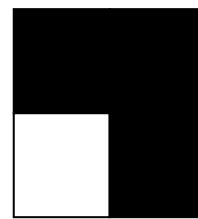
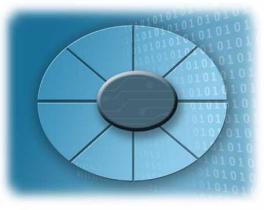
学习规则

$$\mathbf{W}^{new} = \mathbf{W}^{old} + \mathbf{t}_q \mathbf{p}_q^T$$

$$\mathbf{W} = \mathbf{t}_1 \mathbf{p}_1^T + \mathbf{t}_2 \mathbf{p}_2^T + \dots + \mathbf{t}_Q \mathbf{p}_Q^T = \sum_{q=1}^Q \mathbf{t}_q \mathbf{p}_q^T \quad (\text{Zero Initial Weights})$$

Matrix Form:

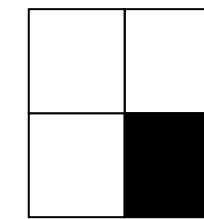
$$\mathbf{W} = [\mathbf{t}_1 \ \mathbf{t}_2 \ \dots \ \mathbf{t}_Q] \begin{bmatrix} \mathbf{p}_1^T \\ \mathbf{p}_2^T \\ \vdots \\ \mathbf{p}_Q^T \end{bmatrix} = \mathbf{T} \mathbf{P}^T \quad \mathbf{P} = [\mathbf{p}_1 \ \mathbf{p}_2 \ \dots \ \mathbf{p}_Q]$$
$$\mathbf{T} = [\mathbf{t}_1 \ \mathbf{t}_2 \ \dots \ \mathbf{t}_Q]$$



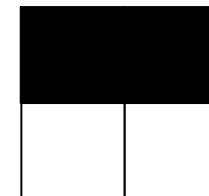
P1



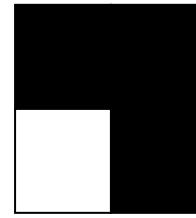
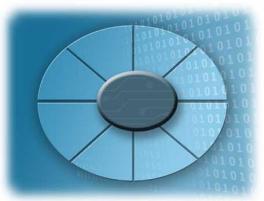
P2



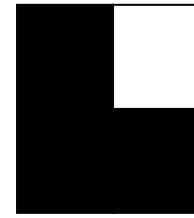
P3



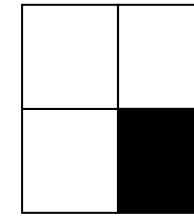
P



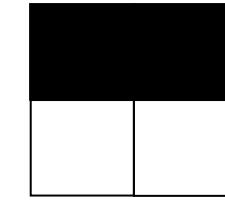
P1



P2



P3



P

Inputs:

$$p_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$p_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$p_3 = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Input:

$$p = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}$$

第
13
1
页

Outputs:

$$t_1 = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \end{bmatrix}$$

$$t_2 = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$t_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$$

Output: ???



$$\mathbf{W} = \mathbf{t}_1 \mathbf{p}_1^T + \mathbf{t}_2 \mathbf{p}_2^T + \cdots + \mathbf{t}_Q \mathbf{p}_Q^T = \sum_{q=1}^Q \mathbf{t}_q \mathbf{p}_q^T$$

$$\mathbf{W} = \mathbf{t}_1 \mathbf{p}_1^T + \mathbf{t}_2 \mathbf{p}_2^T + \mathbf{t}_3 \mathbf{p}_3^T = \begin{bmatrix} -3 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 3 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$a = \text{hard lims}(Wp) = \text{hard lims}\left(\begin{bmatrix} -2 \\ -2 \end{bmatrix}\right) = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \end{bmatrix} \Rightarrow t_1$$



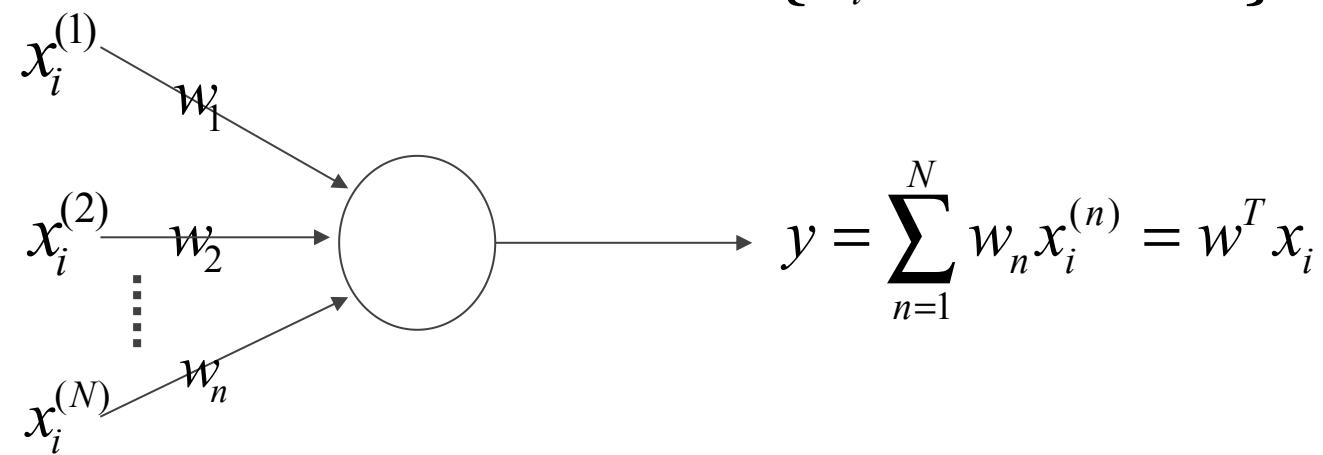
基于heb神经网络的PCA

- 传统PCA算法的缺点：
 - 需要大量的计算
 - 属于批量学习

- 基于神经网络的PCA的优点：
 - 不需要计算协方差矩阵
 - 属于在线学习



数据集 $X = \{x_i, i = 1, \dots, K\}$



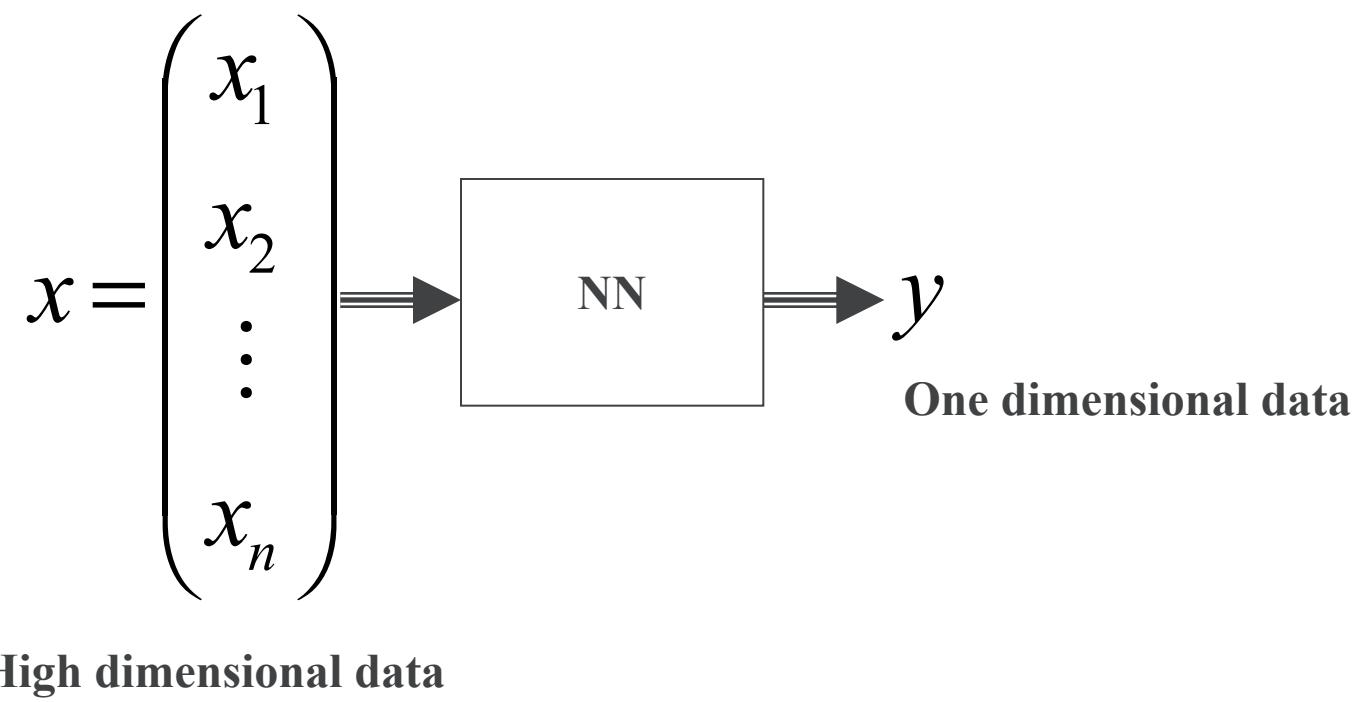
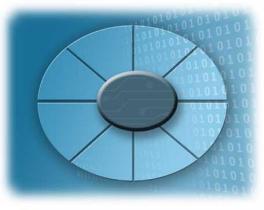
基于hebb规则的权值更新公式：

$$w(k+1) = w(k) + \mu \cdot [y(k)x(k) - y^2(k)w(k)]$$



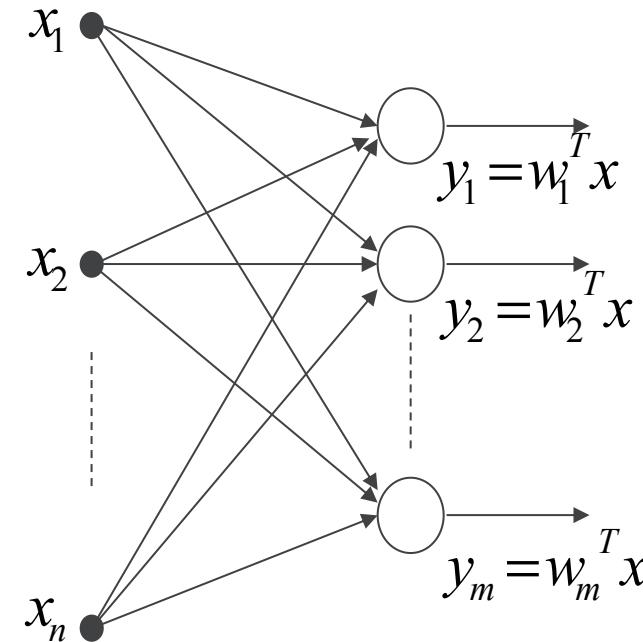
- 基于hebb规则的神经网络已被证明 当迭代次数无穷大时，方差趋向于 λ_1

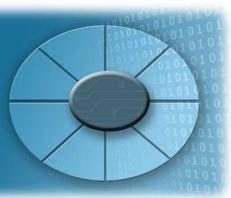
$$w(k) \rightarrow e_1 \quad k \rightarrow \infty$$



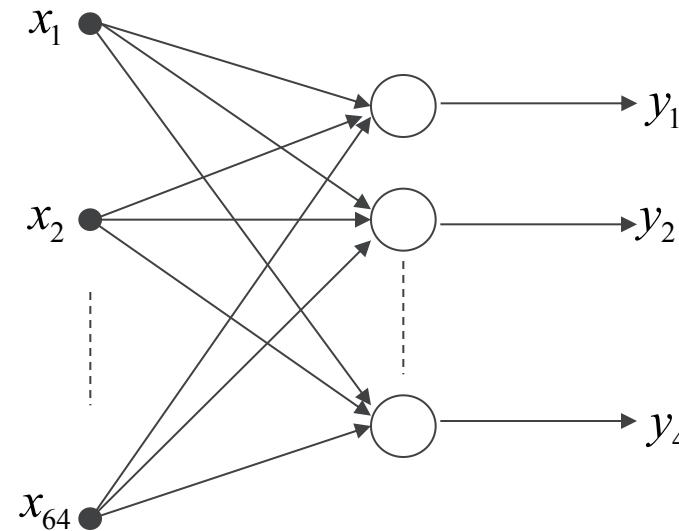
多维压缩

Sanger proposed the Generalized Hebbian Algorithm (GHA)

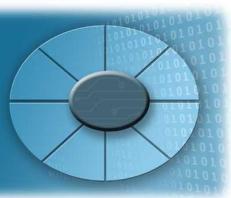




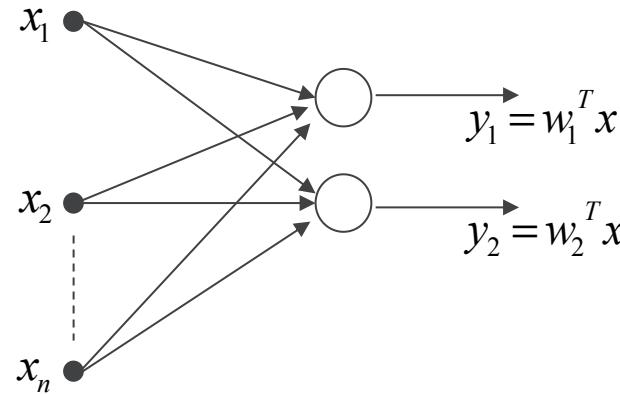
GHA Learning Algorithm



$$w_j(k+1) = w_j(k) + \mu \cdot y_j(k)[x(k) - \sum_{s=1}^j w_s(k)y_s(k)]$$
$$j = 1, 2, 3, 4$$



2维压缩



第一个输出神经元权值向量

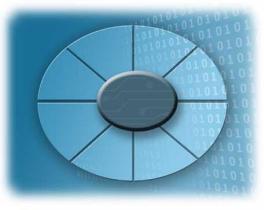
$$w_1(k) \rightarrow e_1$$

$$w_1(k+1) = w_1(k) + \mu \cdot y_1(k) [x(k) - w_1(k)y_1(k)] \quad (\text{Oja Algorithm based on Hebb rules})$$

第二个输出神经元权值向量

$$w_2(k) \rightarrow e_2$$

$$w_2(k+1) = w_2(k) + \mu \cdot y_2(k) [x(k) - w_1(k)y_1(k) - w_2(k)y_2(k)]$$

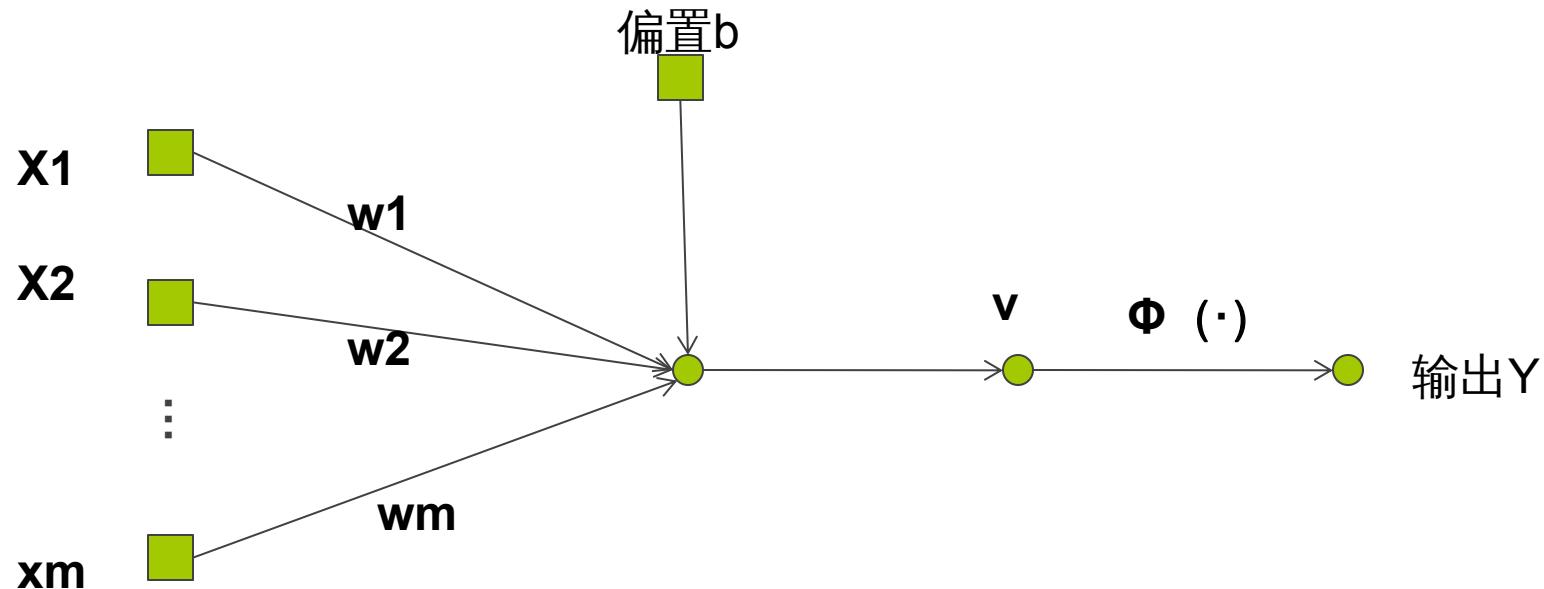


$$x(k) = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_{64} \end{pmatrix}, \quad k = 1, 2, \dots, 4096.$$

64 pages

感知机

感知器是用于线性可分模式分类的最简单的神经网络.它由一个具有可调突触权值和偏置的神经元组成。



$$v = \sum_{i=1}^m w_i x_i + b$$



感知器权值自适应公式

1.假如训练成员第N个成员 $x(n)$ 根据算法中的第N次迭代的权值向量 $w(n)$ 能正确分类，那么感知器的权值向量不做修改

2.否则，感知器的权值向量根据以下规则进行修改：

$$w(n+1) = w(n) - \eta(n)x(n) \quad \text{假如预测结果为1, 实际属于类2}$$

$$w(n+1) = w(n) + \eta(n)x(n) \quad \text{假如预测结果为2, 实际属于类1}$$

这里 $\eta(n)$ 是学习参数，控制这第n次迭代中作用于权值向量的调节

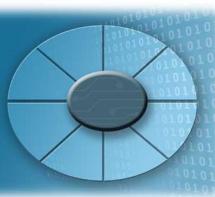


BP神经网络

反向传播算法也称BP算法。由于这种算法在本质上是一种神经网络学习的数学模型，所以，有时也称为BP模型。

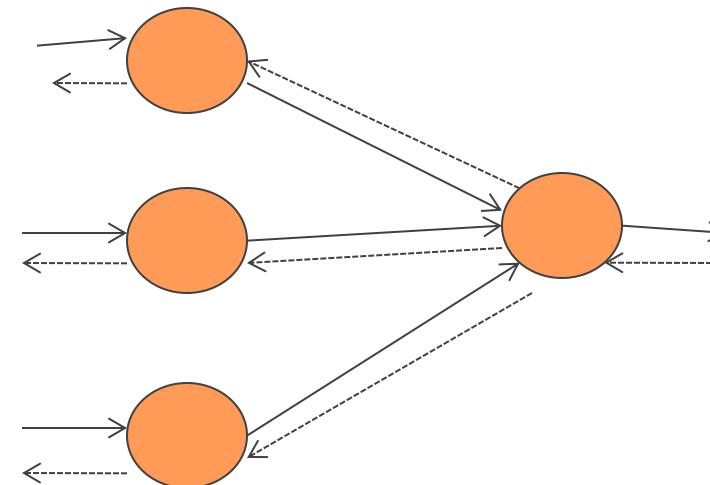
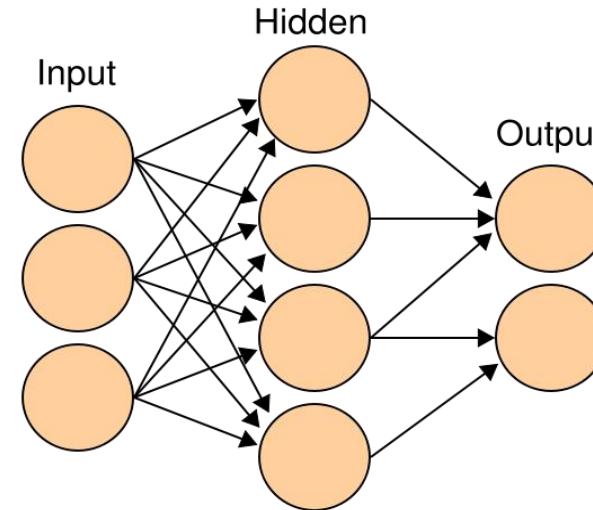
BP算法是为了解决多层前向神经网络的权系数优化而提出来的；所以，BP算法也通常暗示着神经网络的拓扑结构是一种无反馈的多层前向网络。故而，有时也称无反馈多层前向网络为BP模型。

基本原理：利用输出后的误差来估计输出层的直接前导层的误差，再用这个误差估计更前一层的误差，如此一层一层的反传下去，就获得了所有其他各层的误差估计

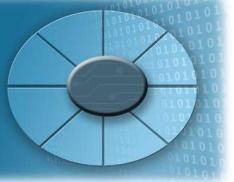


BP神经网络

具有一层隐藏层的多层次感知器



函数信号的前向传播和误差信号的反向传播



BP模型的学习过程

反向传播算法分二步进行，即正向传播和反向传播。这两个过程的工作简述如下。

1. 正向传播

输入的样本从输入层经过隐单元一层一层进行处理，通过所有的隐层之后，则传向输出层；在逐层处理的过程中，每一层神经元的状态只对下一层神经元的状态产生影响。在输出层把现行输出和期望输出进行比较，如果现行输出不等于期望输出，则进入反向传播过程。

2. 反向传播

反向传播时，把误差信号按原来正向传播的通路反向传回，并对每个隐层的各个神经元的权系数进行修改，以望误差信号趋向最小。

步骤1,2不断循环 直到网络输出误差减少到可接受程度或者进行到预先设定的次数为止。



自组织映射

当人脑接收外界的时空信息时，大脑皮层的特定区域会兴奋，而且类似的外界信息在对应的区域是连续的。因此Kohonen认为，一个神经网络在接受外界输入模式时，将会分为不同的对应区域，且各个区域对输入模式有不同的响应特征，而且这个特征是自动完成的。

SOFM只有两层：输入层和竞争层，竞争层神经元的排列有多种形式：一维线阵、二维平面、三维栅格等等。



权值调整方法是在胜者为王基础上改进的，即优胜领域内的神经元都可以调整权值。理论上应该是离胜者越近，学习率的越大，但是为简化计算，实际中优胜领域内一般取相同的学习率。优胜领域开始定的很大，随着训练次数的增加，最终应该收缩到0。

SOFM分为训练阶段和工作阶段，要训练阶段，权向量被训练为输入样本空间的聚类中心。在工作阶段，当输入向量与某个竞争层的内星权值相似时，自然会被分到对应的聚类上去。因此SOFM可用作模式分类器。注意当输入模式在训练集中从未出现过时，SOFM网只能将它归入最接近的模式分类中去。

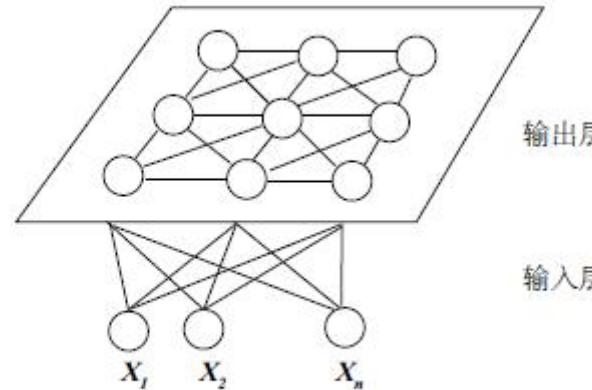
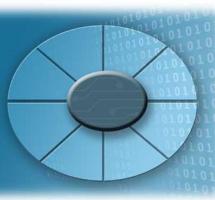


图 1 SOM 网络基本结构

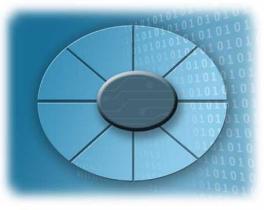
自组织映射主要有三个过程：

1. 竞争。对每个输入模式，网络中的神经元计算它们各自判别的函数值。具有最大函数值的特定神经元成为竞争的胜利者
2. 合作。获胜神经元决定兴奋神经元的拓扑邻域的空间位置，从而提供这样的相邻神经元合作的基础
3. 突触调节。使兴奋神经元通过对它们的突触权值进行适当的调节以增强它们关于该输入模式的判别函数值。所做的调节是获胜神经元对以后相似的输入模式响应增强了。



神经网络的特点

- 1) 可以充分逼近任意复杂的非线性关系；
- 2) 所有定量或定性的信息都等势分布贮存于网络内的各神经元，故有很强的鲁棒性和容错性；
- 3) 采用并行分布处理方法，使得快速进行大量运算成为可能；
- 4) 可学习和自适应不知道或不确定的系统；
- 5) 能够同时处理定量、定性知识。



END





网络智能技术

石光耀

重庆邮电大学计算机学院

人工智能优化算法

- 1 遗传算法 (Genetic Algorithm , GA)
- 1 人工神经网络算法(Artificial Neural Network , ANN)
- 1 模拟退火(Simulated Annealing, SA)
- 1 粒子群优化算法(Partical Swam Optimization Algorithm, PSOA)
- 1 蚁群优化算法(Ant Colony Optimization Algorithm, ACOA)

遗传算法(Genetic Algorithm, GA)

- 1 遗传算法是一类模拟达尔文生物进化论的自然选择和遗传算法机理的生物进化过程的**计算模型**，借鉴生物界的进化规律（适者生存，优胜劣汰遗传机制）演化而来的**随机化搜索最优化方法**。
- 1 遗传算法最初由美国密歇根大学J. Holland（霍兰德）教授于1975年首先提出来的，并出版了颇有影响的专著《Adaptation in Natural and Artificial Systems》，遗传算法这个名称才逐渐为人所知，通常称为“**简单遗传算法**”。

遗传算法的基本原理

遗传算法简称GA（Genetic Algorithms）是1962年由美国Michigan大学的Holland教授提出的模拟自然界遗传机制和生物进化论而成的一种**并行随机搜索最优化方法。**

遗传算法是以达尔文的自然选择学说为基础发展起来的。自然选择学说包括以下三个方面：

(1) **遗传**：这是生物的普遍特征，亲代把生物信息交给子代，子代总是和亲代具有相同或相似的性状。生物有了这个特征，物种才能稳定存在。

(2) **变异**：亲代和子代之间以及子代的不同个体之间的差异，称为变异。变异是随机发生的，变异的选择和积累是生命多样性的根源。

(3) **生存斗争和适者生存**：具有适应性变异的个体被保留下来，不具有适应性变异的个体被淘汰，通过一代代的生存环境的选择作用，性状逐渐逐渐与祖先有所不同，演变为新的物种。

遗传算法将“优胜劣汰，适者生存”的生物进化原理引入优化参数形成的编码串联群体中，按所选择的适应度函数并通过遗传中的**复制、交叉及变异**对个体进行筛选，使适适应度高的个体被保留下来，组成新的群体，新的群体既继承了上一代的信息，又优于上一代。这样周而复始，群体中个体适应度不断提高，直到满足一定的条件。遗传算法的算法简单，可并行处理，并可以得到**全局最优解**。

遗传算法的基本操作为：

(1) 复制 (Reproduction Operator)

复制是从一个旧种群中选择生命力强的个体位串产生新种群的过程。具有高适应度的位串更有可能在下一代中产生一个或多个子孙。

复制操作可以通过随机方法来实现。首先产生0~1之间均匀分布的随机数，若某串的复制概率为40%，则当产生的随机数在0.40~1.0之间时，该串被复制，否则被淘汰。

(2) 交叉 (Crossover Operator)

复制操作能从旧种群中选择出优秀者，但不能创造新的染色体。而交叉模拟了生物进化过程中的繁殖现象，通过两个染色体的交换组合，来产生新的优良品种。

交叉的过程为：在匹配池中任选两个染色体，随机选择一点或多点交换点位置；交换双亲染色体交换点右边的部分，即可得到两个新的染色体数字串。

交换体现了自然界中信息交换的思想。**交叉**有一点交叉、多点交叉、还有一致交叉、顺序交叉和周期交叉。一点交叉是最基本的方法，应用较广。它是指染色体切断点有一处，例：

$$A : 101100 \ \underline{1110} \rightarrow 101100 \ 0101$$

$$B : 001010 \ \underline{0101} \rightarrow 001010 \ 1110$$

(3) 变异(Mutation Operator)

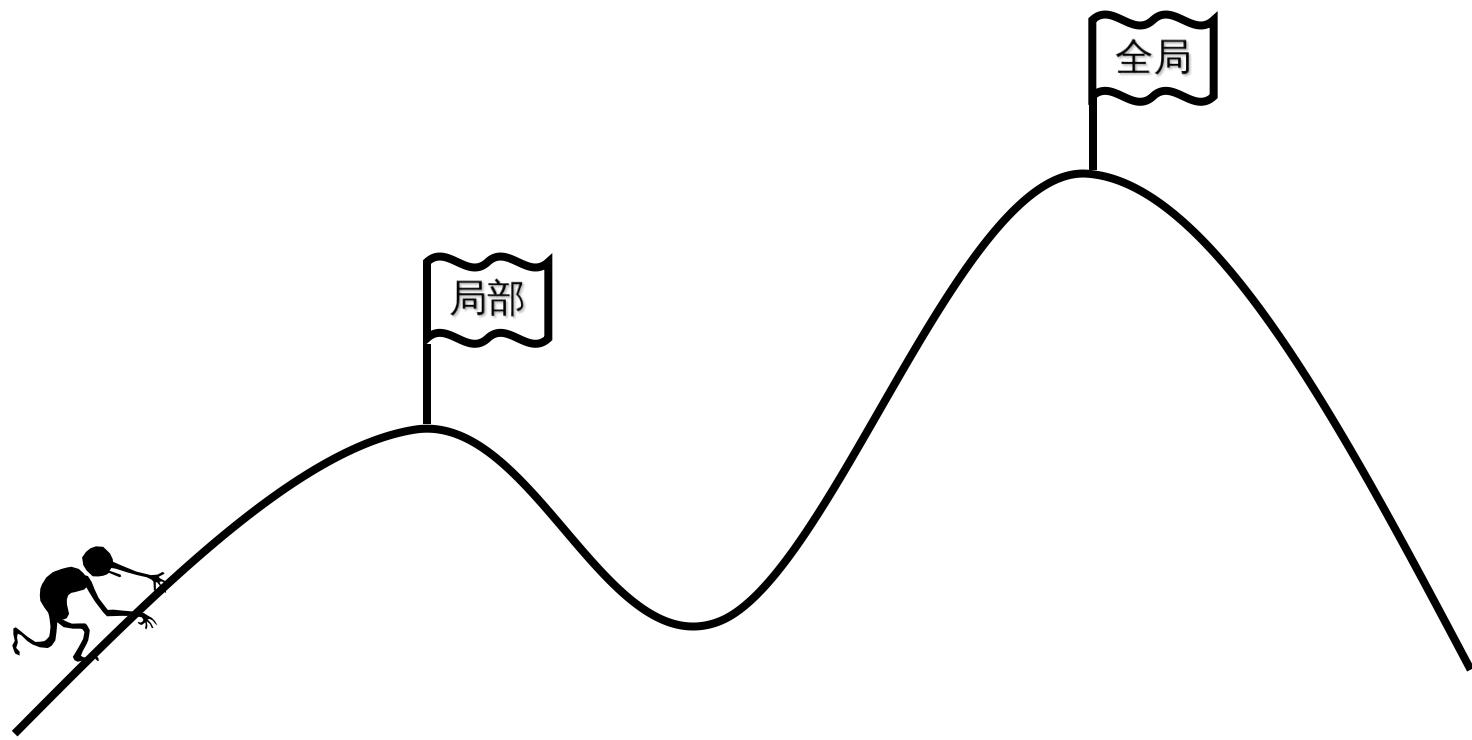
变异运算用来模拟生物在自然的遗传环境中由于各种偶然因素引起的基因突变，它以很小的概率随机地改变遗传基因（表示染色体的符号串的某一位）的值。在染色体以二进制编码的系统中，它随机地将染色体的某一个基因由1变为0，或由0变为1。

若只有选择和交叉，而没有变异，则无法在初始基因组合以外的空间进行搜索，使进化过程在早期就陷入局部解而进入终止过程，从而影响解的质量。为了在尽可能大的空间中获得质量较高的优化解，必须采用变异操作。

遗传算法的搜索机制

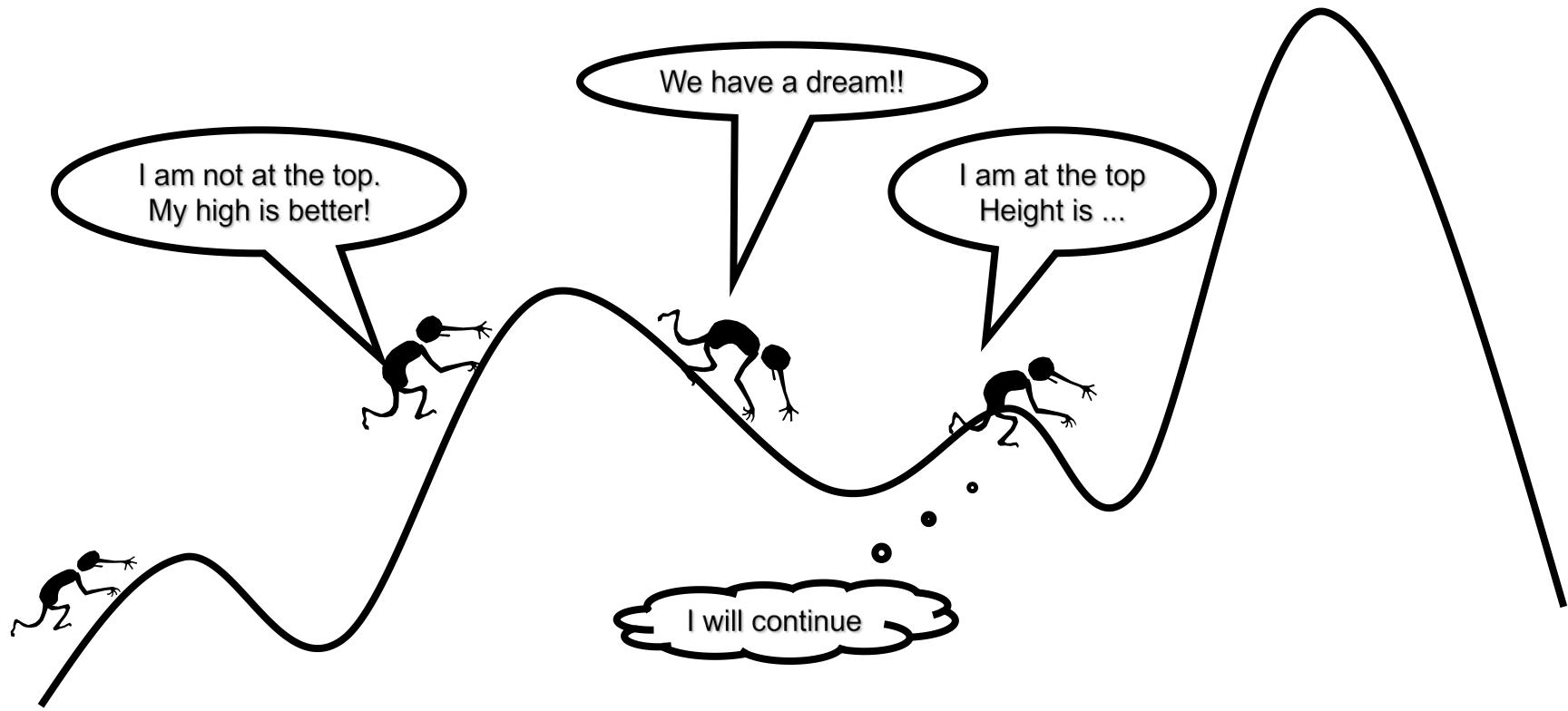
遗传算法模拟自然选择和自然遗传过程中发生的**繁殖、交叉和基因突变**现象，在每次迭代中都保留一组候选解，并按某种指标从解群中选取较优的个体，利用**遗传算子(选择、交叉和变异)**对这些个体进行组合，产生新一代的候选解群，重复此过程，直到满足某种收敛指标为止。

遗传算法(GA)



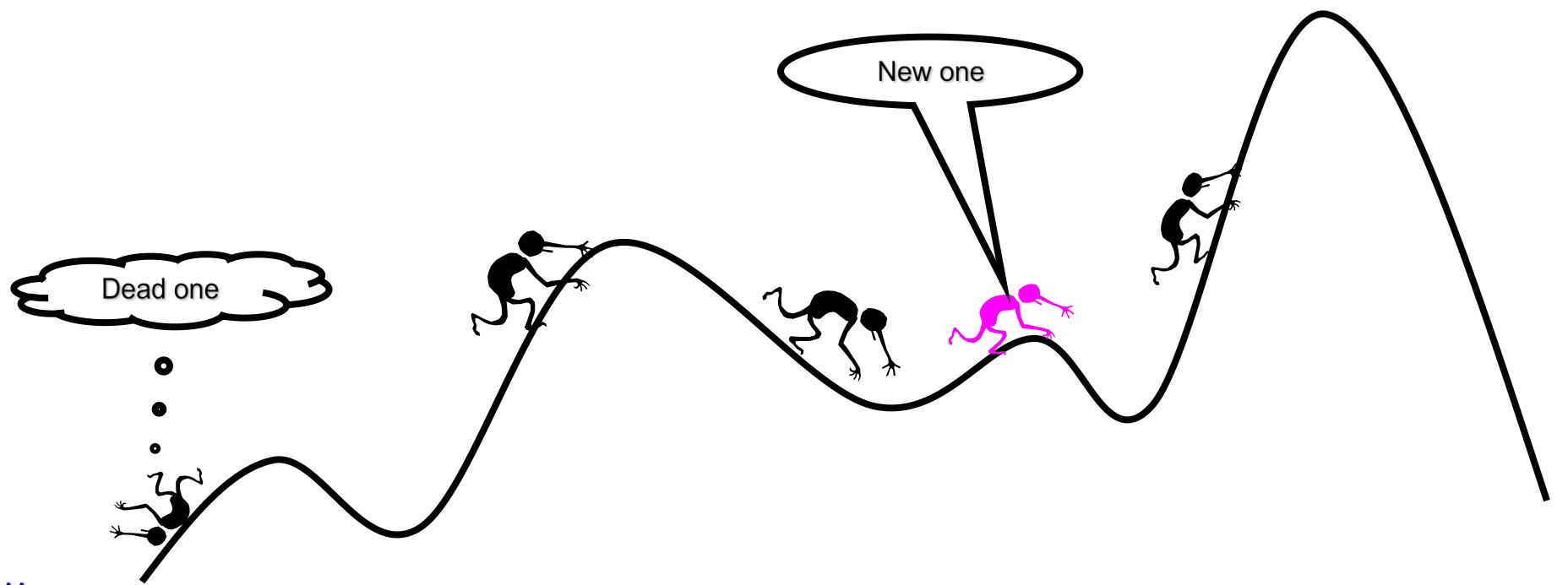
遗传算法(GA)

GA-----第0代



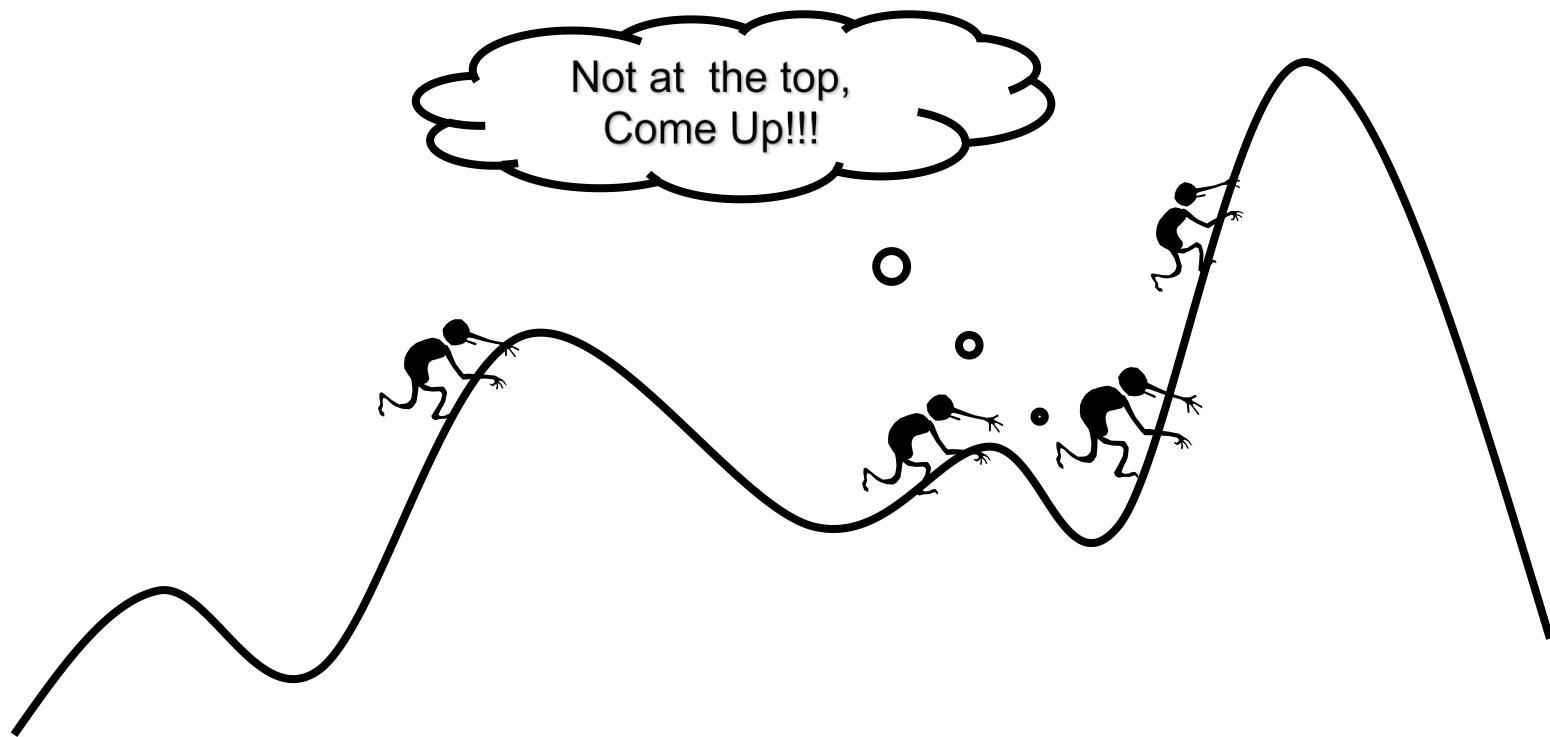
遗传算法(GA)

GA----第1代



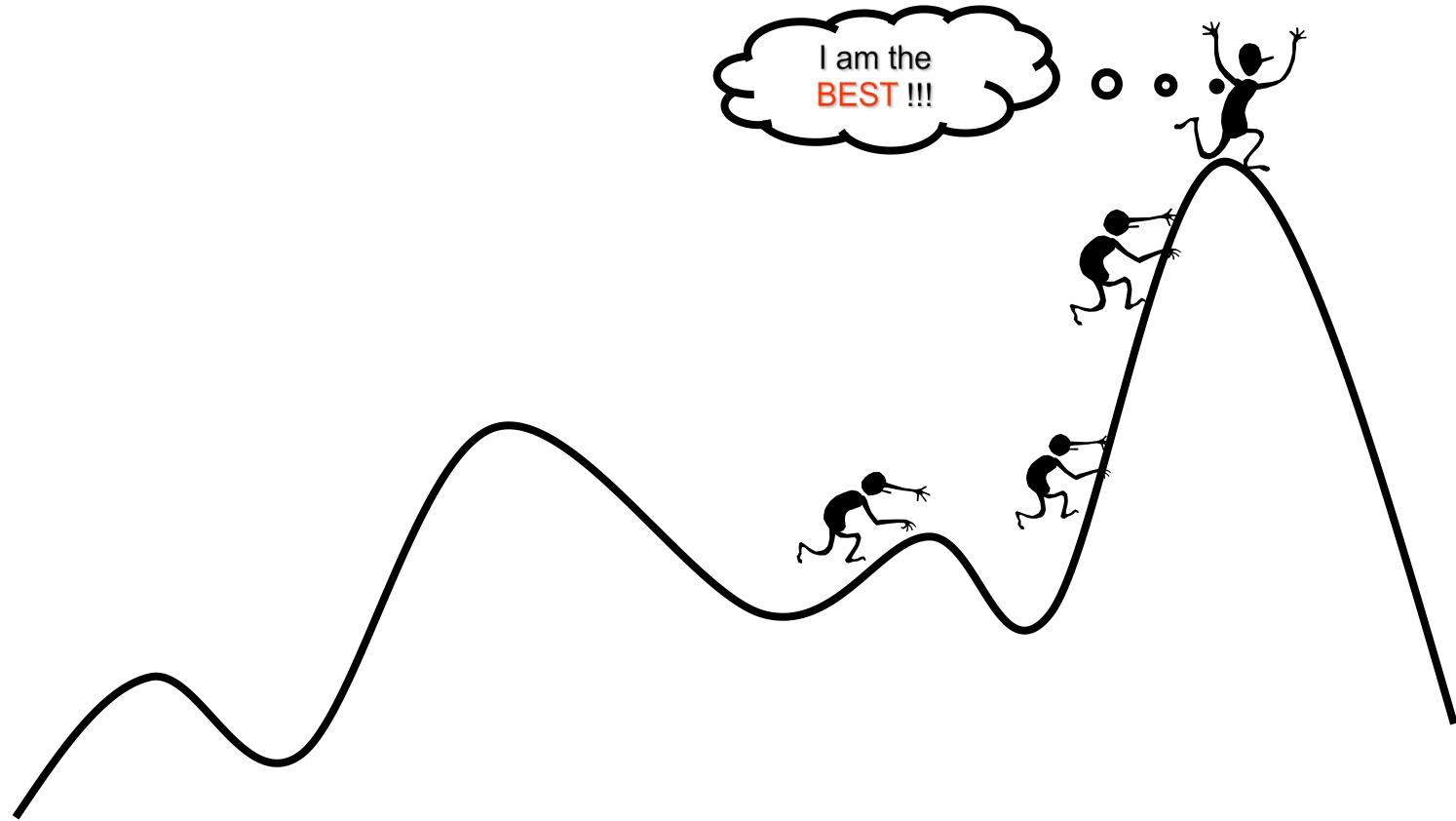
遗传算法(GA)

GA----第?代



遗传算法(GA)

GA---第N代



生物进化与遗传算法对应关系

生物进化	遗传算法
环境	适应函数
适者生存	适应函数值最大的解被保留的概率最大
个体	问题的一个解
染色体	解的编码
基因	编码的元素
群体	被选定的一组解
种群	根据适应函数选择的一组解
交叉	以一定的方式由双亲产生后代的过程
变异	编码的某些分量发生变化的过程

遗传算法的特点

- (1) 遗传算法是对**参数的编码**进行操作，而非对参数本身，这就是使得我们在优化计算过程中可以借鉴生生物学中染色体和基因等概念，模仿自然界中生物的遗传和进化等机理；
- (2) 遗传算法同时使用**多个搜索点的搜索信息**。传统的优化方法往往是从解空间的单个初始点开始最优解的迭代搜索过程，单个搜索点所提供的信息不多，搜索效率不高，有时甚至使搜索过程局限于局部最优解而停滞不前。

遗传算法从由很多个体组成的一个初始群体开始最优解的搜索过程，而不是从一个单一的个体开始搜索，这是遗传算法所特有的一种**隐含并行性**，因此遗传算法的搜索效率较高。

(3) 遗传算法直接以**目标函数**作为搜索信息。传统的优化算法不仅需要利用目标函数值，而且需要目标函数的导数值等辅助信息才能确定搜索方向。而遗传算法仅使用由目标函数值变换来的**适应度函数值**，就可以确定进一步的搜索方向和搜索范围，无需目标函数的导数值等其他一些辅助信息。

遗传算法可应用于目标函数无法求导数或导数不存在的函数的优化问题，以及组合优化问题等。

(4) 遗传算法使用概率搜索技术。遗传算法的选择、交叉、变异等运算都是以一种概率的方式来进行的，因而遗传算法的搜索过程具有很好的灵活性。随着进化过程的进行，遗传算法新的群体会更多地产生出许多新的优良的个体。

- (5) 遗传算法在解空间进行高效**启发式搜索**，而非盲目地穷举或完全随机搜索；
- (6) 遗传算法对于**待寻优的函数基本无限制**，它既不要求函数连续，也不要求函数可微，既可以是数学解析式所表示的显函数，又可以是映射矩阵甚至是神经网络的隐函数，因而应用范围较广；
- (7) 遗传算法具有**并行计算的特点**，因而可通过大规模并行计算来提高计算速度，适合大规模复杂问题的优化。

遗传算法的发展及应用

遗传算法的发展

遗传算法起源于对生物系统所进行的计算机模拟研究。早在20世纪40年代，就有学者开始研究如何利用计算机进行生物模拟的技术，他们从生物学的角度进行了生物的进化过程模拟、遗传过程模拟等研究工作。进入20世纪60年代，美国密歇根大学的Holland教授及其学生们受到这种生物模拟技术的启发，创造出一种基于生物遗传和进化机制的适合于复杂系统优化计算的自适应概率优化技术—**遗传算法**。

以下是在遗传算法发展进程中一些关键人物所做出的主要贡献：

(1) J.H.Holland

20世纪70年代初，Holland教授提出了遗传算法的基本定理—**模式定理**，从而奠定了遗传算法的理论基础。模式定理揭示了群体中优良个体（较好的模式）的样本数将以指数级规律增长，从理论上保证了遗传算法用于寻求最优可行解的优化过程。1975年，Holland出版了第一本系统论述遗传算法和人工自适应系统的专著《自然系统和人工系统的自适应性》。20世纪80年代，Holland教授实现了第一个基于遗传算法的机器学习系统—**分类器系统**，开创了基于遗传算法的机器学习的新概念。

(2) J.D.Bagley

1967年，Holland的学生Bagley巴格利在其博士论文中首次提出了“**遗传算法**”一词，并发表了遗传算法应用方面的第一篇论文。他发展了复制、交叉、变异、显性、倒位等遗传算子，在个体编码上使用了双倍体的编码方法。在遗传算法的不同阶段采用了不同的概率，从而创立了自适应遗传算法的概念。

(3) K.A.De Jong

1975年，De Jong德钟博士在其博士论文中结合模式定理进行了大量纯数值函数优化计算实验，树立了遗传算法的工作框架。他推荐了在大多数优化问题中都较适用的遗传算法的参数，建立了著名的De Jong五函数测试平台，定义了评价遗传算法性能的在线指标和离线指标。

(4) D.J.Goldberg

1989年，Goldberg戈德堡出版了专著《搜索、优化和机器学习中的遗传算法》，该书全面地论述了遗传算法的基本原理及其应用，奠定了现代遗传算法的科学基础。

(5) L.Davis

1991年，Davis编辑出版了《遗传算法手册》一书，为推广和普及遗传算法的应用起到了重要的指导作用。

(6) J.R.Koza

1992年，Koza将遗传算法应用于计算机程序的优化设计及自动生成，提出了**遗传编程**的概念，并成功地将遗传编程的方法应用于人工智能、机器学习和符号处理等方面。

遗传算法的应用

(1) 函数优化。

函数优化是遗传算法的经典应用领域，也是遗传算法进行性能评价的常用算例。尤其是对**非线性、多模型、多目标**的函数优化问题，采用其他优化方法较难求解，而遗传算法却可以得到较好的结果。

(2) 组合优化。

随着问题的增大，组合优化问题的搜索空间也急剧扩大，采用传统的优化方法很难得到最优解。遗传算法是寻求这种满意解的最佳工具。例如，遗传算法已经在求解旅行商问题、背包问题、装箱问题、图形划分问题等方面得到成功的应用。

(3) 生产调度问题

在很多情况下，采用建立数学模型的方法难以对生产调度问题进行精确求解。在现实生产中多采用一些经验进行调度。遗传算法是解决**复杂调度问题**的有效工具，在单件生产车间调度、流水线生产车间调度、生产规划、任务分配等方面遗传算法都得到了有效的应用。

(4) 自动控制。

在自动控制领域中有很多与优化相关的问题需要求解，遗传算法已经在其中得到了初步的应用。例如，利用遗传算法进行控制器参数的优化、基于遗传算法的模糊控制规则的学习、基于遗传算法的参数辨识、基于遗传算法的神经网络结构的优化和权值学习等。

(5) 机器人

例如，遗传算法已经在移动机器人路径规划、关节机器人运动轨迹规划、机器人结构优化和行为协调等方面得到研究和应用。

(6) 图像处理

遗传算法可用于图像处理过程中的扫描、特征提取、图像分割等的优化计算。目前遗传算法已经在模式识别、图像恢复、图像边缘特征提取等方面得到了应用。

(7) 人工生命

人工生命是用计算机、机械等人工媒体模拟或构造出的具有生物系统特有行为的人造系统。人工生命与遗传算法有着密切的联系，基于遗传算法的进化模型是研究人工生命现象的重要基础理论。遗传算法为人工生命的研究提供了一个有效的工具。

(8) 遗传编程

遗传算法已成功地应用于人工智能、机器学习等领域的编程。

(9) 机器学习

基于遗传算法的机器学习在很多领域都得到了应用。例如，采用遗传算法实现模糊控制规则的优化，可以改进模糊系统的性能；遗传算法可用于神经网络连接权的调整和结构的优化；采用遗传算法设计的分类器系统可用于学习式多机器人路径规划。

遗传算法的设计

遗传算法的构成要素

(1) 染色体编码方法

基本遗传算法使用固定长度的二进制符号来表示群体中的个体，其等位基因是由二值符号集{0,1}所组成。初始个体基因值可用均匀分布的随机值生成，如

$$x = 1001110010 \ 00101101$$

就可表示一个个体，该个体的染色体长度是18。

(2) **个体适应度评价**：基本遗传算法与个体适应度成正比的概率来决定当前群体中每个个体遗传到下一代群体中的概率多少。为正确计算这个概率，要求所有个体的适应度必须为正数或零。因此，必须先确定由**目标函数值J**到**个体适应度f**之间的转换规则。

(3) 遗传算子：基本遗传算法使用下述三种遗传算子：

- ① 选择运算: 使用比例选择算子；
- ② 交叉运算: 使用单点交叉算子；
- ③ 变异运算: 使用基本位变异算子或均匀变异算子。

(4) 基本遗传算法的运行参数

有下述4个运行参数需要提前设定：

M：群体大小，即群体中所含个体的数量，一般取为20~100；

G：遗传算法的终止进化代数，一般取为100~500；

Pc：交叉概率，一般取为0.4~0.99；

Pm：变异概率，一般取为0.0001~0.1。

遗传算法的应用步骤

对于一个需要进行优化的实际问题，一般可按下述步骤构造遗传算法：

第一步：确定决策变量及各种约束条件，即确定出个体的表现型X和问题的解空间；

第二步：建立优化模型，即确定出目标函数的类型及数学描述形式或量化方法；

第三步：确定表示可行解的染色体编码方法，即确定出个体的基因型 x 及遗传算法的搜索空间；

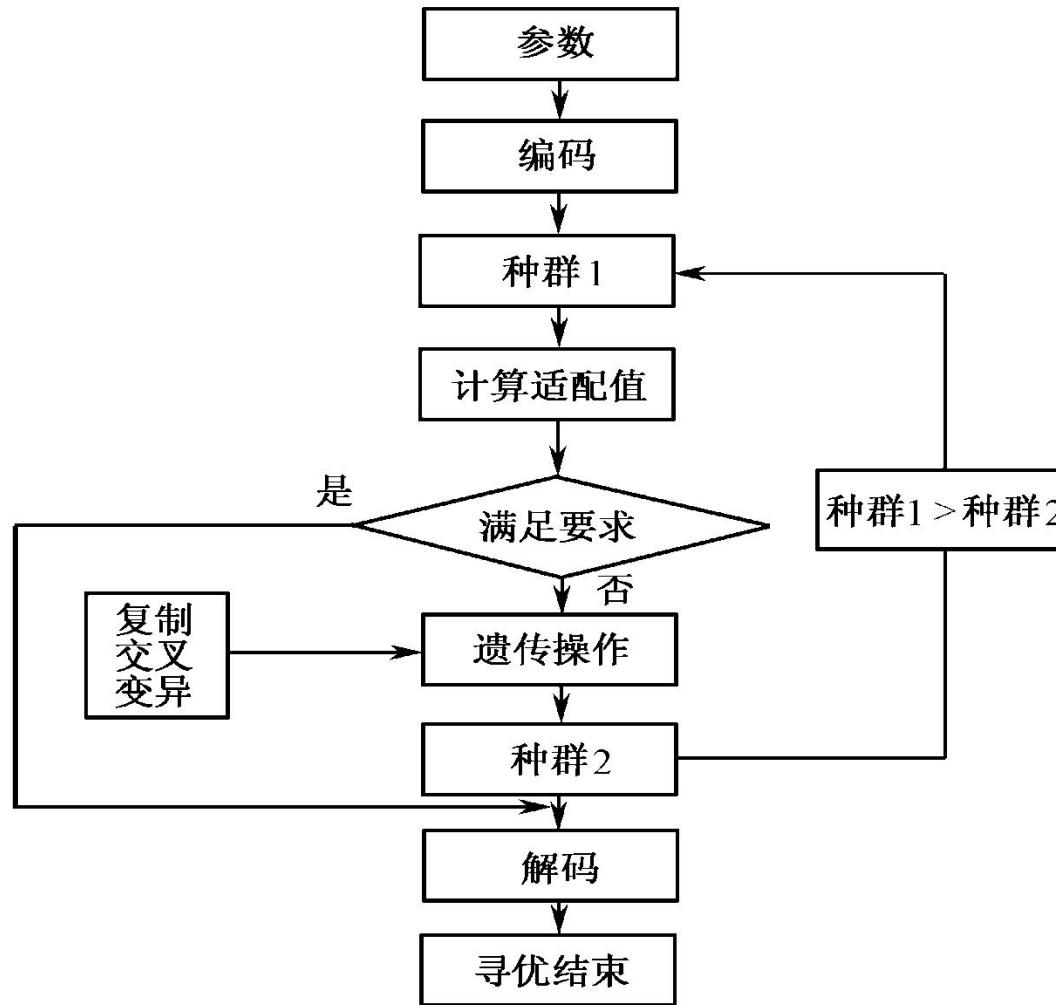
第四步：确定个体适应度的量化评价方法，即确定出由目标函数值 $J(x)$ 到个体适应度函数 $F(x)$ 的转换规则；

第五步：设计遗传算子，即确定选择运算、交叉运算、变异运算等遗传算子的具体操作方法；

第六步：确定遗传算法的有关运行参数，即种群大小 M ，遗传算法的终止代数 G ，交叉概率 P_c ，变异概率 P_m 等参数；

第七步：确定解码方法，即确定出由个体表现型 X 到个体基因型 x 的对应关系或转换方法。

以上操作过程可以用下图来表示。



遗传算法流程图

遗传算法求函数极大值

利用遗传算法求Rosenbrock罗森布鲁克函数的极大值

$$\begin{cases} f(x_1, x_2) = 100(x_1^2 - x_2)^2 + (1 - x_1)^2 \\ -2.048 \leq x_i \leq 2.048 \quad (i = 1, 2) \end{cases}$$

函数 $f(x_1, x_2)$ 的三维图如图10-2所示，可以发现该函数在指定的定义域上有两个接近的极点，即一个全局极大值和一个局部极大值。因此，采用寻优算法求极大值时，需要避免陷入局部最优解。

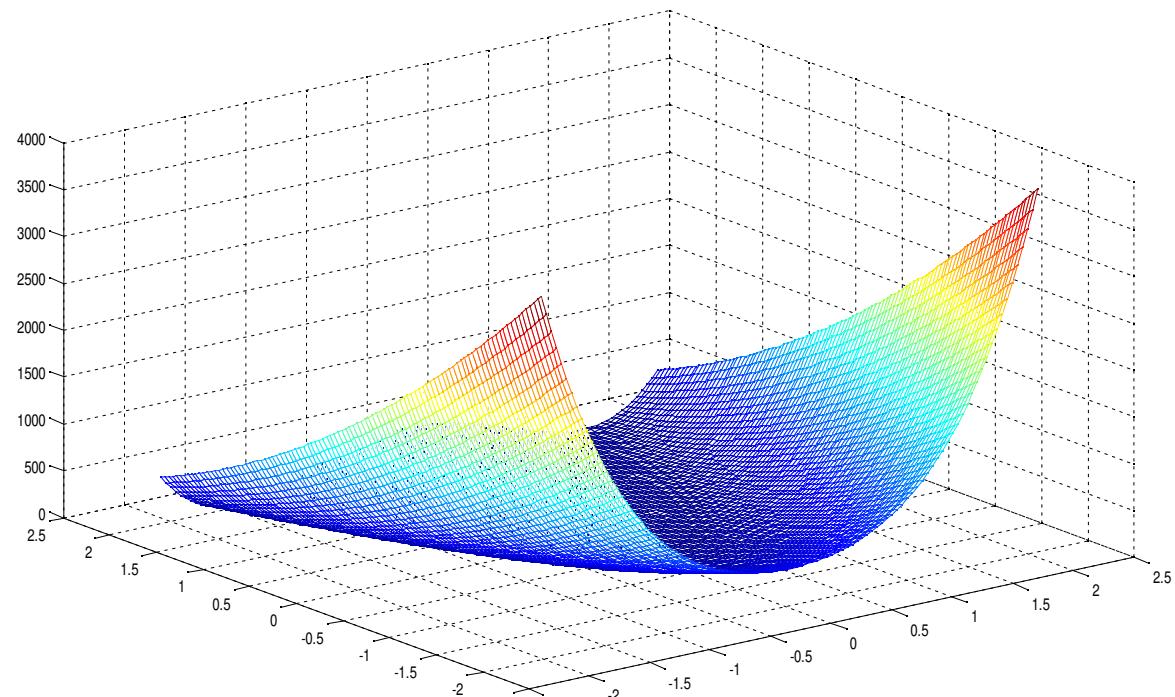


图10-2 $f(x_1, x_2)$ 的三维图

采用二进制编码遗传算法求函数极大值求解该问题遗传算法的构造过程：

- (1) 确定决策变量和约束条件；
- (2) 建立优化模型；
- (3) 确定编码方法

用长度为10位的二进制编码串来分别表示两个决策变量 x_1, x_2 。10位二进制编码串可以表示从0到1023之间的1024个不同的数，然后将 x_1, x_2 的定义域离散化为1023个均等的区域，包括两个端点在内共有1024个不同的离散点。

从离散点-2.048到离散点2.048，分别对应于从000000000(0)到111111111(1023)之间的二进制编码。

将 x_1, x_2 分别表示的两个10位长的二进制编码串连接在一起，组成一个20位长的二进制编码串，它就构成了这个函数优化问题的染色体编码方法。使用这种编码方法，解空间和遗传算法的搜索空间就具有一一对应的关系。

例如： $x : 0000110111 \quad 1101110001$ 表示一个个体的基因型，其中前10位表示 x_1 ，后10位表示 x_2 。

(4) 确定解码方法：解码时需要将20位长的二进制编码串**切断为两个10位长的二进制编码串**，然后分别将它们转换为对应的十进制整数代码，分别记为 y_1 和 y_2 。

依据个体编码方法和对定义域的离散化方法可得，将代码 y_i 转换为变量 x_i 的**解码公式**

$$x_i = 4.096 \times \frac{y_i}{1023} - 2.048 \quad (i = 1, 2)$$

例如，对个体 $x : 0000110111 \ 1101110001$

它由两个代码所组成

$$y_1 = 55, y_2 = 881$$

上述两个代码经过解码后，可得到两个实际的值

$$x_1 = -1.828, x_2 = 1.476$$

(5) 确定个体评价方法：由于Rosenbrock罗森布鲁克函数的值域总是非负的，并且优化目标是求函数的最大值，故可将**个体的适应度**直接取为对应的**目标函数值**，即

$$F(x) = f(x_1, x_2)$$

选个体适应度的倒数作为目标函数

$$J(x) = \frac{1}{F(x)}$$

(6) **设计遗传算子**：选择运算使用比例选择算子，交叉运算使用单点交叉算子，变异运算使用基本位变异算子。

(7) **确定遗传算法的运行参数**：群体大小M=80，终止进化代数G=100，交叉概率Pc=0.60，变异概率Pm=0.10。

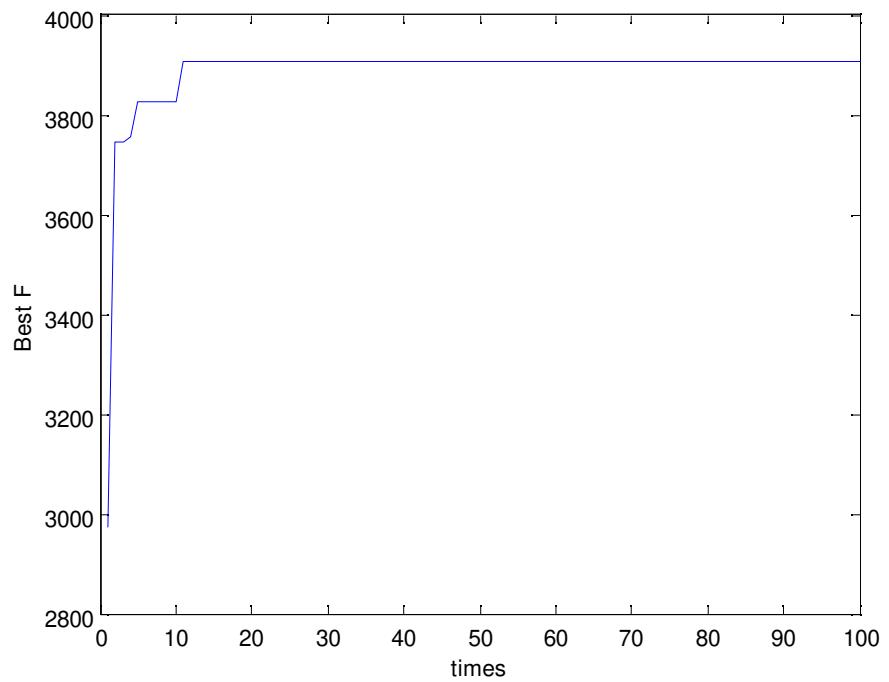
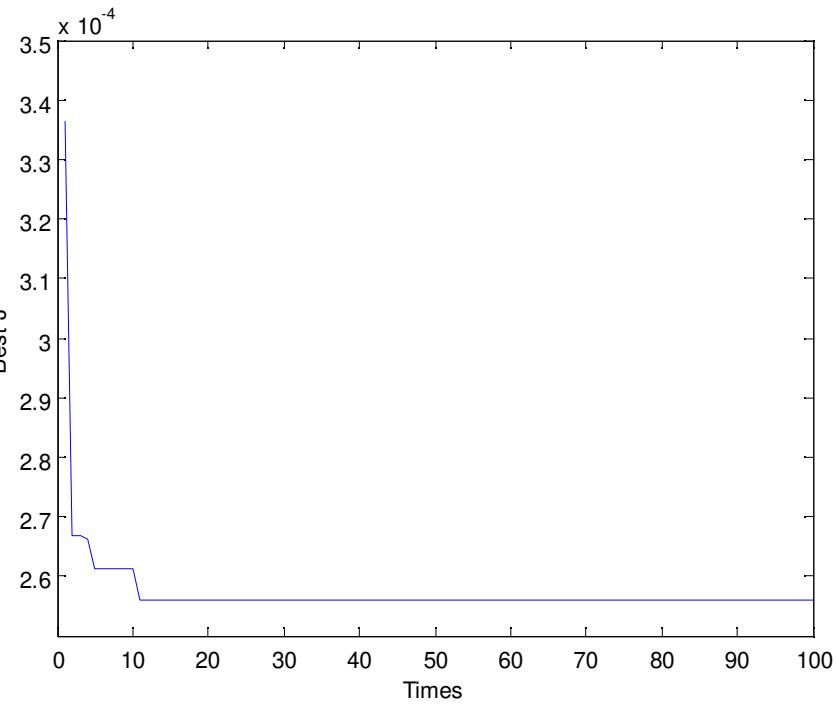
上述七个步骤构成了用于求函数极大值的优化计算基本遗传算法。

采用上述方法进行仿真，经过100步迭代，最佳样本为

$$\text{BestS} = [0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0]$$

即当 $x_1 = -2.0480$, $x_2 = -2.0480$ 时，Rosenbrock 罗森布鲁克函数具有极大值，极大值为3905.9。

可以看出遗传算法的优化过程是**目标函数J**和**适应度函数F**的变化过程。



基于遗传算法的TSP问题优化

在第8.4.2节已经对旅行商问题进行了描述。遗传算法由于其全局搜索的特点，在解决TSP问题中有明显的优势。

10.6.1 TSP问题的编码

设 $D = \{d_{ij}\}$ 是由城市i和城市j之间的距离组成距离矩阵，旅行商问题就是求出一条通过所有城市且每个城市只通过一次的具有最短距离的回路。

在旅行商问题的各种求解方法中，描述旅行路线的方法主要有如下两种：

- (1) 巡回旅行路线经过的**连接两个城市的**路线的顺序排列；
- (2) 巡回旅行路线所经过的**各个城市的**顺序排列。

大多数求解旅行商问题的遗传算法是以后者为描述方法的，它们大多采用所遍历城市的顺序来表示各个个体的编码串，其等位基因为N个整数值或N个记号。

以城市的遍历次序作为遗传算法的编码，目标函数取路径长度。在群体初始化、交叉操作和变异操作中考虑TSP问题的合法性约束条件（即对所有的城市做到**不重不漏**）。

TSP问题的遗传算法设计

采用遗传算法进行路径优化，分为以下几步：

第一步：参数编码和初始群体设定

一般来说遗传算法对解空间的编码大多采用二进制编码形式，但对于TSP一类排序问题，采用对访问城市序列进行排列组合的方法编码，即某个巡回路径的染色体个体是该巡回路径的城市序列。

针对TSP问题，编码规则通常是N取进制编码，即每个基因仅从1到N的整数里面取一个值，每个个体的长度为N，N为城市总数。定义一个s行t列的矩阵来表示群体，t为城市个数+1，即N+1，s为样本中个体数目。针对30个城市的TSP问题，t取值31，

即矩阵每一行的前30个元素表示经过的城市编号，最后一个元素表示经过这些城市要走的距离。

参数编码和初始群体设定程序为：

- `pop=zeros(s,t);`
- `for i=1:s`
- `pop(i,1:t-1)=randperm(t-1); // randperm(t-1)表示1到t-1这些数随机打乱得到的一个数字序列`
- `end`

第二步：计算路径长度的函数设计

在TSP的求解中，用距离的总和作为**适应度函数**，来衡量求解结果是否最优。将POP矩阵中每一行表示经过的距离的最后一个元素作为路径长度。

两个城市m和n间的距离为：

$$d_{mn} = \sqrt{(x_m - x_n)^2 + (y_m - y_n)^2}$$

通过样本的路径长度可以得到目标函数和自适应度函数。

根据t的定义，两两城市组合数共有 $t-2$ 组，可得目标函数：

$$J(t) = \sum_{j=1}^{t-2} d(j)$$

自适应度函数取目标函数的倒数：

$$f(t) = \frac{1}{J(t)}$$

```
1 function [pop]=giujuli(pop)
2     global x y
3     [s,t]=size(pop);
4
5     for i=1:1:s
6         dd=0;
7         pos=pop(i,1:t-1);
8         pos=[pos pos(:,1)];
9         for j=1:1:t-1
10            m=pos(j);
11            n=pos(j+1);
12            dd=dd+sqrt((x(m)-x(n))^2+(y(m)-y(n))^2);
13        end
14        pop(i,t)=dd;
15    end
```

第三步：计算选择算子

选择就是从群体中选择优胜个体、淘汰劣质个体的操作，它是建立在群体中个体适应度评估基础上。仿真中采用最优保存方法，即将群体中适应度最大的c个个体直接替换适应度最小的c个个体。

```
1 function [pop]=select(pop, c)
2 %
3 [s,t]=size(pop);
4 m11=(pop(:,t));
5 m11=m11';
6 mmax=zeros(1, c);
7 mmin=zeros(1, c);
8 num=1;
9 while num<c+1 %取距离大的c个样本
10 [a, mmax(num)]=max(m11); %选择当前样本最大值，并纪录样本编号给mmax(num)
11 m11(mmax(num))=0;
12 num=num+1;
13 end
14 num=1;
15 while num<c+1 %取距离小的c个样本
16 [b, mmin(num)]=min(m11);
17 m11(mmin(num))=a;
18 num=num+1;
19 end
20 for i=1:c
21 pop(mmax(i), :)=pop(mmin(i), :); %用距离大的c个样本替换距离小的c个样本
22 end
23
24
```

第四步：计算交叉算子

交叉算子在遗传算法中起着核心的作用，它是指将个体进行两两配对，并以交叉概率将配对的父代个体加以替换重组而生成新个体的操作。如果当前随机值大于 p_c ，则随机选择两个个体进行交叉。

有序交叉法实现的步骤

有序交叉法实现的步骤是：

步骤 1 随机选取两个交叉点crosspoint(1)和crosspoint(2)；

步骤 2 两后代 X'_1 和 X'_2 先分别按对应位置复制双亲X1和X2匹配段中的两个子串A1和B1；

X1: 9 8 | 4 5 6 7 1 | 3 2 0

A1

X2: 8 7 | 1 4 0 3 2 | 9 6 5

B1

有序交叉算子



X_1' : 8 3 | 4 5 6 7 1 | 9 0 2

A1

X_2' : 9 8 | 1 4 0 3 2 | 7 5 6

B1

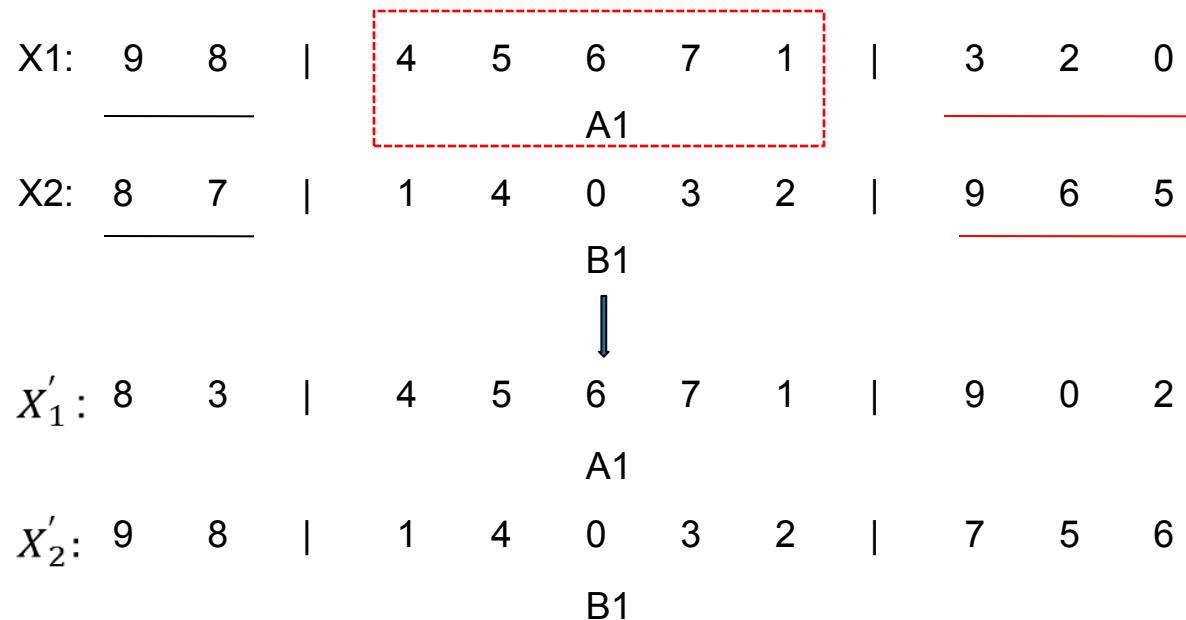
步骤 3 在对应位置交换X1和X2 双亲匹配段A1和B1以外的城市，如果交换后，后代 X_1' 中的某一城市a与 X_1' 子串中A1的城市重复，则在子串B1中找到与子串A1中城市a对应位置处的城市b,并用城市b取代城市a。如果城市b与 X_1' 子串A1中的城市还重复，则在子串B1中找到与子串A1中b处对应位置处的城市c，并用城市c取代城市b，直到 X_1' 中的城市均不重复为止，对后代 X_2' 也采用同样方法，如图10-4所示：

具体的有序交叉法实现步骤为：

- (1) 确定两个交叉点的位置分别为2和7；
- (2) 两后代 X_1' 和 X_2' 分别按对应位置复制双亲 X_1 和 X_2 匹配段中两个子串 A_1 和 B_1 ，在对应位置交换 X_1 和 X_2 双亲匹配段 A_1 和 B_1 以外的城市，得到

$X_1' : 8 \ 7 \ | \ 4 \ 5 \ 6 \ 7 \ 1 \ | \ 9 \ 6 \ 5$

- (3) 可以看到 X_1' 中的位置1处的元素8与 A_1 中没有重复，故位置1为8，位置2处的元素7与 A_1 中的第4个元素有重复，则用 B_1 中的第4个元素3来代替，且元素3与 A_1 中的元素没有重复，故 X_1' 中的位置2处的元素为城市3，此时 $X_1' : 8 \ 3 \ | \ 4 \ 5 \ 6 \ 7 \ 1 \ | \ 9 \ 6 \ 5$ 。

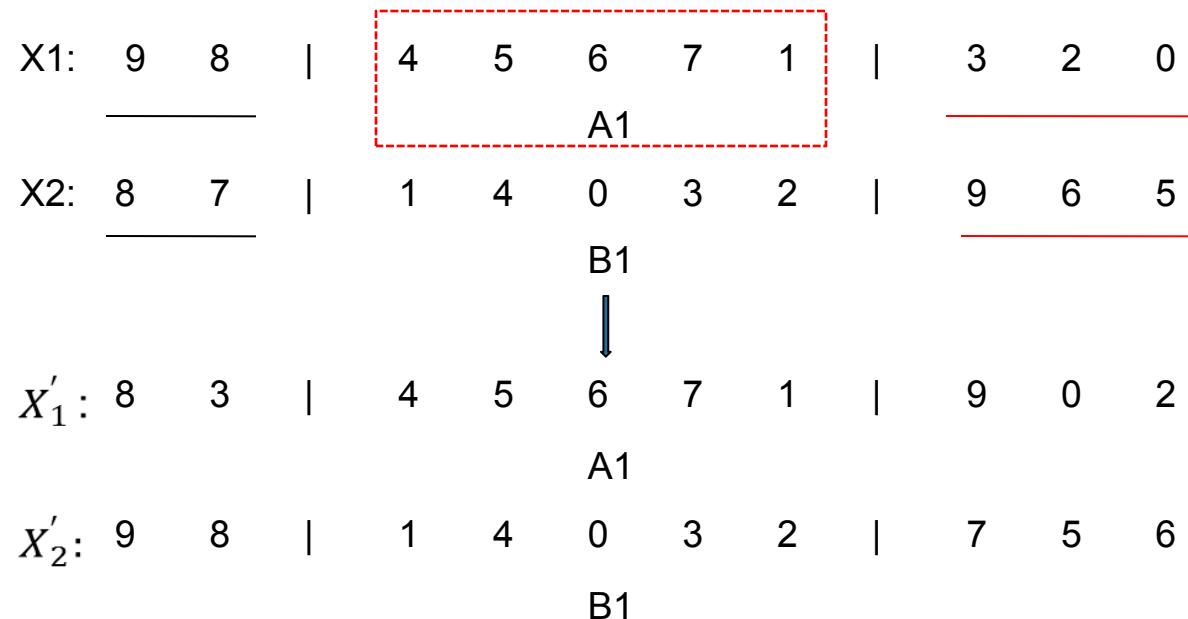


(4) X_1' 中第8个元素为9，此元素与A1中的元素没有重复，故 X_1' 中的位置8处为城市9， X_1' 中的第9个元素为6，与A1中的第3个元素重复，则用B1中的第3个元素0取代，且0不与A1中的元素重复，则 X_1' 中第9个元素为城市0，此时 $X_1' : 8\ 3\ 4\ 5\ 6\ 7\ 1\ 9\ 0\ 5$ 。

(5) X_1' 中第10个元素为5，此元素与A1中的位置2处的元素重复，则用B1中的位置2处的元素4取代，元素4仍与A1中的位置1处的元素重复，则用B1中位置1处的元素1取代，元素1仍与A1中的位置5处的元素重复，则用B1中位置5处的元素2取代，此时不与A1中的元素重复，故 X_1' 中的第10个元素为城市2。

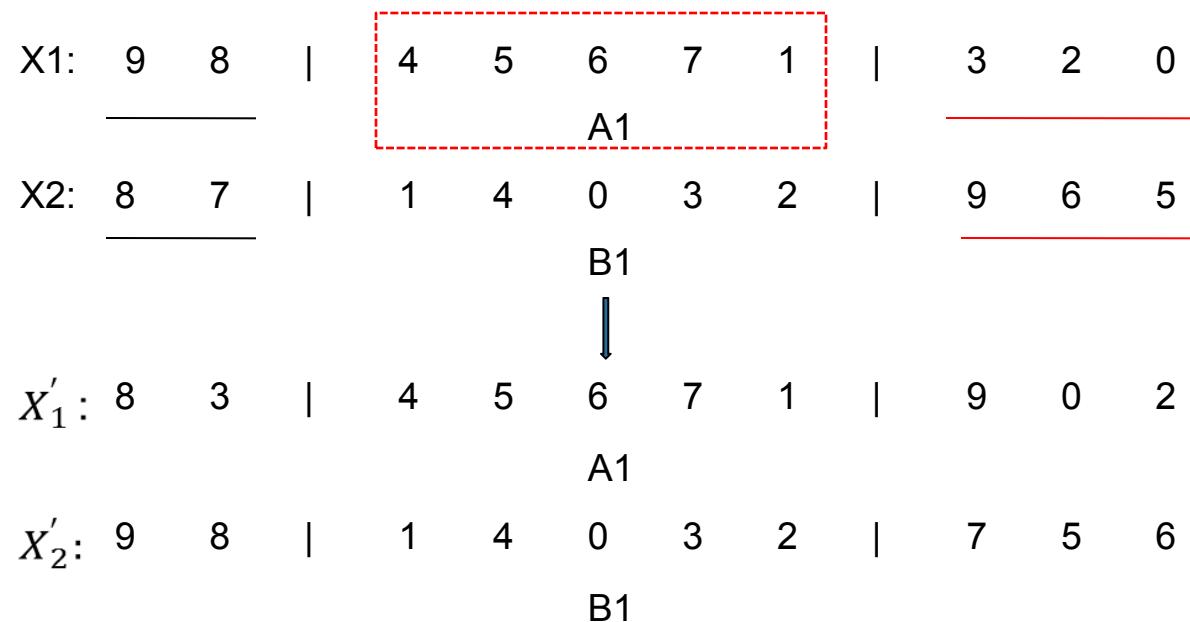
重复检查完成后，得到后代 X_1' ，即 $X_1' : 8\ 3\ 4\ 5\ 6\ 7\ 1\ 9\ 0\ 2$ 。

至此 X_1' 交叉完毕。同理可得后代 X_2' ，即 $X_2' : 9\ 8\ 1\ 4\ 0\ 3\ 2\ 7\ 5\ 6$ 。



从图可知，有序交叉算子能够有效地继承双亲的部分基因成分，达到了进化过程中的遗传功能，使该算法并不是盲目搜索，而是趋向于使群体具有更多的优良基因，最后实现寻优的目的。

有序交叉算子



第五步：计算变异算子

变异操作是以**变异概率** P_m 对群体中个体串某些基因位上的基因值作变动，若变异后子代的适应度值更加优异，则保留子代染色体，否则，仍保留父代染色体。

这里采用**倒置变异法**：假设当前个体X为(1 3 7 **4 8 0 5 9 6 2**)，如果当前随机概率值大于 P_m ，则随机选择来自同一个人的两个点 `mutatepoint(1)`和`mutatepoint(2)`，然后**倒置该两个点的中间部分**，产生新的个体。

- 例如，假设随机选择个体X的两个点“7”和“9”，则倒置该两个点的中间部分，即将“4805”变为“5084”，产生新的个体X为(1 3 7 5 0 8 4 9 6 2)。

10.6.3 实例

分别以8个城市和30个城市的路径优化为例，其城市路径坐标保存在当前路径的文件cities8.txt和cities30.txt中。

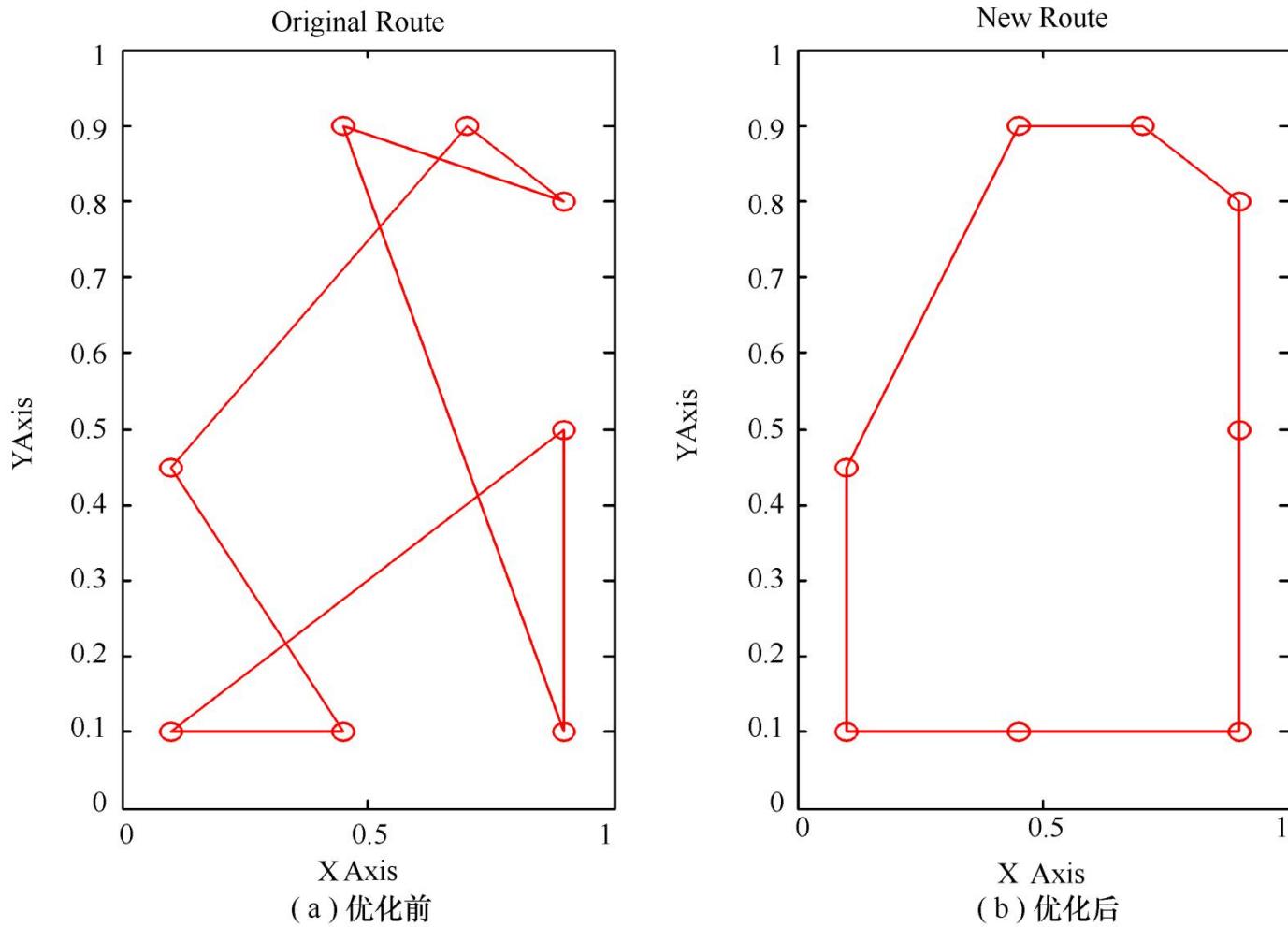
8个城市优化时，遗传算法参数设定为：群体中个体数目 $S=30$ ，交叉概率 $P_c=0.10$ ，变异概率 $P_m=0.80$ 。通过改变进化代数为 k ，观察不同进化代数下路径的优化情况，经过50次进化，城市组合路径达到最小。最短路程为2.8937，如图所示。仿真过程表明，在100次仿真实验中，有98次以上可收敛到最优解。

文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

18 54
87 76
74 78
71 71
25 38
58 35
4 50
13 40
18 40
24 42
71 44
64 60
68 58
83 69
58 69
54 62
51 67
37 84
41 94
2 99
7 64
22 60
25 62
62 32
87 7
91 38
83 46
41 26
45 21
44 35

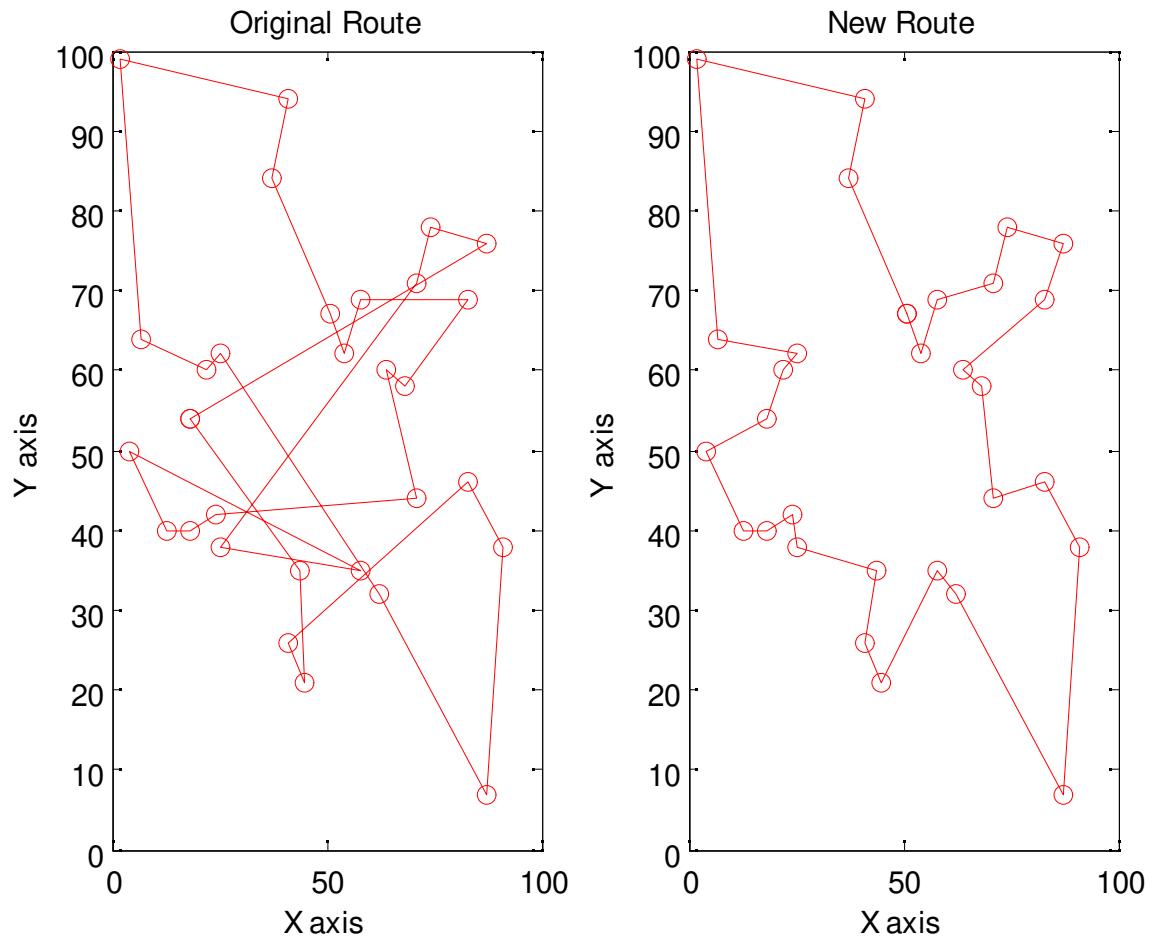
文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

0.1 0.1
0.9 0.5
0.9 0.1
0.45 0.9
0.9 0.8
0.7 0.9
0.1 0.45
0.45 0.1



8城市进化次数为50时的优化效果，距离 $L=2.8937(M=1)$

30个城市优化时，遗传算法参数设定为：群体中个体数目 $s=1500$ ，交叉概率 $P_c=0.10$ ，变异概率 $P_m=0.80$ 。取 $c=25$ ，经过300次进化，城市组合路径达到最小。最短路程为424.8693，如图所示。



30城市进化次数为300时的优化效果，
距离L=424.8693 (M=2)

粒子群优化算法

粒子群算法，也称粒子群优化算法(Particle Swarm Optimization)，缩写为PSO。粒子群优化算法是一种**进化计算技术**，1995年由Eberhart埃伯哈特博士和Kennedy肯尼迪博士提出，该算法源于对鸟群捕食的行为研究，是近年来迅速发展的一种新的进化算法。

最早的PSO是模拟鸟群觅食行为而发展起来的一种基于群体协作的随机搜索算法，让一群鸟在空间里自由飞翔觅食，**每个鸟都能记住它曾经飞过最高的位置**，然后就随机的靠近那个位置，不同的鸟之间可以互相交流，它们都尽量靠近整个鸟群中曾经飞过的最高点，这样，经过一段时间就可以找到**近似的最高点**。

PSO算法属于**进化算法**的一种，和遗传算法相似，它也是从随机解出发，通过迭代寻找最优解，它也是通过适应度来评价解的品质，但它比遗传算法规则更为**简单**，没有遗传算法的“交叉”和“变异”操作，通过追随当前搜索到的最优值来寻找全局最优。这种算法以其实现容易、精度高、收敛快等优点引起了学术界的重视，并且在解决实际问题中展示了其优越性。目前已广泛应用于函数优化、系统辨识、模糊控制等应用领域。

标准粒子群算法

PSO算法模拟鸟群的捕食行为。设想这样一个场景：一群鸟在随机搜索食物。在这个区域里只有一块食物，所有的鸟都不知道食物在哪里，但是它们知道当前的位置离食物还有多远。那么找到食物的最优策略就是搜寻目前离食物最近的鸟的周围区域。

PSO算法从这种模型中得到启示并用于解决优化问题。PSO算法中，每个优化问题的解都是搜索空间中的一只鸟，称之为“粒子”。所有的粒子都有一个由被优化的函数决定的适应度值，适应度值越大越好。每个粒子还有一个速度决定他们飞行的方向和距离，粒子们追随当前的最优粒子在解空间中搜索。

PSO算法首先初始化为一群随机粒子(随机解)，然后通过迭代找到最优解。在每一次迭代中，粒子通过跟踪两个"极值"来更新自己的位置。第一个极值是粒子本身所找到的最优解，这个解叫做**个体极值**。另一个极值是整个种群目前找到的最优解，这个极值称为**全局极值**。另外也可以不用整个种群而只是用其中一部分作为粒子的邻居，那么在所有邻居中的极值就是**全局极值**。

粒子群算法的参数设置

应用PSO算法解决优化问题的过程中有两个重要的步骤：**问题解的编码**和**适应度函数**。

(1)**编码**：PSO的一个优势就是采用**实数编码**，例如对于问题 $f(x) = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2$ 求最大值，粒子可以直接编码为 (x_1, x_2, x_3) ，而适应度函数就是 $f(x)$ 。

(2)PSO中需要调节的参数如下：

a) 粒子数：一般取20-40，对于比较难的问题，粒子数可以取到100或200；

b) 最大速度 V_{max} ：决定粒子在一个循环中最大的移动距离，通常小于粒子的范围宽度。较大的 V_{max} 可以保证粒子种群的**全局搜索能力**，较小的 V_{max} 则使粒子种群的**局部搜索能力**加强；

c)**学习因子**： c_1 和 c_2 通常可设定为2.0。 c_1 为局部学习因子， c_2 为全局学习因子，一般取 c_2 大一些；

d)**惯性权重**：一个大的惯性权值有利于展开全局寻优，而一个小的惯性权值有利于局部寻优。当粒子的最大速度 V_{max} 很小时，使用接近于1的惯性权重。当 V_{max} 不是很小时，使用权重 $w=0.80$ 较好。

还可使用**时变权重**。如果在迭代过程中采用线性递减惯性权值，则粒子群算法在开始时具有良好的全局搜索性能，能够迅速定位到接近全局最优点的区域，而在后期具有良好的局部搜索性能，能够精确的得到全局最优解。经验表明，惯性权重采用从0.90线性递减到0.10的策略，会获得比较好的算法性能；

e)**中止条件**：最大循环数或最小误差要求。

粒子群算法的基本流程

(1) **初始化**：设定参数运动范围，设定学习因子 c_1, c_2 ，最大进化代数 G ， k_g 表示当前的进化代数。在一个 D 维参数的搜索解空间中，粒子组成的种群规模大小为Size，每个粒子代表解空间的一个候选解，其中第 i ($1 \leq i \leq \text{Size}$) 个粒子在整个解空间的位置表示为 X_i ，速度表示为 V_i 。第 i 个粒子从初始到当前迭代次数搜索产生的最优解为个体极值 P_i ，整个种群目前的最优解为 BestS 。随机产生Size 个粒子，随机产生初始种群的位置矩阵和速度矩阵。

- (2) **个体评价**(适应度评价)：将各个粒子初始位置作为个体极值，计算群体中各个粒子的初始适应值 $f(X_i)$ ，并求出种群最优位置。
- (3) **更新粒子的速度和位置**，产生新种群，并对粒子的速度和位置进行越界检查，为避免算法陷入局部最优解，加入一个**局部自适应变异算子**进行调整。

$$V_i^{kg+1} = w(t) \times V_i^{kg} + c_1 r_1 (p_i^{kg} - X_i^{kg}) + c_2 r_2 (\text{BestS}_i^{kg} - X_i^{kg})$$

$$X_i^{kg+1} = X_i^{kg} + V_i^{kg+1}$$

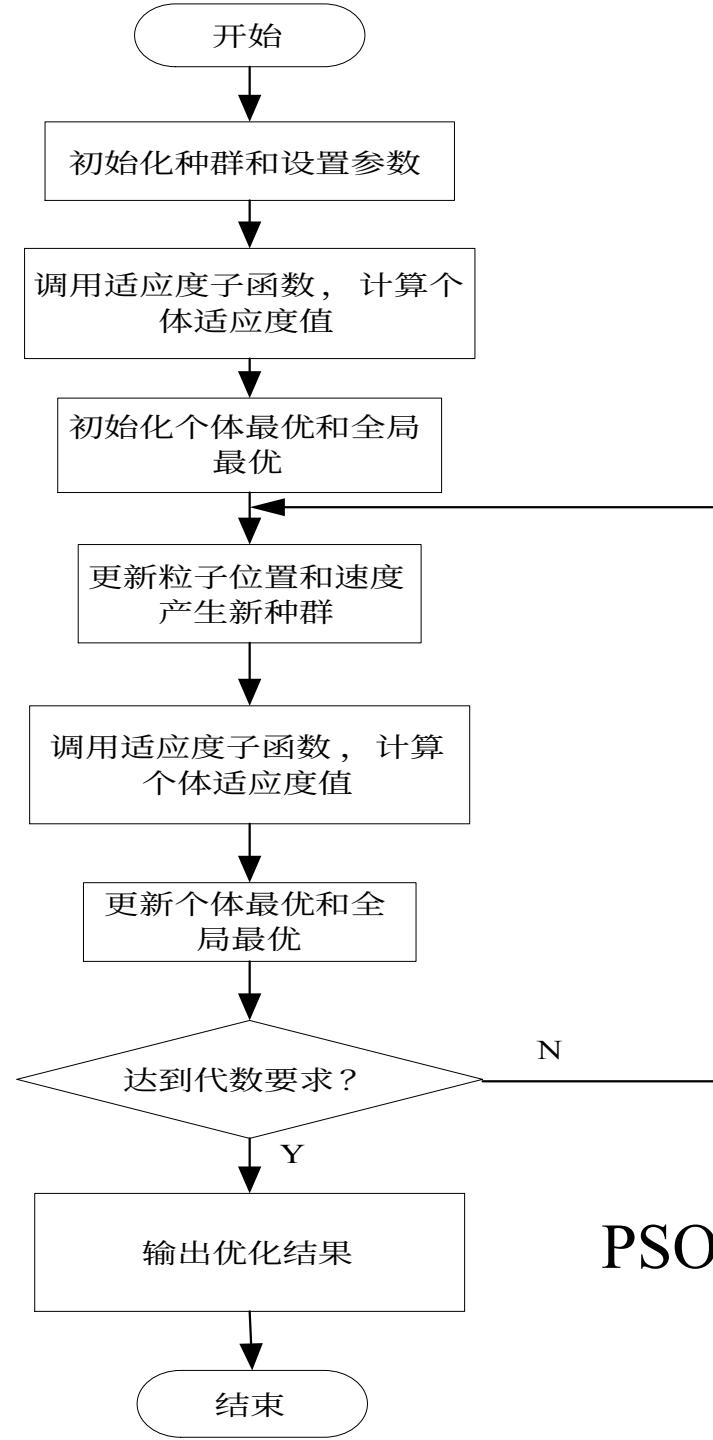
其中 $kg=1,2,\dots,G$, $i=1,2,\dots,\text{Size}$ ， r_1 和 r_2 为 0 到 1 的随机数， c_1 为局部学习因子， c_2 全局学习因子，一般取 c_2 大些。

- (4) 比较粒子的当前适应值 $f(X_i)$ 和 **自身历史最优值** p_i ，如果 $f(X_i)$ 优于 p_i ，则置 p_i 为当前值 $f(X_i)$ ，并更新粒子位置。

- (5) 比较粒子当前适应值 $f(X_i)$ 与种群最优值BestS。如果 $f(X_i)$ 优于BestS，则置BestS为当前值 $f(X_i)$ ，更新种群全局最优值。
- (6) 检查结束条件，若满足，则结束寻优；否则 $kg=kg+1$ ，转至(3)。

结束条件为寻优达到最大进化代数，或评价值小于给定精度。

PSO的算法流程图如图所示。



PSO的算法流程图

粒子群算法的函数优化

基于粒子群算法的函数优化

利用粒子群算法求Rosenbrock罗森布鲁克函数的极大值

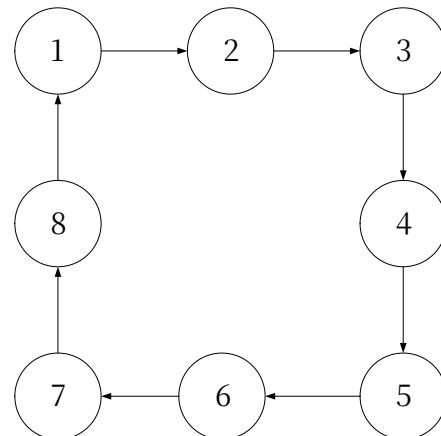
$$\begin{cases} f(x_1, x_2) = 100(x_1^2 - x_2)^2 + (1 - x_1)^2 \\ -2.048 \leq x_i \leq 2.048 \quad (i = 1, 2) \end{cases}$$

该函数有两个局部极大点，分别是 $f(2.048, -2.048) = 3897.7342$ 和 $f(-2.048, -2.048) = 3905.9262$ ，其中后者为全局最大点。

全局粒子群算法中，粒子 的邻域随着迭代次数的增加而逐渐增加，开始第一次迭代，它的邻域粒子的个数为0，随着迭代次数邻域线性变大，最后邻域扩展到整个粒子群。全局粒子群算法收敛速度快，但容易陷入局部最优。而局部粒子群算法收敛速度慢，但可有效避免局部最优。

全局粒子群算法中，每个粒子的速度的更新是根据粒子自己历史最优值 P_i 和粒子群体全局最优值 P_g 。为了避免陷入局部极小，可采用局部粒子群算法，每个粒子速度更新根据粒子自己历史最优值 P_i 和粒子邻域内粒子的最优值 P_{local} 。

根据取邻域的方式的不同，局部粒子群算法有很多不同的实现方法。本节采用最简单的环形邻域法，如图10-8所示。



环形邻域法

以8个粒子为例说明局部粒子群算法，如图所示。在每次进行速度和位置更新时，粒子1追踪1、2、8三个粒子中的最优个体，粒子2追踪1、2、3三个粒子中的最优个体，依次类推。仿真中，求解某个粒子邻域中的**最优个体**是由函数chap10_3lbest.m来完成。

局部粒子群算法中，分别按如下两式更新粒子的**速度**和**位置**：

$$V_i^{kg+1} = w(t) \times V_i^{kg} + c_1 r_1 (p_i^{kg} - X_i^{kg}) + c_2 r_2 (p_{ilocal}^{kg} - X_i^{kg})$$

$$X_i^{kg+1} = X_i^{kg} + V_i^{kg+1}$$

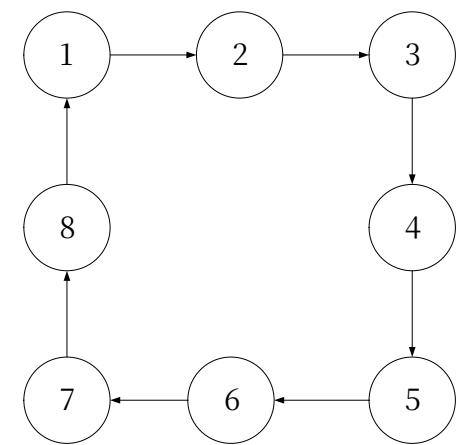
式中， p_{ilocal}^{kg} 为**局部寻优的粒子**。

同样，对粒子的速度和位置要进行越界检查，为避免算法陷入局部最优解，加入一个**局部自适应变异算子**进行调整。

```

1 function f = evaluate_localbest(x1,x2,x3)%求解粒子环形邻域中的局部最优个体
2 K0=[x1;x2;x3];
3 K1=[chap10_3func(x1), chap10_3func(x2), chap10_3func(x3)];
4 [maxvalue index]=max(K1);
5 plocalbest=K0(index,:);
6 f=plocalbest;

```



采用实数编码求函数极大值，用2个实数分别表示两个决策变量 x_1 和 x_2 ，分别将 x_1 和 x_2 的定义域离散化为从离散点 -2.048 到离散点 2.048 的 $Size$ 个实数。个体的适应度直接取为对应的目标函数值，越大越好。即取适应度函数为 $F(x)=f(x_1, x_2)$ 。

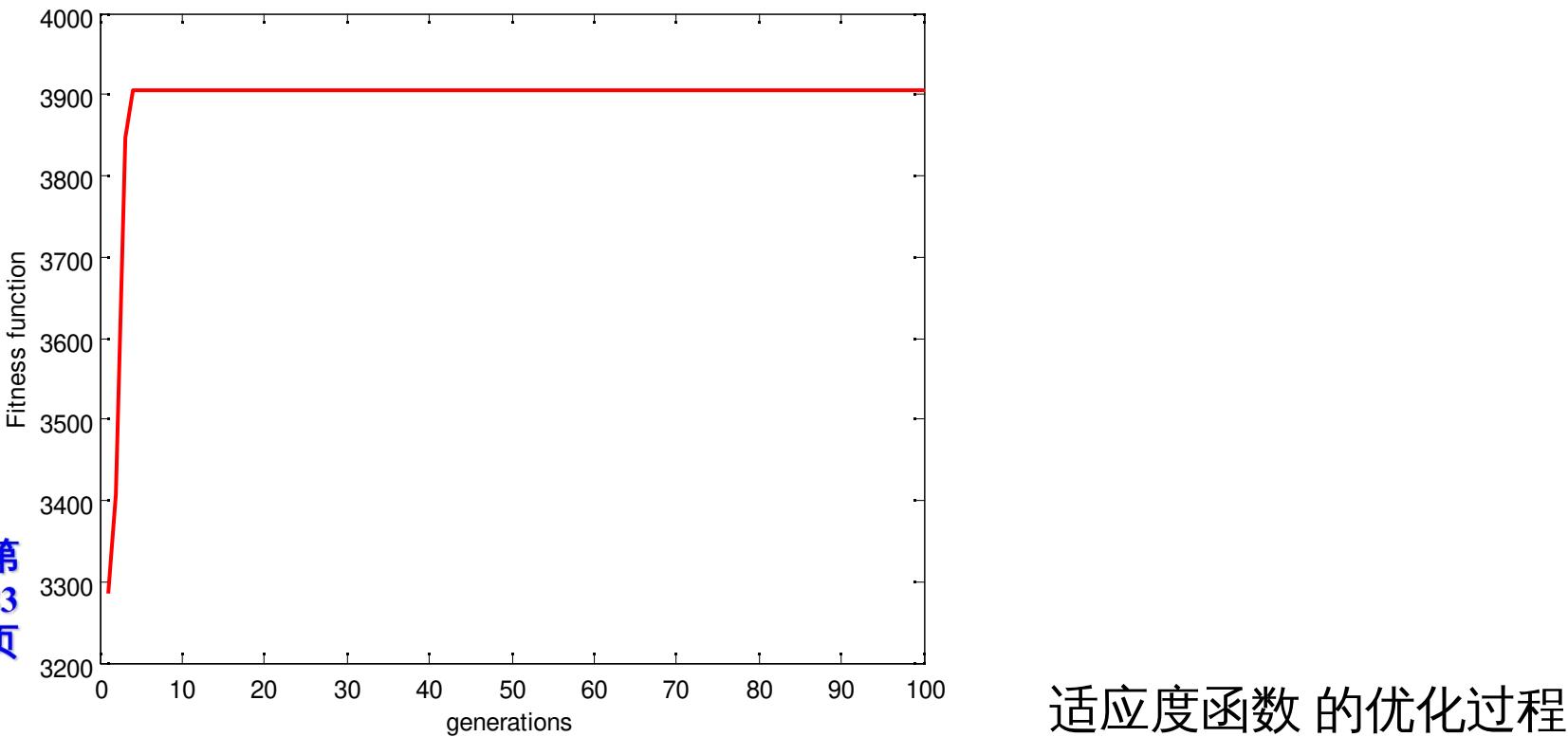
在粒子群算法仿真中，取粒子群个数为 $Size = 50$ ，最大迭代次数 $G=100$ ，粒子运动最大速度为 $V_{max}=1.0$ ，即速度范围为 $[-1,1]$ 。学习因子取 $c_1=1.4, c_2=1.7$ ，采用线性递减的惯性权重，惯性权重采用从 0.90 线性递减到 0.10 的策略。

$$V_i^{kg+1} = w(t) \times V_i^{kg} + c_1 r_1 (p_i^{kg} - X_i^{kg}) + c_2 r_2 (p_{local}^{kg} - X_i^{kg}) \quad (10.9)$$

$$X_i^{kg+1} = X_i^{kg} + V_i^{kg+1} \quad (10.10)$$

根据M的不同可采用不同的粒子群算法。取M=2，采用局部粒子群算法。按按述公式更新粒子的速度和位置，产生新种群。经过100步迭代，最佳样本为BestS=[-2.048,2.048]，即当 $x_1=-2.048$, $x_2=-2.048$ 时，函数具有极大值，极大值为3905.9。

适应度函数 F 的变化过程如图所示，由仿真可见，随着迭代过程的进行，粒子群通过追踪**自身极值**和**局部极值**，不断更新自身的速度和位置，从而找到全局最优解。通过采用局部粒子群算法，增强了算法的局部搜索能力，有效地避免了陷入局部最优解，仿真结果表明正确率在95%以上。



基于粒子群算法的参数辨识

利用粒子群算法辨识非线性静态模型参数

$$y = \begin{cases} 0 \\ k_1(x - g \operatorname{sgn}(x)) \\ k_2(x - h \operatorname{sgn}(x)) + k_1(h - g) \operatorname{sgn}(x) \end{cases}$$

辨识参数集为 $\hat{\theta} = [\hat{g} \quad \hat{h} \quad \hat{k}_1 \quad \hat{k}_2]$, 真实参数为

$$\theta = [g \quad h \quad k_1 \quad k_2] = [1 \quad 2 \quad 1 \quad 0.5]。$$

采用实数编码，取辨识误差指标

$$J = \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} (y_i - \hat{y}_i)^T (y_i - \hat{y}_i)$$

其中 N 为测试数据的数量 , y_i 为模型第 i 个测试样本的输出。

首先运行模型测试程序chap10_4.m，对象的输入样本区间为[-4,4]，步长为0.10，由上述公式计算样本输出值，共有81对输入输出样本对。

在粒子群算法仿真程序chap10_5.m中，将待辨识的参数向量记为 X ，取粒子群个数为Size=80，最大迭代次数 $G=500$ ，采用实数编码，四个参数的搜索范围均为[0,5]，粒子运动最大速度为 $V_{\max}=1.0$ ，即速度范围为[-1,1]。学习因子取 $c_1=1.3$ ， $c_2=1.7$ ，采用线性递减的惯性权重，惯性权重采用从0.90线性递减到0.10的策略。**目标函数的倒数**作为粒子群的适应度函数。将**辨识误差指标**直接作为粒子的目标函数，越小越好。

```
1 - clear all;
2 - close all;
3 - g=1;
4 - h=2;
5 - k1=1;
6 - k2=0.5;
7 -
8 - xmin=-4;
9 - xmax=4;
10 - N=(xmax-xmin)/0.1+1;
11 -
12 - for i=1:1:N
13 -     x(i)=xmin+(i-1)*0.10;
14 -     x_abs=abs(x(i));
15 -     if x_abs<=g
16 -         x(i)=0;
17 -     elseif x_abs>g&&x_abs<=h
18 -         x(i)=k1*(x(i)-g*sign(x(i)));
19 -     elseif x_abs>h
20 -         x(i)=k2*(x(i)-h*sign(x(i)))+k1*(h-g)*sign(x(i));
21 -     end
22 - end
23 -
24 - save psol_file N x y;
```

$$y = \begin{cases} 0 & \\ k_1(x - g \operatorname{sgn}(x)) & \\ k_2(x - h \operatorname{sgn}(x)) + k_1(h - g) \operatorname{sgn}(x) & \end{cases} \quad (10.11)$$

按上式更新粒子的速度和位置，产生新种群，辨识误差函数的优化过程如图所示。

$$V_i^{kg+1} = w(t) \times V_i^{kg} + c_1 r_1 (p_i^{kg} - X_i^{kg}) + c_2 r_2 (\text{BestS}_i^{kg} - X_i^{kg}) \quad (10.7)$$

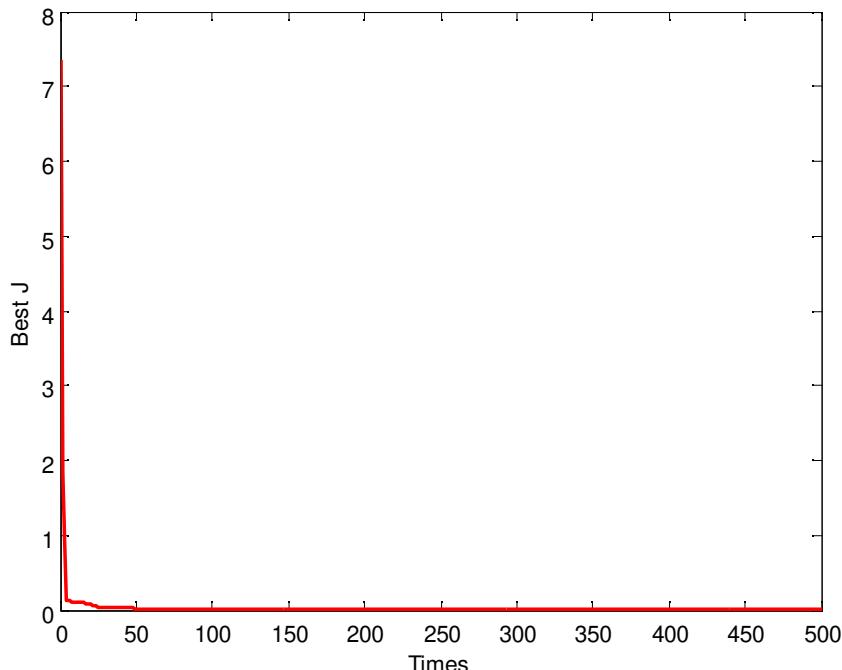
$$X_i^{kg+1} = X_i^{kg} + V_i^{kg+1} \quad (10.8)$$

可得辨识结果为：

$$\hat{\theta} = [\hat{g} \quad \hat{h} \quad \hat{k}_1 \quad \hat{k}_2]$$

$$= [0.999999930217796 \quad 2.000000160922045 \quad 0.999999322205419 \quad 0.500000197043791]$$

其中 $kg=1,2,\dots,G$, $i=1,2,\dots,\text{Size}$, r_1 和 r_2 为 0 到 1 的随机数, c_1 为局部学习因子, c_2 全局学习因子, 一般取 c_2 大些。



可得最终的辨识误差指标为：

$$J = 3.6166 \times 10^{-12}$$

图10-10 辨识误差函数 的优化过程

差分进化算法

差分进化（Differential Evolution，DE）算法是模拟自然界生物种群以“**优胜劣汰、适者生存**”为原则的进化发展规律而形成的一种随机启发式搜索算法，是一种新兴的进化计算技术。它于1995年由Rainer Storn雷纳·斯托恩和Kenneth Price肯尼斯·普莱斯提出。由于其简单易用、稳健性好以及强大的全局搜索能力，使得差分进化算法已在多个领域取得成功。

差分进化算法保留了基于种群的全局搜索策略，采用实数编码、基于差分的简单变异操作和一对一的竞争生存策略，降低了遗传操作的复杂性。同时，差分进化算法特有的记忆能力使其可以动态跟踪当前的搜索情况，以调整其搜索策略，具有较强的全局收敛能力和鲁棒性，且不需要借助问题的特征信息，适于求解一些利用常规的数学规划方法所无法求解的复杂环境中的优化问题，采用差分进化算法可实现复杂系统的参数辨识。

实验结果表明，差分进化算法的性能优于其它进化算法，该算法已成为一种求解非线性、不可微、多极值和高维的复杂函数的一种有效和鲁棒的方法。

标准差分进化算法

差分进化算法是基于群体智能理论的优化算法，通过群体内个体间的合作与竞争产生的群体智能**指导优化搜索**。它保留了基于种群的全局搜索策略，采用实数编码、基于差分的简单变异操作和一对一的竞争生存策略，降低了遗传操作的复杂性，同时它特有的记忆能力使其可以动态跟踪当前的搜索情况已调整其搜索策略。具有较强的全局收敛能力和鲁棒性。差分进化算法的主要**优点**可以总结为以下三点：待定参数少；不易陷入局部最优；收敛速度快。

差分进化算法根据父代个体间的差分矢量进行**变异、交叉和选择**操作，其**基本思想**是从某一随机产生的初始群体开始，通过把种群中任意两个个体的向量差加权后按一定的规则与第三个个体求和来产生新个体，然后将新个体与当代种群中某个预先决定的个体相比较，如果新个体的适应度值优于与之相比较的个体的适应度值，则在下一代中就用新个体取代旧个体，否则旧个体仍保存下来，通过不断地迭代运算，保留优良个体，淘汰劣质个体，引导搜索过程向最优解逼近。

在优化设计中，差分进化算法与传统的优化方法相比，具有以下主要特点：

- (1) 差分进化算法从一个群体即多个点而不是从一个点开始搜索，这是它能以较大的概率找到整体最优解的主要原因；
- (2) 差分进化算法的进化准则是基于适应性信息的，无须借助其它辅助性信息（比如要求函数可导或连续），大大地扩展了其应用范围；
- (3) 差分进化算法具有内在的并行性，这使得它非常适用于大规模并行分布处理，减小时间成本开销；
- (4) 差分进化算法采用概率转移规则，不需要确定性的规则。

差分进化算法的基本流程

差分进化算法是基于实数编码的进化算法，整体结构上与其它进化算法类似，由**变异、交叉和选择**三个基本操作构成。标准差分进化算法主要包括以下4个步骤：

(1) 生成初始群体

在 n 维空间里随机产生满足约束条件的 M 个个体，实施措施如下：

$$x_{ij}(0) = \text{rand}_{ij}(0,1)(x_{ij}^U - x_{ij}^L) + x_{ij}^L$$

其中 x_{ij}^U 和 x_{ij}^L 分别是第 j 个染色体的**上界**和**下界**， $\text{rand}_{ij}(0,1)$ 是 $[0,1]$ 之间的**随机小数**。

(2) 变异操作

从群体中随机选择3个个体 x_{p1}, x_{p2} 和 x_{p3} ，且 $i \neq p_1 \neq p_2 \neq p_3$ ，规定基本的变异操作为

$$h_{ij}(t+1) = x_{pj}(t) + F(x_{p2j}(t) - x_{p3j}(t))$$

如果无局部优化问题，变异操作可写为

$$h_{ij}(t+1) = x_{bj}(t) + F(x_{p2j}(t) - x_{p3j}(t))$$

其中 $x_{p2j}(t) - x_{p3j}(t)$ 为**差异化向量**，此差分操作是差分进化算法的关键，F为**缩放因子**， p_1, p_2, p_3 为**随机整数**，表示**个体在种群中的序号**， $x_{bj}(t)$ 为**当前代中种群中最好的个体**。由于上式借鉴了当前种群中最好的个体信息，可加快收敛速度。

(3) 交叉操作

交叉操作是为了增加群体的多样性，具体操作如下：

$$v_{ij}(t+1) = \begin{cases} h_{ij}(t+1), & \text{rand } l_{ij} \leq CR \\ x_{ij}(t), & \text{rand } l_{ij} > CR \end{cases}$$

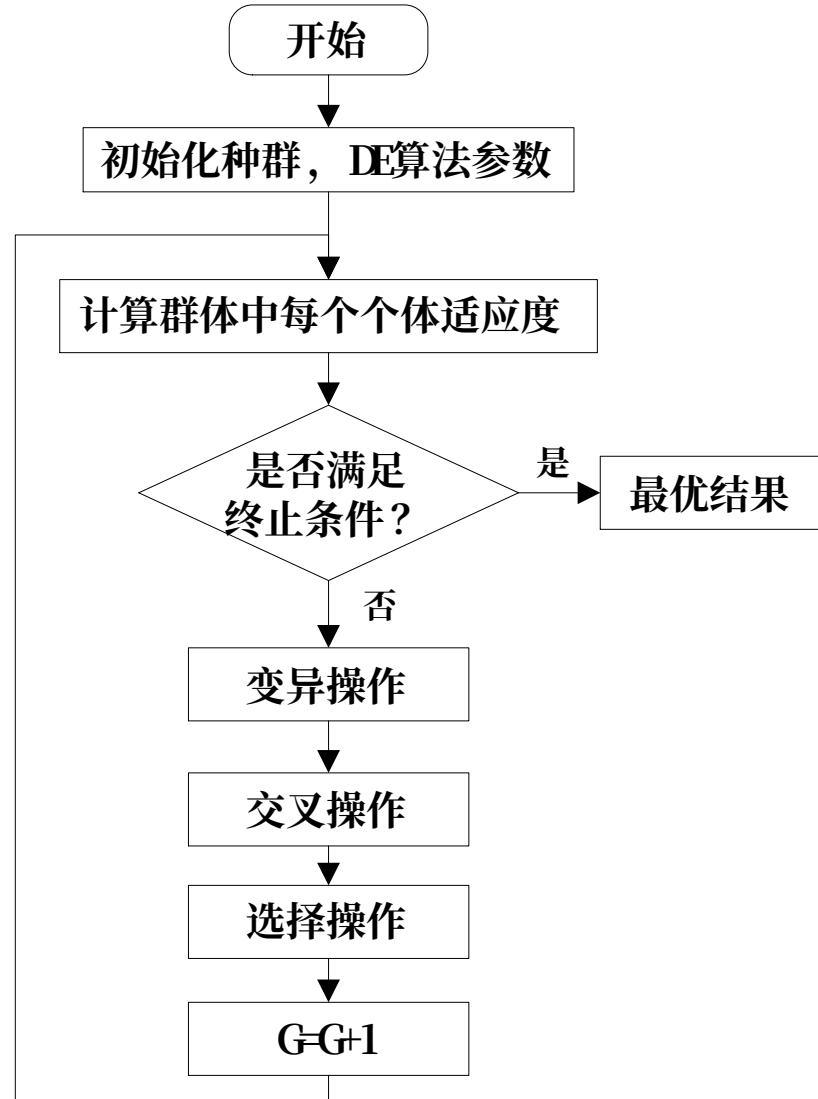
其中 $\text{rand } l_{ij}$ 为 $[0,1]$ 之间的随机小数，CR 为 交叉概率，
 $CR \in [0,1]$ 。

(4) 选择操作

为了确定 $x_i(t)$ 是否成为下一代的成员，试验向量 $v_i(t+1)$ 和 $x_i(t)$ 目标向量 对评价函数 进行 比较：

$$x_i(t+1) = \begin{cases} v_i(t+1), & f(v_{i1}(t+1), \dots, v_{in}(t+1)) < f(x_{i1}(t), \dots, x_{in}(t)) \\ x_{ij}(t), & f(v_{i1}(t+1), \dots, v_{in}(t+1)) \geq f(x_{i1}(t), \dots, x_{in}(t)) \end{cases}$$

反复执行步骤 (2) 至步骤 (4) 操作，直至达到 最大的进化代数，差分进化基本运算流程如图10-11所示。



差分进化基本运算流程

差分进化算法的参数设置

对于进化算法而言，为了取得理想的结果，需要对差分进化算法的各参数进行合理的设置。针对不同的优化问题，参数的设置往往也是不同的。另外，为了使差分进化算法的收敛速度得到提高，学者们针对差分进化算法的核心部分—变异向量的构造形式提出了多种的扩展模式，以适应更广泛的优化问题。

差分进化算法的运行参数主要有：**缩放因子F**，**交叉因子CR**，**群体规模M**和**最大进化代数G**。

(1) 变异因子F

变异因子F是控制种群多样性和收敛性的重要参数。一般在[0,2]之间取值。变异因子F值较小时，群体的差异度减小，进化过程不易跳出局部极值导致种群过早收敛。变异因子F值较大时，虽然容易跳出局部极值，但是收敛速度会减慢。一般可选在F=0.3~0.6。

(2) 交叉因子CR

交叉因子CR 可控制个体参数的各维对交叉的参与程度，以及全局与局部搜索能力的平衡，一般在[0,1] 之间。交叉因子CR 越小，种群多样性减小，容易受骗，过早收敛。CR 越大，收敛速度越大。但CR过大可能导致收敛变慢，因为扰动超过了群体差异度。根据文献一般应选在[0.6,0.9] 之间。

交叉因子CR越大，变异因子F 越小，种群收敛逐渐加速，但随着交叉因子CR 的增大，收敛对变异因子F 的敏感度逐渐提高。

(3) 群体规模M

群体所含个体数量M一般介于5D与10D之间(D为问题空间的维度)，但不能少于4，否则无法进行变异操作，M越大，种群多样性越强，获得最优解概率越大，但是计算时间更长，一般取20-50。

(4) 最大迭代代数G

最大迭代代数G一般作为进化过程的终止条件。迭代次数越大，最优解更精确，但同时计算的时间会更长，需要根据具体问题设定。

以上四个参数对差分进化算法的求解结果和求解效率都有很大的影响，因此，要合理设定这些参数才能获得较好的效果。

差分进化算法的函数优化与参数辨识

基于差分进化算法的函数优化

利用差分进化算法求 Rosenbrock 罗森布鲁克函数的
极大值

$$\begin{cases} f(x_1, x_2) = 100(x_1^2 - x_2)^2 + (1 - x_1)^2 \\ -2.048 \leq x_i \leq 2.048 \quad (i=1,2) \end{cases}$$

该函数有两个局部极大点，分别是

$f(2.048, -2.048) = 3897.7342$ 和

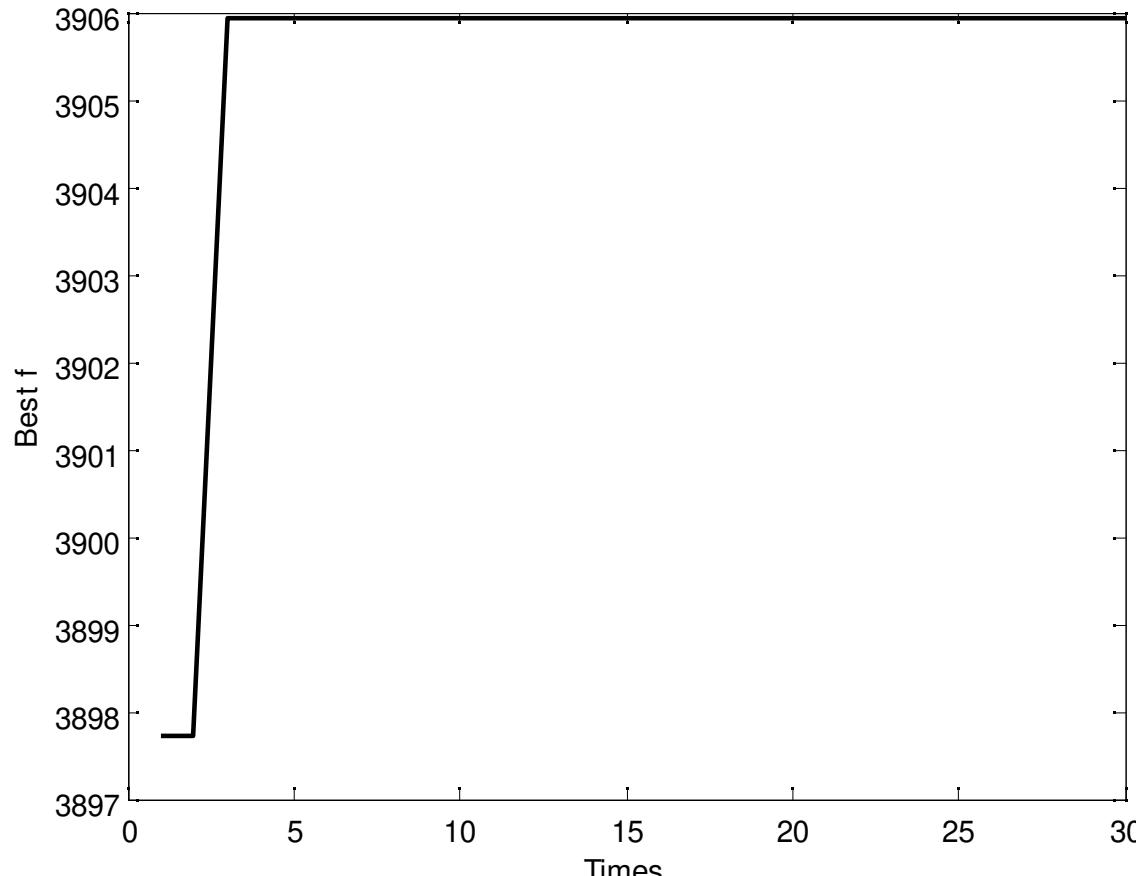
$f(-2.048, -2.048) = 3905.9262$ ，其中后者为全局最大点。

采用实数编码求函数极大值，用2个实数分别表示两个决策变量 x_1, x_2 ，分别将 x_1, x_2 的定义域离散化为从离散点-2.048到离散点2.048 的Size个实数。个体的适应度直接取为对应的目标函数值，越大越好。即取适应度函数为 $F(x) = f(x_1, x_2)$ 。

在差分进化算法仿真中，取变异因子 $F=1.2$ ，交叉因子 $CR=0.90$ ，样本个数为 $Size=50$ ，最大迭代次数 $G=30$ 。按上述公式（变异，交叉，选择）设计差分进化算法，经过30步迭代，最佳样本为 $BestS=[-2048 -2.048]$ ，即当 $x_1=-2.048$ ， $x_2=-2.048$ 时，函数具有极大值，极大值为3905.9。

适应度函数 F 的变化过程如图所示，通过适当增大 F 值及增加样本数量，有效地避免了陷入局部最优解，仿真结果表明正确率接近100%。

差分进化算法函数优化仿真程序为chap10_6.m和chap10_6obj.m。



适应度函数 F 的优化过程

基于差分进化算法的参数辨识

利用差分进化算法辨识非线性静态模型参数：

$$y = \begin{cases} 0 \\ k_1(x - g \operatorname{sgn}(x)) \\ k_2(x - h \operatorname{sgn}(x)) + k_1(h - g) \operatorname{sgn}(x) \end{cases}$$

辨识参数集为 , 真实参数为

$$\hat{\theta} = [\hat{g} \quad \hat{h} \quad \hat{k}_1 \quad \hat{k}_2]$$

$$\theta = [g \quad h \quad k_1 \quad k_2] = [1 \quad 2 \quad 1 \quad 0.5]$$

采用实数编码，辨识误差指标取：

$$J = \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} (y_i - \hat{y}_i)^T (y_i - \hat{y}_i)$$

其中N为测试数据的数量， y_i 为模型第*i*个测试样本的输出。

首先运行模型测试程序chap10_7.m，对象的输入样本区间为[-4,4]之间，步长为0.10，然后计算样本输出值，共有81对输入输出样本对。

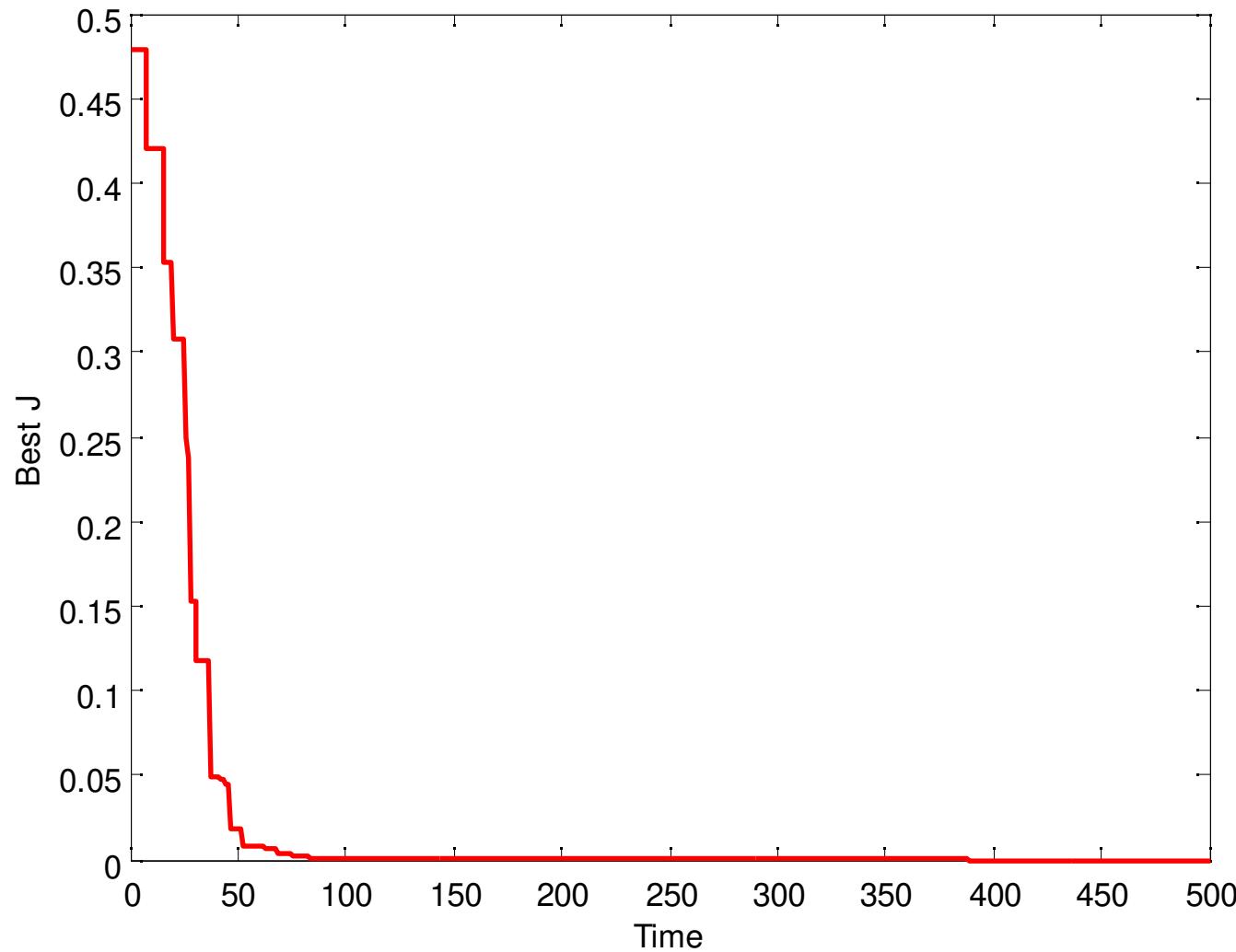
第
10
3
页

$$y = \begin{cases} 0 \\ k_1(x - g \operatorname{sgn}(x)) \\ k_2(x - h \operatorname{sgn}(x)) + k_1(h - g) \operatorname{sgn}(x) \end{cases} \quad (10.19)$$

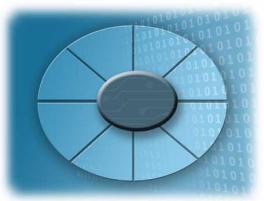
将待辨识的参数向量记为 X ，取样本个数为Size=200，最大迭代次数G=200，采用实数编码，四个参数的搜索范围均为[0,5]。

在差分进化算法仿真中，取F=0.70，CR=0.60。按公式设计差分进化算法，经过200步迭代，辨识误差函数 J 的优化过程如图10-13所示。辨识结果为 $\hat{X}=[1 \ 2 \ 1 \ 0.5]$ ，最终的辨识误差指标为

$$J = 9.0680 \times 10^{-23}$$



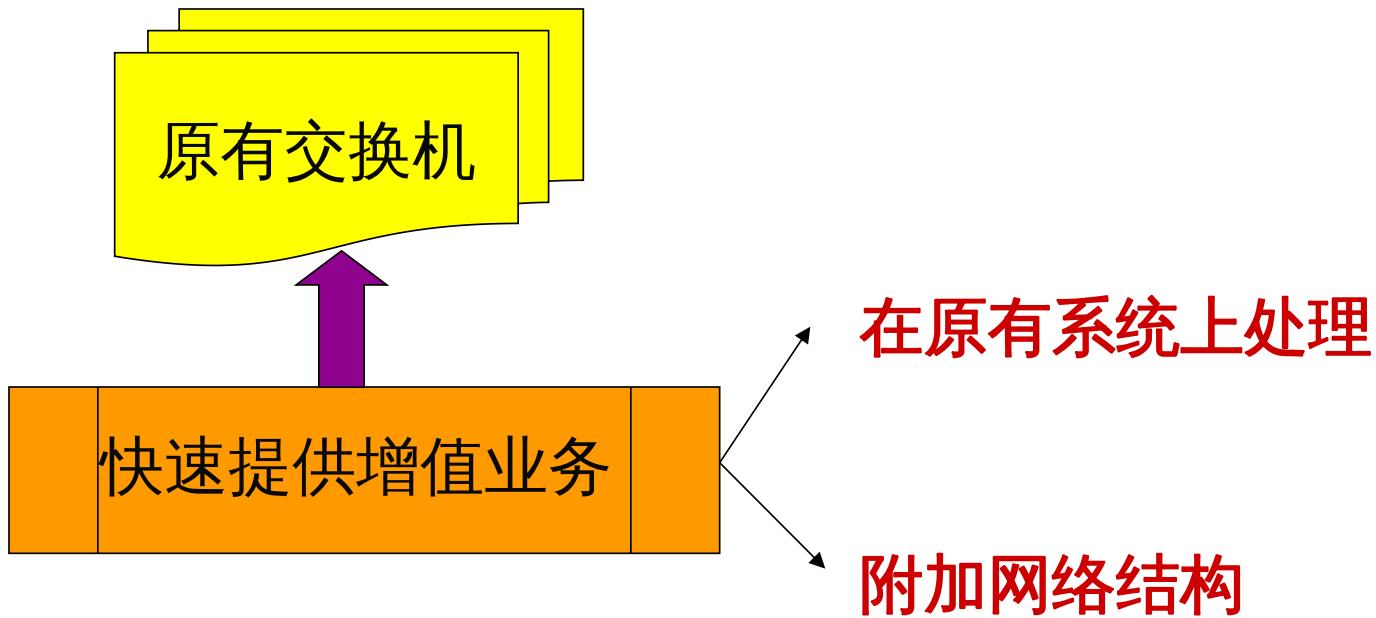
辨识误差函数J的优化过程



END



一、智能网的引入



一、智能网的引入

V 在原有系统上处理：

- § 嵌入在交换机的软件中（如“呼叫前转”、“呼叫结束计费通知（AOCE）”、“全通达”等新业务的提供）
- § 针对交换机提供专用外接服务器（如校园卡、32模密码计费等业务的提供）
- § 在128模中，提供了ISP单板，ISP为内置服务器（密码计费、就远入网的实现）
- §

一、智能网的引入

V 在原有系统上处理有什么缺点：

- § 交换机软件越来越庞大
- § 各种交换机不易统一、覆盖区域有限
- § 升级困难、成本高、投入大
- § 可靠性差、不稳定
- §

一、智能网的引入

- ✓ 采用附加网络结构，就是采用一种独立于交换机之外的网络单元，并为之制定系列标准。
- ✓ 采用附加网络结构，对于在原有系统上处理的一些缺陷，就会得到解决。

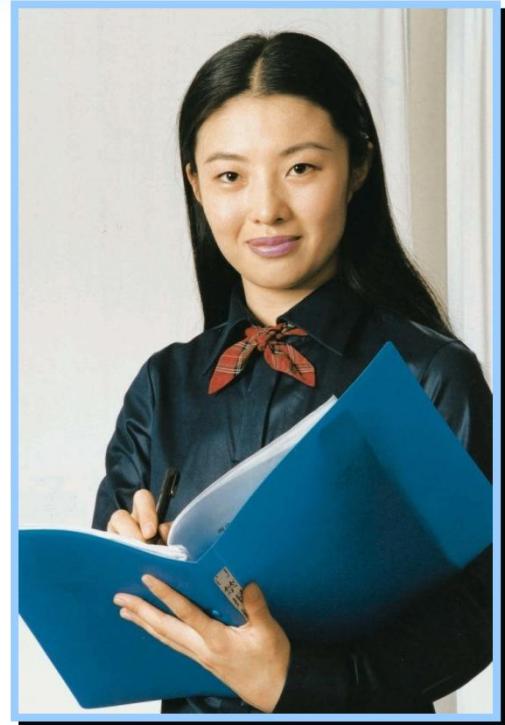
- ✓ 智能网便是采用附加网络结构的方式来快速提供增值业务。

一、智能网概念

- ∨ 智能网 (Intelligent Network) : 在传统交换网的基础上为快速灵活提供增值业务而设置的附加网络结构。
- ∨ 智能网是借助于**No.7信令网和大型集中式数据库**的支持来实现的的一种网络结构。 (注意针对标准智能网结构论述的)

三、智能网的特点

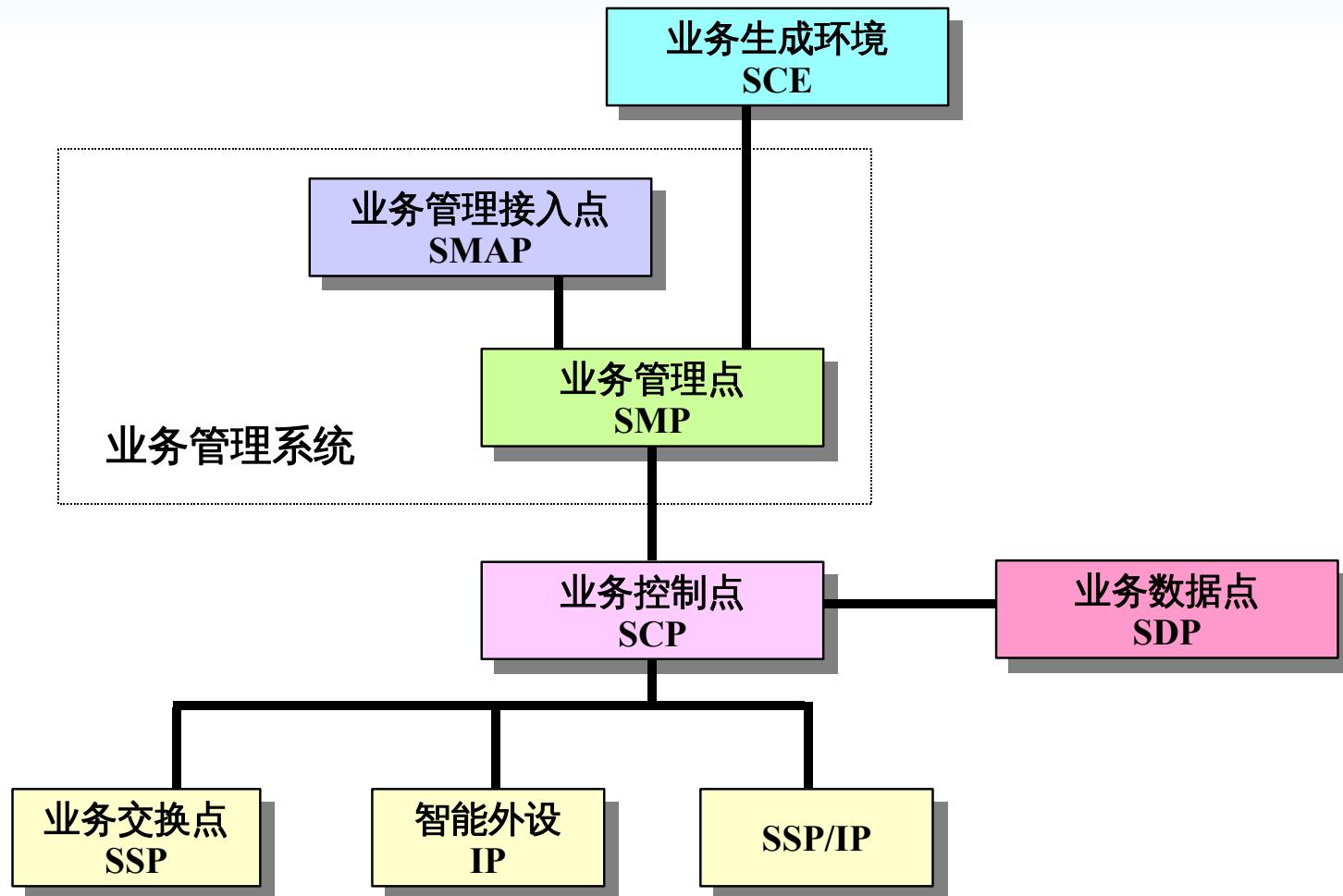
- V 智能网的特点就是将网络的交换功能与业务控制功能相分离。



四、智能网的历史

- ∨ 1967年美国首先开放了“免费电话”——800号业务
- ∨ 1992年CCITT（现在的ITU-T）提出标准化的智能网建议：Q.12XY系列（X代表拿一个阶段标准、Y代表标准的具体方面）
- ∨ 1995年我国邮电部电信传输所提出了中国《智能网应用规程》（C-INAP）（主要基于CS-1），同时，指定了一系列规范，如：《中国智能网设备业务交换点（SSP）技术规范》等

五、智能网的体系结构



五、智能网的体系结构

- ✓ 业务交换点 (SSP)
- ✓ 业务控制点 (SCP)
- ✓ 业务数据点 (SDP)
- ✓ 智能外设 (IP)
- ✓ 业务管理系统 (SMS)
- ✓ 业务生成环境 (SCE)

五、智能网的体系结构 – SSP

- V SSP (Service Switching Point , 业务交换点) : 在原有交换机基础上 , 为开展智能业务增加某些处理模块 , 就形成了SSP设备。
- V 功能 :
 - § 具有一般交换功能
 - § 能触发智能呼叫
 - § 能将智能呼叫相关信息送往SCP
 - § 能对SCP的请求作出响应 , 允许SCP影响呼叫处理
 - § 放音或收号功能

五、智能网的体系结构 – SCP

✓ SCP (Service Control Point , 业务控制点) : SCP是智能网的核心构件。

对于标准智能网 , SCP包括SCU (业务控制单元) 和SAU (业务接入单元) 。

✓ 功能 :

- § 存储业务逻辑或存储用户数据
- § 能接收SSP送来的查询信息并查询数据库
- § 能根据SCP上起来的呼叫事件启动不同的业务逻辑。实现各种智

五、智能网的体系结构 – SDP

- ✓ SDP (Service DATA Point，业务数据点)：提供数据库功能，存储用户数据，接受其他设备的数据操作请求，执行操作并回送结果（注：SCP也有存储用户数据的功能，如果用户数据库不大，也可以放在SCP上）。

五、智能网的体系结构 – IP

- ∨ IP (Intelligent Peripheral , 智能外设) : 协助完成智能业务的特殊资源。
- ∨ 功能 :
 - § 播放录音通知
 - § 收号功能 (接收双音多频拨号)
 - § 语音合成
 - § 进行语音识别
 - §
- ∨ 注 : IP可以是一个独立的物理设备 ,
也可以作为SSP的一部分

五、智能网的体系结构 – SMS

✓ SMS (Service Management System , 业务管理系统) : SMS实现对业务生命周期的管理。SMS包括SMP (Service Management Point) 和 SMAP (Service Management Access Point) , SMP是服务器端 , SMAP是SMP的客户端 , 有友好的操作界面。

✓ 功能 :

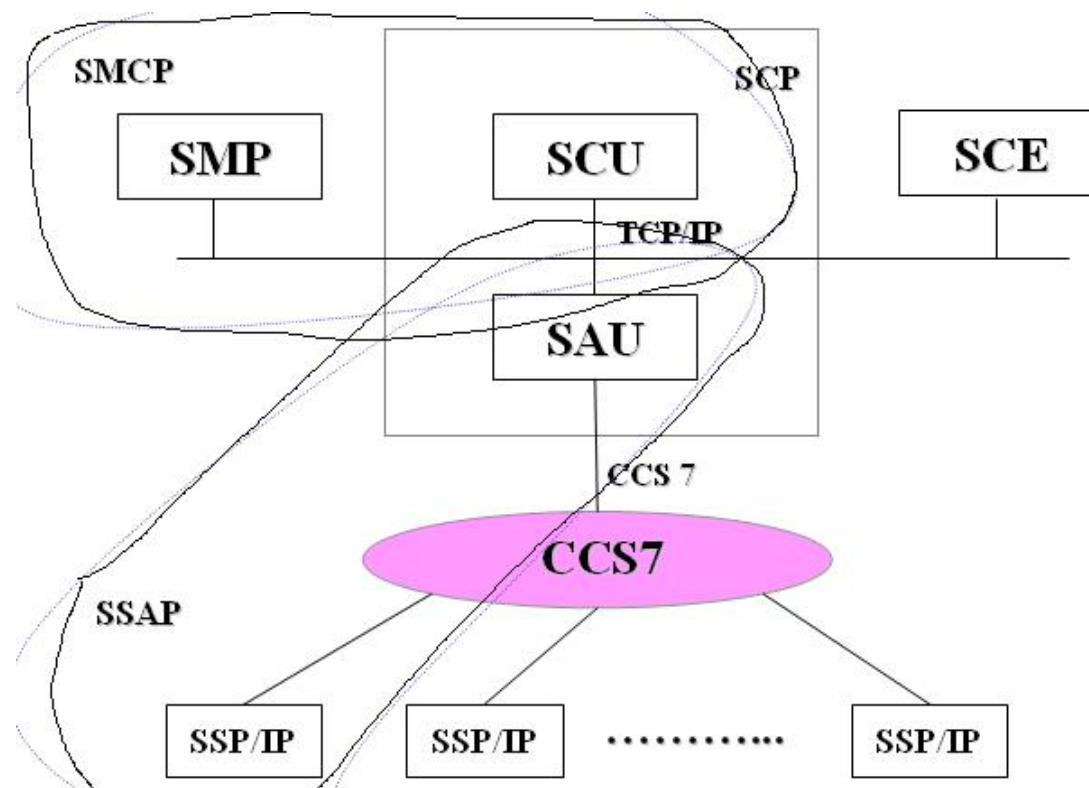
- § 存放业务数据
- § 加载激活业务
- § 提供输入业务相关数据的界面
- § 网络管理 (安全管理、性能管理、配置管理、帐务管理等)

五、智能网的体系结构 – SCE

- V SCE (Service Creation Environment ,
业务生成环境) : 生成新业务的数据
和逻辑流程。SCE相对独立，平时不
需要同其他设备连接，只是在业务拓
展时需要与SMP建立连接。
- V 功能：
 - § 编辑生成器
 - § 仿真测试环境

本地智能网的组成

- ✓ SMCP（业务管理控制点）具有标准智能网中的SCP与SMP的功能。
- ✓ SSAP（业务交换接入点）具有标准智能网中的SSP和SAU的功能。



小结

- ✓ 该节的内容都为了解内容，如智能网的概念、智能网的特点、智能网的组成结构等。这些内容不需要花费很多时间去理解，做到知道即可。

物联网基本概念

- ∨ 物联网的定义及分类
- ∨ 物联网的来源及发展
- ∨ 物联网的关键技术及领域

物联网的定义及分类

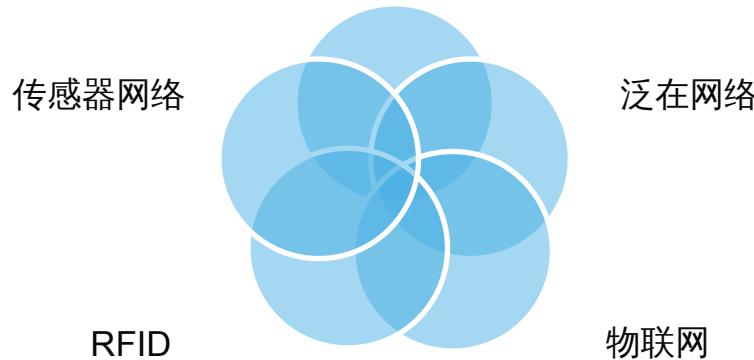
- ∨ **温总理**的定义：物联网是指通过信息传感设备，按照约定的协议，把任何物品与互联网连接起来，进行信息交换和通讯，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。它是在互联网基础上延伸和扩展的网络。
- ∨ **欧盟**的定义：将现有的互联的计算机网络扩展到互联的物品网络。
- ∨ **国际电信联盟(ITU)**的定义：物联网主要解决物品到物品(T2T) ,人到物品(H2T) ,人到人(HTH)之间的互连。

物联网的定义及分类

——我的理解

V 物联网是通过各种**信息传感设备**，如射频识别（RFID）、传感器、全球定位系统（GPS等）、摄像机、激光扫描器，和各种**通讯手段**，如有线、无线、长距、短距，按约定的**协议**，实现人与人、人与物、物与物在任何时间、任何地点的连接（*Anything*、*Anytime*、*Anywhere*），从而进行信息交换和通讯，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的庞大网络系统。

普适计算



物联网的定义及分类

“物”：

- ✓ 1、要有数据传输通路；
- ✓ 2、要有一定的存储功能；
- ✓ 3、要有CPU；
- ✓ 4、要有操作系统；
- ✓ 5、要有专门的应用程序；
- ✓ 6、遵循物联网的通信协议；
- ✓ 7、在世界网络中有可被识别的唯一编号。

物联网的定义及分类

- V 1、**私有物联网 (Private LoT)** :一般面向单一结构内部提供服务。
- V 2、**公有物联网 (Public LoT)** :基于互联网向公众或大型用户群体提供服务。
- V 3、**社区互联网 (Community Lot)** :向一个关联社区或机构群体(如公安局、交通局)提供服务。
- V 4、**混合物联网 (Hybird Lot)** :是上述两种或以上的物联组合但后台有统一运维实体。

物联网的来源及发展

- ✓ 1990年物联网的实践最早可以追溯到1990年施乐公司的网络可乐贩售机——Networked Coke Machine。
- ✓ 1991年美国麻省理工学院（MIT）的Kevin Ashton教授首次提出物联网的概念。
- ✓ 1995年比尔盖茨在《未来之路》一书中也曾提及物联网，但未引起广泛重视。
- ✓ 1999年美国麻省理工学院建立了“自动识别中心（Auto-ID）”，提出“万物皆可通过网络互联”，阐明了物联网的基本含义。早期的物联网是依托射频识别（RFID）技术的物流网络，随着技术和应用的发展，物联网的内涵已经发生了较大变化。

物联网的来源及发展

2008年-美国
智慧地球

•IBM提出的“智慧地球”概念（建议政府投资新一代的智慧型基础设施）已上升至美国的国家战略。该战略认为IT产业下一阶段的任务是把新一代IT技术充分运用在各行各业之中，具体地说，就是把感应器嵌入和装备到电网、铁路、桥梁、隧道、公路、建筑、供水系统、大坝、油气管道等各种物体中，并且被普遍连接，形成“物联网”。

2009年-欧盟
物联网行动

•物联网行动计划。具体而务实，强调RFID的广泛应用，注重信息安全。2009年6月，欧盟委员会向欧盟议会、理事会、欧洲经济和社会委员会及地区委员会递交了《欧盟物联网行动计划》（Internet of Things-An action plan for Europe），以确保欧洲在建构物联网的过程中起主导作用。行动计划共包括14项内容，主要有管理、隐私及数据保护、“芯片沉默”的权利、潜在危险、关键资源、标准化、研究、公私合作、创新、管理机制、国际对话、环境问题、统计数据和进展监督等一系列工作。

2009年-日本
i-Japan战略

•i-Japan战略。在u-Japan的基础上，强调电子政务和社会信息服务应用。2004年，日本信息通信产业的主管机关总务省（MIC）提出2006~2010年间IT发展任务——u-Japan战略。该战略的理念是以人为本，实现所有人与人、物与物、人与物之间的连接，即所谓4U=For You（Ubiquitous, Universal, User-oriented, Unique），希望在2010年将日本建设成一个“实现随时、随地、任何物体、任何人（anytime, anywhere, anything, anyone）均可连接的泛在网络社会”。

2009年-韩国
u-Korea战略

•继日本提出u-Japan战略后，韩国也在2006年确立了u-Korea战略。u-Korea旨在建立无所不在的社会（ubiquitous society），也就是在民众的生活环境里，布建智能型网络（如IPv6、Bcn、USN）、最新的技术应用（如DMB、Telematics、RFID）等先进的信息基础建设，让民众可以随时随地享有科技智慧服务。其最终目的，除运用IT科技为民众创造食衣住行育乐各方面无所不在的便利生活服务，亦希望扶植IT产业发展新兴应用技术，强化产业优势与国家竞争力。

2009年-中国
感知中国

•感知中国。2009年8月7日家宝总理在无锡考察时提出要尽快建立中国的传感信息中心或者叫“感知中国”中心。

物联网的关键技术及领域

- ✓ 1、**传感器技术**，把模拟信号转换成数字信号，这也是计算机应用中的关键技术。
- ✓ 2、**射频识别（RFID）技术**，融合了无线射频技术和嵌入式技术，在自动识别、物品物流管理领域有着广阔的应用前景。
- ✓ 3、**嵌入式系统技术**，综合了计算机软硬件、传感器技术、集成电路技术、电子应用技术，对接收到的信息进行分类处理。

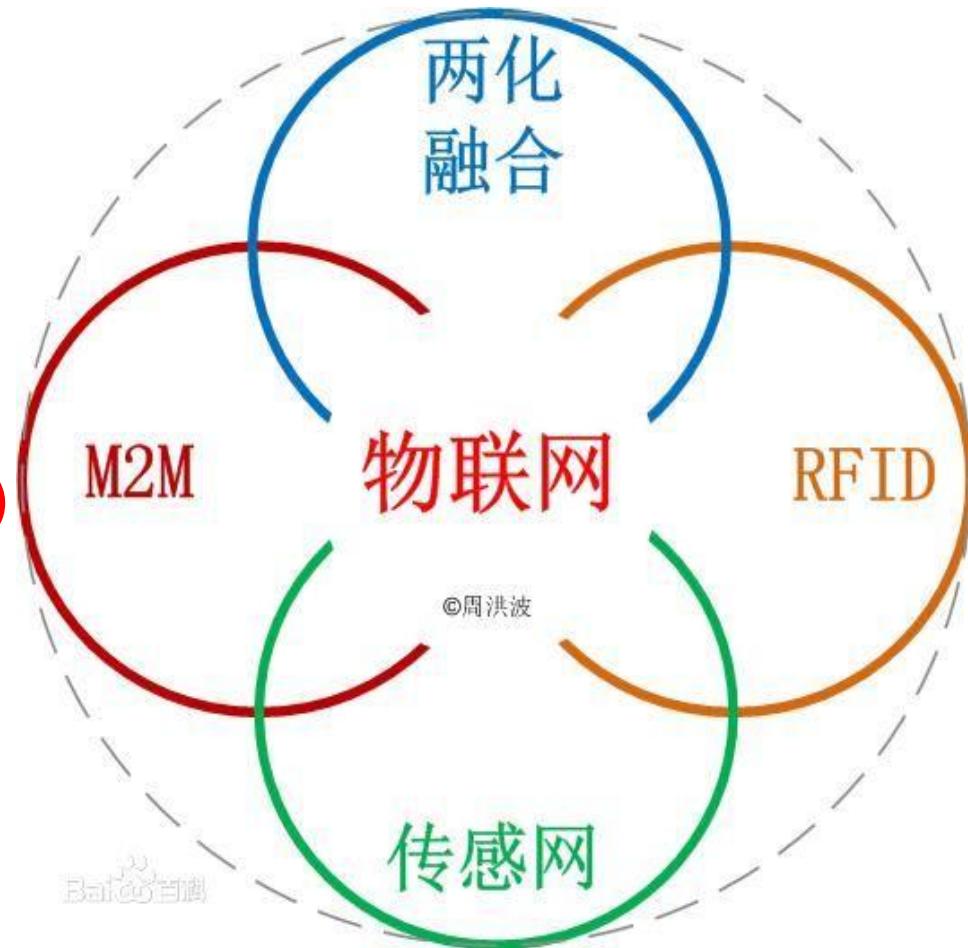
物联网的关键技术及领域

∨ 1、射频识别（RFID）

∨ 2、传感网

∨ 3、M2M
(Machine-to-Machine)

∨ 4、两化融合
(信息化和工业化)



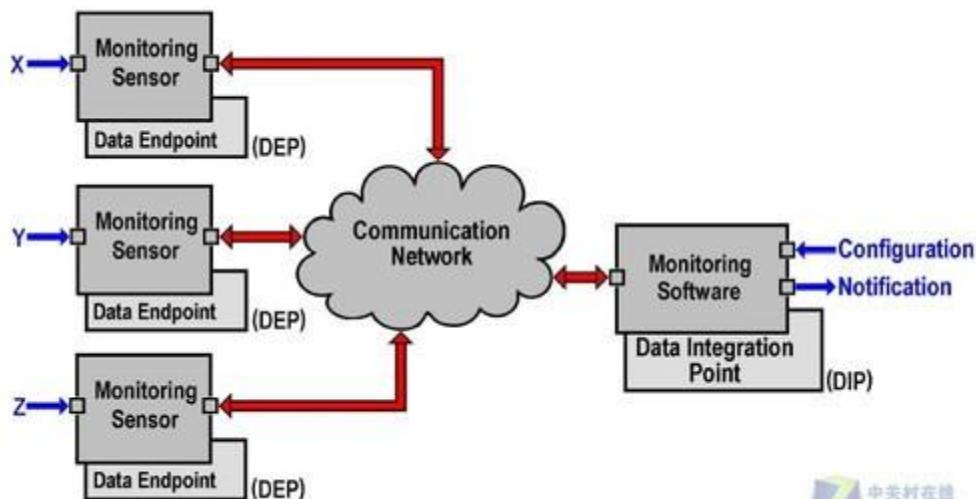
物联网的关键技术及领域

——M2M (Machine to Machine)

✓ **M2M (Machine to Machine)** : 表示机器对机器之间的连接与通信。比如，机器间的自动数据交换（这里的机器也指虚拟的机器比如应用软件）从它的功能和潜在用途角度看，M2M引起了整个“物联网”的产生。

✓ 三个基本特征：1、数据终点 (DEP) 2、通信网络 3、数据集成点 (DIP)

✓ 基于M2M的监控
基础架构



物联网技术架构



物联网技术架构



物联网技术架构

——感知层

- ✓ 感知层：是物联网识别物体、采集信息的来源。
- ✓ 由各种传感器构成，包括温湿度传感器、二维码标签、RFID标签和读写器、摄像头、红外线、GPS等感知终端。

物联网技术架构

——网络层

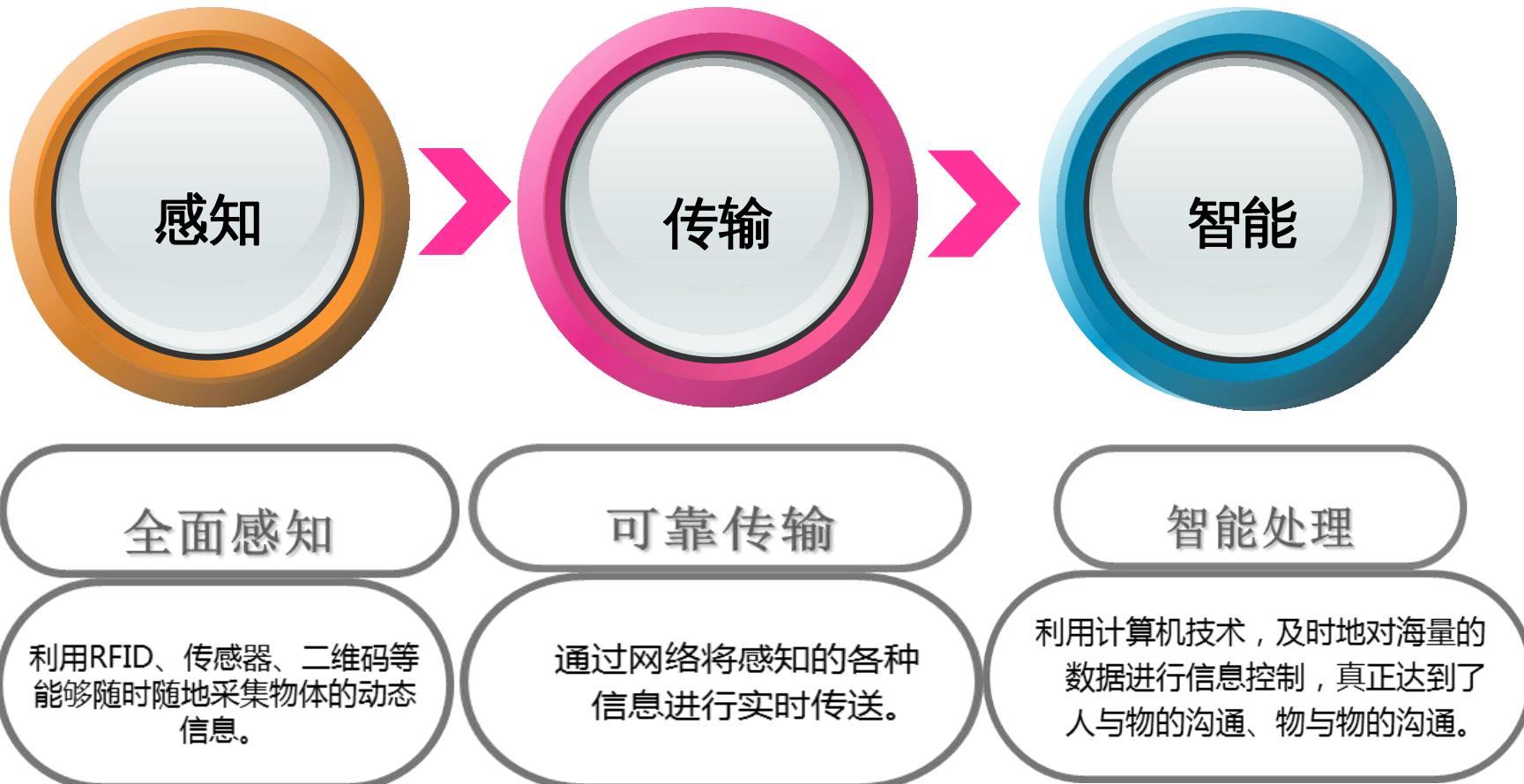
- V **网络层**：由各种网络，包括互联网、广电网、网络管理系统和云计算平台等组成，是整个物联网的**中枢**，负责传递和处理感知层获取的信息。
- V 实现更加广泛的互联功能，能够把感知到的信息无障碍、高可靠性、高安全性地进行传送，需要传感器网络与移动通信技术、互联网技术相融合。

物联网技术架构

——应用层

- ✓ **应用层**：是物联网和用户的**接口**，它与行业需求结合，实现物联网的**智能应用**。
- ✓ 主要包含**应用支撑平台子层**和**应用服务子层**。
 - ✓ 其中应用支撑平台子层用于支撑跨行业、跨应用、跨系统之间的**信息协同、共享、互通**的功能。应用服务子层包括智能交通、智能医疗、智能家居、智能物流、智能电力等行业应用。

物联网技术架构 ——三个重要特征



物联网技术架构

——三个重要特征

- ✓ 1、**全面感知**，利用RFID，传感器，二维码等随时随地获取物体的信息，比如
 - § 装载在高层建筑、桥梁上的监测设备；
 - § 人体携带的心跳、血压、脉搏等监测医疗设备；
 - § 商场货架上的电子标签；
- ✓ 2、**可靠传递**，通过各种电信网络与互联网的融合，将物体的信息实时准确地传递出去；
- ✓ 3、**智能处理**，利用云计算，模糊识别等各种智能计算技术，对海量的数据和信息进行分析和处理，对物体实施智能化的控制。

物联网核心技术



物联网核心技术 ——感知层



感知层核心技术

——传感器技术

∨ **传感器技术**：同**计算机技术与通信技术**一起被称为信息技术的三大技术。从仿生学观点，如果把计算机看成处理和识别信息的“大脑”，把通信系统看成传递信息的“神经系统”的话，那么传感器就是“**感觉器官**”。微型无线传感技术以及以此组件的传感网是物联网感知层的重要技术手段。

感知层核心技术 ——射频识别技术

V 射频识别（Radio Frequency Identification，简称RFID）技术：是通过无线电信号识别特定目标并读写相关数据的无线通讯技术。RFID技术市场应用成熟，标签成本低廉，但RFID一般不具备数据采集功能，多用来进行物品的甄别和属性的存储，且在金属和液体环境下应用受限，RFID技术属于物联网的信息采集层技术。

感知层核心技术 ——微机电系统（MEMS）

V 微机电系统（Micro Electro Mechanical System，简称MEMS）：是指利用大规模集成电路制造工艺，经过微米级加工，得到的集微型传感器、执行器以及信号处理和控制电路、接口电路、通信和电源于一体的微型机电系统。MEMS技术属于物联网的信息采集层技术。

感知层核心技术

——GPS技术

GPS (Global Position System) 技术：又称为全球定位系统，是具有海、陆、空全方位实时三维导航与定位能力的新一代卫星导航与定位系统。GPS作为移动感知技术，是物联网延伸到移动物体采集移动物体信息的重要技术，更是物流智能化、智能交通的重要技术。

物联网核心技术 ——信息汇聚层



传感网自组网技术

局域网技术

广域网技术

信息汇聚层核心技术 ——无线传感器网络 (WSN) 技术

- ∨ **无线传感器网络 (Wireless Sensor Network，简称WSN)**
:基本功能是将一系列空间分散的传感器单元通过自组织的无线网络进行连接，从而将各自采集的数据通过无线网络进行传输汇总，以实现对空间分散范围内的物理或环境状况的协作监控，并根据这些信息进行相应的分析和处理。
。
- ∨ **WSN技术贯穿物联网的三个层面**，是结合了计算、通信、传感器三项技术的一门新兴技术，具有较大范围、低成本、高密度、灵活布设、实时采集、全天候工作的优势，且对物联网其他产业具有显著带动作用。

信息汇聚层核心技术

——Wi-Fi技术

v Wi-Fi (Wireless Fidelity，无线保真技术)：一种基于接入点 (Access Point) 的无线网络结构，目前已有一定规模的布设，在部分应用中与传感器相结合。Wi-Fi技术属于物联网的信息汇总层技术。

信息汇聚层核心技术

——GPRS技术

✓ GPRS (General Packet Radio Service , 通用分组无线服务) : 一种基于GSM移动通信网络的数据服务技术。GPRS技术可以充分利用现有GSM网络 , 目前在很多领域有广泛应用 , 在物联网领域也有部分应用。GPRS技术属于物联网的**信息汇总层技术**。

物联网核心技术 ——传输层



传输层核心技术

——通信网

- ✓ **通信网**：一种使用**交换设备、传输设备**，将地理上分散用户终端设备互连起来实现通信和信息交换的系统。
- ✓ 通信最基本的形式是在点与点之间建立通信系统，但这不能称为通信网，只有将许多的通信系统（传输系统）通过交换系统按一定**拓扑结构**组合在一起才能称之为通信。也就是说，有了交换系统才能使某一地区内任意两个终端用户相互接续，才能组成通信网。

传输层核心技术

——3G网络

V **3G (the 3rd Generation) 网络**：指第三代移动通信技术。相对第一代模拟制式手机（1G）和第二代GSM、CDMA等数字手机，第三代手机（3G）是指将无线通信与国际互联网等多媒体通信结合的新一代移动通信系统。

传输层核心技术

——GPRS网络

- ✓ **GPRS网络**：是一种基于GSM系统的无线分组交换技术，提供端到端的、广域的无线IP连接。
- ✓ 通俗的讲，GPRS是一项高速数据处理的科技，方法是以“分组”的形式传送资料到用户手上。虽然GPRS是作为现有GSM网络向第三代移动通信演变的过渡技术，但是它在许多方面都具有显著的优势。

传输层核心技术 ——广电网络

V **广电网络**：是各地有线电视网络公司（台）负责运营的，通过HFC（光纤+同轴电缆混合网）网向用户提供**宽带服务及电视服务**网络，宽带可通过CableModem连接到计算机，理论到户最高速率38M，实际速度要视网络情况而定。

物联网核心技术 ——运营层



运营层核心技术

——ERP、GIS

- V 企业资源计划（Enterprise Resource Planning，简称ERP）：是指建立在信息技术基础上，以系统化的管理思想，为企业决策层及员工提供决策运行手段的管理平台。ERP技术属于物联网的信息处理层技术。
- V 地理信息系统（Geographic Information System，简称GIS）：作为获取、整理、分析和管理地理空间数据的重要工具、技术和学科，近年来得到了广泛关注和迅猛发展。

运营层核心技术

——专家系统

✓ **专家系统 (Expert System)** : 是一个含有大量的某个领域专家水平的知识与经验，能够利用人类专家的知识和经验来处理该领域问题的智能计算机程序系统。属于信息处理层技术。

运营层核心技术

——云计算

v **云计算**：概念最早由Google提出，这是一个美丽的网络应用模式，是指IT基础设施的交付和使用，通过网络以按需、易扩展的方式获得所需的资源。

物联网应用模式



对象的智能标签

对象的智能跟踪

对象的智能控制

物联网应用模式

——对象的智能标签

V **对象的智能标签**：通过二维码，RFID等技术标识特定的对象，用于区分对象个体，例如在生活中我们使用的各种智能卡和条码标签，其基本用途就是用来获得对象的识别信息；此外，通过智能标签还可以用于获得对象物品所包含的扩展信息，如智能卡上的金额余额，二维码中所包含的网址和名称等。

物联网应用模式

——环境监控和对象跟踪

V **环境监控和对象跟踪**：利用多种类型的传感器和分布广泛的传感器网络，实现对某个对象的实时状态的获取和特定对象行为的监控。如使用分布在市区的各个噪音探头监测噪声污染；通过二氧化碳传感器监控大气中二氧化碳的浓度；通过GPS标签跟踪车辆位置，通过交通路口的摄像头捕捉实时交通流量等。

物联网应用模式

——对象的智能控制

✓ **对象的智能控制**：物联网基于云计算平台和智能网络，可以依据传感器网络用获取的数据进行决策，改变对象的行为，或进行控制和反馈。例如根据光线的强弱调整路灯的亮度，根据车辆的流量自动调整红绿灯的时间间隔等。

智慧家庭

Smart Home

家政服务

- 查询**服务项目及收费**
- 炫卡支付**服务费用**
- 家政服务机构统一调配人力
- 用户可以评论、分享服务质量等

出行提示

■ 气象、健康等出行提示



家庭 安全监控

- 外接**摄像头**，可通过终端实时查看户外情况及来访人员
- 视频记录



实时 远程控制

- 通过手机、网络等控制**家用电器开关**



健康管理

- 健康**远程教育**
- 医疗**在线咨询**
- 健康**远程服务**



水电煤 自动抄报

- 短信息**通知**
- 电子**账单**



在线订

智能

智能环

- 垃圾桶
- 可进行
- 垃圾桶

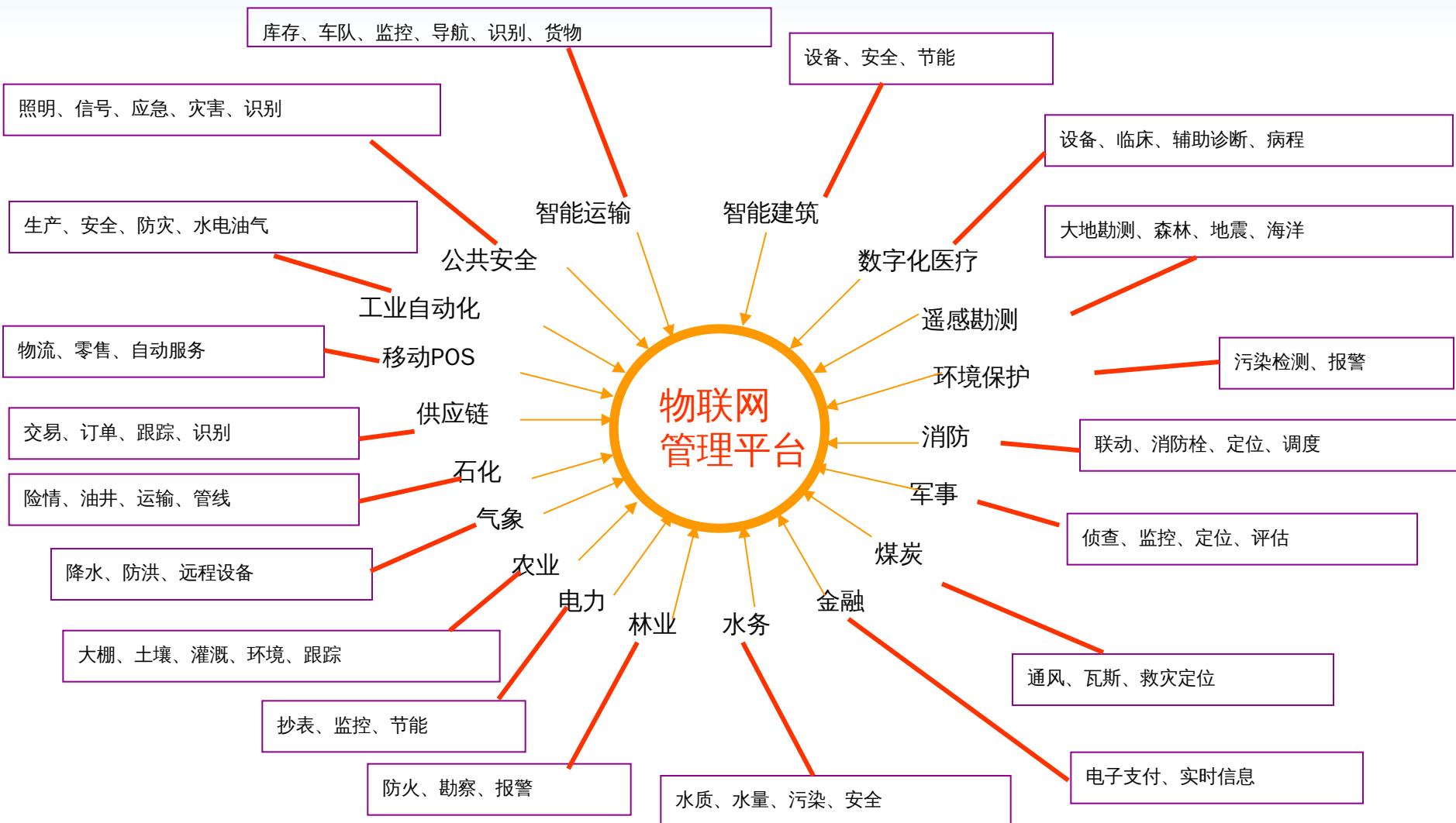
资源

衣食
用品
订购

公共停车
信息服务

培训教

物联网应用场景



物联网发展趋势

- √ 创新2.0模式
- √ 两化融合
- √ 中国发展

创新2.0模式

- ✓ 物联网通被称为继计算机、互联网之后世界信息产业发展的第三次浪潮。
- ✓ 应用创新是物联网发展的核心，以用户体验为核心的创新2.0是物联网发展的灵魂。以用户为中心、以社会实践为舞台、以人为本的创新2.0形态正在显现，实际生活场景下的用户体验也被称为创新2.0模式的精髓。
- ✓ 作为创新2.0时代的重要产业发展战略，物联网的发展不仅将推动创新基础设施的构建，也将受益于创新基础设施的全面支撑。

两化融合

- ✓ 2012年2月14日，中国的第一个物联网五年规划——《物联网“十二五”发展规划》由工信部颁布。
- ✓ 智能化是信息化与工业化“两化融合”的必然途径，其技术核心无疑就是物联网。制造业的无人化或许将为中国制造业的升级提供一条路径。
- ✓ 而物联网是“两化融合”的切入点，可以大大促进信息化的应用。物联网大量的应用是在行业中，包括智能农业、智能电网、智能交通、智能物流、智能医疗、智能家居等。
- ✓ 在未来几年，技术与标准国产化、运营与管理体系化、产业草根化将成为我国物联网发展的三大趋势。

中国发展

v 基本介绍

v 感知中国

v 开源项目

v 政府措施

基本介绍

- ✓ 物联网在中国迅速崛起得益于我国在物联网方面的几大优势。
- ✓ 第一，我国早在1999年就启动了物联网核心传感网技术研究，研发水平处于世界前列；
- ✓ 第二，在世界传感网领域，我国是标准主导国之一，专利拥有量高；
- ✓ 第三，我国能够实现物联网完整产业链的国家之一；
- ✓ 第四，我国无线通信网络和宽带覆盖率高，为物联网的发展提供了坚实的基础设施支持；
- ✓ 第五，我国已经成为世界第二大经济体，有较为雄厚的经济实力支持物联网发展。

感知中国

V 2009年8月上旬温家宝总理在无锡视察时指出，“要在激烈的国际竞争中，迅速建立中国的传感信息中心或‘感知中国’中心”。为认真贯彻落实总理讲话精神，加快建设国家“感知中国”示范区（中心），推动我国传感网产业健康发展，引领信息产业第三次浪潮，培育新的经济增长点，增强可持续发展能力和可持续竞争力，无锡市委、市政府迅速行动起来，专门召开市委常委会和市政府常务会议进行全面部署，精心组织力量，落实有力措施，全力以赴做好建设国家“感知中国”示范区（中心）的相关工作。

开源项目

✓ **GNU Radio** 是免费的软件开发工具套件。它提供信号运行和处理模块，用它可以在易制作的低成本的射频（RF）硬件和通用微处理器上实现软件定义无线电。这套套件广泛用于业余爱好者，学术机构和商业机构用来研究和构建无线通信系统。开发者能够简单快速的构建一个实时、高容量的无线通信系统。尽管其主要功用不是仿真器，但GNU Radio 在没有射频 RF 硬件部件的境况下支持对预先存储和（信号发生器）生成的数据进行信号处理的算法的研究。

政府措施

- ✓ 1、突破物联网关键核心技术，实现科技创新。加强行业和领域物联网技术解决方案的研发和公共服务平台建设。
- ✓ 2、重点发展高端传感器、MEMS、智能传感器和传感器网节点、传感器网关；超高频RFID、有源RFID和RFID中间件产业等，重点发展物联网相关终端和设备以及软件和信息服务。
- ✓ 3、重点建设传感网在公众服务与重点行业的典型应用示范工程，确立以应用带动产业的发展模式，提升物联网的应用过程产业链的整体价值。
- ✓ 4、加强物联网国际国内标准，保障发展。积极参与国际标准制定，整合国内研究力量形成合力，推动国内自主创新研究成果推向国际。

智能网联汽车



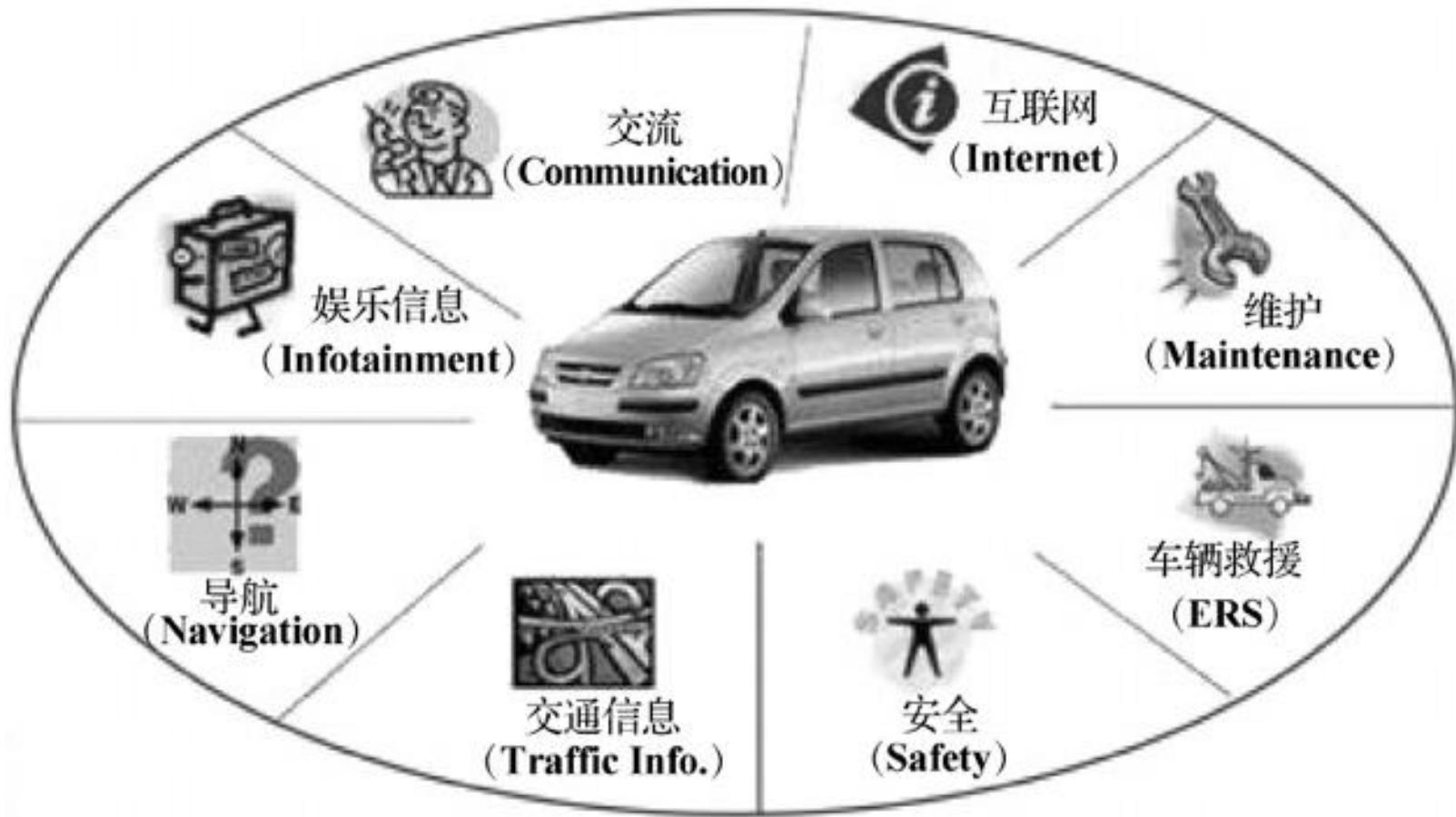
智能网联汽车的定义——智能汽车

➤ 智能汽车是在一般汽车上增加雷达和摄像头等先进传感器、控制器、执行器等装置，通过车载环境感知系统和信息终端实现与车、路、人等的信息交换，使车辆具备智能环境感知能力，能够自动分析车辆行驶的安全及危险状态，并使车辆按照人的意愿到达目的地，最终实现替代人来操作的目的。

智能网联汽车的定义——网联汽车

- 网联汽车是指基于通信互联建立车与车之间的连接，车与网络中心和智能交通系统等服务中心的连接，甚至是车与住宅、办公室以及一些公共基础设施的连接，也就是可以实现车内网络与车外网络之间的信息交互，全面解决人—车—外部环境之间的信息交流问题。
- 网联汽车的初级阶段是以车载信息技术为代表。

智能网联汽车的定义——网联汽车



智能网联汽车的定义与分级——定义

➤ 智能网联汽车是指搭载先进的车载传感器、控制器、执行器等装置，并融合现代通信与网络技术，实现车与X(车、路、行人、云端等)智能信息交换、共享，具备复杂环境感知、智能决策、协同控制等功能，可实现车辆“安全、高效、舒适、节能”行驶，并最终可实现替代人来操作的新一代汽车。



智能网联汽车的定义——智能汽车



自动驾驶汽车

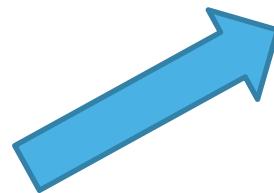
自动化



智能汽车



智能网联汽车



网联汽车

网联化

智能网联汽车的分级

SAE对汽车自动驾驶的分级

称呼	无自动化	驾驶支持	部分自动化	有条件自动化	高度自动化	完全自动化
定义	由驾驶员全权驾驶汽车,在行驶过程中可以得到警告	通过驶环境对转向盘和加减速中的一项操作提供支持,其余由驾驶员操作	通过驾驶环境对转向盘和加减速中的多项操作提供支持,其余由驾驶员操作	由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作,根据系统要求,驾驶员提供适当的应答	由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作,根据系统要求,驾驶员不一定提供所有的应答;限定道路和环境条件	由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作,可的情况下,驾驶员接管;不限定道路和环境条件
驾驶操作	驾驶员	驾驶员/系统	驾驶员	驾驶员	系统	系统
周边监控			驾驶员		系统	
主体支援			驾驶员		系统	
系统作用域	无			部分		全域

- 对应于SAE分级标准，无人驾驶与指L4、L5阶段，汽车能够在限定环境乃至全部环境下完成全部的驾驶任务。
- 自动驾驶则覆盖L1到L5整个阶段,在L1, L2阶段,汽车的自动驾驶系统只作为驾驶员的辅助,但能够持续地承担汽车横向或纵某一方面的自主控制,完成感知、认知、决策、控制、执行这一完整过程,其他如顶警提示、短暂干预的驾驶技术(ADAS)不能完成这一完整的流程 ,不在自动驾驶技术范围之内。
- 智能驾驶则包括自动驾驶,以及其他辅助驾驶技术。他们能够在某一环节为驾驶员提供辅助甚至能够替代驾驶员,优化驾车体验。

自动驾驶

指汽车至少在某些具有关键安全性的控制助能方面(如转向、油门或制动)无需驾驶员直接操作即可自动完成控制动作。

自动驾驶汽车一般使用机载传感器GPS和其他通信技术设备获得信息 ,针对安全状况进行决策规划,在某种程度上恰当地实施控制。

无人驾驶

驾驶员不介入的情况下汽车可以完成全自动驾驶的控制动作,指向自动驾驶汽车技术发展的最终形态。

智能驾驶

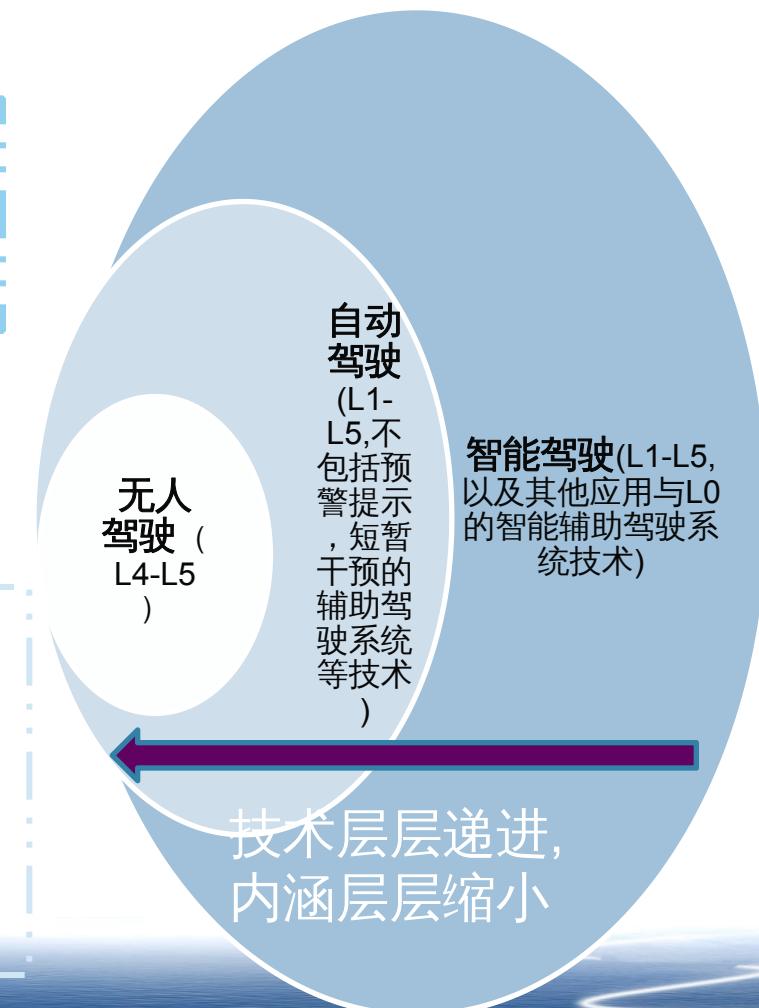
指搭载先进的智能系统和多种传感器设备(包括摄像头、雷达、导航设备等),具备复杂的环境感知、智能决策、协同控制和执行等功能,可实现安全、舒适、节能、高效行驶,并最终可替代人来操作。

无人驾驶
(
L4-L5
)

自动驾驶
(
L1-L5,
不包括预警提示,
短暂干预的
辅助驾驶系
统等技术
)

智能驾驶(
L1-L5,
以及其
他应用与L0
的智能辅助驾
驶系
统技术)

技术层层递进,
内涵层层缩小



智能网联汽车的分级

V 智能网联汽车智能化等级

人监控驾驶环境

1	驾驶辅助 (DA)	系统根据环境信息对行驶方向和加减速中的一项操作提供支援,其他驾驶操作都由驾驶员完成	驾驶员与系统	驾驶员	驾驶员	车道内正常行驶,高速公路无车道干涉路段,停车工况
---	-----------	---	--------	-----	-----	--------------------------

2	部分自动驾驶 (PA)	系统根据环境信息对行驶方向和加减速操作提供支援,其他驾驶操作都由驾驶员完成	驾驶员与系统	驾驶员	驾驶员	高速公路及市区无干涉路段,换道、环道绕行、拥堵时跟车等工况
---	-------------	---------------------------------------	--------	-----	-----	-------------------------------

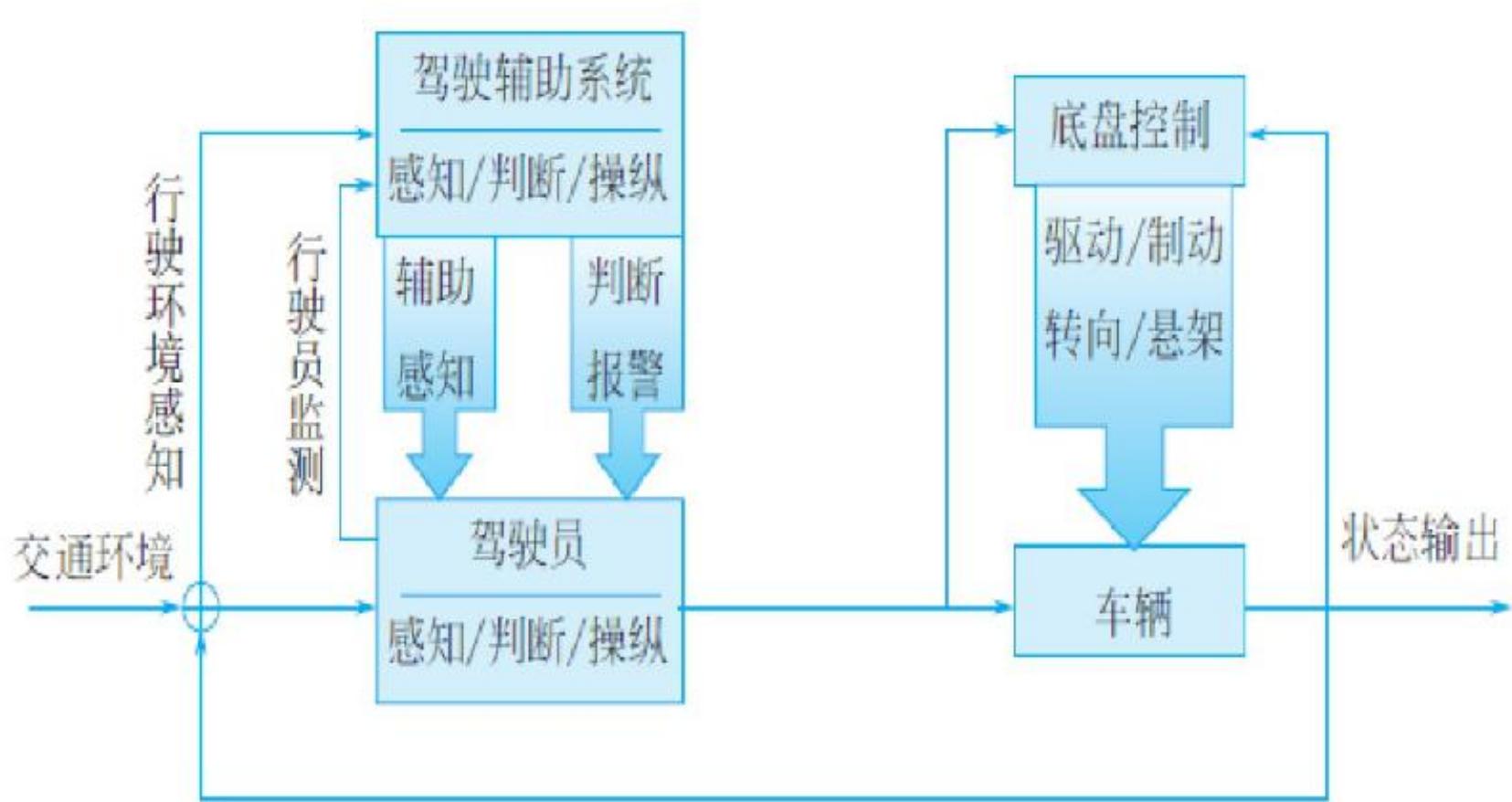
自动驾驶系统监控驾驶环节

3	有条件自动驾驶 (CA)	由自动驾驶系统完成所有驾驶操作,根据系统请求,驾驶员需要提供适当的干预	系统	系统	驾驶员	高速公路正常行驶工况,市区无车道干涉路段
---	--------------	-------------------------------------	----	----	-----	----------------------

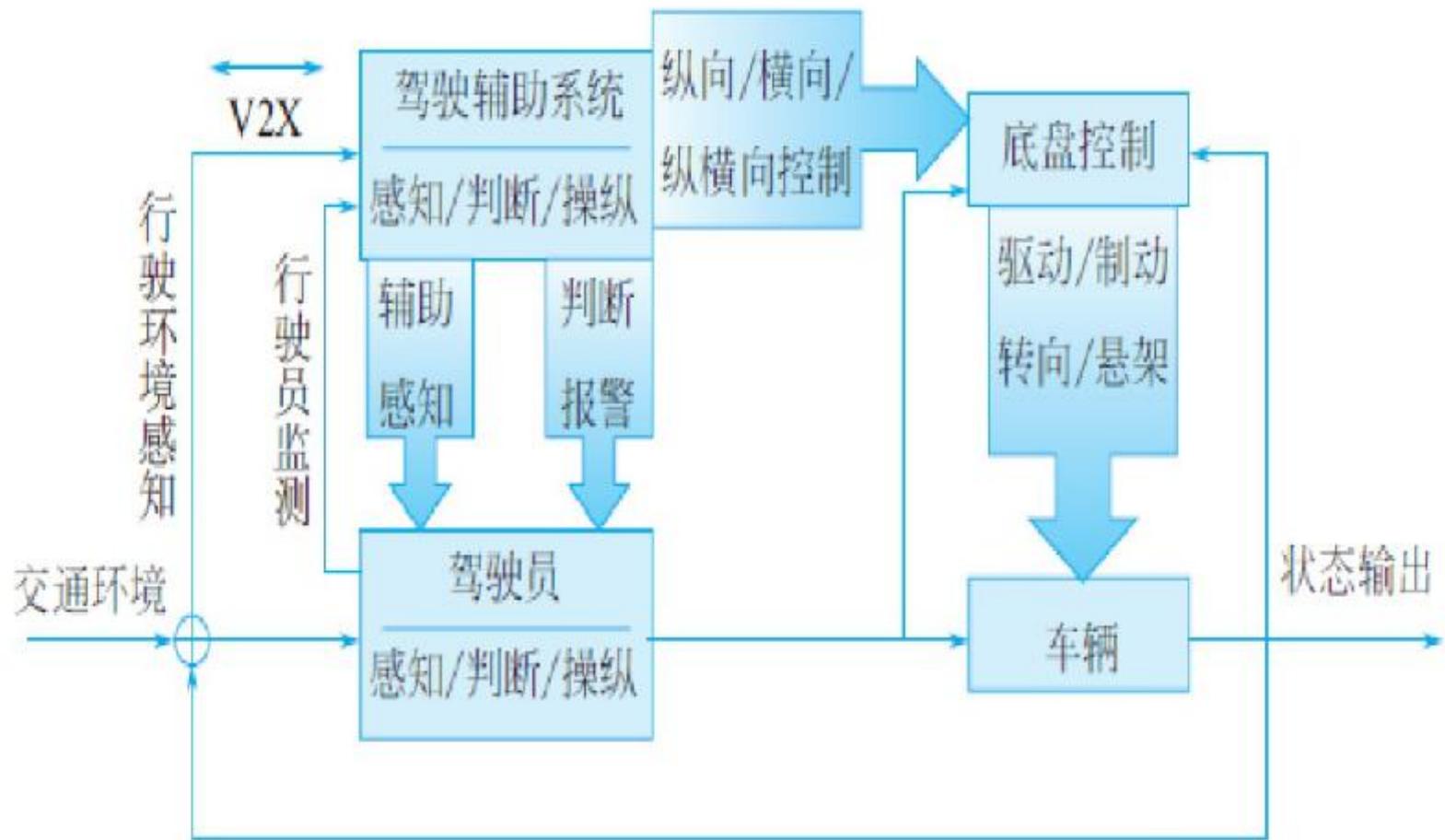
4	高度自动驾驶 (HA)	由自动驾驶系统完成所有驾驶操作,特定环境下系统会向驾驶员提出响应请求,驾驶员可以对系统请求不进行响应	系统	系统	系统	高速公路正常行驶工况,市区无车道干涉路段
---	-------------	--	----	----	----	----------------------

5	完全自动驾驶 (FA)	自动驾驶系统可以完成驾驶员能够完成的所有道路环境下的操作,不需要驾驶员介入	系统	系统	系统	所有行驶工况
---	-------------	---------------------------------------	----	----	----	--------

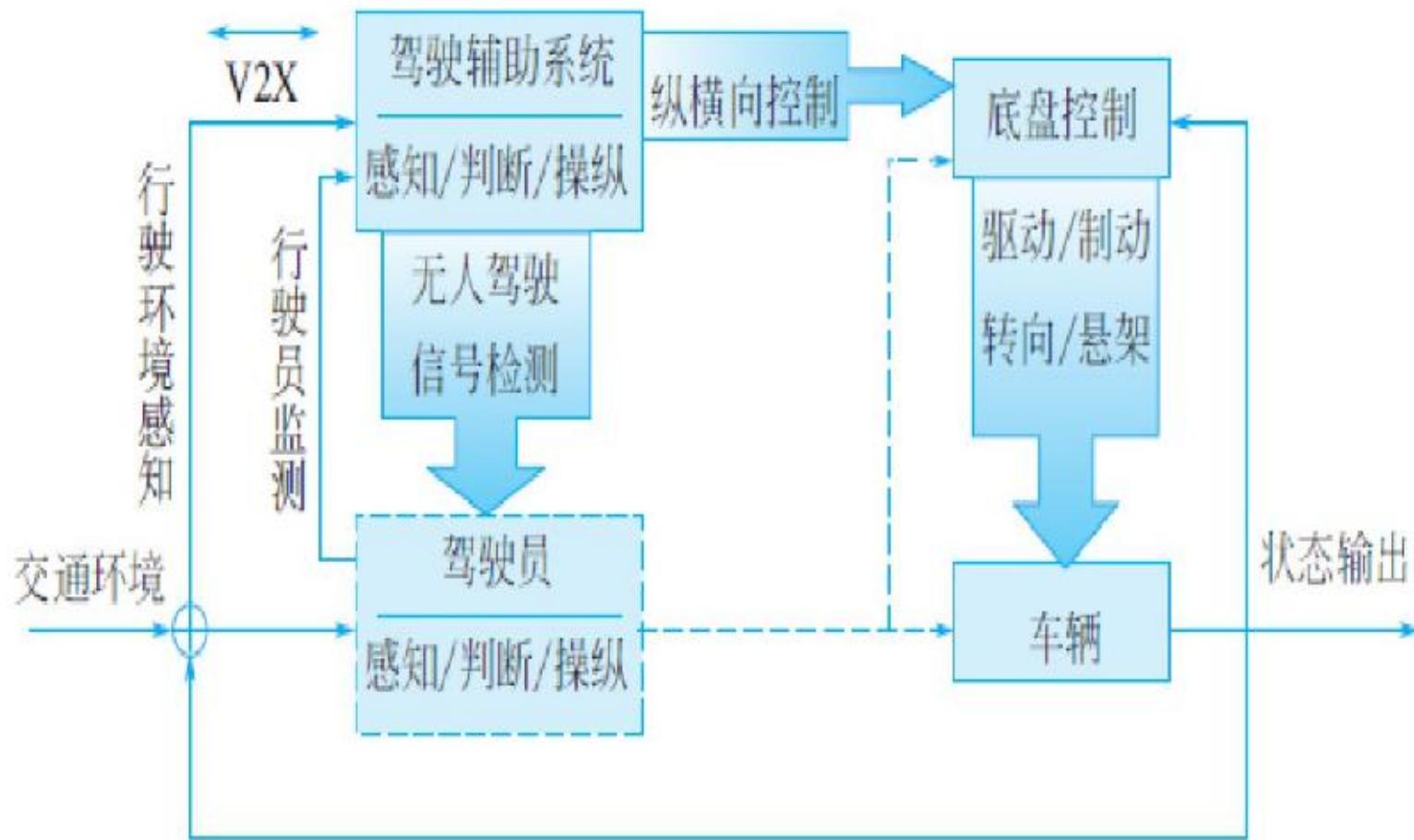
驾驶员拥有车辆全部控制权



驾驶员拥有车辆部分控制权



驾驶员没有车辆控制权



1	网联辅助信息交互	基于车一路、车一后台通信,实现导航等辅助信息的获取以及车辆行驶数据与驾驶员操作等数据的上传	驾驶员	图、交通流量、交通标志、油耗、里程、驾驶习惯等	传输实时性、可靠性要求较低
2	网联协同感知	基于车一车、车一路、车一人、车一后台通信,实时获取车辆周边交通环境信息,与车载传感器的感知信息融合,作为自车决策与控制系统的输入	驾驶员与系统	周边车辆、行人、非机动车位置、信号灯相位、道路预警等信息	传输实时性、可靠性要求较高
3	网联协同决策与控制	基于车一车、车一路、车一人、车一后台通信,实时并可靠获取车辆周边交通环境信息及车辆决策信息,车一车、车一路等各交通参与者之间信息进行交互融合,形成车一车、车一路等各交通参与者之间的协同决策与控制	驾驶员与系统	车一车、车一路之间的协同控制信息	传输实时性、可靠性要求较高

网联化
同决策
与控制

联网
协同
感知

联网辅
助信息
交互

网联化

车路协同控制

市区自动驾驶

无人驾驶

高速公路自动驾驶

城郊公路自动驾驶

协同式队列行驶

交叉口通行辅助

车道内自动驾驶

换道辅助

全自动泊车

自适应巡航

自动紧急制动

车道保持

辅助泊车

智能化

2016年

2017年

2018年

2019年

2020年

2022年

2025年以后

驾驶辅助 (DA)

部分自动驾驶 (PA)

有条件自动驾驶 (CA)

高度/完全自动驾驶 (HA/FA)

(a) 智能网联乘用车的发展路径

网联化
同决策
与控制

联网
协同
感知

联网辅
助信息
交互

网联化

车路协同控制

无人驾驶

高速公路自动驾驶

城郊公路自动驾驶

协同式卡车队列

车道内自动驾驶

交叉口通行辅助

泊车辅助

商用车自动泊车

自适应巡航

换道辅助

自动紧急制动

商用车队列行驶

车道保持

智能化

2016年

2017年

2018年

2019年

2020年

2022年

2025年以后

驾驶辅助 (DA)

部分自动驾驶 (PA)

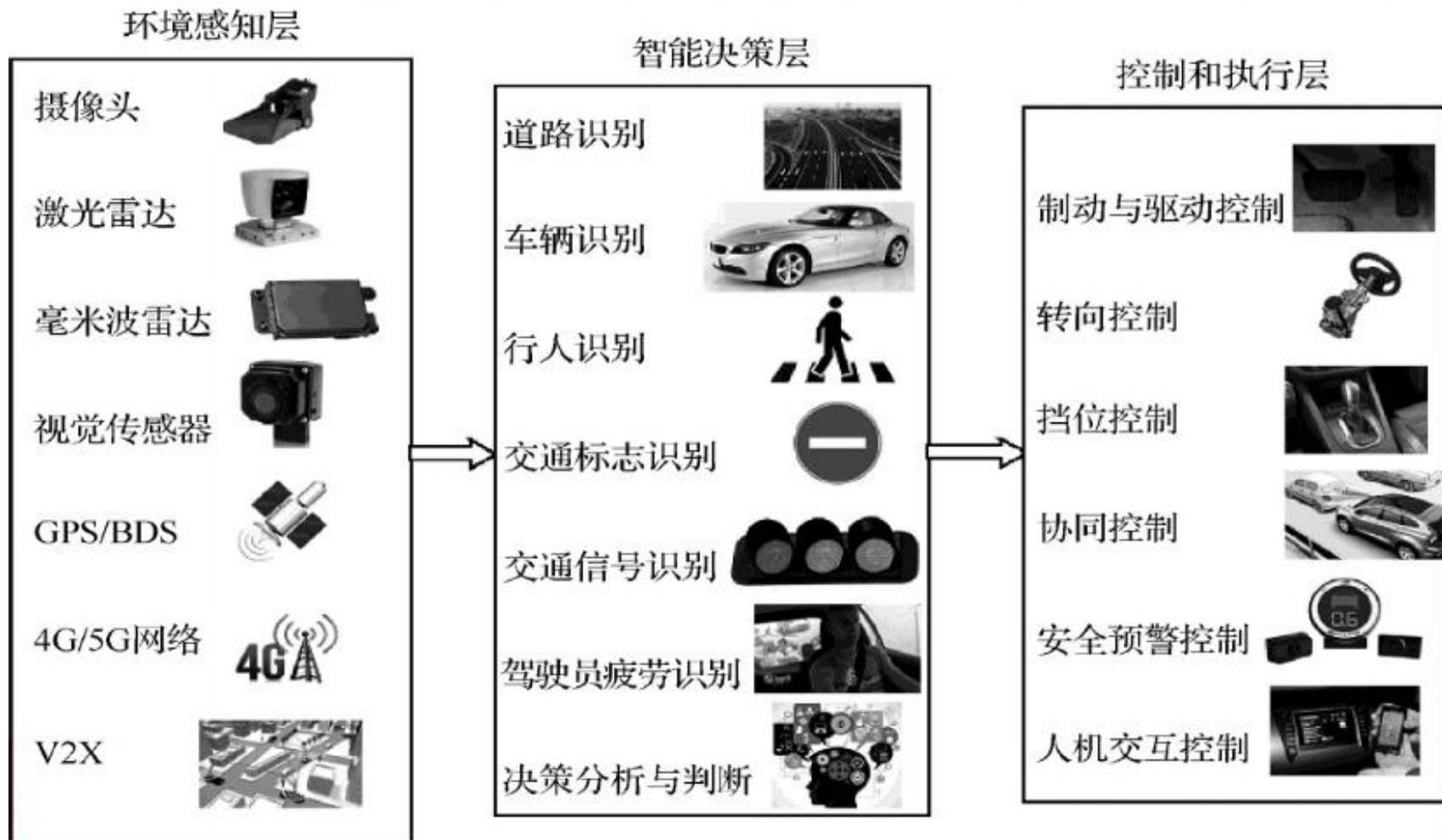
有条件自动驾驶 (CA)

高度/完全自动驾驶 (HA/FA)

智能网联汽车的分级

- **主式驾驶辅助**——依靠车载传感器进行环境感知并对驾驶员进行驾驶操作辅助的系统
- **网联式驾驶辅助**——依靠信息通信技术对车辆周边环境进行感知,并可对周围车辆未来运动进行预测,进而对驾驶员进行驾驶操作辅助的系统
- **人机共驾**——驾驶员和车辆智能系统同时共存,分享车辆控制权,人机一体化协同完成驾驶任务
- **高度自动/无人驾驶**——驾驶员不需要介入车辆操作,车辆将会自动完成所有工况下的自动驾驶。

智能网联汽车的体系结构——层次结构



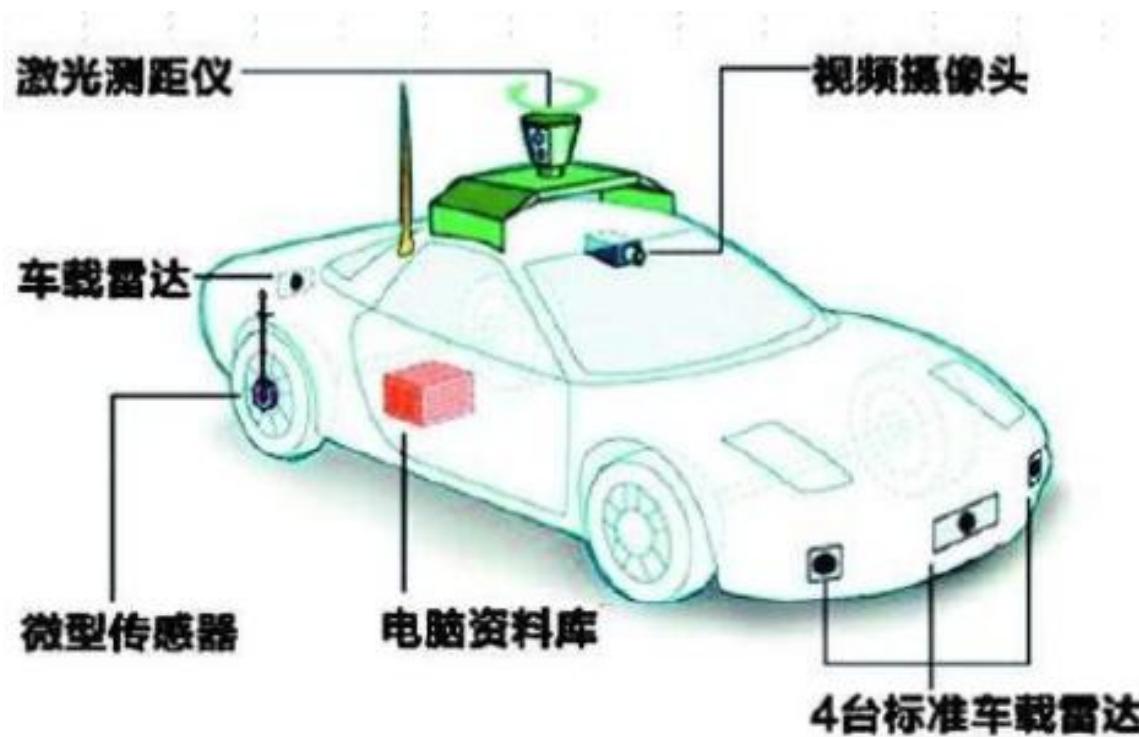
智能网联汽车的关键技术

V > 环境感知技术

- V ◆ 车辆本身状态感知
- V ◆ 道路感知
- V ◆ 行人感知
- V ◆ 交通信号感知
- V ◆ 交通标志感知
- V ◆ 交通状况感知
- V ◆ 周围车辆感知



Ø 环境感知就是利用车载超声波传感器、毫米波雷达、激光雷达、视觉传感器，以及V2X通信技术等获取道路、车辆位置和障碍物的信息，并将这些信息传输给车载控制中心，为智能网联汽车提供决策依据，是ADAS实现的第一步。



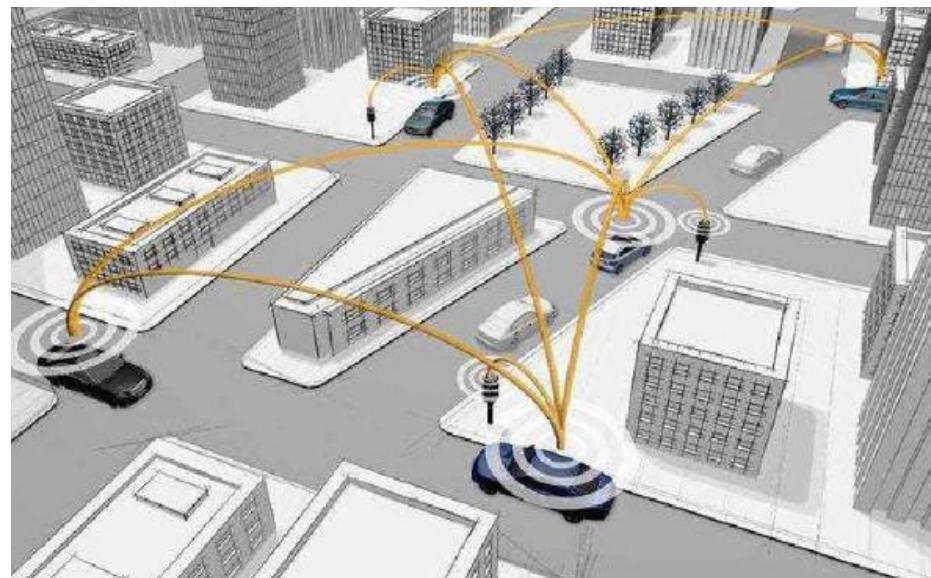
智能网联汽车的关键技术

V > 智能互联技术

V 车载自组织网络——V2X

智能网联汽车v2X通信

代表车辆与车辆通信
(V2V)、车辆与基础设施通信(V2I)、车辆与行人通信(V2P)、或车辆与应用平台或云端通信(V2N)



智能网联汽车的关键技术

V > 无线通信技术

V ◆长距离无线通信技术——5G

V ◆短距离无线通信技术——DSRC、LTE-V

V2X 领域存在着两大通信标准，即 DSRC（车载专用短程通信）和 LTE-V（长期演进技术-车辆通信）



LTE—V通信与DSRC通讯比较

支持车速	200Km/h	500Km/h
带宽	75MHz	可拓展至100MHz
传输速率	3~27Mbps , 平均12Mbps	峰值速率上行 500Mbps, 下行1Gbps
通信距离	几百米 , 容易被建筑遮挡 , 均为DSR的2倍 受RSU密度影响	
IP接入方式	部署RSU作为网关	通过蜂窝基站接入 , 基站 集中调度 ; 业务连续性好 , 调教效率高
低延时安全业务 (前车防 撞预警、盲区预警等)	采用IEEE802.11P 协议	LTE直通技术解决

LTE—V通信与DSRC通讯比较

优势

劣势

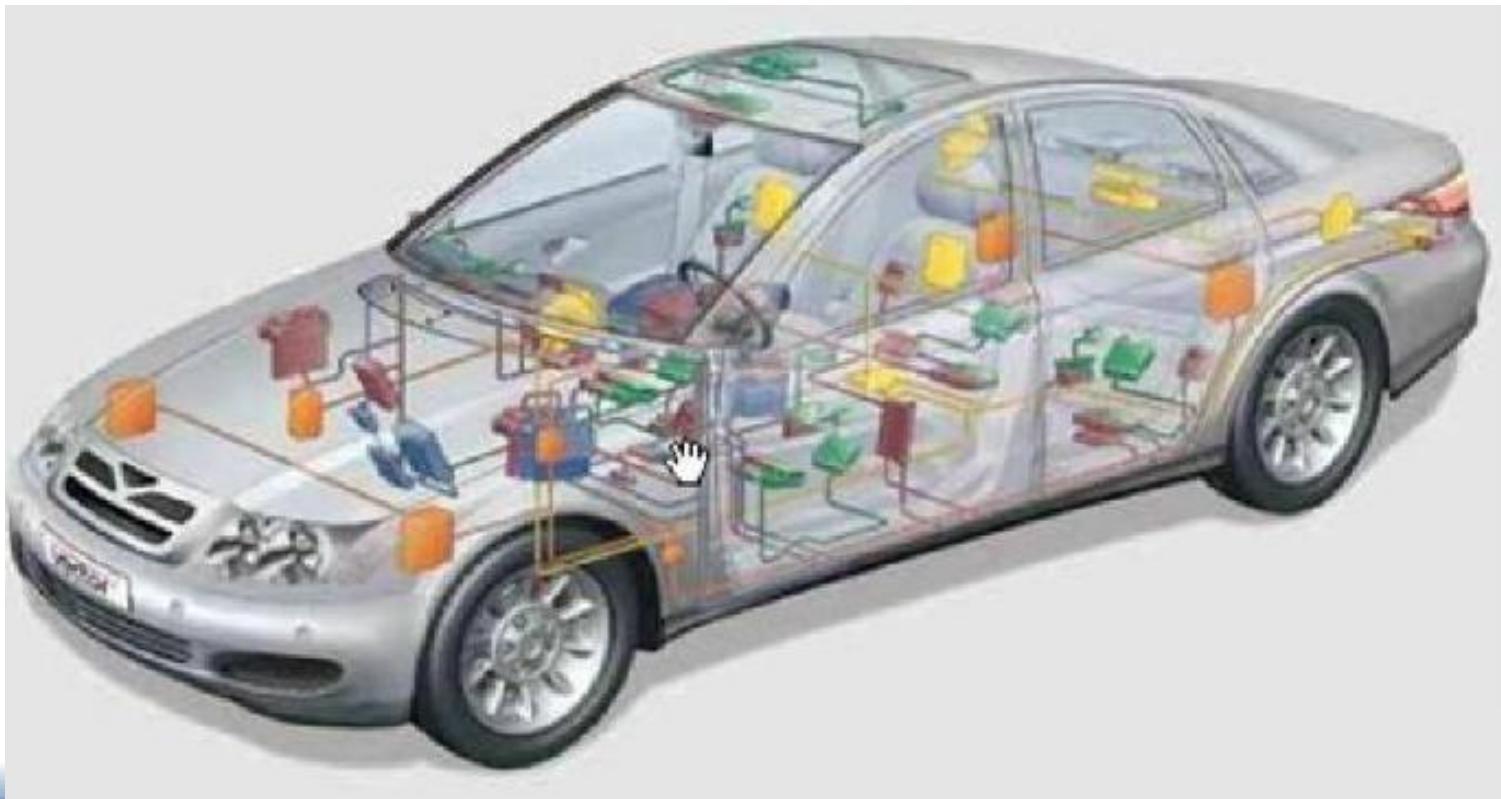
CSMA/CA机制存在隐藏节点、数据竞争碰撞问题
5.9GHz频段穿透性、传输距离受限,且由于干扰原因,
在我国商用可能受阻
后续演进路线不明
v21场景技术实施难度大

尚未成熟
跨部门协调难度大

智能网联汽车的关键技术

V > 车载网络技术

V ◆ CAN、LIN、MOST——以太网



CAN总线网络——定义

- ✓ > CAN是控制器局域网络(Controller Area Network)的简称,是德国博世公司在1985年时为了解决汽车上众多测试仪器与控制单元之间的数据传输,而开发的一种支持分布式控制的串行数据通信总线。目前, CAN总线已经是国际上应用最广泛的网络总线之一,它的数据信息传输速率最大为1Mbit/s,属于中速网络,通信距离(无须中继)最远可达10km。
- ✓ > CAN总线采用双绞线作为传输介质,媒体访问方式为位仲裁,是一种多主总线。



- ✓ > (1) 多主控制:在总线空闲时,所有单元都可开始发送消息;最先访问总线的单元可获得发送权;多个单元同时开始发送时,发送高优先级ID(标识符)消息的单元可获得发送权。
- ✓ > (2) 消息的发送:在CAN协议中,所有的消息都以固定的格式发送;总线空闲时,所有与总线相连的单元都可以开始发送新消息;两个以上的单元同时开始发送消息时,对各消息ID的每个位进行逐个仲裁比较;仲裁获胜(被判定为优先级最高)的单元可继续发送消息,仲裁失利的单元则立刻停止发送而进行接收工作。

LIN总线网络——定义

- ✓ > LIN是**局部连接网络**(Local Interconnect Network)的简称,也被称为**局域网子系统**,是专门为汽车开发的一种低成本串行通信网络,用于实现汽车中的分布式电子系统控制。LIN网络的数据传输速率为**20kbit/s**,属于**低速网络**,媒体访问方式为单主多从,是一种**辅助总线**,辅助CAN总线工作;使用LIN总线可大大**降低成本**

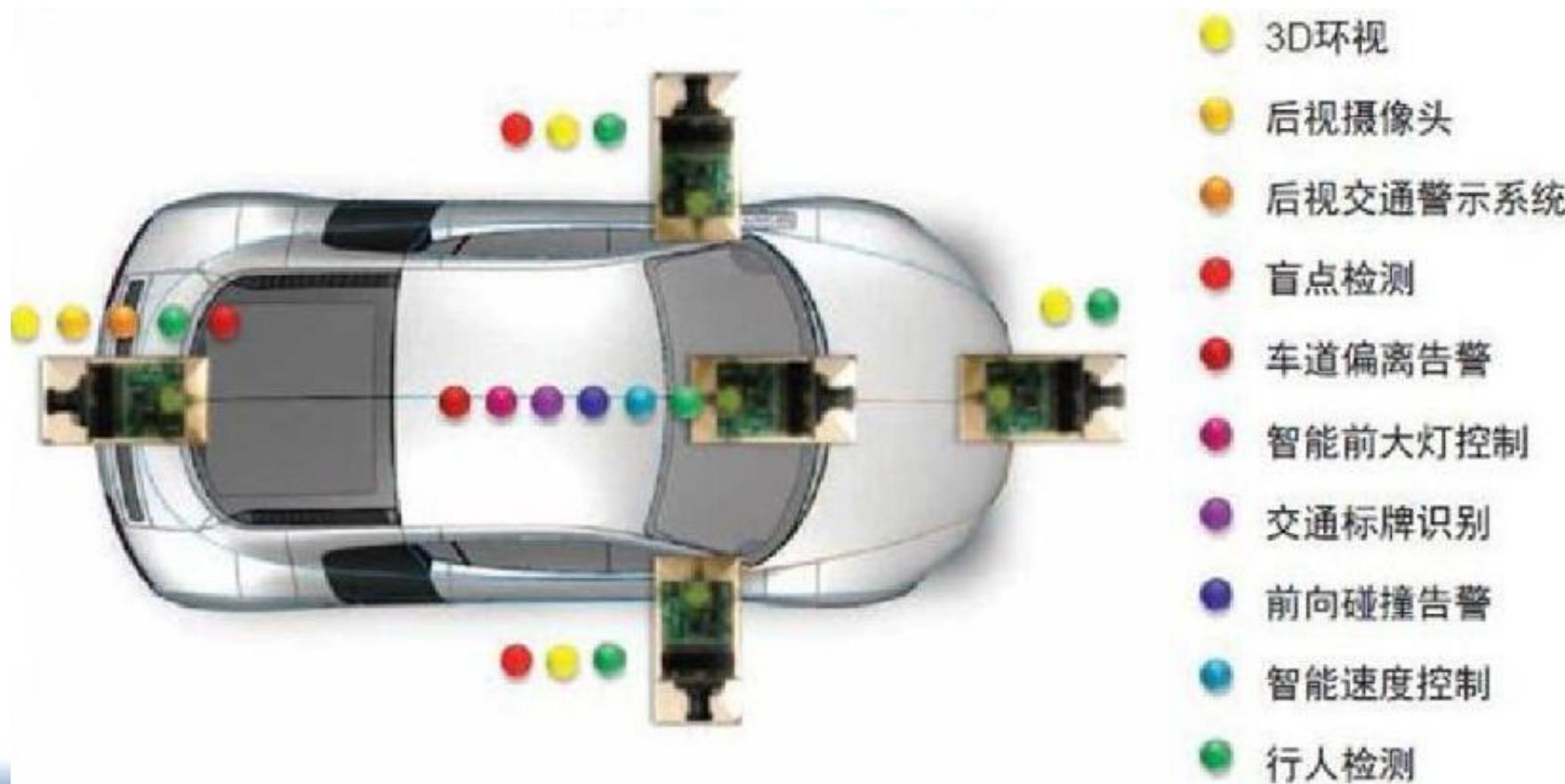
- ✓ > LIN网络主要应用于**车窗**、**门锁**、**开关面板**、**后视镜**等

LIN总线网络——定义

- ✓ > MOST (多媒体定向系统传输)总线是使用光纤或双绞线作为传输介质的环形网络,可以同时传输音/视频流数据、异步数据和控制数据,支持高达150Mbit/s的传输速率。
- ✓ >主要用于车载电视、车载电话、车载CD、车载互联网、DVD导航等系统的控制;用在车载摄像头等行车系统

智能网联汽车的关键技术

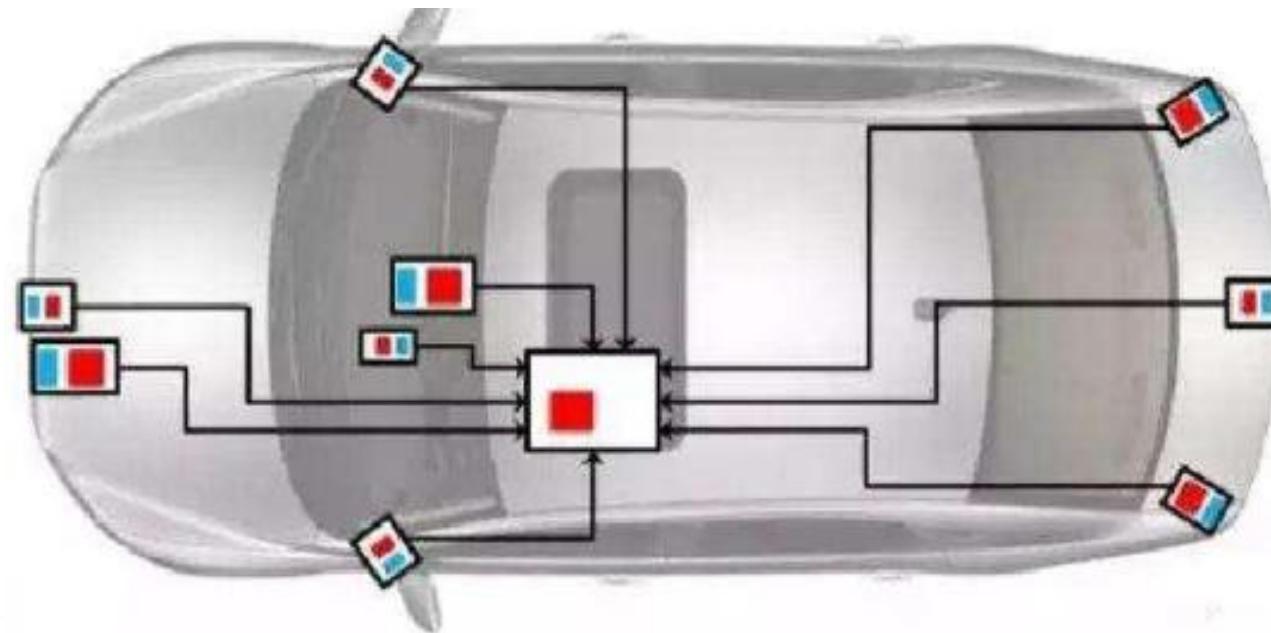
› 先进驾驶辅助技术



智能网联汽车的关键技术

➤信息融合技术

◆信息融合技术是指在一定准则下,利用计算机技术对多源信息进行分析和综合,以实现不同应用的分类任务而进行的处理过程。



智能网联汽车的关键技术

v >信息安全与隐私保护技术

v ◆智能网联汽车接入网络时，也带来了信息安全和行车的问题。



智能网联汽车的关键技术

V > 人机界面技术

- ◆语音控制
- ◆手势识别
- ◆触屏技术





道路识别——定义

✓ 真实的道路通过激光雷达转换成汽车认识的道路，供自动驾驶汽车行驶；或通过视觉传感器识别车道线、地位车辆



道路识别的识别与分类

∨ 道路识别的任务是提取车道的几何结构，如车道的宽度、车道线的曲率等位置、方向区域



道路识别的定义与分类——分类

✓ 依据道路类型的不同，道路分为
结构化道路和非结构化道路

道路图像的特点

- u 阴影条件下的道路
- p 先对道路的阴影进



道路图像的特点

u 强弱光

p 强光照

p 弱光照



道路图像的特点

u 雨天条件下的道路图像

p 雨水对

p 雨水能



道路图像的特点

u 弯道处的道路图像

p 建模上会有些复杂

p 可近似看成



道路识别的流程和方法——流程

u 采集原始图像→图像灰度化→图
像滤波→图像二值化→车道线提



(a) 原始图像采集



(b) 图像灰度化

道路识别的流程和方法——流程



(c) 图像滤波



(d) 图像二值化



(e) 车道线提取

道路识别的流程和方法——方法

- u 基于区域分割的识别方法
- u 基于道路特征的识别方法
- u 基于道路模型的识别方法
- u 基于道路特征
方法



车道线识别举例

V 1. 原始图像

V I=imread('C:\桌面\t.jpg');

V figure(1)

V imshow(I)

V title('原始图



车道线识别举例

V 2. 图像灰度化

V `I1=rgb2gr`

V `figure(2)`

V `imshow(I1`

V `title('灰度|`



车道线识别举例

V 3. 图像滤波

V I21=medfilt2(I1); %高斯濾波

V I22=filter2(fspe
/255; %平滑滤波

V figure(3)

V imshow(I22)

V title('图像滤波')



车道线识别举例

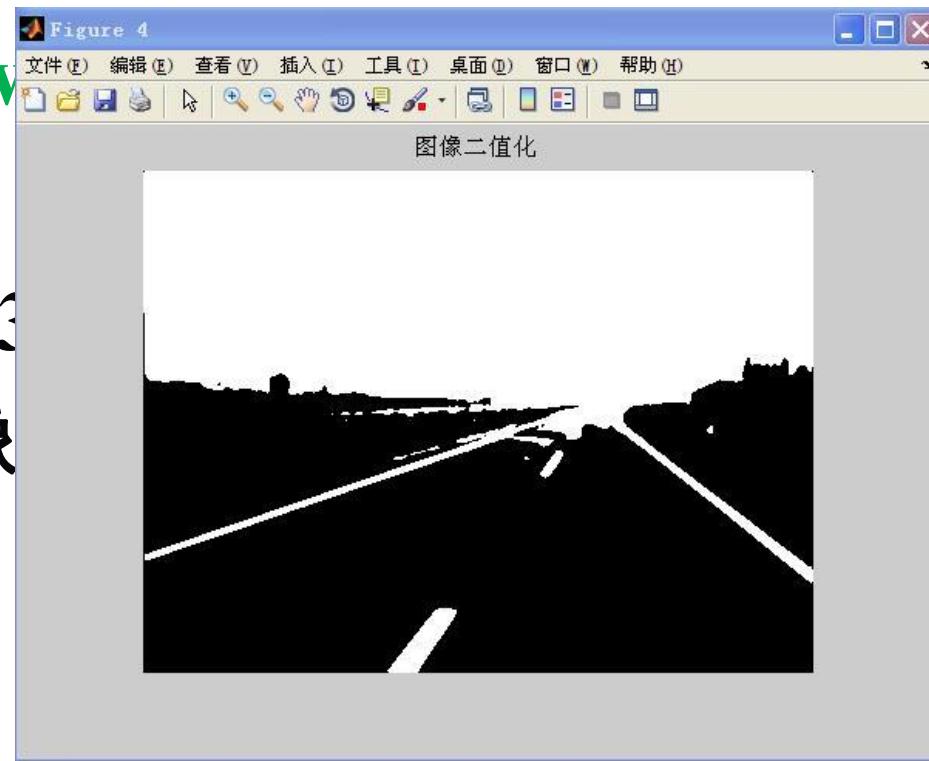
V 4. 图像二值化

V `I3=im2bw(I2)`

V `figure(4)`

V `imshow(I3)`

V `title('图像二值化')`



车道线识别举例

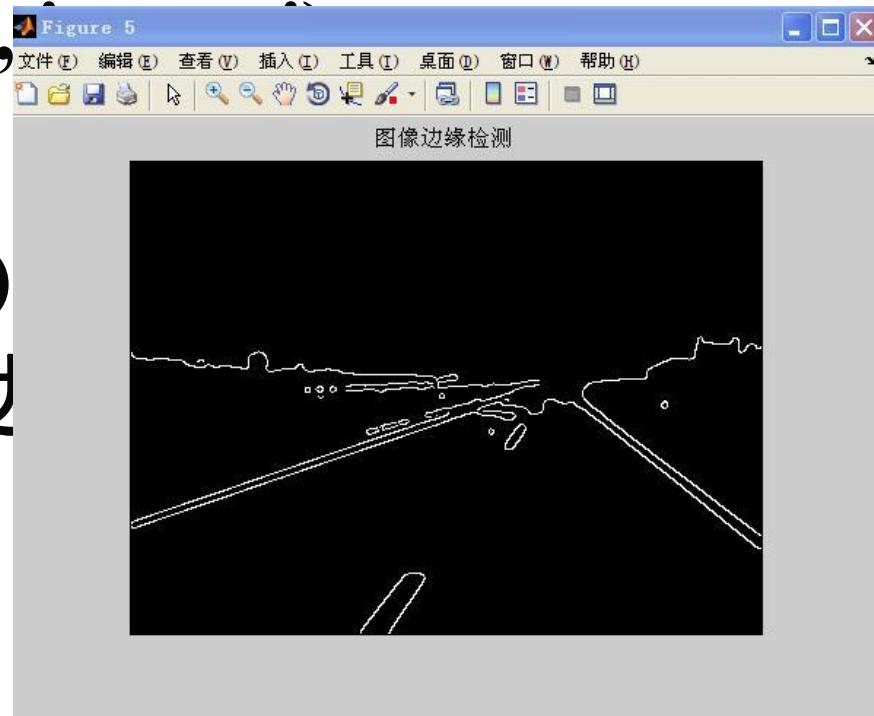
V 5. 图像边缘检测

V `I4=edge(I3,`

V `figure(5)`

V `imshow(I4)`

V `title('图像边`



车道线识别举例

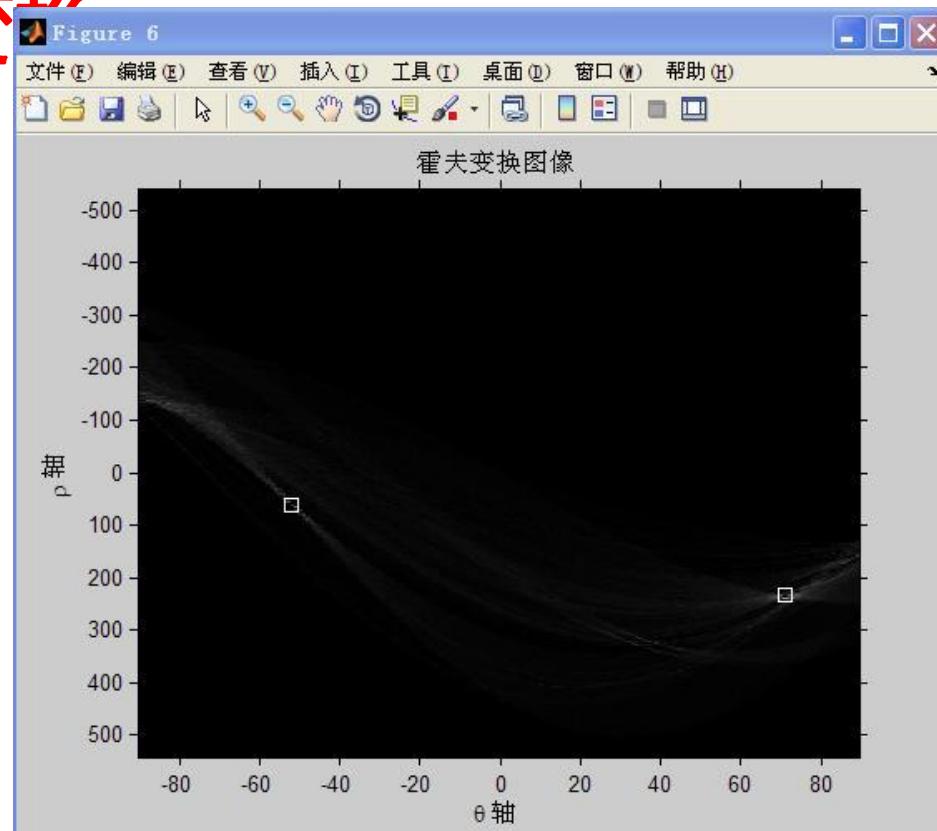
V 6. 霍夫变换

```
v [H,T,R]=hough(I4);
v figure(6)
v imshow(H,[], 'XData',T, 'YData',R, 'InitialMagnification', 'fit')
v title('霍夫变换图像')
v xlabel('\theta 轴')
v ylabel('\rho 轴')
v axis on, axis normal
v hold on
v P=houghpeaks(H,2, 'threshold',ceil(0.3*max(H(:)))); 
v x=T(P(:,2));
v y=R(P(:,1));
v plot(x,y, 's', 'color', 'white')
```

车道线识别举例

V 6. 霍夫变换

V



车道线识别举例

V 7. 车道线检测

V `lines=houghlines(I4 T R P`

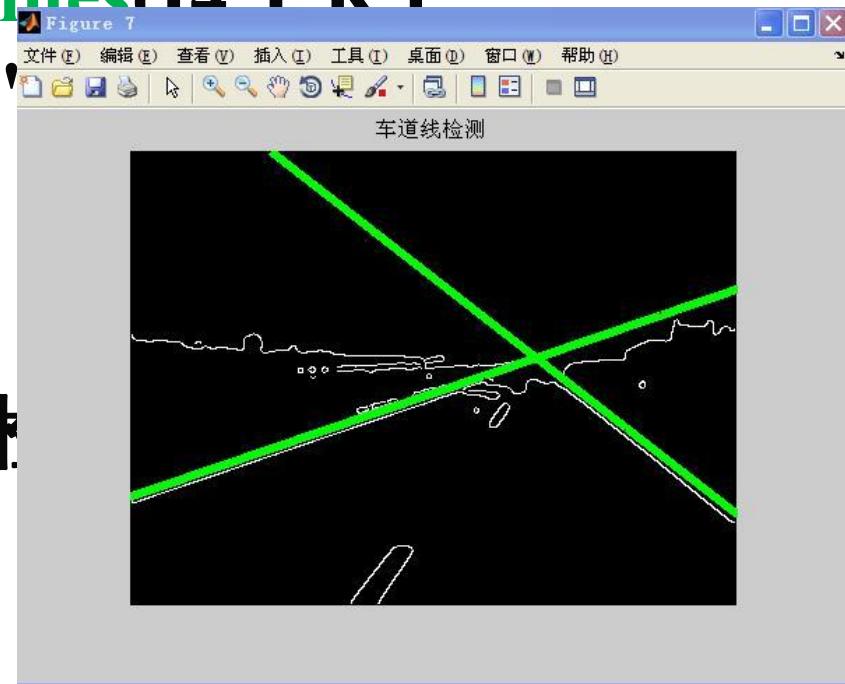
`'FillGap',50,`

V `figure(7)`

V `imshow(I4)`

V `title('车道线检`

V



车辆识别——定义

u 车牌识别就是利用摄像头对监控路面过往车辆的特征图像和车辆全景图像进行实时拍摄，利用图像处理技术提取出车牌区域、字符分割和识别。



车牌识别——组成

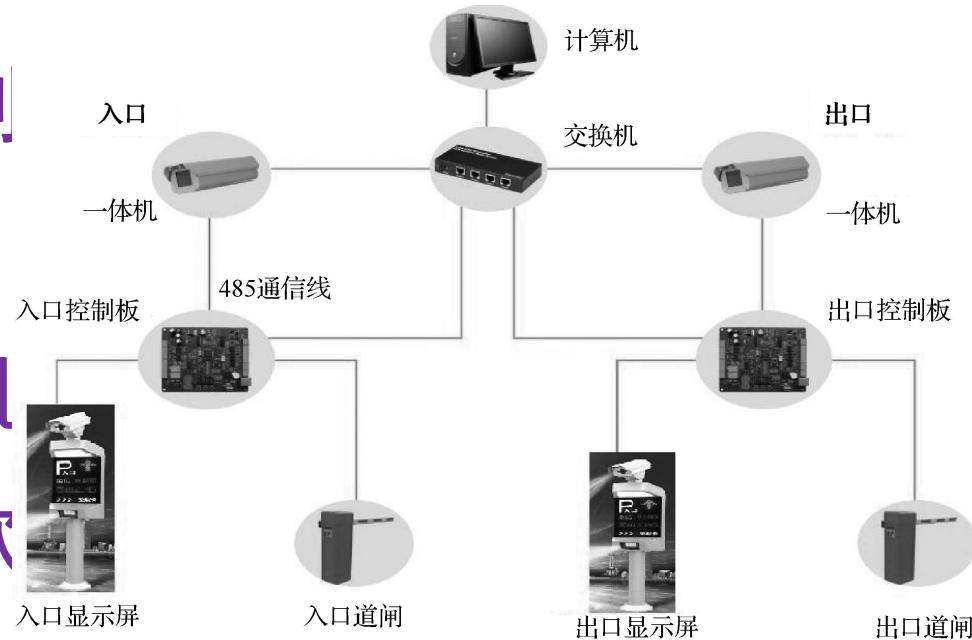
u 摄像机

u 专用控制

u 显示屏

u 快速闸机

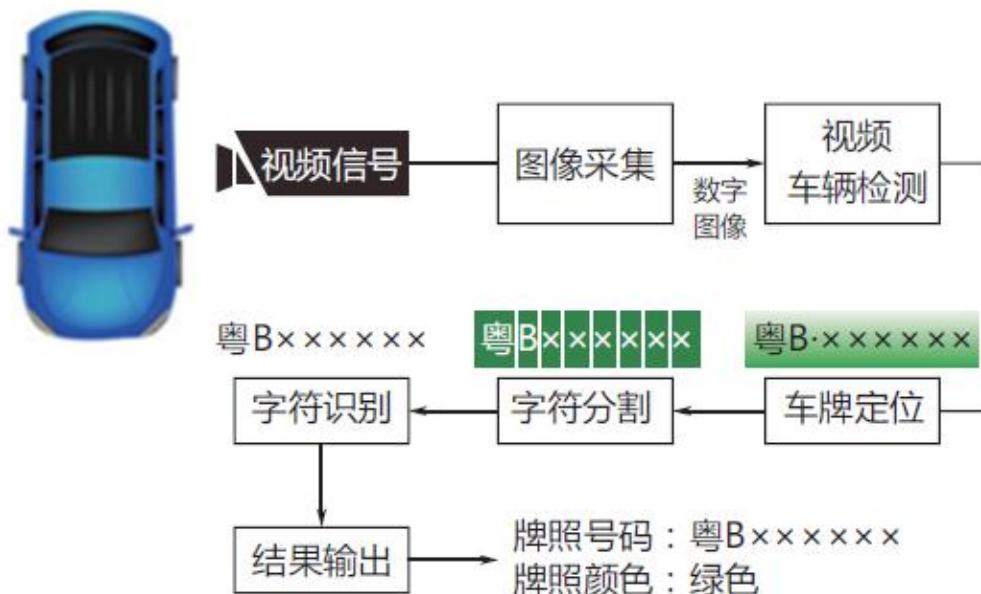
u 计算机软



车牌识别——流程

u 图像采集→视频车辆检测→车牌

定位—
果输出



车牌识别——方法

- u 基于模板匹配的字符识别算法：速度快，实时性好
- u 基于特征的统计匹配法：应用效果不理想，抗干扰性不强
- u 基于边缘检测和水平灰度变化特征的方法：使用多
- u 基于颜色相似度及彩色边缘的算法：一般不单独使用

车牌识别



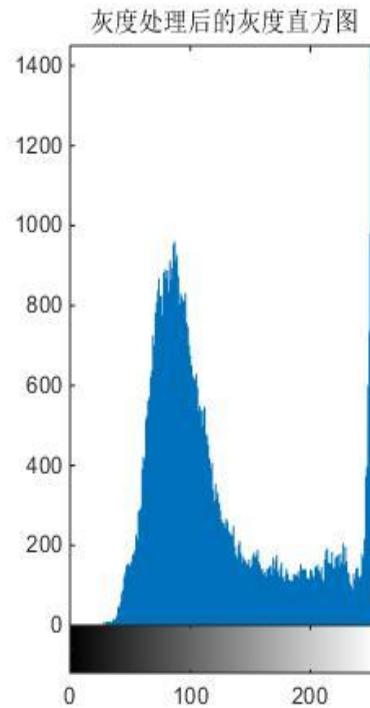
车牌识别举例

v 1-1. 读取原始图像



车牌识别举例

V 1-2.转换成灰度图像



车牌识别举例

V 1-3. 边缘检测



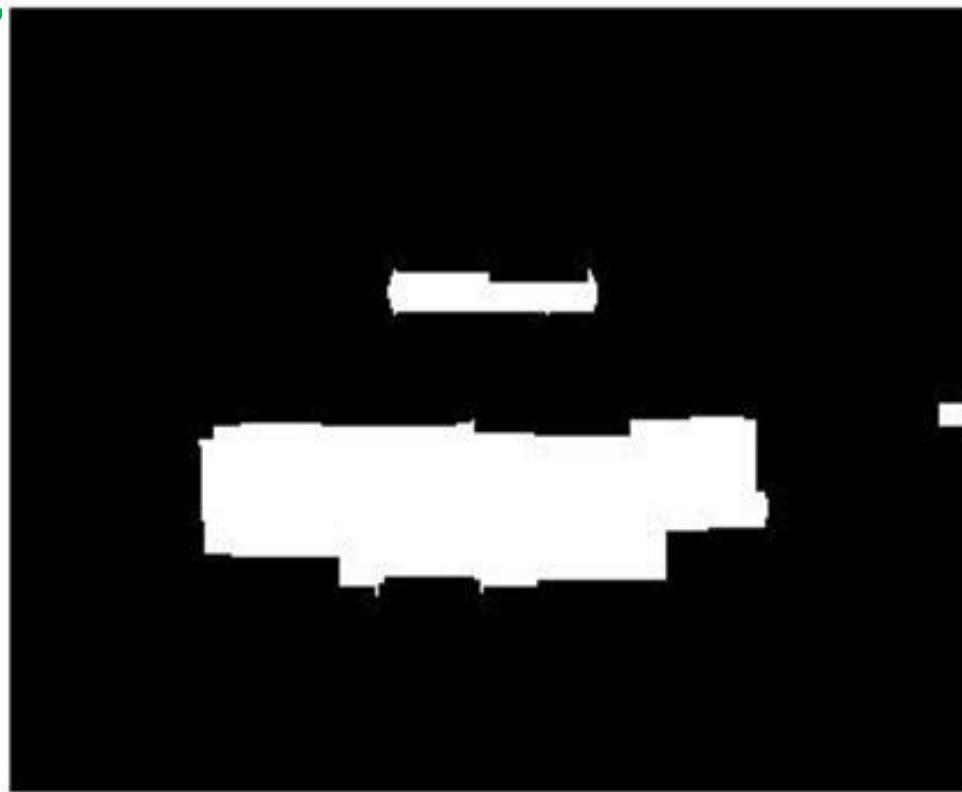
车牌识别举例

V 1-4. 图像腐蚀



车牌识别举例

V 1-5. 图像膨胀



车牌识别举例

Ⅴ 1-6.提取车牌区域



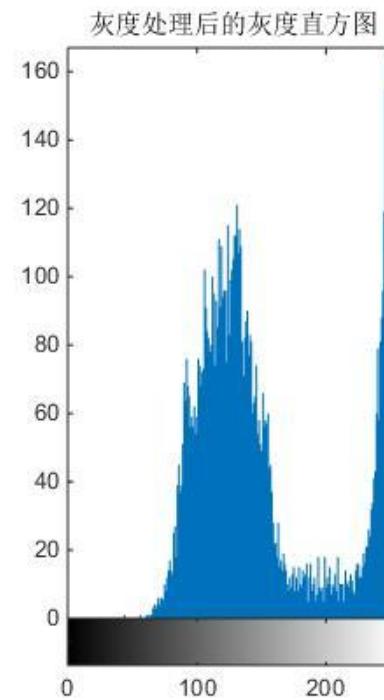
车牌识别举例

V 1-7. 原始图像切割



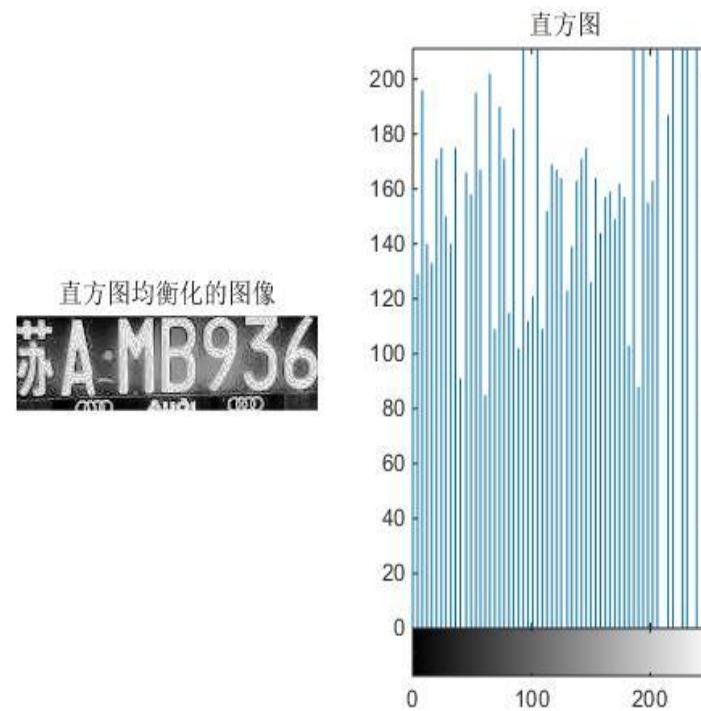
车牌识别举例

Ⅴ 2-1. 切割后的图像转换成灰度图像



车牌识别举例

Ⅴ 2-2. 对灰度图像进行直方图均衡化



车牌识别举例

v 2-3. 灰度图像二值化



v 2-4. 中值滤波



车牌识别举例

v 2-5.计算每个字符的位置，并逐一
进行切割后： A MB936 MB936 3936 936

的图像



车牌识别举例

V 3.字符识别

1

2

3

4

5

6

7

11

22

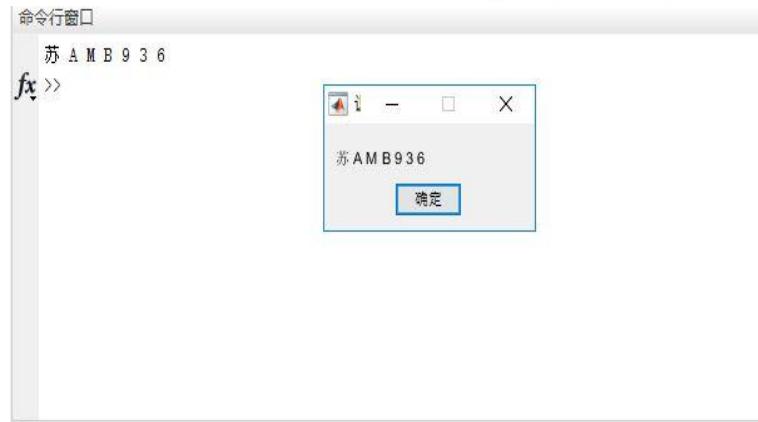
33

44

55

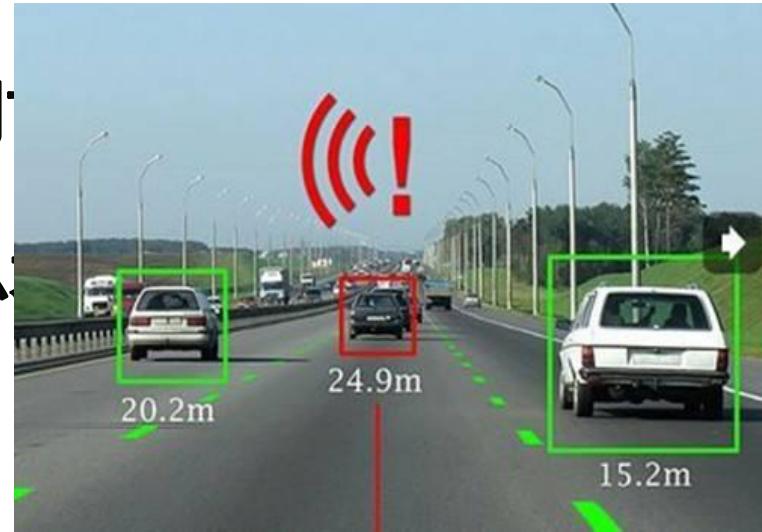
66

77



运动车辆识别

- ✓ 基于**特征**的识别方法
- ✓ 基于**机器学习**的识别方法
- ✓ 基于**光流场**的识别方法
- ✓ 基于**模型**的识别方法



行人识别——定义

▼ 行人识别是采用安装在车辆前方的视觉传感器采集前方场景的图像信息，通过分析处理进行行人的识别。

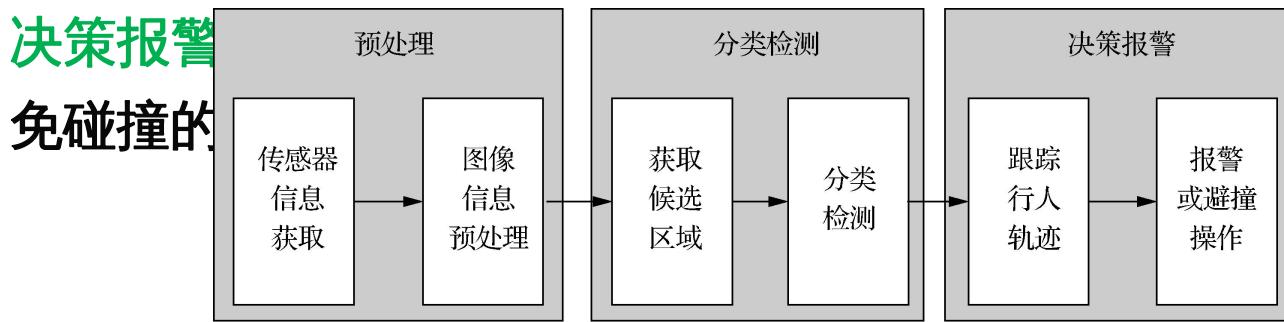


行人识别的定义与类型——类型

- ∨ 可见光行人的检测：采用的视觉传感器为普通的光学摄像头，非常符合人的正常视觉习惯，而且硬件成本十分低廉。但是受到光照条件的限制，该方法只能应用在白天，在光照条件很差的阴雨天或夜间则无法使用
- ∨ 红外行人的检测：采用红外热成像摄像头，利用物体发出的热红外线进行成像，不依赖于光照，具有很好的夜视功能，在白天和晚上都适用，尤其是在夜间以及光线较差的阴雨天具有无可替代的优势

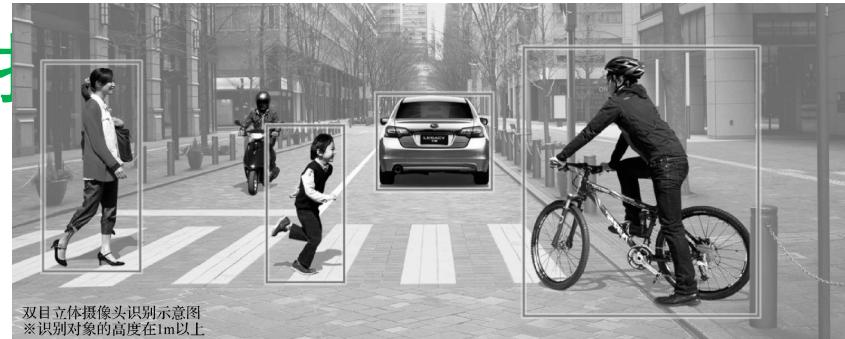
行人识别系统的组成

- ∨ **预处理**：通过传感器获得行人图像信息，做预处理，如降噪、增强等
- ∨ **分类检测**：采用图像分割、模型提取等一些图像处理技术，在图像中选取一些感兴趣的区域，即行人的候选区域，用分类等技术方法判断候选区域中是否包含行人。
- ∨ **决策报警**



行人识别方法

- ∨ 基于**特征分类**的行人识别方法
- ∨ 基于**模型**的行人识别方法
- ∨ 基于**运动特性**的行人识别方法
- ∨ 基于**形状模型**的行人识别方法
- ∨ 小波变换和支撑向量机方法
- ∨ 神经网络方法



交通标志识别

2.6.1 交通标志介绍

11 警示标志



T 形交叉



反向弯路



十字交叉路口



向右急转弯



向左急转弯



右侧变窄



注意行人



左侧变窄

交通标志介绍

11 禁令标志



禁止直行



禁止向右转弯



禁止直行和向右转弯



禁止直行和向左转弯



禁止向左转弯



禁止向左向右转弯



停车让行



减速让行

交通标志介绍

u 指示标志



环岛行驶



靠右侧道路行驶



靠左侧道路行驶



鸣喇叭



向右转弯



向左和向右转弯



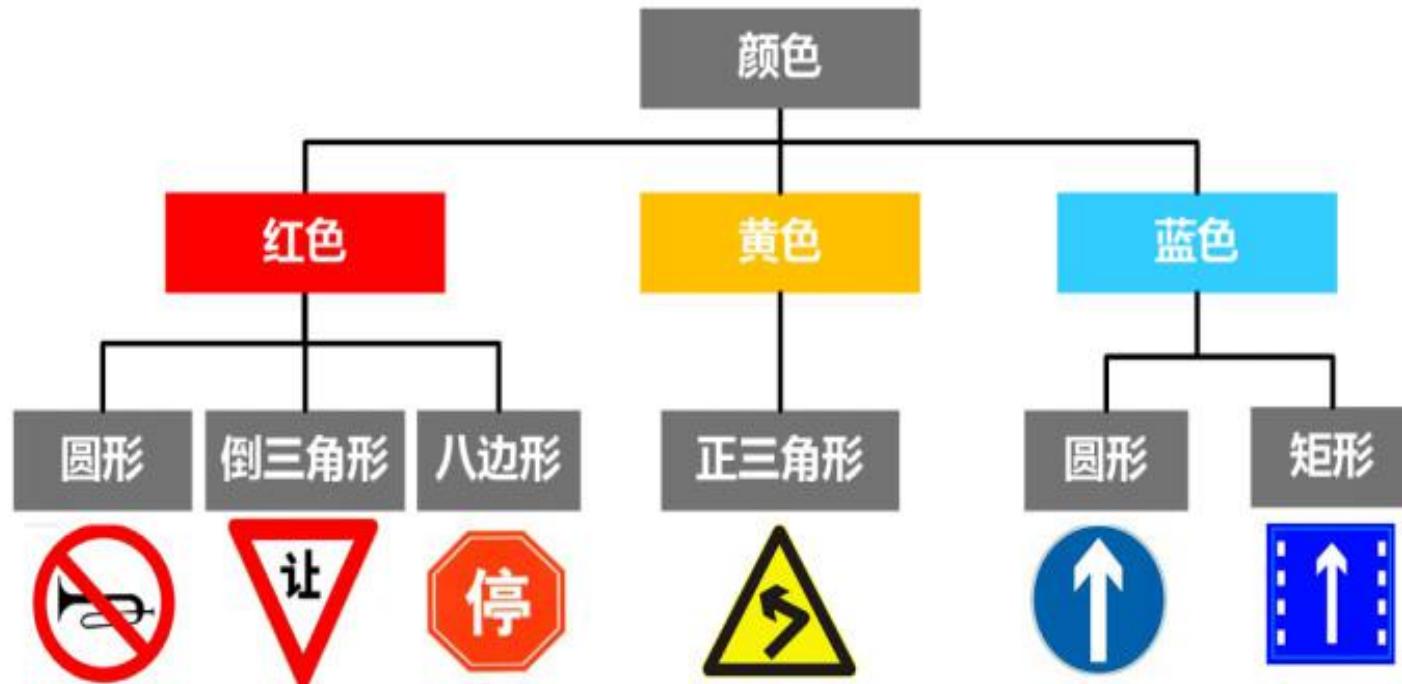
向左转弯



允许掉头

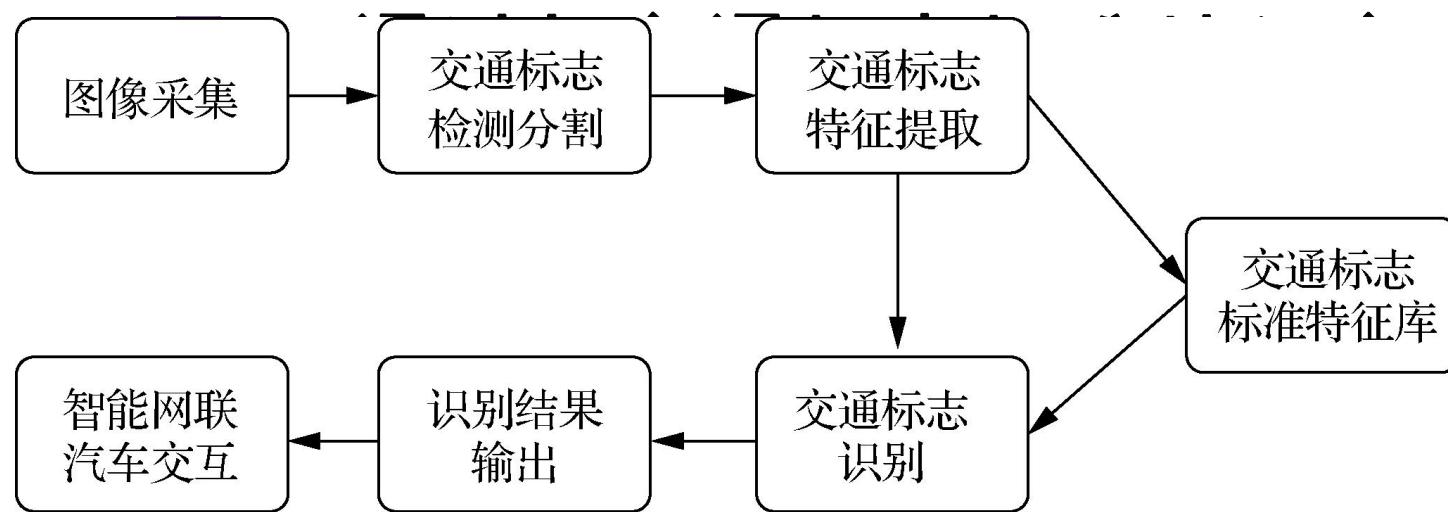
交通标志介绍

1] 交通标志的颜色与形状之间也有



交通标志识别系统

V 首先使用车载摄像头获取目标图像，然后进行图像分割和特征提取



交通标志识别的流程与方法

V 原始图像采集→图像预处理→图
寺征提取→交



(a) 原始图像采集



(b) 图像预处理



(c) 图像分割检测



(d) 图像特征提取



(e) 交通标志识别

交通标志识别举例

V 1. 读取原图

原图



交通标志识别举例

V 2. 将图像中PCP颜色空间转化为 HSV 颜色空间



交通标志识别举例

V 3. 利用颜色分离和红色 只显示红色



交通标志识别举例

V 4. 图像



交通标志识别举例



交通标志识别举例

✓ 6.根据界定的标志所在区域对图像进行切分，从而得到交通标志识别结果



交通信号灯识别——介绍

从颜色来看，交通信号灯的颜色有红色、黄色、绿色三种，而且三种颜色在交通信号灯中出现的位置都有一定的顺序关系：从安装方式来看，交通信号灯有

横道



在

交通信号灯识别系统

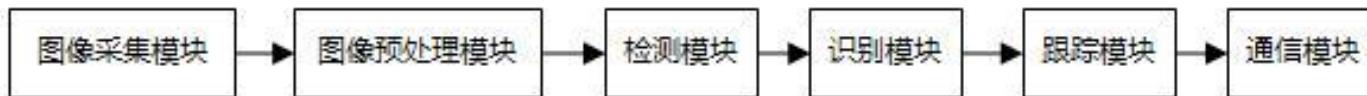
∨ 图像采集模块

∨ 图像预处理模块

∨ 检测模块

∨ 识别模块

∨ 跟踪模块



交通信号灯识别的流程与方法

V 原始图像采集→图像灰度化→直



(a) 原始图像采集



(b) 图像灰度化

交通信号灯识别的流程与方法



(c) 直方图均衡化



(d) 图像二值化



(e) 交通信号灯识别

交通信号灯识别的流程与方法

✓ 基于颜色特征的识别方法：选取某个色彩空间对交通信号灯的红、黄、绿3种颜色进行描述

✓



交通信号灯识别举例

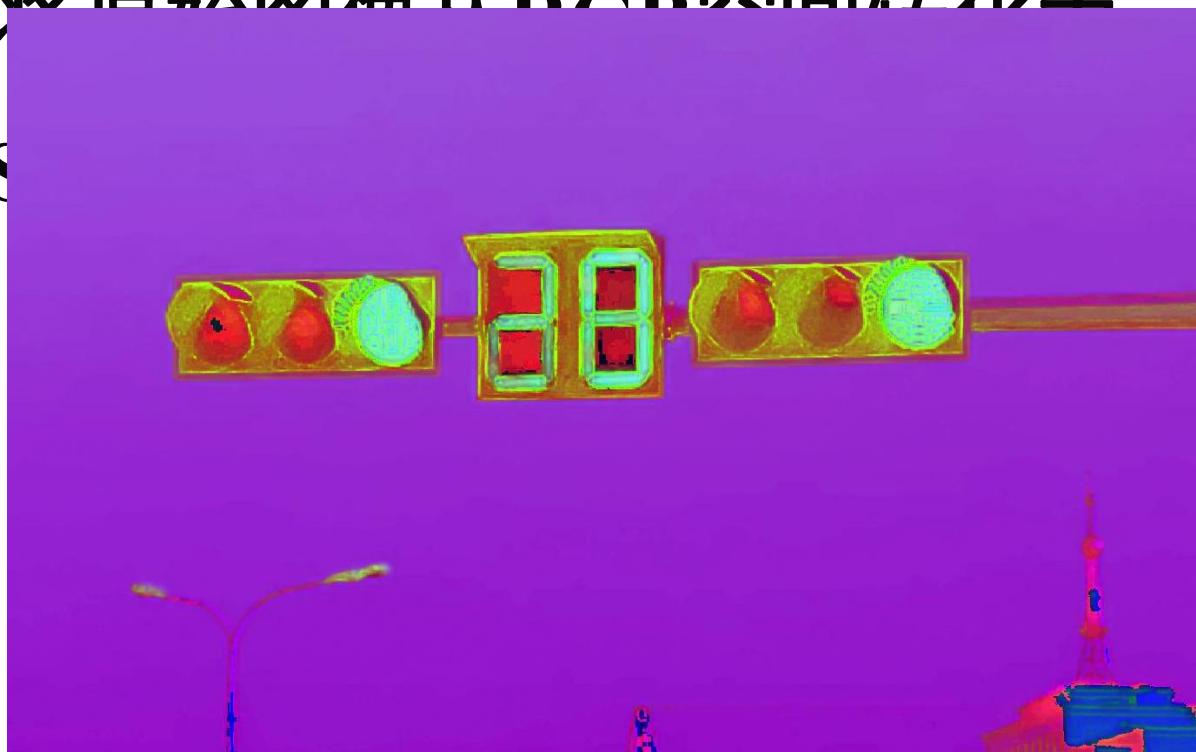
V 1. 读取



交通信号灯识别举例

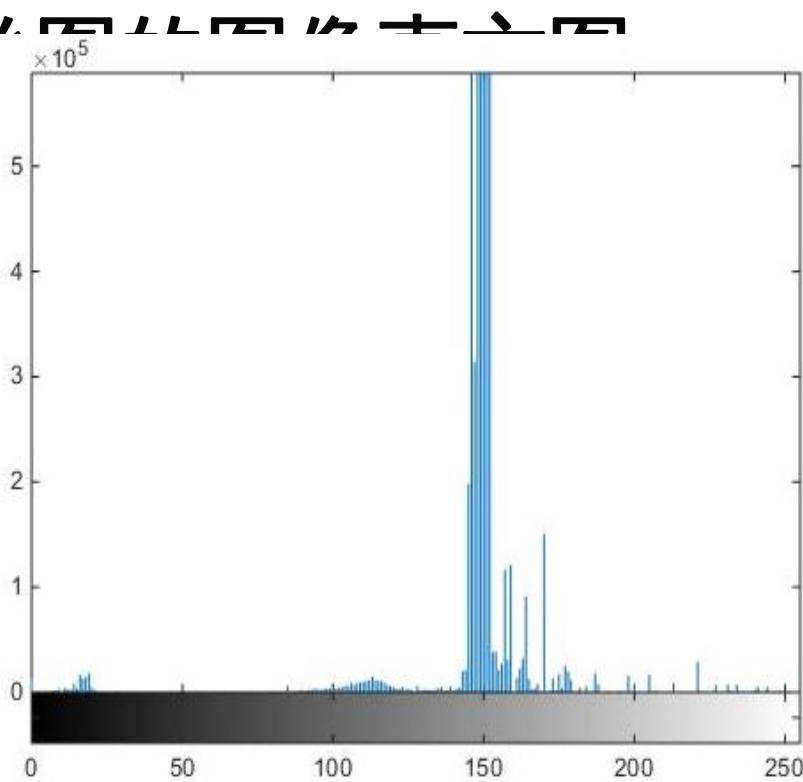
V 2. 将原始图像用PCA空间特征化

HS



交通信号灯识别举例

V 3.绘制出原始

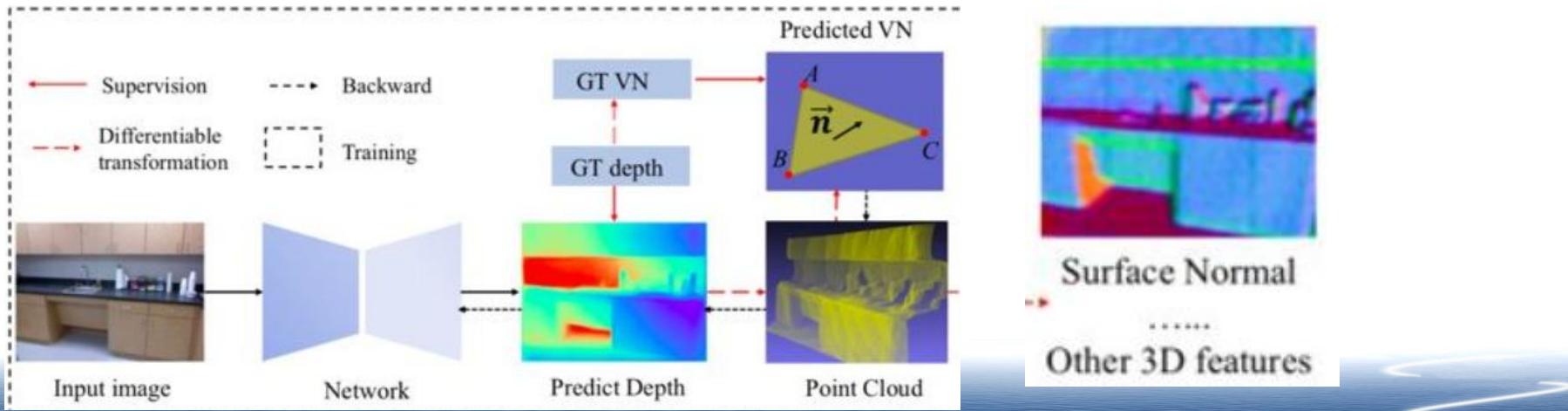


交通信号灯识别举例

- ✓ 4. 分别统计识别图中的红绿黄像素点。MATLAB将图像转化为HSV图像后分别统计图像中的红黄绿像素点的个数
- ✓ 5. 输出红黄绿像素点的个数并进行比较
 - u `Max_Red_y = 345` 统计的图像中红色像素点的个数
 - u `Max_Green_y = 932` 统计的图像中绿色像素点的个数
 - u `Max_Yellow_y = 83` 统计的图像中黄色像素点的个数
- ✓ 6. 输出识别结果。通过比较图像中红黄绿像素点个数的多少来进行判断当前的信号灯，像素点多的即为当前信号灯

智能网联汽车的发展趋势

- ✓ > 以深度学习为代表的AI技术快速发展和应用
- ✓ > 激光雷达等先进传感器加速向低成本和小型化发展
- ✓ > 自主式智能与网联式智能技术加速融合
- ✓ > 高速公路自动驾驶与低速区域自动驾驶系统将率先应用



智能网联汽车的发展趋势

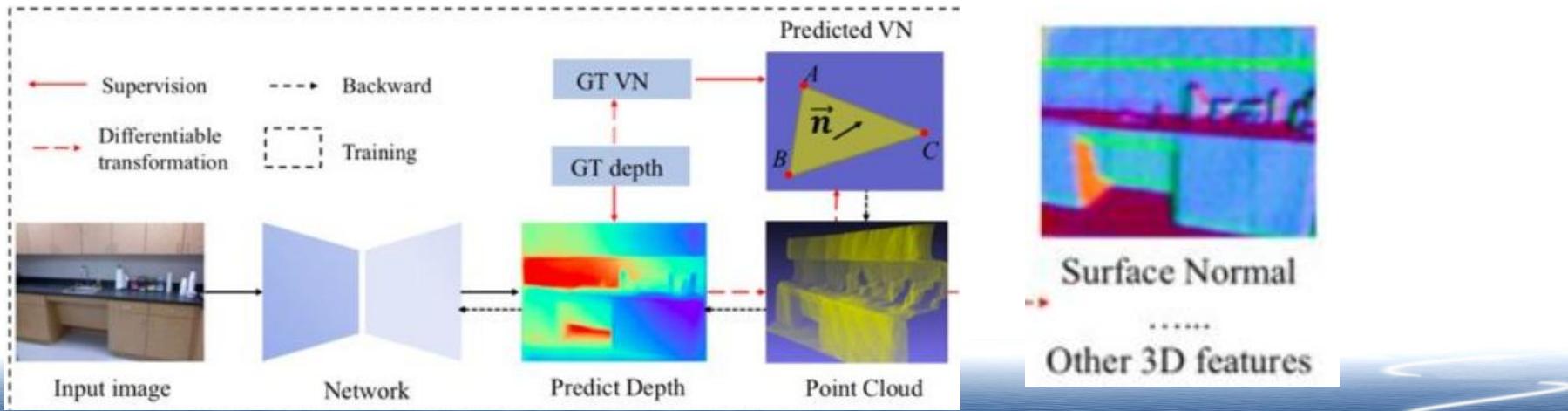
➤ 智能网联汽车发展的总体思路

- ◆ 近期以自主环境感知为主,推进网联信息服务为辅的部分自动驾驶(PA)应用。
- ◆ 中期重点形成网联式环境感知能力,实现可在复杂工况下的半自动驾驶(CA)。
- ◆ 远期推动可实现V2X协同控制,具备高度/完全自动驾驶功能的智能化技术。



智能网联汽车的发展趋势

- ✓ > 以深度学习为代表的AI技术快速发展和应用
- ✓ > 激光雷达等先进传感器加速向低成本和小型化发展
- ✓ > 自主式智能与网联式智能技术加速融合
- ✓ > 高速公路自动驾驶与低速区域自动驾驶系统将率先应用



智能网联汽车的发展趋势

➤ 智能网联汽车发展的总体思路

- ◆ 近期以自主环境感知为主,推进网联信息服务为辅的部分自动驾驶(PA)应用。
- ◆ 中期重点形成网联式环境感知能力,实现可在复杂工况下的半自动驾驶(CA)。
- ◆ 远期推动可实现V2X协同控制,具备高度/完全自动驾驶功能的智能化技术。



智能网联汽车发展的目标

年份	建设内容	建设目标
2020年	顶层设计	初步形成以企业为主体、市场为导向、政产学研用紧密结合、跨产业协同发展的智能网联汽车自主创新体系
	标准体系和能力方面	初步建立智能网联汽车标准体系法规、自主研发体系、生产配套体系,掌握乘用车及商用车智能驾驶辅助系统关键技术,包括传感器、控制器关键技术,供应能力满足自主规模需求,产品质量达到国际先进水平,产品成本具有市场竞争力,制定我国智能网联汽车数据安全技术标准,缩小与发达国家的差距
	市场应用方面	汽车DA, PA,CA级新车装配率超过50%,网联式驾驶辅助系统装配率达到10%,满足智能交通城市建设需要
	社会效益方面	汽车交通事故减少30%,交通效率提升10%,油耗和排放均降低5%

智能网联汽车发展的发展目标

2025年	顶层设计	基本建成面向乘用车和商用车的自主智能网联汽车产业链与智慧交通体系
	标准体系和能力方面	建立较为完善的智能网联汽车标准体系法规、自主研发体系、生产配套体系及产业群,掌握自动驾驶系统关键技术,传感器、控制器达到国际先进水平,掌握执行器关键技术,产品质量与价格均具有较强国际竞争力,拥有供应量在世界排名前十的供应商企业1家;实现汽车全生命周期的数字化、网络化、智能化,为汽车产业转型升级奠定基础,完成智能网联汽车的国家信息安全强制认证,在智能汽车领域具备竞争优势
	市场应用方面	汽车DA、PA、CA级新车装配率达到80%,其中PA、CA级新车装配率达到25%, HAFA级自动驾驶汽车开始进入市场
	社会效益方面	汽车交通事故数减少80%,普通道路的交通效率提升30%,油耗和排放均降低20%

智能网联汽车发展的发展目标

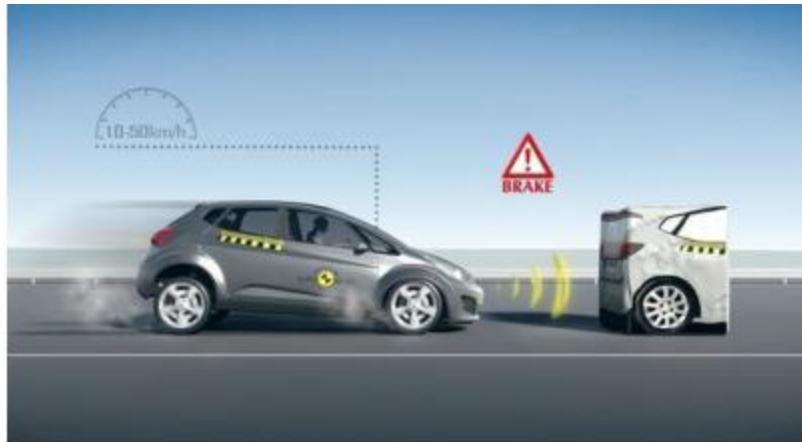
2030年	顶层设计	建立完善的自主智能网联汽车产业链与智能交通体系
	标准体系和能力方面	形成完善的自主智能网联汽车标准法规体系、研发体系和生产配套体系，我国品牌智能网联汽车以及核心零部件企业具备较强国际竞争力,实现产品大规模出口；建主完善的智能交通体系，智能汽车与智能道路间形成高效的协作发展模式
	市场应用方面	汽车DA及以上级别的自动驾驶系统成为新车标配,汽车联网率接近100%, HA/FA级别驾驶新车装配率达到10%
	社会效益方面	在部分区域初步形成“零伤亡、零拥堵”的智能交通体系,全国范围内交通事故率、拥堵时间与能耗、排放均大幅度降低

常见的车辆智能驾驶及无人驾驶功能介绍

自适应巡航ACC



自动紧急制动AEB



ADAS是实现无人驾驶的前

提，它包括了很多功能，接下来
介绍目前车辆加装的几个功能。

车道偏离预警LDW



常见的车辆智能驾驶及无人驾驶功能介绍

Ø **自适应巡航系统** (Adaptive Cruise Control , ACC) 是驾驶辅助主要技术
：通过检测前方道路，控制油门和制动，实现车辆跟随等速度控制。



常见的车辆智能驾驶及无人驾驶功能介绍

Ø **自动紧急制动系统 (AEB , Autonomous Emergency Braking)**：采用雷达测出与前车或障碍物距离，将测出的距离与警报/安全距离比较，小于警报距离时就警报提示，小于安全距离时即使在驾驶员没有来得及踩制动踏板的情况下，AEB 会启动，使汽车自动制动。

Euro-NCAP五星必备技术

2014年发布的自动紧急制动AEB-city、AEB-inter urban以及2016年AEB-pedestrian。
AEB可以避免27%的交通事故，并能够有效降低碰撞事故中人员受伤害的程度。

产业化现状

博世、德尔福等国际供应商占据市场和技术决定权，由于其巨大的商业价值，也使得AEB系统的开发成为研究热点，一汽、长城、浙江亚太等合作开展AEB、ACC等先进驾驶员辅助系统（ADAS）研究。



常见的车辆智能驾驶及无人驾驶功能介绍

>**车道偏离预警系统**:通过传感器获取前方道路信息,结合车辆自身的行驶状态以及预警时间等相关参数,判断汽车是否有偏离当前所处车道的趋势;如果车辆即将发生偏离,并且在驾驶员没有开转向灯的情况下,则通过视觉、听觉或触觉的方式向驾驶员发出警报。

