



# 算法与计算思维

## 计算科学导论

商建东

[sjd@zzu.edu.cn](mailto:sjd@zzu.edu.cn)

计算机与人工智能学院  
国家超级计算郑州中心



# 报告提纲

---

- 一、什么是算法
- 二、无处不在的算法
- 三、计算思维



# 一、什么是算法

## ■ 什么是计算科学

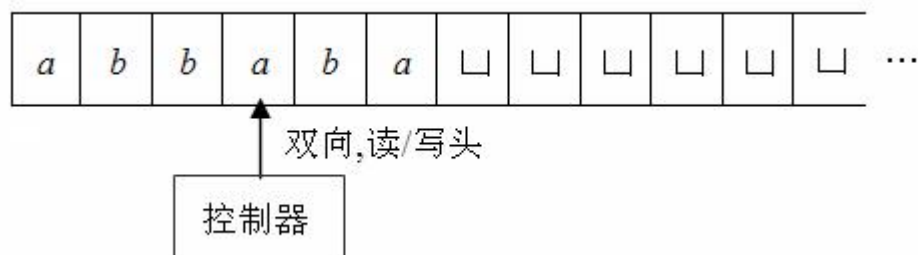
- 计算科学是对信息的描述和变换（加工）的算法过程，包括理论、分析、设计、实现和应用的系统的研究。
- 学科的基本问题：  
什么能（有效地）自动进行，什么不能。

## ■ 什么是算法

- 本质：计算科学是算法的学科
- 算法的形式定义----图灵机

# 图灵机的基本模型

- 图灵机(Turing Machine)，有穷个状态，有一条单向无穷延伸的存储带，带上划分为无穷多个存储单元，图灵机通过它的读/写头，可以从这些单元读出符号，也可以往这些单元上写某些符号。另外，图灵机的读/写头可以在带上左、右移动，做指定的读/写工作。



# 图灵机的形式定义（算法的形式定义）

- 定义9.1 一个确定的、单带图灵机 $M$ 是一个八元组：

$$M = (Q, \Sigma, \Gamma, \delta, B, q_0, q_{\text{accept}}, q_{\text{reject}})$$

其中：

- $Q$ 是有穷状态集；
- $\Sigma$ 是有穷的输入字母表；
- $\Gamma$ 是有穷的带字母表（ $\Gamma \supseteq \Sigma$ ）；
- $\delta: Q \times \Gamma \rightarrow Q \times \Gamma \times \{L, R\}$ ，是转移函数；
- $B \in \Gamma - \Sigma$ ，是空白符号；
- $q_0 \in Q$ ，是初始状态；
- $q_{\text{accept}} \in Q$ ，是接受状态；
- $q_{\text{reject}} \in Q$ ，是拒绝状态。

**Church-Turing 论题：** 算法的直觉概念 = 算法的形式定义



# 算法的非形式定义

## ■ 算法（问题解的过程） Knuth(74)

一个算法，就是一个有穷规则的集合，满足：  
有穷性、确定性、输入、输出、能行性

- 在数学中算法概念（非形式）使用了几千年了，往往是对可计算问题，人们给出了问题的解，问题的解的过程就是算法如：

- 求平方根

- 排序

- 找假币：假如你有 $n$  ( $n \geq 2$ ) 枚硬币，知道其中有一枚假币，而这枚假币的重量比真币要轻，怎样才能找出这枚假币呢？



## 二、无处不在的算法

- **改变未来的九大算法 (John Maccomick)**
  - **搜索引擎索引** (在世界最大的草垛中寻针)
  - **PageRank** (让谷歌腾飞的技术)
  - **公钥加密** (用明信片传输秘密)
  - **纠错码** (自纠正错误)
  - **图形识别** (从经验中学习: 最近邻分类、决策树、神经网络)
  - **数据压缩** (有益无害)
  - **数据库** (追求一致性的征程: 日志记录、两段提交、关系数据库)
  - **数字签名** (这个软件究竟由谁编写)
  - **什么可以计算** (与其描述一个已经存在伟大的算法, 不如去了解一个假如存在则必然会伟大的算法)



## 二、无处不在的算法

---

### ■ 人工智能算法

- 自动感知、学习、推理和决策
- 基于A\*算法的GPS系统规划旅程、优化路线
- 智能手机理解我们的语言
- 图像识别
- 推荐算法
- ○ ○ ○ ○ ○ ○



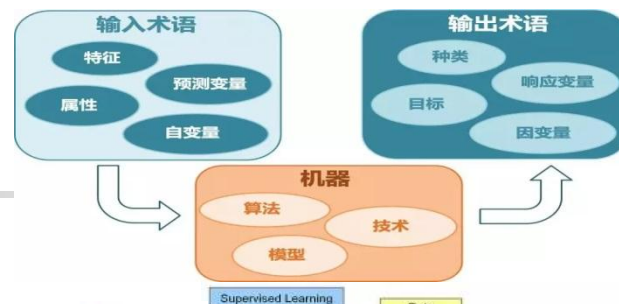


## 二、无处不在的算法

- 数据挖掘十大算法 (Xindong Wu, Vipin Kumar)

- C4.5
- K-means
- SVM:支持向量机
- Apriori
- EM
- PageRank
- AdaBoost
- kNN:k-最近邻
- Naïve Bayes
- CART: 分类和回归树

## 二、无处不在的算法



### 17个机器学习的常用算法!

1. 监督式学习
2. 非监督式学习
3. 半监督式学习
4. 强化学习
5. 算法类似性
6. 回归算法
7. 基于实例的算法
8. 正则化方法
9. 决策树学习

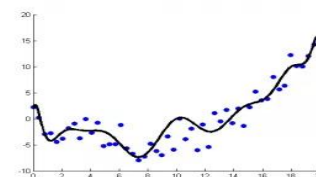
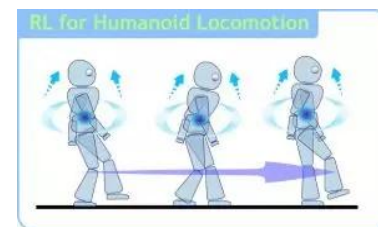
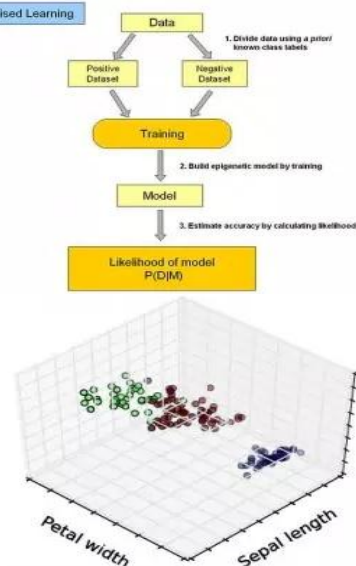
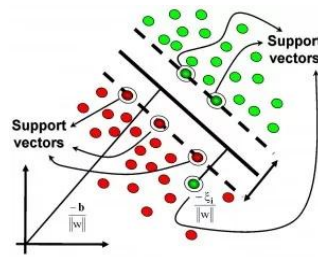
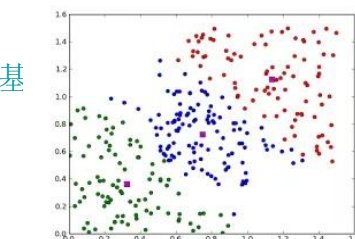
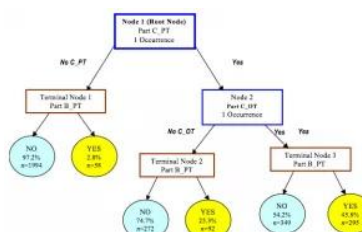
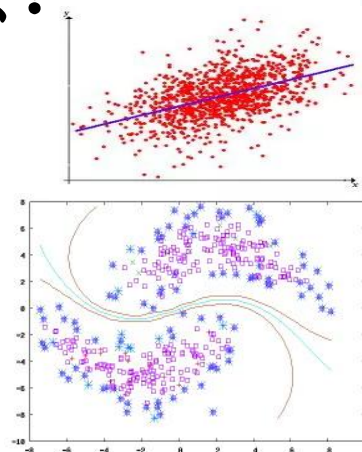
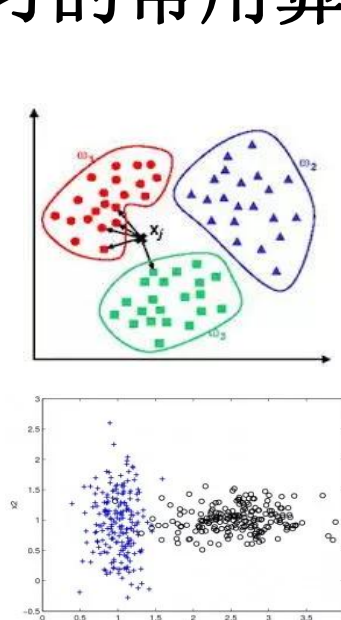
CART、ID3、C4.5、CHAID

随机森林、多元自适应回归样条  
梯度推进机

1. 贝叶斯方法
2. 基于核的算法

支持向量机 (SVM)、径向基  
以及线性判别分析

回归算法



正则化方法

## 二、无处不在的算法

### 17个机器学习的常用算法！

12. 聚类算法 k-Means算法以及期望最大化算法

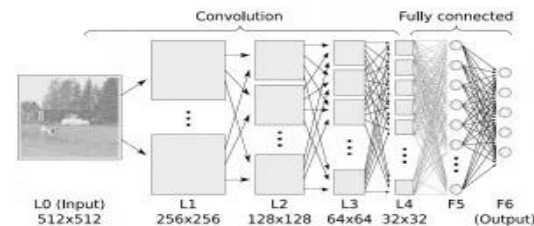
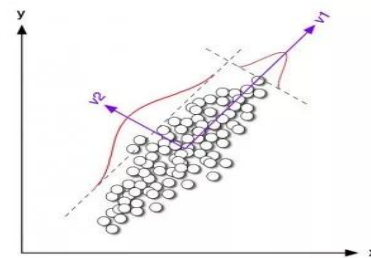
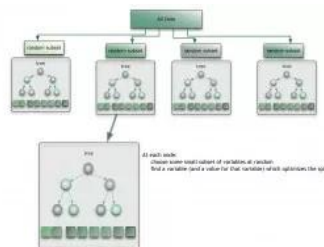
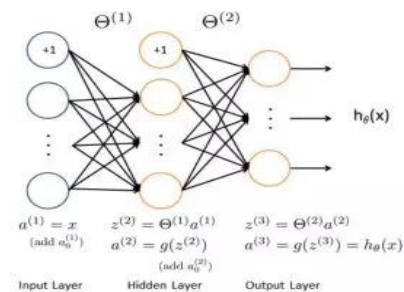
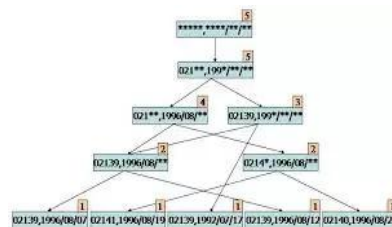
13. 关联规则学习

14. 人工神经网络

15. 深度学习

16. 降低维度算法

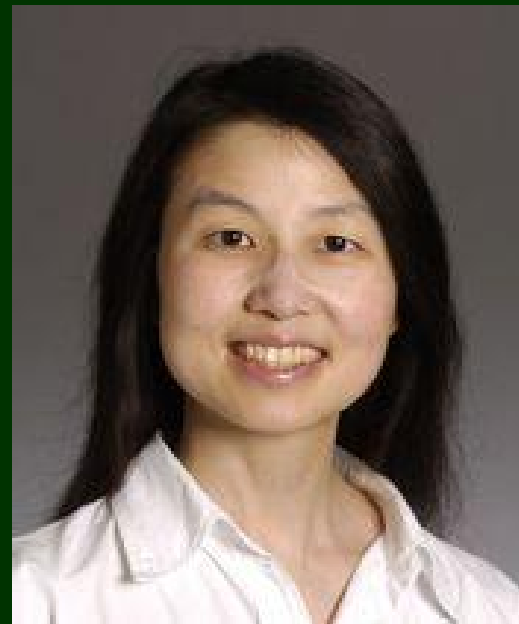
17. 集成算法



### 三、计算思维——计算之魂

# 什么是计算思维

- 2006年3月，周以真（Jeannette M. Wing）教授在美国计算机权威期刊《Communications of the ACM》发表了《计算思维》（Computational Thinking）。
- 国内外引起了很大反响和讨论并在教育引入计算思维课程
- 计算思维代表着一种普遍的认识和一类普适的技能，每一个人，而不仅仅是计算机科学家，都应热心于它的学习和运用。



（Jeannette M. Wing）曾任美国卡内基-梅隆大学（CMU）计算机科学系主任，现任美国基金会（NSF）计算机和信息科学与工程部（CI SE）主任。于1983年在美国麻省理工学院MIT）获得计算机科学博士学位。周教授是ACM和IEEE会士

# 计算思维可以做什么

- 计算思维是每个人的基本技能，不仅仅属于计算机科学家。
  - 应当使每个孩子在培养解析能力时不仅掌握阅读、写作和算术（Reading, wRiting, and aRithmetic——3R），还要学会计算思维。正如印刷出版促进了3R的普及，计算和计算机也以类似的正反馈促进了计算思维的传播。
- 计算思维是运用计算机科学的基础概念去求解问题、设计系统和理解人类的行为
  - 求解一个特定的问题时:多么困难？最佳的解决方法？近似解是否就足够了？是否可以利用一下随机化？是否允许误报和漏报？
  - 计算思维就是通过约简、嵌入、转化和仿真等方法，把一个看来困难的问题重新阐释成一个我们知道怎样解决的问题

# 计算思维可以做什么

- 计算思维是一种递归思维
  - 它是并行处理、代码译成数据又把数据译成代码。它既知道其益处又了解其害处。对于间接寻址和程序调用的做法，它既知道其威力又了解其代价。它评价一个程序时，不仅仅根据其准确性和效率，还有美学的考量，而对于系统的设计，还考虑简洁和优雅
- 计算思维采用了抽象和分解来迎战庞杂的任务或者设计巨大复杂的系统
- 计算思维是按照预防、保护及通过冗余、容错、纠错的方式从最坏情形恢复的一种思维
- 计算思维利用启发式推理来寻求解答，就是在不确定情况下的规划、学习和调度

# 计算思维可以做什么

- 日常生活中的事例

- 考虑下面日常生活中的事例：当你女儿早晨去学校时，她把当天需要的东西放进背包，这就是预置和缓存；当你儿子弄丢他的手套时，你建议他沿走过的路寻找，这就是回推；在什么时候停止租用滑雪板而为自己买一副呢？这就是在线算法；在超市结账时，你应当去排哪个队呢？这就是多服务器系统的性能模型；为什么停电时你的电话仍然可用？这就是失败的无关性和设计的冗余性；完全自动的大众图灵测试如何区分计算机和人类，即CAPTCHA程序是怎样鉴别人类的？这就是充分利用求解人工智能难题之艰难来挫败计算代理程序

- 对其它学科的影响

- 机器学习已经改变了统计学
- 计算生物学正在改变着生物学家的思维方式
- 计算博弈理论正改变着经济学家的思维方式
- 纳米计算改变着化学家的思维方式
- 量子计算改变着物理学家的思维方式



# 计算思维可以做什么

这种思维将成为每一个人的技能组合成分，而不仅仅限于科学家。普适计算之于今天就如计算思维之于明天。普适计算是已成为今日现实的昨日之梦，而计算思维就是明日现实

# 它是什么，又不是什么？

- 概念化，不是程序化
  - 计算机科学不是计算机编程。像计算机科学家那样去思维意味着远不止能为计算机编程，还要求能够在抽象的多个层次上思维
- 根本的，不是刻板的技术
  - 根本技能是每一个人为了在现代社会中发挥职能所必须掌握的
  - 刻板技能意味着机械的重复
- 是人的，不是计算机的思维方式
  - 计算思维是人类求解问题的一条途径，但决非要使人类像计算机那样地思考
  - 计算机枯燥且沉闷，人类聪颖且富有想象力。是人类赋予计算机激情

# 它是什么，又不是什么？

- 数学和工程思维的互补与融合
  - 计算机科学在本质上源自数学思维
  - 计算机科学又从本质上源自工程思维
- 是思想，不是人造物
  - 不只是我们生产的软硬件等人造物将以物理形式到处呈现并时时刻刻触及我们的生活，更重要的是还将有我们用以接近和求解问题、管理日常生活、与他人交流和互动的计算概念
- 面向所有的人，所有地方
  - 当计算思维真正融入人类活动的整体以致不再表现为一种显式之哲学的时候，它就将成为一种现实

- 一个人可以主修计算机科学而从事任何行业
- 面向所有专业大学新生开一门称为“怎么像计算机科学家一样思维”的课程

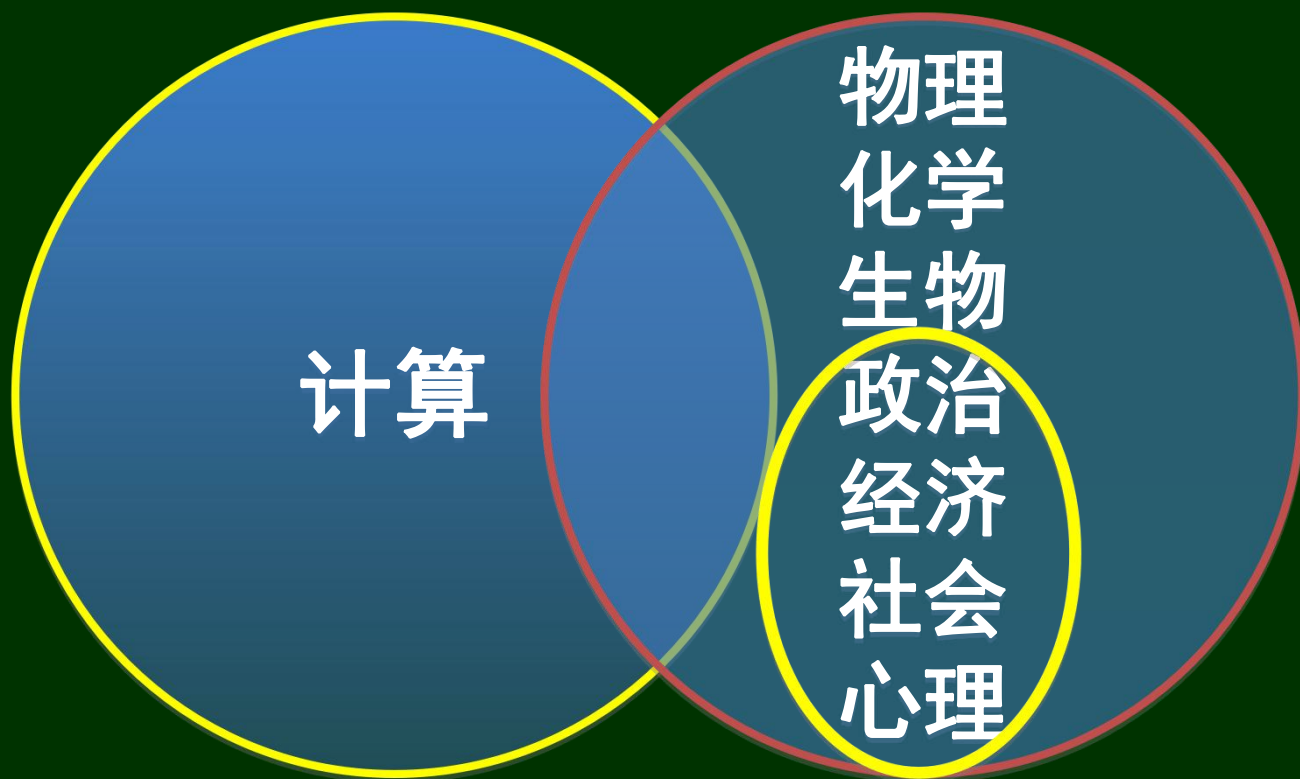
计算思维无处不在

# 拓展阅读：

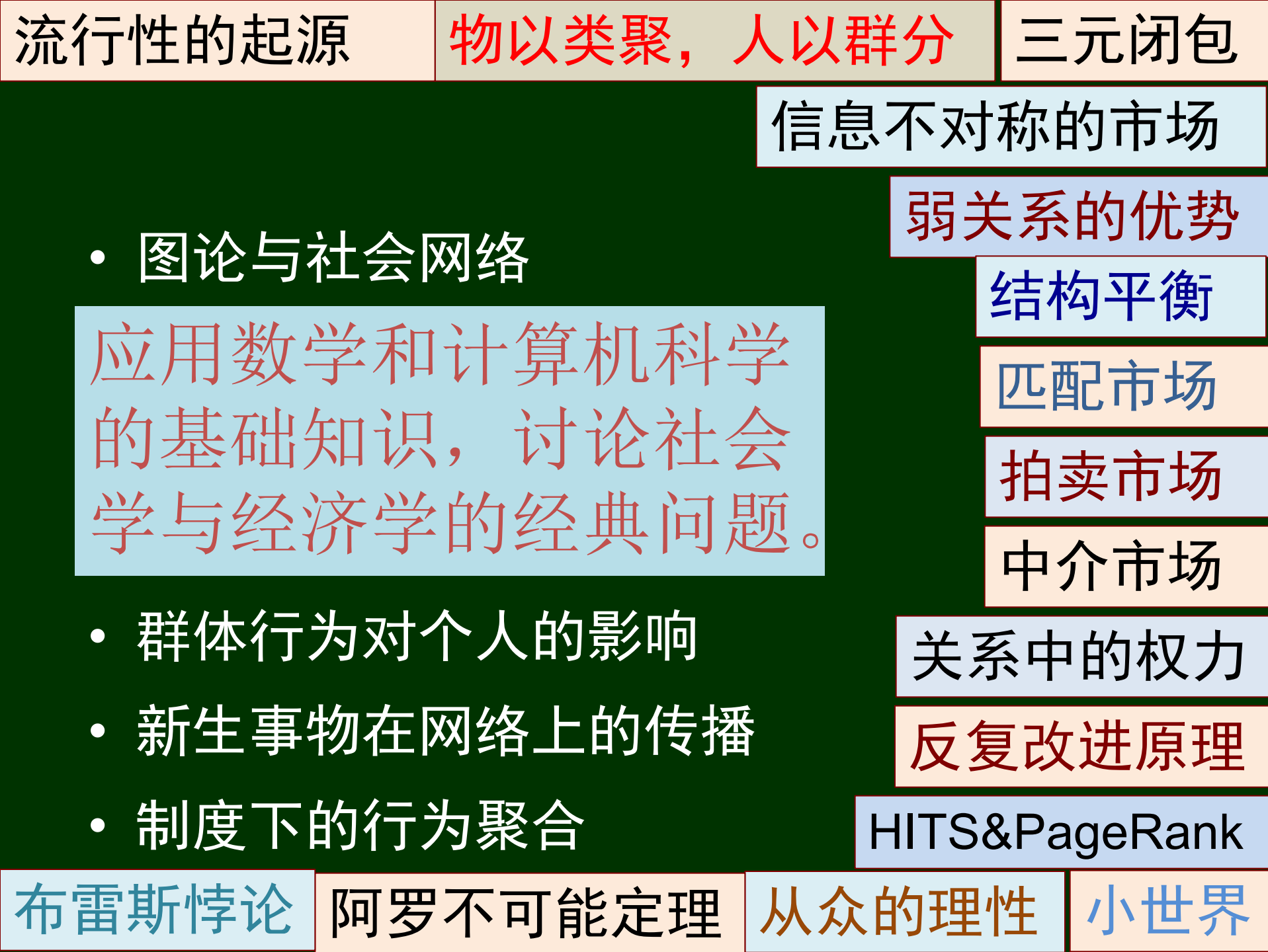
## 计算与其他学科的交叉与渗透

### 社会科学中的计算思维浅赏

# 计算与其他学科的交叉与渗透



人们相信，未来不仅是创新，而且还有大量工作机会，将青睐熟悉它们交叉区域的人们



# 社会科学中的计算思维浅赏

## 总结与结论

网络中的博弈

国际关系的算计

市场中的计算

拍卖中的算计

### 内容简介

过去十年来，现代社会中复杂的连通性向公众展现出与日俱增的魅力。这种连通性在许多方面都有体现并发挥着强大的作用，包括互联网的快速成长、全球通信的便捷传播的能力。这种联系起来的，使得

本书是本科它从交叉学科用数学的有关模式描述了在网络会、经济和技术学与社会科学交

本书原著(Easley)是经济寻常之处可从过科学、经济学和得益于作者对简单但关键性的例本教材，也很适合生活中熟悉的

网络、群体与市场

CAMBRIDGE

## 网络、群体与市场

NETWORKS CROWDS AND MARKETS

大卫·伊斯利 (David Easley)

亨利士嘉堡 (Henry Scarborough) 社会科学教授，任康奈尔大学经济学系Donald C. Opatmy 74主席。他曾经是剑桥大学丘吉尔学院海外院士。主

和决策理论。在经动力学，以及市场工作重点是市场的微观领域。他主要研究大卫·伊斯利目前是美交易所经济顾问委

科学系梯西 (Tisch院以及美国艺术与科网络与信息的作用在线媒体的社会网络伯格曾获得麦克阿瑟ard) 以及斯隆基金金，奈望林纳奖基金会奖，以及美国

用计算思维的方法观察分析经济社会现象，会使我们更加热爱科学，热爱生活。

CAMBRIDGE  
UNIVERSITY PRESS  
www.cambridge.org



清华大学出版社



清华大学出版社







---

谢谢大家！