

运 筹 学

任课教师：何衍

主要内容

- 运筹学释义与特点
- 运筹学的发展简史
- 运筹学的主要内容
- 为什么要学习运筹学
- 教学要求和考评方式

运筹学释义

“运筹”一词的出处：

《史记—高祖本纪》：“夫运筹策帷帐之中，决胜于千里之外，吾不如子房”。

国外：英国：operational research

美国：operations research

运筹学定义 1

英国大不列颠运筹学会：

“运筹学是运用科学的方法，解决工业、商业、政府和国防事业中，由人、机器、材料、资金等构成的**大型系统**管理中所出现的复杂问题的一门学科”

运筹学定义 2

美国运筹学会：

“运筹学是一门在紧缺资源的情况下，如何设计与运行一个**人-机**系统的**决策**科学”。

运筹学定义 3

中国大百科全书：

“运筹学是用**数学方法**研究经济、民政和国防等部门在内外环境约束的条件下合理分配人力、物力、财力等资源，使实际系统有效运行的技术科学，它可以用来预测发展趋势，制定行动规划或优选可行方案”

运筹学特点

1、研究资源调配的决策问题。

- 目标
- 约束
- 实践检验

2、用数学方法寻找决策策略。

- 数学模型
- 优化方法
- 多学科交叉

3、需要借助计算机处理。

- 大型系统
- 算法求解
- 人机交互

运筹学的解题过程

- 1、提出问题：背景和任务
- 2、建立模型：目标和约束
- 3、求解模型：优化求解
- 4、解的检验：未考虑因素影响下解的质量。
- 5、方案调整：模型修正与解的改进
- 6、方案实施：回到实践中
- 7、后评估：考察问题是否得到完满解决

主要内容

- 运筹学释义与特点
- 运筹学的发展简史
- 运筹学的主要内容
- 为什么要学习运筹学
- 教学要求和考评方式

运筹学起源

二战时期

- 1、1938年，英国反空袭中，对雷达系统的研究。出现了 **operational research** 的概念。
- 2、1940年，英国物理学家 **Blackett** 领导了第一个运筹学小组，参谋军事指挥。
- 3、1942年，美国、加拿大也开始相关的工作。

运筹学发展简史

二、初创期（二战时期以后—50年代初）

1、1947年，美国**Danzig**提出了线性规划问题和单纯形解法。

1、1948年，英国成立了运筹学俱乐部，将运筹学推广到煤炭、电力等部门。

3、1951年，**P.M.Morse**和**G.E.Kimball**合著的“运筹学方法”出版

4、1952年，世界第一个运筹学会在美国成立。

运筹学发展简史

三、发展期（50年代）

- 1、1957年，**Bellman**正式提出动态规划方法
- 2、大量刊物、会议、学会出现
- 3、美国的大公司纷纷运用运筹学进行策划，如进行制定生产计划、决定设备购置、物资管理等

运筹学发展简史

四、普及期（60年代以后）

- 1、发展迅速，出现很多分支
- 2、计算机的应用，使运筹学的方法可以解决大规模的复杂问题。
- 3、开始为政府部门所应用，如城市交通、环境污染、国民经济计划等。

运筹学发展简史

五、我国的发展情况

1、1956年，钱学森、许国志在中科院力学所成立了第一个运筹学小组



2、1956年，华罗庚成立中科院计算数学研究所。60年代，华罗庚提出了优选法、统筹法，全国号召推广运筹学。



3、1980年，中国运筹学学会成立。

运筹学应用的经济效益

组 织	成 果 概 况	发表年份	效益/(亿美元/年)
联合航空公司	对机场和后备部门职员的工作计划安排	1986	0.06
Citgo 石油公司	炼油过程及产品供应、分配、销售的整体优化	1987	0.7
旧金山警署	应用计算机系统实现巡警值班与调度的优化	1989	0.11
Texaco 公司	满足质量和销售需要汽油产品的优化调和	1989	0.3
美国电报电话公司	商用客户营业中心的优化选址	1990	4.06
IBM 公司	备件库存的全国网络的整合用以改进服务支持	1990	0.02 及降低库存 2.5
美洲航空公司	设计一个票价结构、订票和协调航班的系统用来增加收入	1992	5.0 及更多收入
中国 相关部门	为满足国家未来能源需求的发电、交通、采煤等大型项目的优选及投产安排	1995	4.25

运筹学应用的经济效益

数字设备公司	供应商、工厂、分销中心、潜在厂址和市场区域的全球供应链重构	1995	8.0
宝洁公司	重新设计北美的生产和分销系统以降低成本和加速市场进入	1997	2.0
西屋公司	对研究和发展项目的评价	1997	未估算
联邦快递	物流计划与运送投递	1997	未估算
太平洋木材公司	森林的长期生态管理	1999	2.98
西尔斯	安排内部服务和货物运送的车辆和路线	1999	0.42
国际商用机械公司	重新建立全球供应链,当库存最少时快速响应顾客需求	2000	第一年 7.5
新西兰航空公司	航空公司机组的安排	2001	0.067
美林证券	设计基于资产和在线的定价方案提供金融服务	2002	大于 0.8
三星电子	提出减少生产时间和库存水平的方法	2002	大于 2.0
大陆航空公司	飞行计划受干扰时重新优化分配机组人员	2003	0.9
标致雪铁龙	指导高效率汽车装配厂的设计过程	2003	1.30

运筹学应用的经济效益

组 织	成 果 概 况	发表年份	效益/(亿美元/年)
加拿大太平洋铁路	铁路货运的日常安排	2004	1.0
废品管理公司	建立一个废品收集与处理的日常管理系统	2005	1.0
通用汽车	提高生产线效率	2006	0.9
大陆航空公司	航班计划打乱时乘务人员的重新安排	2006	0.4
挪威公司	通过沿海管道的改造极大化天然气的输送能力	2009	1.4
荷兰铁路	铁路网络的优化运营	2009	1.05
MISO(美国中西部 独立电网运营机构)	美国 13 个州电力输送的管理	2012	7.0

主要内容

- 运筹学释义与特点
- 运筹学的发展简史
- 运筹学的主要内容
- 为什么要学习运筹学
- 教学要求和考评方式

运筹学的研究内容

- 1、规划论
- 2、图论
- 3、决策论
- 4、对策论
- 5、排队论
- 6、存储论
- 7、可靠性理论
- ...

1、规划论 (programming theory)

研究：1、如何利用已有的资源完成最大的目标
2、如何用最少的资源，完成既定的目标

包括：

线性规划、非线性规划、整数规划、目标规划和动态规划

不确定规划：随机规划、模糊规划、鲁棒优化

本质：数学中的最优化技术 (optimization technique)

2、图论（graph theory）

以抽象图作为工具，进行规划研究。

包括：

- 1、最短路问题
- 2、最大流量问题
- 3、最小费用流问题
- 4、工程进度的优化

3、决策论（decision theory）

借助一定的理论、方法和工具，科学地选择最优方案的过程。

三要素：自然状态、行为策略、收益/代价函数

包括：

确定型决策、不确定型决策、风险型决策
单目标决策与多目标决策

4、对策论（game theory）

指有竞争性的决策称为对策（博弈型决策）。

三要素：局中人、策略与一局对策的得失。

包括：

合作博弈-非合作博弈

完全信息博弈-不完全信息博弈

静态博弈-动态博弈

5、排队论（queueing theory）

排队论主要研究各种系统的排队队长，排队的等待时间及所提供的服务等各种参数，以便求得更好的服务。它是研究系统随机聚散现象的理论。

应用：电话接线、机器管理、陆空交通、网络管理

6、存储论（inventory theory）

研究不同的需求、供货、及到达方式下的订货策略，使订购、存储和缺货的费用最小。

7、可靠性理论 (Reliability Theory)

研究系统故障、以提高系统可靠性问题的理论。

包括：

- 1、不可修复系统：如导弹等，这种系统的参数是寿命、可靠度等。
- 2、可修复系统：如一般的机电设备等，这种系统的重要参数是有效度，其值为系统的正常工作时间与正常工作时间加上事故修理时间之比。

电网可靠性指标：故障频率、持续时间和严重程度。

主要内容

- 运筹学释义与特点
- 运筹学的发展简史
- 运筹学的主要内容
- 为什么要学习运筹学
- 教学要求和考评方式

为什么要学习运筹学

1、运筹学中有丰富的优化思想和技术

- 控制：最优控制、模型预测控制...
- 机器学习：神经网络学习、强化学习...
- 数据处理：分类、回归、聚类、预测...

2、运筹学提供了科学管理和决策的方法

- 运筹学是系统工程的基础（钱学森）
- 在特定领域的具体系统中有着应用

系统与系统工程

- 系统：由相互作用的部分组成特定功能的整体。
 - 系统特征：目的性、整体性和关联性
 - 系统工程：以系统为研究对象，用系统理论的方法，管理各种系统，实现人的意愿。
 - 系统技术：工程设计、运筹学、控制理论、计算机技术
- 运筹学是系统工程的基础

阿波罗登月计划

时间：**1961-1972**

涉及工程人员**42**万，公司工厂**2**万，大学科研机构**280**多所，计算机**600**多台，耗资**300**多亿美元

第**1**次航天器着火，**3**名宇航员遇难

1969年 阿波罗**11**号首次登月成功

1970年 阿波罗**13**号，氧气瓶爆炸，**3**名宇航员乘坐登月舱返回。

共有**6**次成功登月

三峡工程

1986-1992 论证

1992-1997 一期工程

1998-2003 二期工程

2003-2012 三期工程



**2485.37亿元投资、113万移民、输电线路9194公
总装机容量 2250万千瓦时、年发电量 988亿千瓦时
发电机组由GE、SIEMENS、ABB等公司提供，
输变电系统由国家电网负责。**

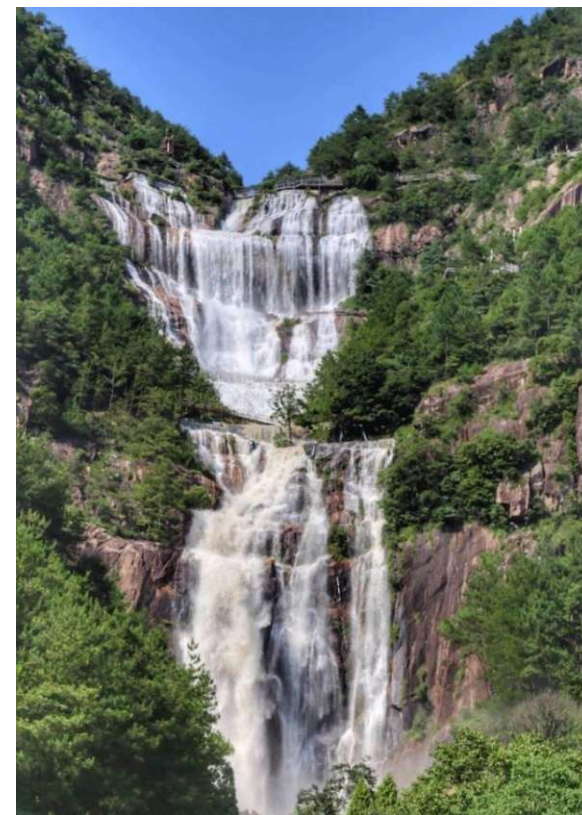
双碳计划

目标

2030 碳达峰、2060 碳中和

典型措施

- 1、节能技术：化石燃料热电厂
- 2、循环利用：水电储能站
- 3、新能源：风电、光伏发电



天台山瀑布

运筹学在控制领域的应用

- 1、最优控制：**Bellman**的最优性原理
- 2、强化学习：**reinforcement learning**
- 3、机器人控制：路径规划、信息融合
- 4、分布式网络：传感器网络、多**agent**系统
- 5、管控系统：管控一体化

运筹学在电力系统的应用

目标：供需平衡、安全可靠、经济效率、电能质量

发电环节：发电机组的配置与出力

输电环节：网络拓扑、电能品质提升、智能巡检

变电环节：智能变电站、运营成本

配电环节：分布式发电/储能、微电网的接入与协调

用电环节：负荷分配、错峰用电、电力经济

主要内容

- 运筹学释义与特点
- 运筹学的发展简史
- 为什么要学习运筹学
- 运筹学的主要内容
- 教学要求和考评方式

教材和参考书

教材：

《实用运筹学-模型、方法与计算》，韩中庚，清华大学出版社，**2007**。

参考书：

《运筹学教程》第五版，胡运权，郭耀煌，清华大学出版社，**2018**。

《运筹学》第5版，《运筹学》教材编写组，清华大学出版社，**2021**。

教学要求

- 1、掌握基本概念、典型思想和代表方法：
线性规划、整数规划、目标规划、
非线性规划、动态规划、图论、
排队论、对策论
- 2、能够使用计算机求解优化问题。
- 3、能够应用所学知识解决具体问题。

应用软件

LINGO: Linear Interactive and General Optimizer

免费试用: 150 个约束、300个变量、30 整数变量
芝加哥大学开发

Matlab: Optimization Toolbox、Yalmip、CVX

Excel: Excel Solver

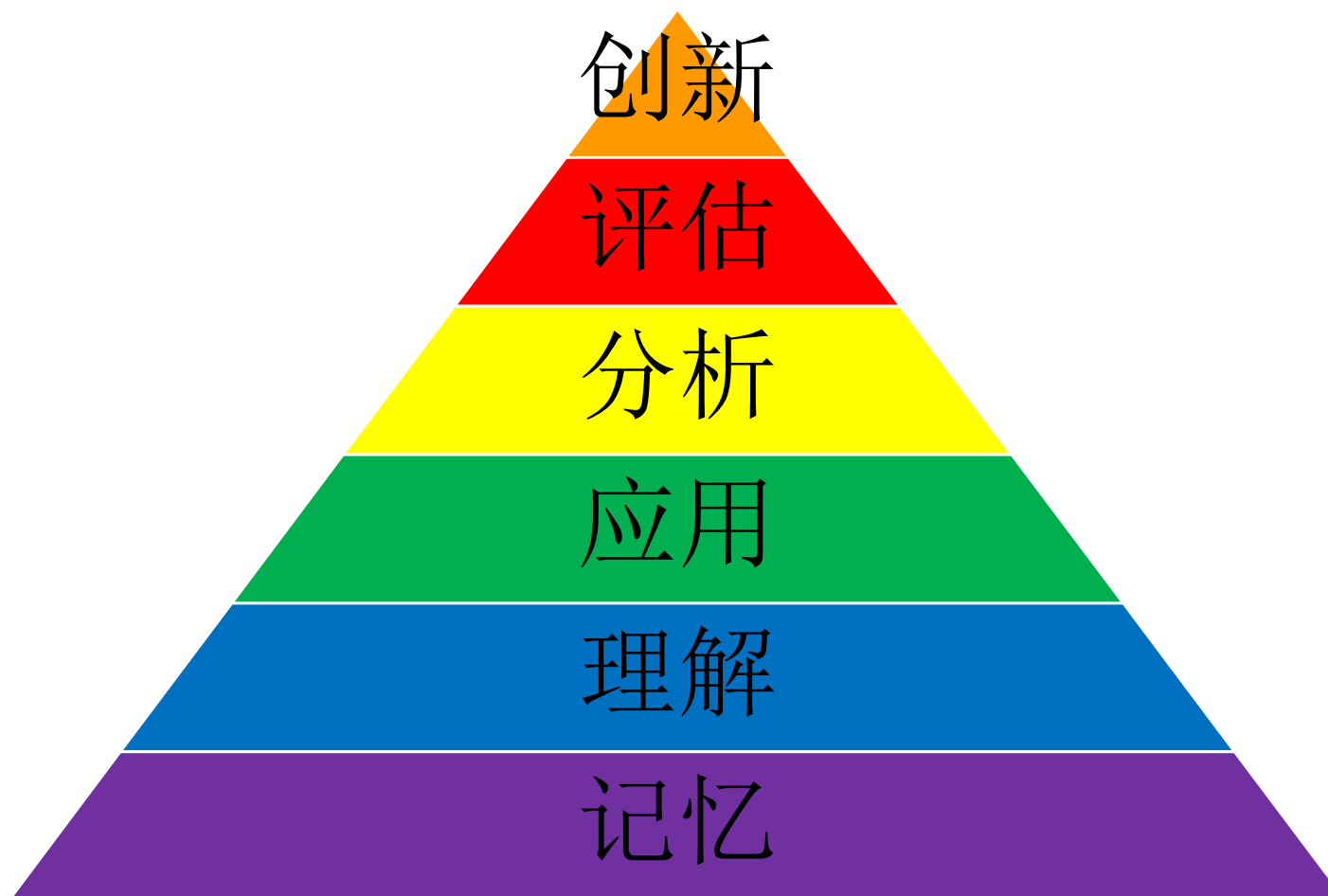
IBM CPLEX Optimizer: Matlab\Python\c++

免费版限 1000 个变量和 1000 个约束,
美国高校师生可使用教育版

GUROBI (美国)

COPT (中国, 杉数科技, 2020年运筹学应用奖)

布鲁姆认知层级



评分标准

总成绩=60%期末考核成绩+40%平时成绩

期末成绩=70%大作业成绩+30%随堂小考成绩

平时成绩=90%平时作业成绩+10%奖励分

说明：

- 1、大作业：3-6人团队完成，按质量和规范性打分。
- 2、随堂小考：30分钟，主要考核基本概念、理论和方法的掌握情况。
- 3、平时作业：下周23:00截止，补交按80%给分。
- 4、奖励分：讨论反馈、思政演讲、大作业分享。