



最优化方法实
验
实验三：外罚
函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰
写

最优化方法实验 实验三：外罚函数法

教师

数学学院

July 1, 2023



目录

最优化方法实
验

实验三：外罚
函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰
写

1 实验简介

2 实验内容

3 实验步骤

4 课堂练习

5 实验报告的撰写



最优化方法实
验
实验三：外罚
函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰
写

1 实验简介

2 实验内容

3 实验步骤

4 课堂练习

5 实验报告的撰写



实验目的

最优化方法实
验
实验三：外罚
函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰
写

1. 通过上机利用Matlab数学软件进行外罚函数编程，并学会对具体问题具体分析；
2. 熟悉外罚函数并编制程序；
3. 培养Matlab编程与上机调试能力.



实验准备

最优化方法实
验
实验三：外罚
函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰
写

- 1 复习外罚函数算法；
- 2 熟悉Matlab软件的基本操作.



最优化方法实
验
实验三：外罚
函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰
写

1 实验简介

2 实验内容

3 实验步骤

4 课堂练习

5 实验报告的撰写



实验内容

最优化方法实
验

实验三：外罚
函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰
写

课堂上机实验演示：根据外罚函数算法编写程序，求解约束问题

$$\begin{array}{ll}\min & f(x) = (x_1 - 2)^4 + (x_1 - 2x_2)^2 \\ \text{s.t.} & x_1^2 - x_2 = 0.\end{array}$$



最优化方法实
验
实验三：外罚
函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰
写

1 实验简介

2 实验内容

3 实验步骤

4 课堂练习

5 实验报告的撰写



5.0 matlab 准备

最优化方法实
验
实验三：外罚
函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰
写

- (1) 以函数文件的形式定义目标函数及其梯度;约束条件及其梯度.
- (2) 定义外罚函数及其梯度. 如果使用(阻尼) Newton 法, 则需计算外罚函数的Hesse 矩阵; 如果使用拟Newton 法, 需用一个文件实现拟Newton 校正.
- (3) 一个共轭梯度法(或其它无约束优化算法)程序.



算法描述

最优化方法实验

实验三：外罚函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰写

Algorithm 1 外罚函数法(等式约束)

初始化：选取初始点 x_0 , 初始罚因子 σ_1 , 精度 $\epsilon_0 > 0$, $\epsilon > 0$.

计算罚函数 $P_0 = P(x_0, \sigma_1)$ 及梯度 $\nabla P_0 = \nabla P(x_0, \sigma_1)$. 令 $f_{stop} = 0$, $k = 1$.

while $f_{stop} = 0$ **do**

 以 x_{k-1} 为初始点,

$$\|\nabla P(x, \sigma_k)\| \leq \epsilon_1$$

 为终止条件, 求解问题

$$\min P(x, \sigma_k).$$

 (这里要求使用共轭梯度法求解). 设解为 $x_k = x_k(\sigma_k)$.

if $\|c(x_k)\| \leq \epsilon$ **then**

 令 $f_{stop} = 1$;

else

 令 $\sigma_{k+1} = 10\sigma_k$, $k = k + 1$.

end if

end while

输出: x_k .



5.2 定义罚函数及其梯度

最优化方法实
验
实验三：外罚
函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰
写

在定义罚函数之前，先要定义好目标函数，约束条件和它们的梯度. 目标函数及其梯度可按实验一、二的方法定义. 接下来介绍约束条件及其梯度. 设约束条件包含 m 个约束.

$$c(x) := \begin{pmatrix} c_1(x) \\ c_2(x) \\ \vdots \\ c_m(x) \end{pmatrix} = 0.$$



5.2 定义目标函数和梯度函数

最优化方法实验
实验三：外罚
函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰写

约束条件

```
function cx=func(x)
    cx=[c1(x);
        c2(x);
        ...;
        cm(x)];
end
```

约束条件的梯度

```
function gcx=gradc(x)
    gcx=[gc1 gc2 ... gcm];
end
```

其中, $gc1, \dots, gcm$ 分别是各个约束条件的梯度(列向量).



外罚函数及其梯度

最优化方法实

验

实验三：外罚
函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰
写

外罚函数

```
function px=funp(x,s)
    fx=funf(x);
    cx=func(x);
    px=fx+s*cx'*cx;
```

end

外罚函数的梯度

```
function gpx=gradp(x,s)
    gfx=gradf(x);
    cx=func(x);
    gc=gradc(x);
    gpx=gfx+2*s*gcx*cx;
```

end



5.3 用共轭梯度法求 $P(x, \sigma_k)$ 的最小值

最优化方法实
验

实验三：外罚
函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰
写

将实验二所写的共轭梯度算法应用与 $P(x, \sigma_k)$ 即可.



最优化方法实
验
实验三：外罚
函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰
写

1 实验简介

2 实验内容

3 实验步骤

4 课堂练习

5 实验报告的撰写



课堂实验任务

最优化方法实验

实验三：外罚函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰写

编写函数文件，实现外罚函数法. 求解

$$\begin{aligned} \min \quad & f(x) = \frac{3}{2}x_1^2 + x_2^2 + \frac{1}{2}x_3^2 - x_1x_2 - x_2x_3 + x_1 + x_2 + x_3 \\ \text{s.t.} \quad & x_1 + 2x_2 + x_3 - 4 = 0 \end{aligned}$$

备注：同学们也可以自行选择所要求解的例题.



最优化方法实验
实验三：外罚
函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰写

对于部分完成较快的同学，可以做如下的拓展问题

- (1) 改变精度，罚因子等参数，重新实验
- (2) 尽可能多的选取实验问题
- (3) 采用不同的无约束优化算法（建议：BFGS拟牛顿法）
- (4) 与MATLAB优化工具箱的结果进行比较（如MATLAB的fmincon 函数）
- (5) 选用非凸或者较为难解的问题进行实验



实验主要步骤

最优化方法实验

实验三：外罚函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰写

1. 熟悉Matlab中共轭梯度算法的常用命令；
2. 编写m文件以创建和保存各函数；
3. 运行程序，保存结果；
4. 撰写实验报告.



最优化方法实
验
实验三：外罚
函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰
写

1 实验简介

2 实验内容

3 实验步骤

4 课堂练习

5 实验报告的撰写



实验报告的撰写要求

最优化方法实

验

实验三：外罚
函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰
写

1. 写出实验课程名称, 实验人姓名和学号;
2. 写出实验目的及实验内容;
3. 写出实验过程及结果(程序代码及数值解), 尽量给出其图像;
4. 递交实验报告:
 - (1) 课程结束后1周内, 实验报告的电子版请发到 sonqiang@163.com, 标题和附件名称相同, 格式如下:
实验序号_学号_实验名称.rar
例: 实验3_××_外罚函数法.rar
 - (2) 笔试(结课考试)前, 实验报告的纸质版, 由班长或者学习委员, 按照每组同学收齐, 交给任课教师。
5. 务必独立自主地完成实验。



实验报告模板

最优化方法实
验
实验三：外罚
函数法

教师

目录

实验简介

实验内容

实验步骤

课堂练习

实验报告的撰
写

实验报告格式模板（见文件：实验报告模板.doc）