

智能优化方法及其应用

课程介绍

连宙辉
北大计算机所

本课提纲

- 课程概述
- 实战解析
- 互动交流 (20-30分钟)
 - ✓ 自我介绍
 - ✓ 研究方向
 - ✓ 选课原因
 - ✓ 课程期待

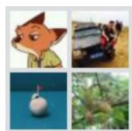
联系老师

◆ **连宙辉** (博士, 副教授)

- Email: lianzhouhui@pku.edu.cn
- 座机: 82529245
- 手机: 13426244398
- QQ: 94141135
- 办公室: 北大计算机所大楼4层南面
- 个人主页: <http://www.icst.pku.edu.cn/zlian/>



微信群



2018年秋智能优化班级群



该二维码7天内(9月26日前)有效, 重新进入将更新

课程网站

- <http://www.icst.pku.edu.cn/zlian/course/IOMA/>
- 下载课件、发布通知。

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying www.icst.pku.edu.cn/zlian/course/IOMA/. The page title is "智能优化方法及其应用". Below the title, the instructor's information is listed: 连宙辉 副教授, Institute of Computer Science & Technology, Peking University, Phone: 86-10-82529245, Email: llanzhouhui@pku.edu.cn. A navigation bar contains five links: 通知, 课程简介, 教学要求, 课件下载, and 参考资料. The "通知" link is highlighted in red. Below the navigation bar, the "通知" section contains a message dated [2017-09-06] stating that the course website is officially launched and welcoming students to enroll. The "课程简介" section follows, providing details about the course: 课程编号: L1701682, 课程名称: 智能优化方法及其应用, 英文名称: Intelligent Optimization Methods and Their Applications, 授课对象: 信息学院硕博研究生, 周学时/总学时: 3/48, 学分: 3. The "开课目的" section describes the course's focus on intelligent optimization algorithms and their applications. The "教学要求" section outlines the course's goals and evaluation criteria.

Intelligent Optimizat: X

← → ↻ www.icst.pku.edu.cn/zlian/course/IOMA/ ☆

智能优化方法及其应用

授课老师: 连宙辉 副教授
Institute of Computer Science & Technology
Peking University
Phone: 86-10-82529245
Email: llanzhouhui@pku.edu.cn

通知	课程简介	教学要求	课件下载	参考资料
--------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

通知:

[2017-09-06] 课程网站正式启用, 欢迎同学们选修本课程!

课程简介:

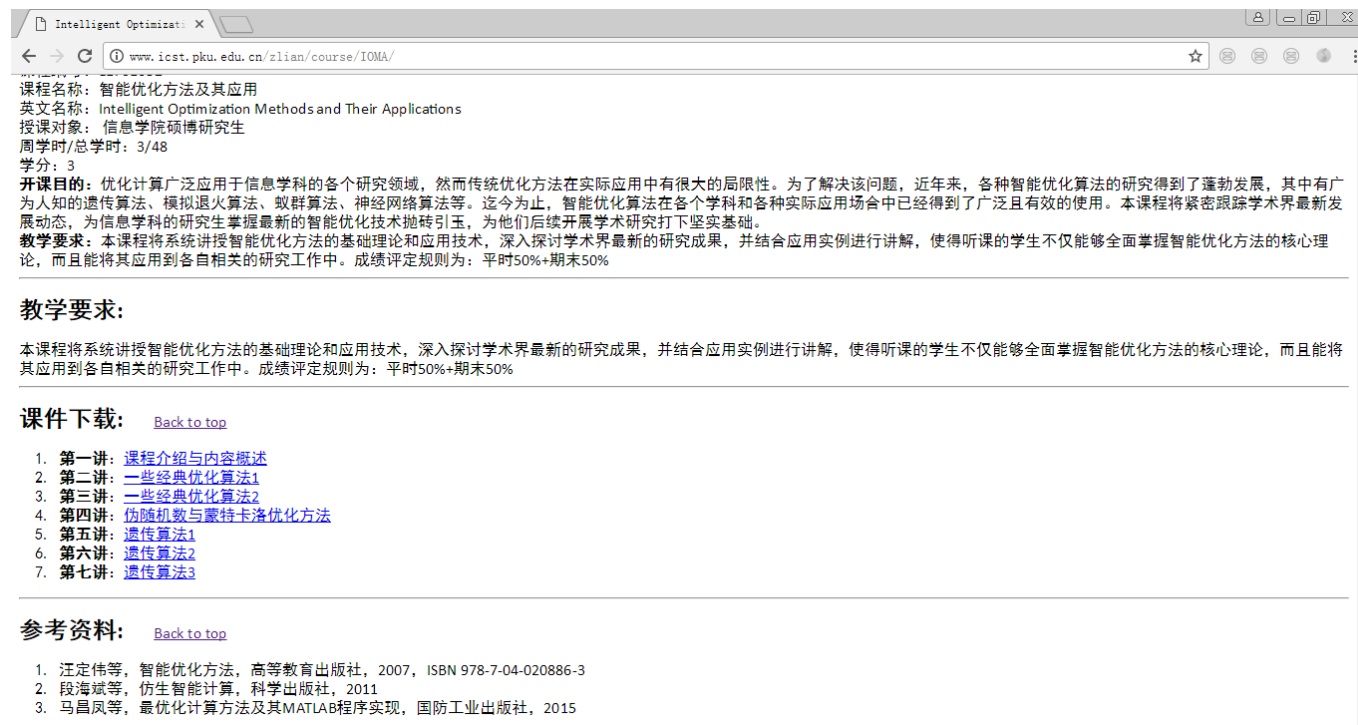
课程编号: L1701682
课程名称: 智能优化方法及其应用
英文名称: Intelligent Optimization Methods and Their Applications
授课对象: 信息学院硕博研究生
周学时/总学时: 3/48
学分: 3

开课目的: 优化计算广泛应用于信息学科各个研究领域, 然而传统优化方法在实际应用中有很大的局限性。为了解决该问题, 近年来, 各种智能优化算法的研究得到了蓬勃发展, 其中有广为人知的遗传算法、模拟退火算法、蚁群算法、神经网络算法等。迄今为止, 智能优化算法在各个学科和各种实际应用场合中已经得到了广泛且有效的使用。本课程将紧密跟踪学术界最新发展动态, 为信息学科的研究生掌握最新的智能优化技术抛砖引玉, 为他们后续开展学术研究打下坚实基础。

教学要求: 本课程将系统讲授智能优化方法的基础理论和应用技术, 深入探讨学术界最新的研究成果, 并结合应用实例进行讲解, 使得听课的学生不仅能够全面掌握智能优化方法的核心理论, 而且能将其应用到各自相关的研究工作中。成绩评定规则为: 平时50%+期末50%

课程网站

- <http://www.icst.pku.edu.cn/zlian/course/IOMA/>
- 下载课件、发布通知。



The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying www.icst.pku.edu.cn/zlian/course/IOMA/. The page content includes:

课程名称: 智能优化方法及其应用
英文名称: Intelligent Optimization Methods and Their Applications
授课对象: 信息学院硕博研究生
周学时/总学时: 3/48
学分: 3

开课目的: 优化计算广泛应用于信息学科各个研究领域,然而传统优化方法在实际应用中有很大的局限性。为了解决该问题,近年来,各种智能优化算法的研究得到了蓬勃发展,其中有广为人知的遗传算法、模拟退火算法、蚁群算法、神经网络算法等。迄今为止,智能优化算法在各个学科和各种实际应用场合中已经得到了广泛且有效的使用。本课程将紧密跟踪学术界最新发展动态,为信息学科的研究生掌握最新的智能优化技术抛砖引玉,为他们后续开展学术研究打下坚实基础。

教学要求: 本课程将系统讲授智能优化方法的基础理论和应用技术,深入探讨学术界最新的研究成果,并结合应用实例进行讲解,使得听课的学生不仅能够全面掌握智能优化方法的核心理论,而且能将其应用到各自相关的研究工作中。成绩评定规则为:平时50%+期末50%

教学要求:

本课程将系统讲授智能优化方法的基础理论和应用技术,深入探讨学术界最新的研究成果,并结合应用实例进行讲解,使得听课的学生不仅能够全面掌握智能优化方法的核心理论,而且能将其应用到各自相关的研究工作中。成绩评定规则为:平时50%+期末50%

课件下载: [Back to top](#)

1. 第一讲: [课程介绍与内容概述](#)
2. 第二讲: [一些经典优化算法1](#)
3. 第三讲: [一些经典优化算法2](#)
4. 第四讲: [伪随机数与蒙特卡洛优化方法](#)
5. 第五讲: [遗传算法1](#)
6. 第六讲: [遗传算法2](#)
7. 第七讲: [遗传算法3](#)

参考资料: [Back to top](#)

1. 汪定伟等, 智能优化方法, 高等教育出版社, 2007, ISBN 978-7-04-020886-3
2. 段海斌等, 仿生智能计算, 科学出版社, 2011
3. 马昌凤等, 最优化计算方法及其MATLAB程序实现, 国防工业出版社, 2015

开课目的

- 优化计算广泛应用于信息等学科的各个研究领域，然而传统优化方法在实际应用中有很大的局限性。为了解决该问题，近年来，各种智能优化算法的研究得到了蓬勃发展，其中有广为人知的遗传算法、模拟退火算法、蚁群算法、神经网络算法等。迄今为止，智能优化算法在各个学科和各种实际应用场景中已经得到了广泛且有效的使用。本课程将系统介绍各种主流智能优化算法的基本原理与使用方法，紧密跟踪学术界最新发展动态，为信息技术等学科的研究生掌握最新的智能优化技术抛砖引玉，为他们后续开展学术研究与应用开发打下坚实基础。

开课目的

- 包罗万象
- 用途广泛
- 为用而学
- 教学相长
- 携手共进

!!提醒!!

考核严格
作业费力
混分莫选

教学要求

- 本课程将系统讲授智能优化方法的基础理论和应用技术，深入探讨学术界最新的研究成果，并结合应用实例进行讲解，使得学生不仅能够全面掌握智能优化方法的核心理论，而且能将其应用到各自相关的研究工作中。

教学方式

- 本课程的一大部分内容来源于所列教材与参考文献，另一部分讲授内容来源于在相关研究领域的国际顶级会议（如ICCV、CVPR、Siggraph等）和杂志（PAMI、IJCV、TOG等）上新近公开发表的、影响力大的学术论文。
- 本课程采取小班教学(<20人)的方式，幻灯片展示、黑板手书、程序演示与交互问答结合。注重启发式引导与开放式讨论，强调激发学生的自主学习兴趣、学术创新热情与实际“动手”能力。

主要的教学内容

- **课程介绍与内容概述**：优化方法概述，介绍智能优化方法的概况、发展历程与国内外研究现状，应用实例讲解
- **一些经典优化算法**：介绍一些经典优化算法，包括线搜索方法、梯度法、牛顿法、最小二乘法、线性规划、二次规划方法等
- **伪随机数与蒙特卡洛优化方法**：
- **禁忌搜索**：
- **遗传算法**：
- **模拟退火算法**：
- **蚁群算法**：
- **粒子群优化算法**：
- **神经网络优化方法**：介绍人工神经网络的基本理论、经典模型，并根据课程讲授进度和学生掌握情况介绍学术界最新研究动态

课时安排及上课地点

- 3学分，48课时

15:10 pm – 18:00 pm

- 1-16周：每周周四7-9节（二教423）

- 17-18周：大作业准备与提交

作业及考试成绩

- 平时作业： 论文讲解1篇+编程实践若干(待定)
- 课堂表现： 课堂互动、讲演、考勤等
- 期末大作业： 根据个人研究方向运用本课程介绍的智能优化方法进行实际应用研究，按会议论文格式提交一篇英文写作的文章
- 总成绩： $\text{平时成绩} \times 40\% + \text{期末成绩} \times 60\%$ (待定)

参考文献

- 主要教材：汪定伟等，智能优化方法，高等教育出版社，2007
- 参考资料：
 - 段海斌等，仿生智能计算，科学出版社，2011
 - 马昌凤等，最优化计算方法及其MATLAB程序实现，国防工业出版社，2015
 - 学术论文40篇左右(见课程网站待更新)

最优化的意义

- 人类一切活动的本质?
 - ✓ 认识世界、建设世界
- 认识世界——建模
- 建设世界——优化
- 模型：概念模型、结构模型、数学模型、计算机仿真模型、实物模型
- 知识：人类对某个领域的现象和过程认识的模型
- 数学模型阶段：数学、力学、微观经济学等知识
- 概念模型阶段：哲学、社会学、心理学等知识

最优化的意义

- 人类一切活动的本质：认识世界、建设世界
- 认识世界是为了建设世界
- 建设世界需要先认识世界
- 建模是为了优化
- 优化离不开模型
- 实例：在一个地方建设水电站，首先需要认识河流的水文规律，对淹没损失、水坝造价、发电效益等综合考虑并建立数学建模，经过计算选择最优的建设方案，便可保证水电站建设的成功

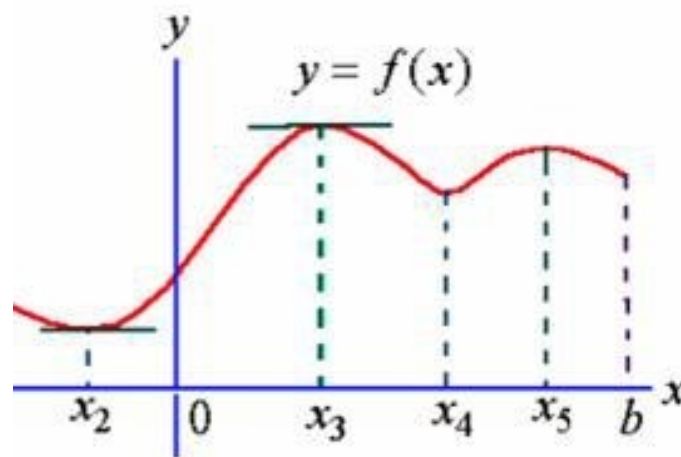
最优化的意义

- 最优化方法的发展
- 极值理论：最早的无约束函数优化方法（解析函数的发展）
- 拉格朗日乘子法：最早的约束优化方法
- 运筹学(Operation Research)：在用约束条件表述的限制下，实现用目标函数表述的某个目标的最优化。二战时期，英国为了最有效地利用有限的战争资源，成立了作战研究小组，取得了良好效果。战后，作战研究的优化思想被运用于运输管理、生产管理和一些经济学问题，形成了以线性规划、博弈论等为主干的运筹学。包括：线性规划、非线性规划、动态规划、博弈论、排队论、存储论等。

最优化的意义

● 极值理论：最早的无约束函数优化方法

求全局极值是最优化方法的目的。对于一元二阶可导函数，求极值的一种方法是求驻点，也就是求一阶导数为零的点。如果在驻点的二阶导数为正，那么这个点就是局部最小值；如果二阶导数为负，则是局部最大值；如果为零，则还需要进一步的研究。



最优化的意义

- 拉格朗日乘子法：最早的约束优化方法

目标函数： $f(x, y)$

限制条件： $\varphi(x, y) = M$

令 $g(x, y) = M - \varphi(x, y)$

定义新函数： $F(x, y, \lambda) = f(x, y) + \lambda g(x, y)$

列出方程： $\frac{\partial F}{\partial x} = 0, \frac{\partial F}{\partial y} = 0, \frac{\partial F}{\partial \lambda} = 0$

求出 x, y, λ 的值，代入目标函数便可得最优解

最优化的意义

- 运筹学：运筹帷幄之中，决胜千里之外

	I	II	资源限制
设备	1	1	300 台时
原料 A	2	1	400 千克
原料 B	0	1	250 千克
单位产品获利	50 元	100 元	

目标函数：

$$\text{Max } z = 50x_1 + 100x_2$$

约束条件：

s.t.

$$x_1 + x_2 \leq 300 \quad (\text{A})$$

$$2x_1 + x_2 \leq 400 \quad (\text{B})$$

$$x_2 \leq 250 \quad (\text{C})$$

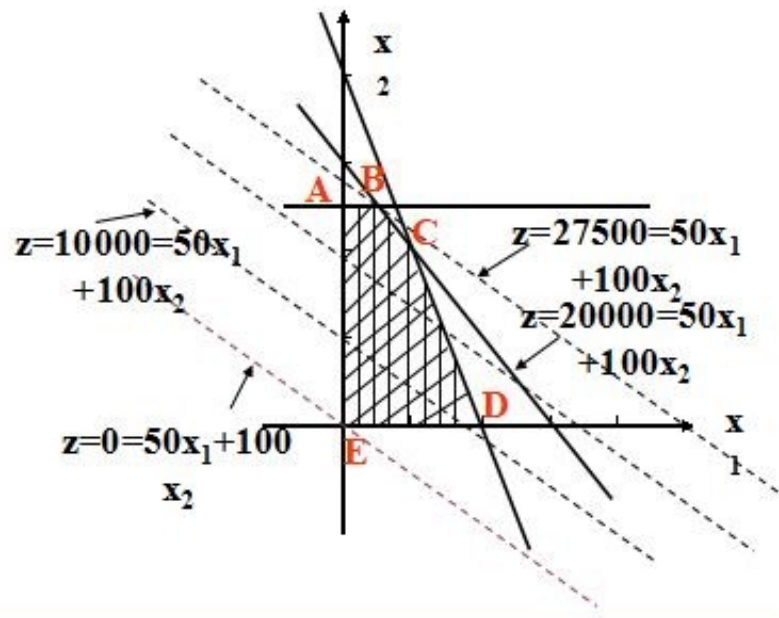
$$x_1 \geq 0 \quad (\text{D})$$

$$x_2 \geq 0 \quad (\text{E})$$

得到最优解：

$$x_1 = 50, \quad x_2 = 250$$

$$\text{最优目标值 } z = 27500$$



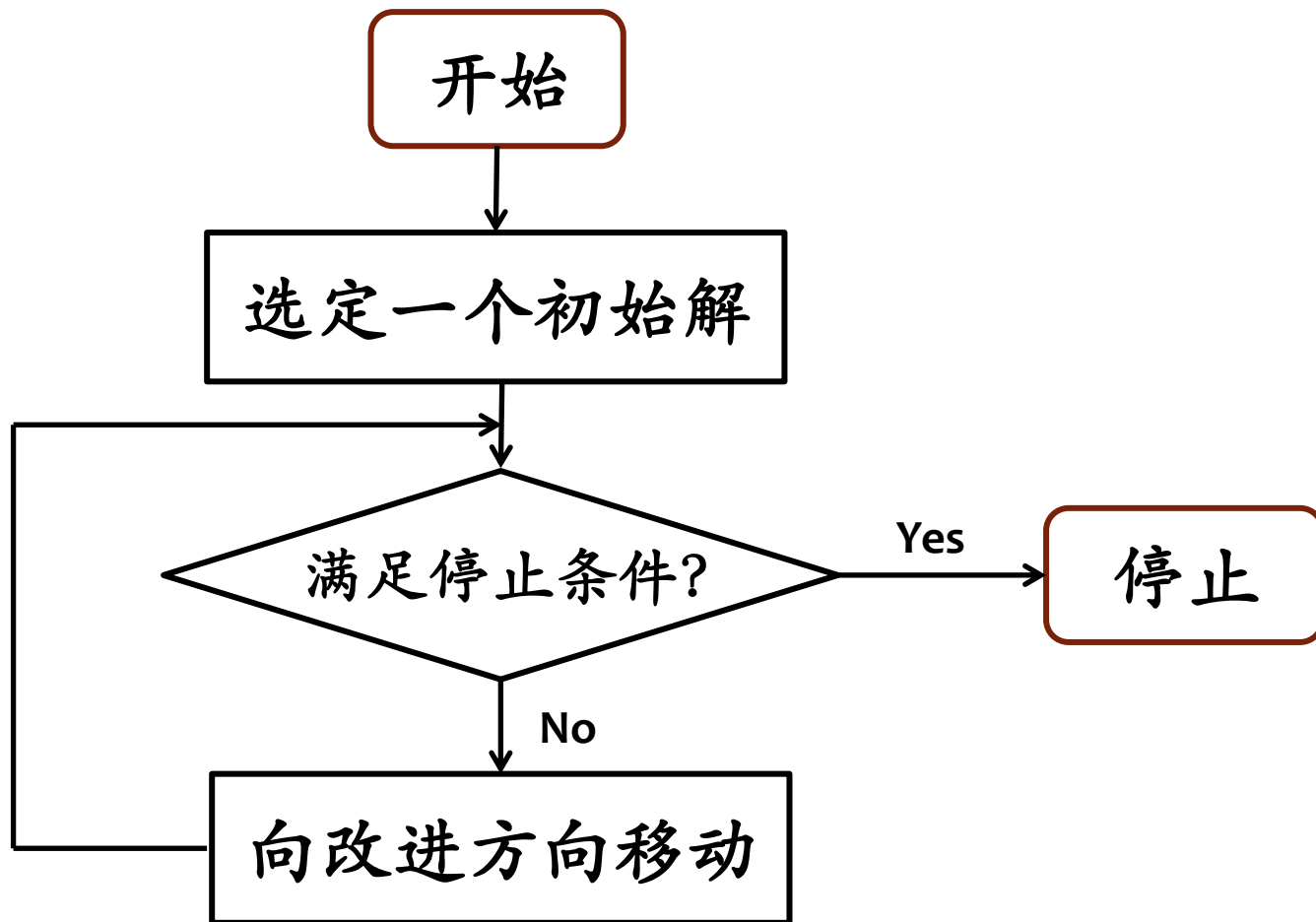
最优化的意义

- 在国计民生中的运用：运输计划、工厂选址、设备布置、生产计划、作业调度、商品定价、材料切割、广告策略、路径选择、工作指派...
- 在个人生活中的运用：家庭理财、职业选择、人生计划、作息安排等
- 最优化是人类智慧的精华
- 最优化水平的高低直接反映了一个人智力和受教育水平的高低.....



庐山瀑布汗

传统优化方法及其局限性



传统优化方法及其局限性

- 单点运算方式限制了计算效率的提高
 - ✓ 无法并行，限制计算速度和计算规模
- 向改进方向移动限制了跳出局部最优的能力
 - ✓ 每一步迭代都要有改进，丧失全局搜索能力
- 停止条件只是局部最优性的条件
 - ✓ 解的可行域凸集，目标函数凸函数，所得解才全局最优
- 对目标函数和约束函数的要求限制了应用范围
 - ✓ 通常要求是连续可微的解析函数，甚至要高阶可微

传统优化方法及其局限性

- “方法定向”(Method Oriented)
- 也即只能解决满足该方法适用条件的问题
- 例如：通常采用拟线性化或分段线性化将非线性问题转化成线性问题，再用线性规划方法解决
- 20世纪70年代前后，运筹学的发展出现了一个低谷期

对最优化方法的新需求

- 对目标函数和约束函数表达的要求须更宽松
 - ✓ 希望目标函数和约束函数不必是解析的，更不必连续和高阶可微，可以含有规则、条件和逻辑关系 -----非传统数学模型
- 计算的效率比理论上的最优性更重要
 - ✓ 传统方法追求理论最优性，实际中要求高效快速找到满意解
- 算法随时终止能够随时得到较好的解
 - ✓ 传统方法中途终止甚至无可行解，实际中要求能有较好解
- 对优化模型中数据的质量要求更加宽松
 - ✓ 传统方法基于精确数学描述，对数据的确定性和准确性要求高，实际中希望能对不确定数据甚至语言变量进行优化计算

智能优化方法发展历程

从“方法定向”转变为“问题定向”

- 遗传算法(Genetic Algorithms) [Holland 1975]
 - ✓ 模仿生物种群中优胜劣汰的选择机制，通过种群中优势个体的繁衍进化来实现优化的功能
- 禁忌搜索(Tabu Search)算法 [Glover 1977]
 - ✓ 将记忆功能引入到最优解的搜索过程中，通过设置禁忌区阻止搜索过程中的重复，提高寻优过程的搜索效率
- 模拟退火 (Simulated Annealing)算法 [Kirkpatrick 1983]
 - ✓ 模拟热力学中退火过程能使金属原子达到能量最低状态的机制，通过模拟的降温过程按波尔兹曼方程计算状态间的转移概率来引导搜索，使算法具备很好的全局搜索能力

智能优化方法发展历程

从“方法定向”转变为“问题定向”

- 人工神经网络(ANN) [Rumelhart 1986]
 - ✓ 从信息处理角度对人脑神经元网络进行模拟，人工神经网络是一种智能运算模型，由大量的节点(神经元)相互联接构成，每个节点包含一种指定的激励函数，每两个节点间的连接用权重来加权，权重通过一定的机制(如BP算法)来调整
- 蚁群优化(Ant Colony Optimization)算法 [Dorigo 1990]
 - ✓ 借鉴蚂蚁群体利用信息素相互传递信息来实现路径优化的机理，通过记忆路径信息素的变化来解决组合优化问题
- 粒子群优化 (Particle Swarm Optimization) [1995]
 - ✓ 模拟鸟类和鱼类群体觅食迁徙中，个体与群体协调一致的机理，来求解实数优化问题

智能优化方法发展历程

从“方法定向”转变为“问题定向”

- 百花齐放 [21世纪以来]

- ✓ 捕食搜索算法、人工生命算法、文化算法、烟花算法等等

- 一枝独秀 [Hinton 2006]

- ✓ 深度神经网络(Deep Neural Networks)

- 卷积神经网络(CNN) [Yann et al. 1989] [Krizhevsky et al. 2012]

- 生成对抗网络(GAN) [Goodfellow et al. 2014]

智能优化方法的特点

- 不以达到某个最优性条件或找到理论上的精确最优解为目标
- 对目标函数和约束函数的要求通常十分宽松
- 算法思想都是来自对某种自然规律的模仿，具有人工智能的特点
- 这些算法的理论工作相对薄弱，一般不能保证收敛到最优解，但是实用性强。

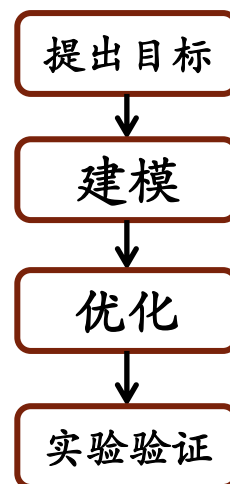
不同名称：现代启发式(Modern Heuristics)、高级启发式(Advanced Heuristics)、智能计算(Intelligent Computation)、智能优化算法(Intelligent Optimization Algorithms)、软计算(Soft Computing)、进化计算(Evolutionary Computation)、自然计算(Natural Computing)

经验之谈

- 积极思考如何将智能优化算法用于解决各类实际优化问题，并付诸实践
- 智能优化算法的改进有很大创新空间
- 可以考虑多种算法结合的混合算法
- 不用刻意追求理论上的完备性
- 注重算法性能的提升
- **初级目标：**学以致用，熟练掌握这个强大工具
- **终极目标：**创造新算法|创新应用发表top文章

个人经验之谈

- 从传统优化算法到智能优化算法
- 传统优化算法的应用实例讲解
- 智能优化算法的应用实例讲解



传统优化算法应用:

- [1] Z. Lian*, J. Xiao. Automatic Shape Morphing for Chinese Characters, **Siggraph Asia** 2012, Article no. 2 (Technical briefs), 2012
- [2] Z. Lian*, A. Godil, J. Xiao. Feature-preserved 3D Canonical Form, **International Journal of Computer Vision (IJCV)**, vol. 102, no. 1-3, pp. 221-238, 2013
- [3] J. Liu, Z. Lian*, J. Xiao. 3D Mesh Unfolding via Semidefinite Programming. **Eurographics 3DOR** 2017

智能优化算法应用:

- [1] Z. Lian*, P.L. Rosin, X. Sun. Rectilinearity of 3D meshes, **International Journal of Computer Vision (IJCV)**, vol. 89, no. 2-3, pp. 130-151, 2010
- [2] Z. Lian*, A. Godil, P.L. Rosin, X. Sun. A New Convexity Measurement for 3D Meshes, **CVPR** 2012, pp. 119-126, 2012