




西安交通大学 电子与信息工程学部



《随机系统的滤波与控制》

Dr./Prof. 蔡远利





联系信息与学习资源



办公室：
东2楼247#

电 话：
18059865678

Email:
xjtu001@qq.com

课程微信群：
【随机系统的滤波
与控制】课程

🏠 思源学习空间

🏠 <http://astd.xjtu.edu.cn:8012>

🏠 <https://xjtucai.github.io/>

🏠 创新港4-4198

课程主要内容

参数估计
理论

最小方差
控制

若干应用

状态估计
理论

随机最优
控制

学分与成绩

学分

• 3

学时

• 60

成绩

- 课堂： 10%
- 作业： 30%
- 考试： 60%

真实系统的两大属性

■ 确定性

- 结果可以明确预测或知道；
- 存在明确的描述规则或规律；
- 没有随机性或偶然性。

■ 不确定性

- ★ 结果无法明确预测或知道。
- ★ 存在随机性或偶然性，影响结果。
- ★ 规则或规律可能不完全或不一致。

确定性和不确定性的比较

特征	确定性	不确定性
可预测性	高	低
随机性	无	有
规则或规律	明确	不完全或不一致
结果	可知	不可知
控制	可能	困难
决策	基于事实	基于概率或直觉

确定性和不确定性 对控制与决策的影响

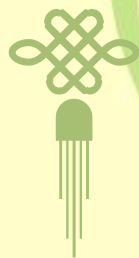
壹



确定性*

控制与决策可以基于事实和明确的规则，从而更容易做出。

貳



不确定性*

控制与决策需要考虑概率、风险和直觉，从而更具挑战性。

不确定性系统的主要理论



模糊系统理论

基于模糊逻辑和模糊集合理论体系，研究和处理不精确和模糊的信息。



证据理论

结合多个证据源，以确定事件的可能性。



可能性理论

基于证据的可能性，而不是概率，来对事件进行推理。



随机系统理论

- 使用概率来表示不确定性，并对事件的发生可能性进行推理。
- 研究随时间变化的不确定事件，例如布朗运动和马尔可夫链。

随机系统的主要问题

> 建模

> 分析

> 控制

> 优化

> 模拟

参数估计

状态估计

- 滤波

- 预测

- 平滑

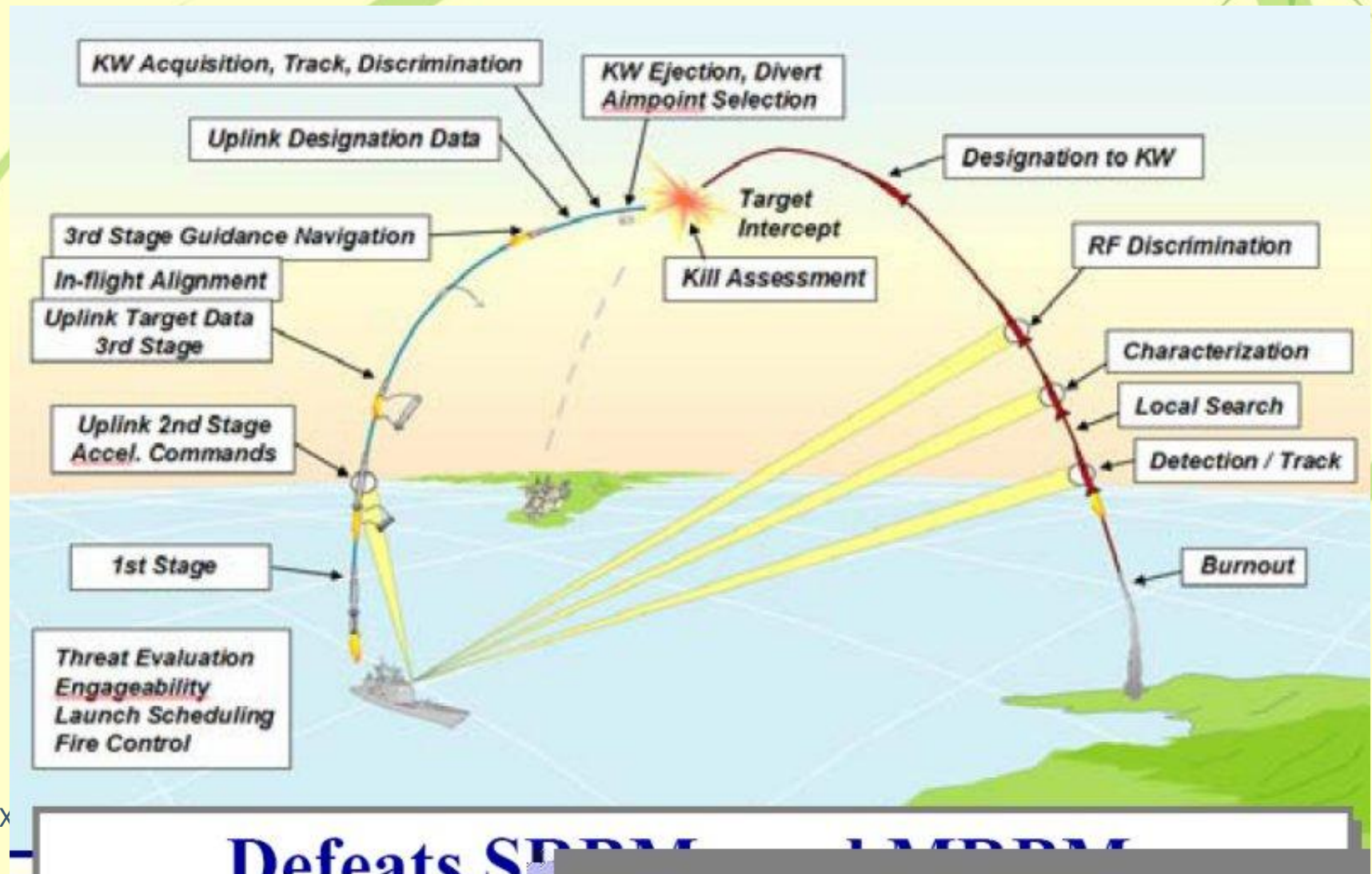
检测

分类

典型应用：PAC-3 Missile System



典型应用：SM-3 Interceptor



Defeats SDRM LMRM

应用领域

工程 与非 工程 系统

航空与航天

大地测绘

信息与通信

机械制造

故障诊断

复杂工业控制

交通运输

电力系统.....

估计理论发展历史

Least-squares method:

- Gauss (1795)
- Legendre(1806)

Maximum likelihood method:

- Fisher(1912)

Linear minimum mean-square estimation:

- Kolmogorov(1938)
- Wiener(1942)

Optimal state estimation:

- Swerling(1958)
- Kalman(1960)

Recent results:
PF, MM, IMM,
UKF...

Gauss (高斯)



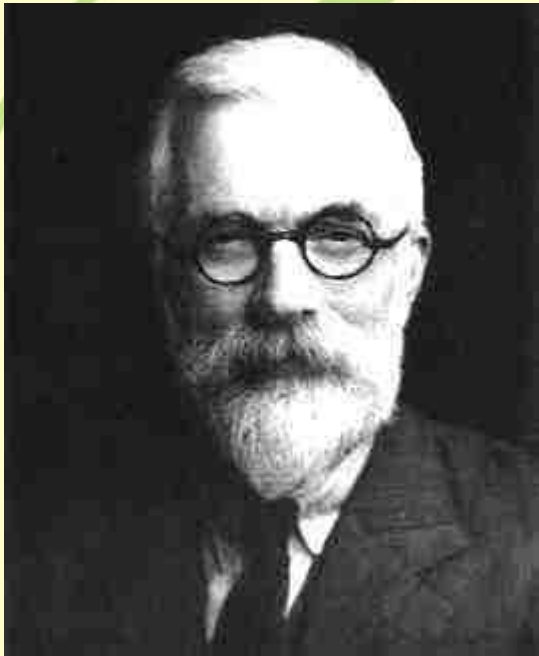
- Johann Carl Friedrich Gauss (1777 – 1855), 德国数学家、物理学家和天文学家，与阿基米德、牛顿等科学巨匠同享盛名。
- 11岁时发现了二项式定理，17岁时发明了二次互反律，18岁时发明了用圆规和直尺作正17边形的方法，解决了两千多年来悬而未决的难题。21岁大学毕业，22岁时获博士学位。从1807年到1855年逝世，一直担任格丁根大学教授兼格丁根天文台台长。
- 高斯出生于一个贫苦家庭，父亲格尔恰尔德·迪德里赫先后当过护堤工、泥瓦匠和园丁，母亲目不识丁。

Legendre (勒让德)



- Adrien-Marie Legendre (1752-1833), 著名的法国数学家。1770年毕业于 Collège Mazarin, 1775年任巴黎军事学院数学教授。1782年以《关于阻尼介质中的弹道研究》获柏林科学院奖金, 次年当选为巴黎科学院院士。
- 勒让德主要从事数学分析、几何学、数论以及天体力学研究, 建立了许多重要的定理。
- 勒让德与拉格朗日 (Lagrange)、拉普拉斯 (Laplace) 并列为法国数学界的“三L”。

Fisher（费希尔）



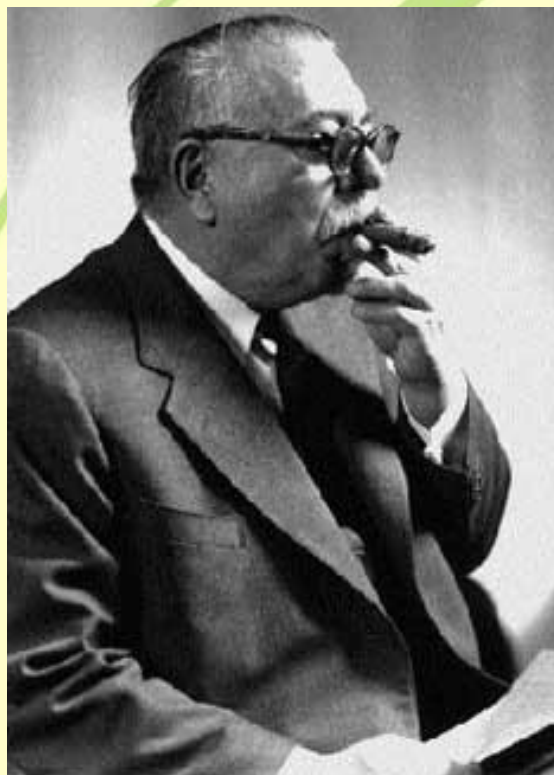
- Ronald Aylmer Fisher (1890–1962)，生于伦敦，卒于澳洲。英国统计与遗传学家，现代统计科学的奠基人之一。
- Fisher 以天文学学士毕业於剑桥大学 (1912)，曾到加拿大务农，工作於投资公司，也当过私立学校的老师。
- 费希尔的母亲是律师的女儿Katie Heath，父亲是伦敦圣詹姆斯国王街拍卖行的George Fisher.

Kolmogorov



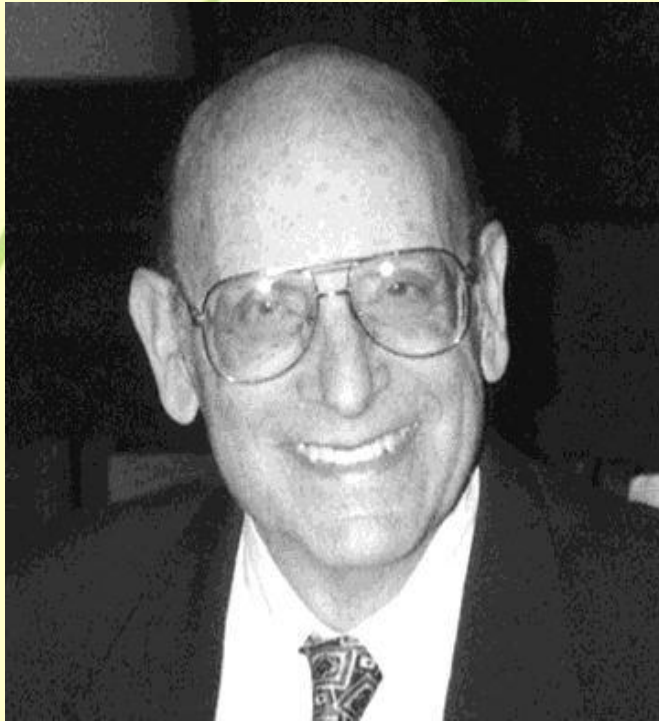
- Andrei Nikolaevich Kolmogorov (1903–1987), 前苏联数学家, 1939年当选前苏联科学院院士。
- His unwed mother died in childbirth.
- 在不同的科学领域做出了重要贡献（包括概率论、拓扑、直觉逻辑、湍流、经典力学和计算复杂性）。
- 现代概率理论（公理体系）创始人，被共认为是20世纪最杰出的数学家之一。

Wiener（维纳）



- Norbert Wiener（1894-1964），俄国犹太人后裔，美国科学院院士，MIT教授，控制论创始人。
- 3岁能读书和写字，14岁大学毕业，18岁在哈佛大学获博士学位。大学时期学习过生物学与哲学，早年研究数理逻辑，后来转入应用数学领域。
- 在第二次世界大战期间，从事防空火力自动控制装置的研究，建立了著名的维纳滤波理论，用统计方法来处理控制工程和通信工程问题。

Swerling



- Peter Swerling (1929-2000), 美国著名的雷达专家。15岁考入CIT, 18岁获数学学士(3年), 20岁时获Cornell 大学经济学学士, 1951年获MA、1955年获PHD (UCLA)。
- 早年在RAND公司工作(12年), 后来在企业工作, 担任南加州大学兼职教授。1965年创办Technology Service Corporation, 当了16年总裁。1983年, 合伙创办了Swerling Manassee and Smith, Inc., 从1986年到退休(1998年)担任总裁及CEO。
- 一生思考、研究学术问题。

Kalman

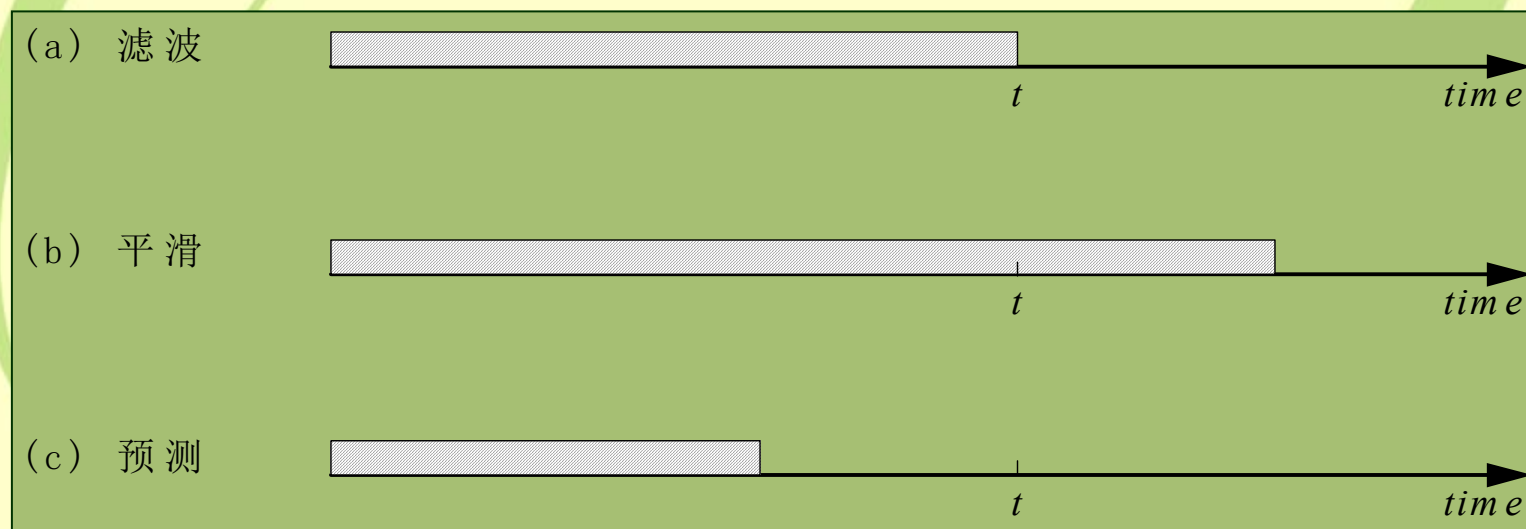


- Rudolf Emil Kalman, 数学家，现代控制理论与系统理论的奠基人之一。
- Born 1930 in Hungary
- BS (1953) and MS (1954) from MIT
- PhD (1957) from Columbia
- Filter developed in 1960–61
- Died in 2016

估计的基本概念

□ **估计** 从量测到或接收到的各种带有干扰的信号中提取有用信号的方法或技术

□ 三类估计问题

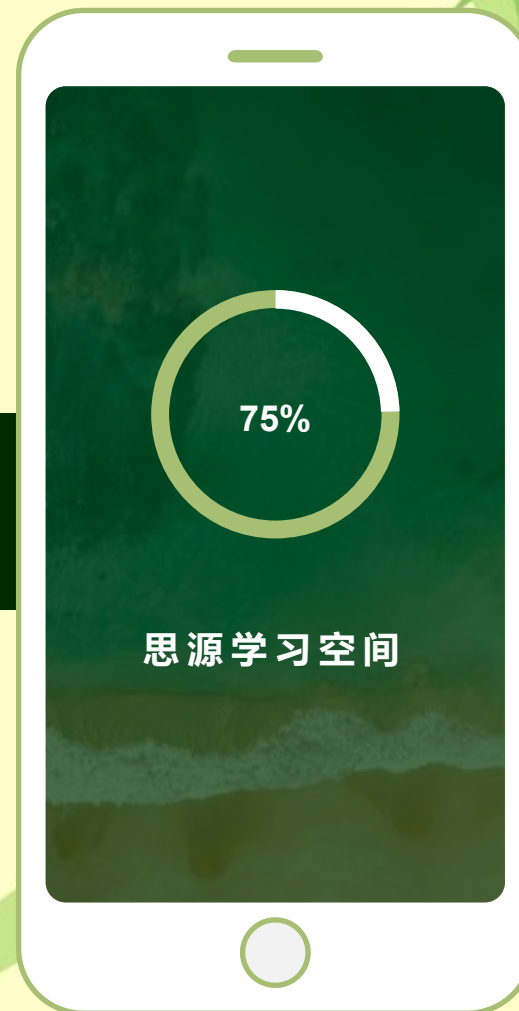


作业提交方式

1



<http://ispace.xjtu.edu.cn>



教材与参考资料

1. 韩崇昭等, 随机系统概论——分析、估计与控制, 清华大学出版社, 2014。
2. Frank L. Lewis, Optimal Estimation with an introduction to stochastic control, John Wiley & Sons, New York, 1986.
(2nd, 2007)
3. Mohinder S. Grewal and Angus P. Andrews, Kalman Filtering: Theory and Practice Using MATLAB, 2nd Edition, 2001.
4. John L. Crassidis and John L. Junkins, Optimal Estimation of Dynamic Systems, CRC Press, 2004
5. A. E. Bryson, Jr., Yu-Chi Ho, Applied Optimal Control—Optimization, Estimation and Control, Taylor & Francis Group, 1975
6. Karl J. Astrom, Introduction to Stochastic Control Theory, Academic Press, 1970