

智能优化方法

王洪峰

Email: hfwang@mail.neu.edu.cn

东北大学信息科学与工程学院

授课教师简介

➤ 王洪峰：教授、博士生导师

- 2007.04-2007.03 东北大学 系统工程专业 工学博士
- 2001.09-2004.03 东北大学 系统工程专业 工学硕士
- 1997.09-2001.07 东北大学 工业工程专业 管理学学士
- 2006.04至今 东北大学信息学院 助教(2006)、讲师(2007)、副教授(2011)、教授(2017)

➤ 研究领域：复杂系统建模与优化、进化计算、机器学习

授课教师简介

- 王洪峰：教授、博士生导师
- 研究生培养情况
 - 已毕业博士研究生3人（毕业去向：政府机关、大学）
 - 已毕业硕士研究生60多人（毕业去向：互联网企业、央企等技术研发）
 - 在读博士7人、在读硕士27人（报送生13人、东大本科生13人）
- Email: hfwang@mail.neu.edu.cn
- 电话: 13478396778
- 个人主页: <http://faculty.neu.edu.cn/ise/wanghongfeng/>

课程理解

➤ 智能优化方法=智能+优化+方法

- 智能是本课程教学内容的定位和机理
- 优化是本课程教学内容的背景和范畴
- 方法是本课程的主要内容和目标

课程理解

➤ 智能 V. S. 人工智能

- 人工智能 (Artificial Intelligence, AI) : 研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学。

- AI books

1. Callan R (2003). Artificial intelligence. Palgrave Macmillan Publishers.
2. Negnevistky M(2005). Artificial intelligence: a Guide to intelligent systems. Addison-Wesley Publishers.
3. Russell S and Norvig P (2009). Artificial intelligence: a modern approach. Prentice-Hall, Englewood Cliffs

课程理解

➤ 优化 V. S. 运筹学

- 最优化问题通常是指选择一组参数（变量），在满足一系列有关的限制条件（约束）下，使设计指标（目标）达到最优值。
- 运筹学（OR）的基本思想在我国古代就已经产生，但作为近代应用数学的一个分支，普遍认为兴起于20世纪40年代。

课程理解



➤ 优化 V. S. 运筹学

- 西汉 司马迁《史记 高祖本纪》：“夫**运筹**策帷幄之中，决胜于千里之外，吾不如子房。”
- 田忌赛马：“以君之下驷与彼上驷，取君上驷与彼中驷，取君中驷与彼下驷。”——摘自《史记 孙子吴起列传第五》

课程理解



➤ 优化 V. S. 运筹学

- 丁谓挖沟：“祥符中禁火，时丁晋公主营复宫室，患取土远，公乃令凿通衢取土，不日皆成巨堑，乃决汴水入堑中，引诸道竹木排筏及船运杂材，尽自堑中入至宫门。事毕，却以斥弃瓦砾灰壤实于堑中，复为街衢。一举而三役济，计省费以亿万。”——摘自北宋 沈括《梦溪笔谈 权智》

课程理解

➤ 优化 V. S. 运筹学

- 大西洋反击战：研究如何解决德国潜水艇对盟军运输船的严重威胁
- 英军战斗机援法决策：研究是否增援10个战斗机中队赴法与德军作战
- OR: Operational Research or Operations Research

课程理解

➤ 方法 V. S. 元启发式（现代启发式）

- 精确算法：找到最优解并评估最优性
- 启发式算法：为复杂的优化问题快速生成近似最优解，构造启发式每次添加单个元素（节点、弧）等生成解决方案
 - 贪婪启发式追求每一步的最大化改进
 - 改进启发式从可行解开始利用邻域搜索逐步迭代改进

课程理解

➤ 方法 V. S. 元启发式

- 元启发式算法：独立于问题的算法框架，提供一些规则用来指导启发式算法的开发，它是启发式算法的改进，一般可以认为是随机搜索与局域搜索相结合的产物

课程理解

➤ 方法 V. S. 元启发式

- 元启发式是一个迭代生成过程，通过对不同概念的智能组合，该过程以启发式算法实现对搜索空间的探索与开发，在这个过程中学习策略被用来获取和掌握信息，以有效地发现近似最优解。
- 在本课程范畴内元启发式算法就是智能优化方法

课程理解

- 这是一门关于计算智能的课程
- 这是一门介绍优化工具的课程
- 这是一门注重方法技巧学习的课程

课程安排

No. 1 导言 2学时

No. 2 预备知识 2学时

No. 3 禁忌搜索 2+2学时

No. 4 模拟退火 2+2学时

No. 5 遗传算法 5+3学时

课程安排

No. 6 进化策略 2学时

No. 7 遗传规划 2学时

No. 8 粒子群优化算法 2+2学时

No. 9 蚁群算法 2学时

No. 10 前沿技术讲座 2学时

授课要求

- 成绩：平时作业（20%）+实验报告（30%）+期末测试（50%）
- 平时作业：课上完成，随堂提交
- 实验作业：算法编程，提交报告
- 期末测试：集中考试，开卷

课程目标

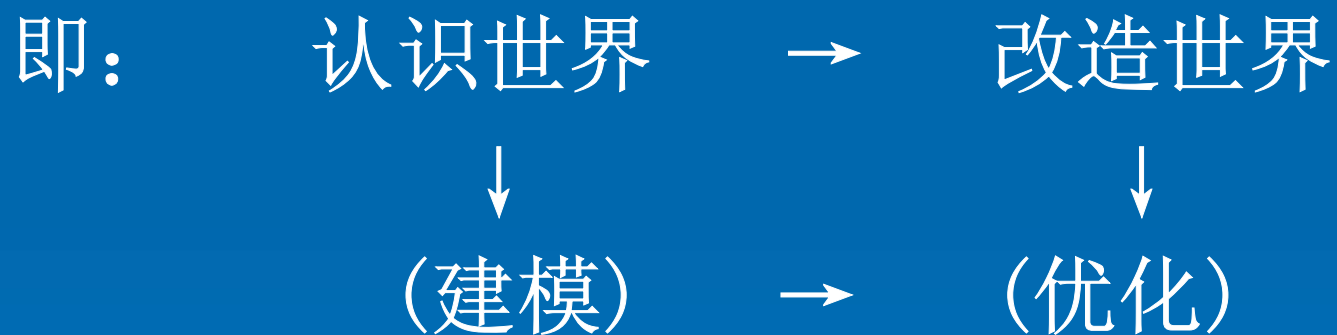
- 理解智能优化算法机理和内涵
- 能够实现至少4种智能优化算法程序
- 掌握智能优化算法在经典科学和工程问题上应用技巧

让我们共同努力！

第一章 导言

○. 最优化的重要性

1. 人类的一切活动都是认识世界和改造世界的过程



○. 最优化的重要性

2. 一切学科都是建模与优化在某个特定领域中的应用

概念模型(定性) → 结构模型(图) →
数学模型(定量) → 智能模型(系统)

○. 最优化的重要性

3. 最优化理论的发展

① 极值理论

② 运筹学的兴起(OR)

③ 数学规划：线性规划(LP)；非线性规划(NLP)；动态规划(DP)；马尔可夫规划(MDP)

4. 最优化理论在国民经济中的广泛应用

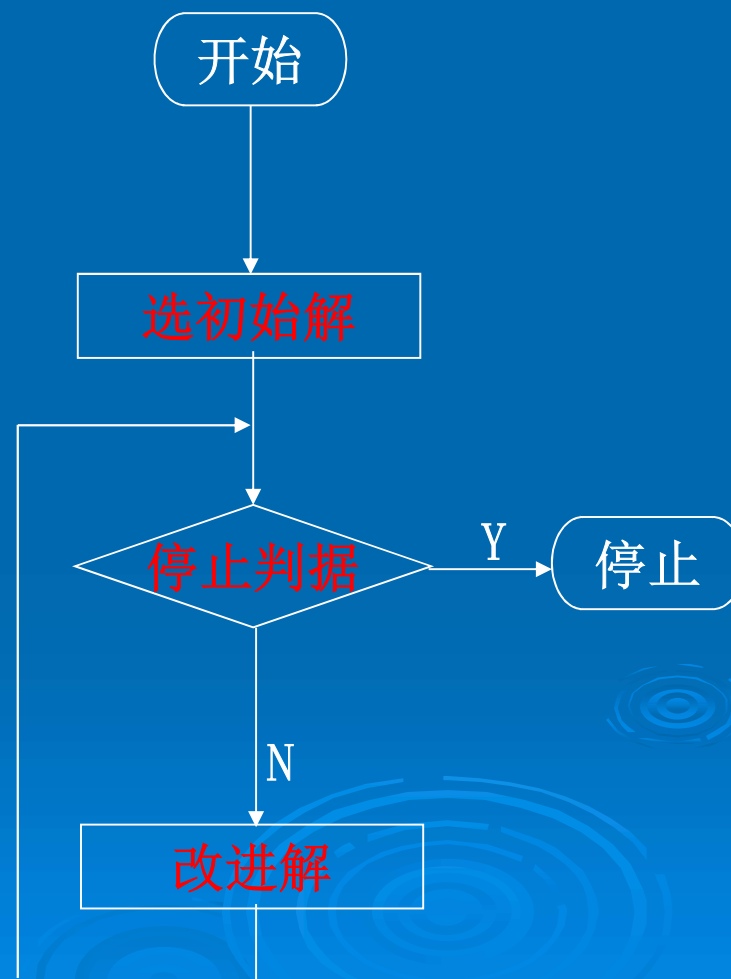
一.传统优化方法的基本步骤—三步曲

如右图所示

1. 选一个初始解

① LP: 大M法, 二阶段法

② NLP: 任意点或一个内点



一.传统优化方法的基本步骤——三部曲

2. 停止判据——最优性检验

① LP: 检验数 $\Pi = C_B^T B^{-1} N - C_N^T$

$$C = [C_B | C_N]^T \quad A = [B | N]$$

当 $\Pi \geq 0$ 时有可能减小

② NLP: $\nabla f(x) = 0$

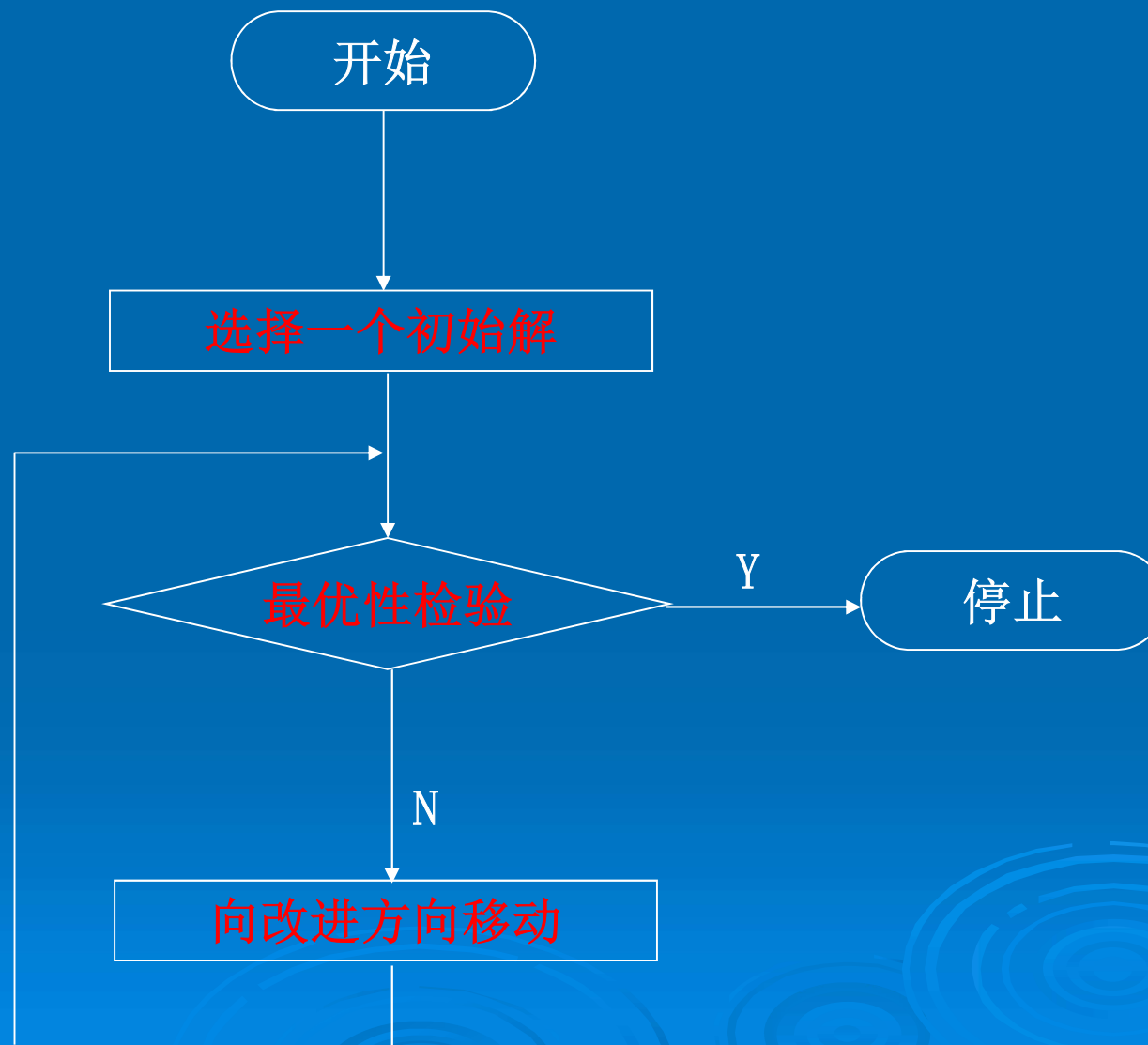
一.传统优化方法的基本步骤——三步曲

3. 向改进方向移动——改进解

① LP: 转轴变换（进基、退基）

② NLP: 向负梯度方向移动（共轭梯度方向、
牛顿方向）

一.传统优化方法的基本步骤—三步曲



二.传统优化方法的局限性

1. 对问题中目标函数、约束函数有很高的要求——有显式表达，线性、连续、可微，且高阶可微
2. 只从一个初始点出发，难以进行并行、网络计算，难以提高计算效率

二.传统优化方法的局限性

- 3. 最优性达到的条件太苛刻——目标函数为凸，可行域为凸
- 4. 在非双凸条件下，没有跳出局部最优解的能力

只会做一种尺码鞋子的鞋匠



三. 实际问题中对最优化方法的要求

1. 对问题的描述要宽松（目标和约束函数）——
——可以用一段程序来描述（程序中带判断、
循环），函数可以非连续、非凸、非可微、
非显式
2. 并不苛求最优解——通常满意解、理想解，
甚至可行解就可以

三. 实际问题中对最优化方法的要求

- 3. 计算快速、高效，可随时终止（根据时间定解的质量）
- 4. 能够处理数据和信息的不确定性（如数据的模糊性，事件的随机性）

四. 智能优化方法的产生与发展

1. 基于单点（邻域）搜索的智能优化方法

- 禁忌搜索 (Tabu Search, TS)
- 模拟退火 (Simulated Annealing, SA)
- 变邻域搜索 (Variable Neighborhood Search, VNS)
- 自适应大邻域搜索 (Adaptive Large Neighborhood Search, ALNS)

四. 智能优化方法的产生与发展

2. 基于种群搜索的智能优化方法—进化算法

- 遗传算法 (Genetic Algorithm, GA)
- 进化策略 (Evolutionary Strategy, ES)
- 遗传规划 (Genetic Programming, GP)
- 进化规划 (Evolutionary Programming, EP)
- 差分进化 (Differential Evolution, DE)

四. 智能优化方法的产生与发展

2. 基于种群搜索的智能优化方法—群智能算法

- 粒子群优化 (Particle Swarm Optimization, PSO)
- 蚁群优化算法 (Ant Colony Optimization, ACO)
- 细菌觅食优化 (Bacterial Foraging Optimization, BFO)
- 人工蜂群算法 (Artificial Bee Colony, ABC)
- ...

五. 应用前景局限性和研究方向、注意事项

1. 应用前景十分广阔
2. 局限性——不能保证最优解，理论上不完备

五. 应用前景局限性和研究方向、注意事项

3. 研究方向及注意事项

- ① 以应用为主，扩大面向新问题的应用；不要刻意做理论研究，若碰上也不拒绝
- ② 算法改进表现在以下几个方面：问题描述、编码方法、算法构造及可行性修复策略
- ③ 要进行大量的上机计算

五. 应用前景局限性和研究方向、注意事项

④ 算例的选取

- 以下算例的说服力降序排列：标准测试用例、文献中的例子、实际例子、随机产生的例子、自己编的例子
- Benchmark的不断发展

⑤ 如何检验算法的好坏：比较计算速度及消耗、可解规模、（从不同的随机种子出发）达优率—— 客观公正与良心！

六. 智能优化方法的新挑战

随着人们关注的系统越来越复杂，智能优化方法也相应不断发展

- 复杂优化：多目标，多约束，多模态，动态环境，...
- 超级启发式
- 进化算法与机器学习

七. 学习这门课需要具备的基础

1. 信心、决心、热情
2. 数学基础
3. 计算机编程能力
4. 外语能力