

【教学建模】课前编程热身练习说明

【课程简介】

数学建模是一门涉及到数学、计算、应用、优化、编程、软件等方面的综合性实践课程，也是未来从事科研工作及解决实际工程问题的基础。在下学期，我会通过授课及精心设计的作业等方式教会大家如下技能：

1. 数学建模的基本方法；
2. 科研方法的训练及科技论文的写作；
3. C++编程的基本能力；
4. Matlab/Mathematica软件使用；
5. Grasshopper软件使用；
6. 查找文献的基本方法等。

【课程主页】

http://staff.ustc.edu.cn/~lgliu/Courses/MathModeling_2023_spring-summer/default.htm

其中有课程的所有相关信息和资料。

【C++课前热身练习】

这门课程的实践性很强，需要你具有较好的C++编程能力及使用相关数学和算法软件的能力，每周的作业编程量也较大；需要你能够对算法、编程具有良好的兴趣和热情，并且能认真投入并实践，通过你自己的努力是能够在该学期内掌握较好的编程技巧及提高编程水平。该课的节奏会非常快，每周会有个编程作业，需要你们从一开始就全心投入。

为了能够在开学初很快适应该课的节奏，我建议各位在寒假期间就开始学习和打好C++编程的基础，如果你有C语言编程（面向过程编程）的能力，过渡到C++编程（面向对象编程）的习惯和能力的。为此，我布置了如下的课前热身的练习，并且也提供了参考代码供你参考和学习。

【C++课前热身练习的地址】

1. 面向对象编程基础：https://github.com/Ubpa/USTC_CG/tree/master/Homeworks/0_CppPractices
2. 窗口交互编程基础：https://github.com/Ubpa/USTC_CG/tree/master/Homeworks/1_MiniDraw

【提交时间】

2023年3月5日星期日晚（课程的第一课为3月10日星期五）

（作业提交方法在2月下旬会在课程主页上说明）

【C++热身练习1目标】

- * 学会使用GitHub来管理和维护作业代码
- * 学习使用 CMake 来搭建项目
- * 学习使用 Visual Studio 2019 进行编程，学会其 debug 工具来调试代码
- * 学习面向对象 C++ 编程，特别是类（class）的封装特性及构造函数、析构函数、函数重载、运算符重载等
- * 熟悉 C++ 指针、动态内存分配、预编译头机制等
- * 学习模板 template
- * 学习STL的 vector、list、map 等
- * 学习静态库 lib，动态库 dll 的编写

【C++热身练习的学习方法】

该热身练习1包含5个小练习，学习方法：

1. 访问课程主页及课程作业布置系统，了解各种信息；
2. 构建自己本地的GitHub项目，将热身练习 clone 到本地；
3. 学习使用VS 2019及CMake来搭建项目及进行C++编程；
4. 按照热身练习的要求一个一个地完成5个小练习；注意具体方法：

- * 认真阅读每个小练习的要求，独立地去做练习；
- * 做好一个练习，认为没问题后，再去看参考代码，并对比比较看看自己哪方面的理解和代码需要提高；
- * 完全理解该练习后，再开始做下一个练习。

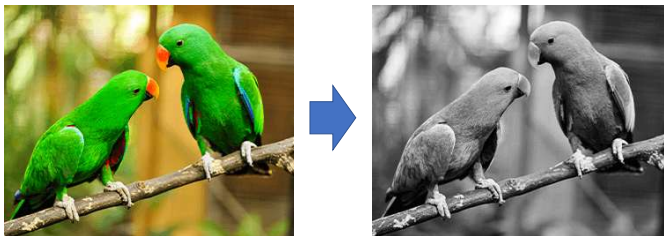
【附加】

对于有一定C++编程基础（完成热身练习较快）的同学，亦可同时学习下Matlab或Mathematica软件的使用。

《数学建模》第一次作业

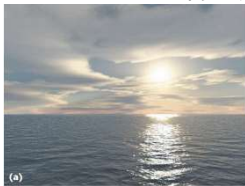
图像颜色变换

问题1：彩色图像灰度化 (Color2Gray)



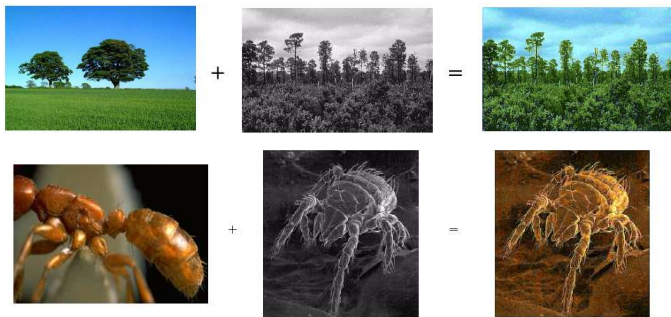
<https://www.rapidtables.com/convert/image/rgb-to-grayscale.html>
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5445596>
<https://users.cs.northwestern.edu/~ago820/color2gray/>

问题2：图像颜色风格迁移



Reinhard et al. Color transfer between images. IEEE CG&A, 2001.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/946629>

问题3：灰度图像上色



<https://zhuanlan.zhihu.com/p/202553515>

作业要求

- 要求：
 - “彩色图像灰度化”、“图像颜色风格迁移”、“灰度图像上色”三个图像处理问题之一（或多个）
 - 作业报告+程序代码
- 说明：
 - 关于三个问题网上有丰富的资源，可自行查找
 - 完成其中的1个或多个问题，或者完成其中1个问题的多种算法并进行比较
 - 鼓励有新想法或创新模型及解法
- 编程工具：C++，MATLAB，Python等均可
- 提交时间：2023年3月19日周日晚

图像处理框架 (C++版) 说明

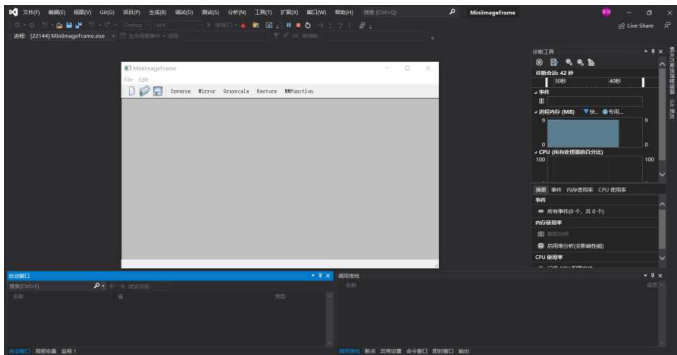
有关C++模板的使用说明：

首先大家需要下载Qt，下载的具体流程如下所示：

1. 下载链接为[Qt | Cross-platform Software Design and Development Tools](#)
2. 点击 "Downloads for open sources users" 的 "Go open source"（此时需要登录）得到下载器
3. 打开下载器，选择 Qt 5.12.2（注意其中应该包含MSVC 2019 64-bit）
4. 将 YOUR_PATH_TO/Qt5/msvc 2019 64/bin 加入到环境变量 Path 中
5. VS 2019 菜单栏->扩展->管理扩展，搜索 Qt，找到 Qt Visual Studio Tools 并安装（需退出 VS）
6. 安装 Qt Visual Studio Tools 成功后，重启 VS，菜单栏->扩展->Qt VS Tool->Qt Options，在弹出的窗口中：
 - a. Qt Versions 下选择 Add，添加 path 为 YOUR_PATH_TO/Qt5/msvc 2019 64
 - b. Legacy project format中将Ask before checking out files 选择 False

如果还出现问题，一检查右键工程->Qt->Qt project setting中是否将version选择为了步骤6.a中的version，二检查解决方案平台是否与你选择的Qt versions对应，例如x64的就用x64平台，否则就是x86。如果还出现问题，诉诸谷歌或者群里提问。

如果运行成功，会出现如下的界面：



MinilmageFrame框架说明:

首先需要明确的是大家C++也没有必要一定使用老师提供的模板，可以直接使用OpenCV进行处理，但同样需要配置环境，大家视自身情况决定。

拿到框架之前记得Qt已经下载过来了，直接打开工程文件MinilmageFrame.sln

.vs	2023/3/11 20:20	文件夹	
MinilmageFrame	2023/3/11 20:52	文件夹	
x64	2023/3/11 20:52	文件夹	
MinilmageFrame.sln	2023/3/11 11:37	Visual Studio Sol...	2 KB
MinilmageFrame	2021/3/12 19:55	Visual Studio Sol...	22 KB
MinilmageFrame.v11	2014/4/8 19:34	Visual Studio Sol...	39 KB

将工程中的环境按照之前的Qt流程6进行配置运行。

整个框架主要有三个类，在这里做简要说明：

1.Cimage类

```
class CImage(  
public:  
    CImage(QImage *ptr_image_),  
    int GetWidth(),  
    int GetHeight(),  
    QRgb GetPixelAt(int x, int y),  
    void SetPixelAt(int x, int y, QRgb c),  
    bool 判断Function(),  
    ~CImage(void),  
    //...  
private:  
    int Image_Width,  
    int Image_Height,  
    QImage *ptr_图像_  
    //...  
];
```

这是我们自己的图像类，事实上就是从Qt的图像类的Qimage中进行像素的读取与写入，图像放在了ptr_MMimage_中

整个框架主要有三个类，在这里做简要说明：

2. ImageWidget类

```
class ImageWidget :
public QWidget
{
    Q_OBJECT
public:
    ImageWidget(void);
    ImageWidget(void);
protected:
    void paintEvent(QPaintEvent *palevent);
public slots:
    // File IO
    void Open(); // Open an image file, support ".bmp, .png, .jpg" format
    void Save(); // Save image to current file
    void SaveAs(); // Save image to another file

    // Image processing
    void Invert(); // Invert pixel value in image
    void Mirror(bool horizontal=false, bool vertical=true); // Mirror image vertically or horizontally
    void TurnGray(); // Turn image to gray-scale map
    void Restore(); // Restore image to origin
    void MirrorFunction();
private:
    QImage *ptr_image; // image
    QImage *ptr_image_backup;
};

// 主要的实现接口，同学们需要在这里实现TurnGray等算法
```

窗口界面上的调用函数在ImageWidget中实现，类似Mirror，TurnGray，以及需要自己实现的风格迁移算法都会在这里实现

整个框架主要有三个类，在这里做简要说明：

3. MainWindow类

```
17 class MainWindow : public QMainWindow
18 {
19     Q_OBJECT
20
21 public:
22     MainWindow(QWidget *parent = 0);
23     MainWindow();
24
25 protected:
26     void closeEvent(QCloseEvent *e);
27     void paintEvent(QPaintEvent *painter);
28
29 private slots:
30
31 private:
32     void CreateActions(); // 将实际的操作与变量进行连接的函数，例如在MainWindow中写的image操作与此处变量action_gray进行链接
33     void CreateMenus(); // 添加窗口菜单，菜单中有new, open, save等操作
34     void CreateToolBar(); // 添加工具栏，工具栏中有turn_gray, insert等对图像的操作
35     void CreateStatusBar();
36
37 private:
38     Ui::MainWindowClass ui;
39
40     QMenu *menu_file_;
41     QMenu *menu_edit_;
42     QMenu *menu_help_;
43     QToolBar *toolbar_file_;
44     QToolBar *toolbar_edit_;
45     QAction *action_new_;
46     QAction *action_open_;
47     QAction *action_save_;
48     QAction *action_saveas_;
49     QAction *action_lower_;
50     QAction *action_mirror_;
51     QAction *action_gray_;
52     QAction *action_restore_;
53     QAction *action_help_question_;
54     QImageWidget *imageWidget_;
55
56
57 #endif // MainWindow_H
```

控制我们可以看到的窗口长相的类，大家可以在这里效仿已提供函数内的写法写自己的按钮

《数学建模》第二次作业

基于矩阵分解的图像处理

作业2：基于矩阵分解的图像处理

- 要求：如下任务2选1
 - 任务1：基于矩阵SVD分解的图像压缩
 - 任务2：基于矩阵低秩分解的图像修复
- 提交
 - 作业报告，包括：数学模型、测试结果、实验分析等
- 提交时间：2023年4月9日周日晚

参考文献: SVD

- <https://zhuanlan.zhihu.com/p/36546367>
- <https://zhuanlan.zhihu.com/p/29846048>
- <https://www.zhihu.com/question/22237507>
- <https://zhuanlan.zhihu.com/p/360980054>
- https://math.mit.edu/classes/18.095/2016IAP/lec2/SVD_Notes.pdf

参考文献: Low rank

- Robust PCA
 - Emmanuel J. Candès, Xiaodong Li, Yi Ma, John Wright. Robust principal component analysis? Journal of the ACM, 58 (3), 2011.
 - <https://arxiv.org/pdf/0912.3599.pdf>
 - <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1970392.1970395>
 - <https://proceedings.neurips.cc/paper/2009/file/c45147dee729311ef5b5c3003946c48f-Paper.pdf>
- Repairing Sparse Low-rank Texture
 - Xiao Liang, Xiang Ren, Zhengdong Zhang, and Yi Ma, European Conference on Computer Vision (ECCV), October 2012.
 - https://people.csail.mit.edu/zhangzd/papers/recover_low-rank_texture_final.pdf
- TILT: Transform-Invariant Low-rank Textures,
 - Zhengdong Zhang, Arvind Ganesh, Xiao Liang, and Yi Ma, Volume 99, Number 1, page 1-24, the International Journal of Computer Vision (IJCV), August 2012.
 - <https://arxiv.org/pdf/1012.3216.pdf>

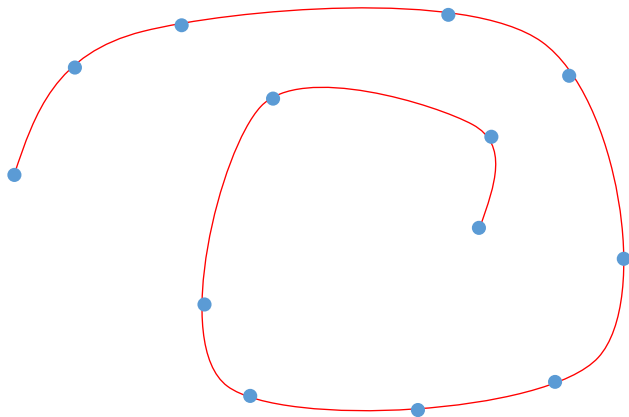
作业3：数据拟合模型

作业要求

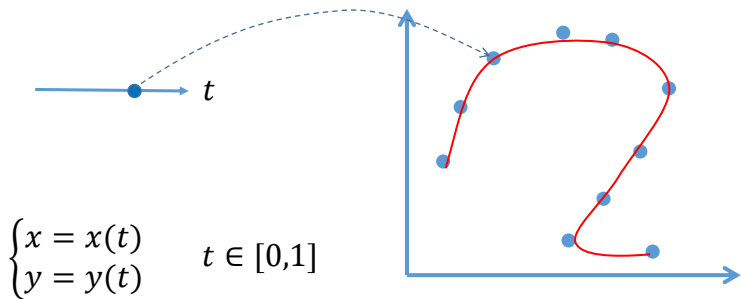
- 任务：以下2选1
 - 平面点列的曲线拟合
 - 使用神经网络进行昆虫分类
- 目标
 - 学习和实现数据拟合的数学模型并进行可视化
- 提交时间：
 - 2022年4月30日星期日

Option 1: 平面点列的曲线拟合

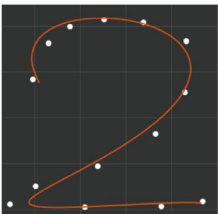
问题：平面点列的插值曲线



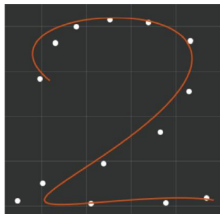
求点列的参数



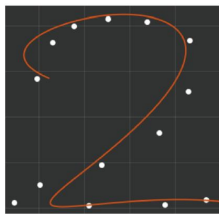
曲线拟合



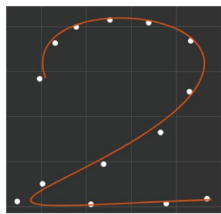
弦长参数化



中心参数化

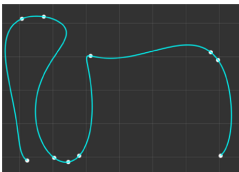


均匀参数化

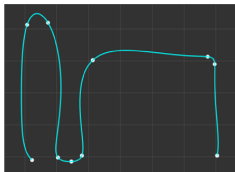


Foley-Nielsen 参数化

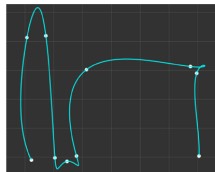
曲线拟合



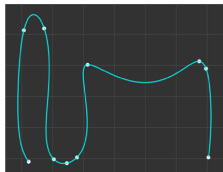
弦长参数化



中心参数化

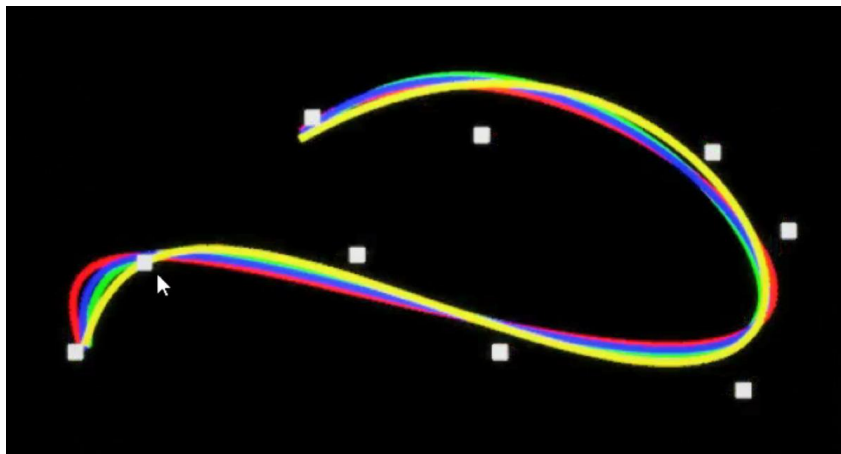


均匀参数化



Foley-Nielsen 参数化

不同的拟合曲线比较



作业要求

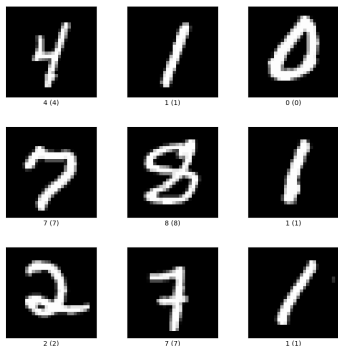
- 可尝试使用不同函数实现拟合模型，并进行比较
- 常用函数类型：多项式函数、RBF函数、神经网络函数...

Option 2: 使用神经网络进行昆虫分类

“hello, world”热身练习

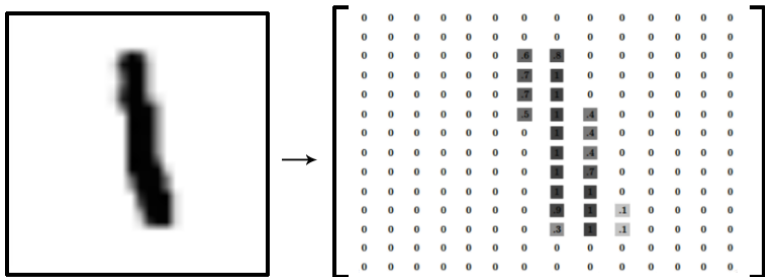
初次接触并学习神经网络

手写数字识别



- Minist:分为2部分, 60000个的训练数据集与10000个的测试数据集。(测试集的前5000个示例来自原始的NIST训练集。最后的5000个来自原始的NIST测试集。前5000个比后5000个更容易。)
- <http://yann.lecun.com/exdb/mnist/>
- <https://tensorflow.google.cn/datasets/catalog/mnist>

- 每个图片 $28 \times 28 = 784$ 个像素，训练数据集为[60000,784]
- 每个图的标签为0-9的one-hot编码，例如[0,0,0,0,1,0,0,0,0,0]，标签为[60000,10]



资源

- Tensorflow 或者PyTorch进行训练
- Tensorflow :
<https://tensorflow.google.cn/install/pip>
- PyTorch: <https://pytorch.org/get-started/locally/#windows-installation>
- 或者使用Anaconda一键式安装
- 考虑到有些同学的机器配置较低，可以不需要使用GPU进行训练，例如Tensorflow 可以只安装CPU版本

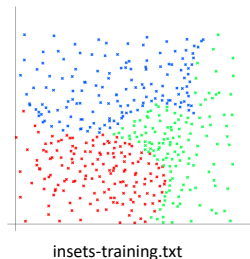
昆虫分类问题

- 生物学家对某昆虫进行研究，发现该昆虫具有3个不同的属性，即可分为3类，依据的资料是体长和翼长。
- 相关数据文件在目录\insects下，数据格式为：
 - 每一行 (x,y,label): x为体长值，y为翼长值，label为所属类别0/1/2

```
*.txt  
0.822451 1.073889 0  
0.887051 1.538393 0  
...  
...  
2.380318 0.034133 2
```

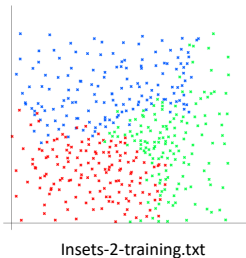
数据集1

- insects-training.txt 为生物学家所鉴定的分类结果，作为训练集
- insects-testing.txt 作为测试集，其中数据可分为两部分来进行测试：
 - 前60个为从训练数据中随机抽取的
 - 后150个为不在训练数据集的新数据



数据集2

- insects-2-training.txt 为生物学家所鉴定的分类结果，作为训练集
- insects-2-testing.txt 作为测试集，其中数据可分为两部分来进行测试：
 - 前60个为从训练数据中随机抽取的
 - 后150个为不在训练数据集的新数据



【注】inset-2为在测量昆虫体征时带有部分误差（噪声）

作业要求

- 利用神经网络来对昆虫进行学习分类
- 可测试不同的网络结构、不同的激活函数对结果的影响
- 分析神经网络模型方法的影响因素及性能

作业4：微分方程模型

Option 1: 人口模型

(参考课本第30章)

• 观察:

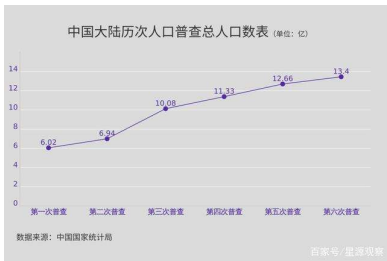
- 最新的第七轮全国人口普查已于2020年结束
- 2021年: 中国人口自1949年首次下降, 低于十四亿
- 国家开放三胎政策, 大城市的家庭的小孩数平均数低于2个

• 分析:

- 中国人口的模型
 - 传统的人口模型是否适用?
 - 是否有新的人口模型?
- 新的影响因素有哪些?
- 会造成哪些后果?

• 预测:

- 尝试对未来十年中国人口的预测
- 并提出改进的建议

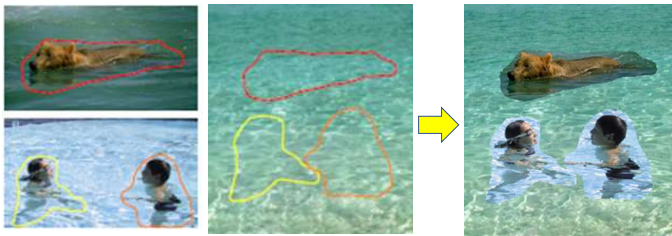


Option 2: 传染病模型

(参考课本第29章)

- 观察：
 - 新冠病毒已经肆虐全球三年多，很多国家反复多次
 - 现在新冠病毒毒性大大减弱，将与人类长期共存
- 分析：
 - 传统的传染病模型是否适用？
 - 新的影响因素有哪些？
 - 会造成哪些后果？
- 预测与建议：
 - 新冠疫情的2020-2022年及以后的预测
 - 人类将如何与新冠病毒长期共存？

Option 3: Poisson 图像融合



- 时间有限：
 - 交互：交互矩形区域
 - 应用：可只做融合，其他应用可选
 - 大型稀疏方程组求解：使用Eigen库 (C/C++)
- 参考文献：
 - Perez et al. Poisson image editing. Siggraph 2003.
 - <https://www.cs.jhu.edu/~misha/Fall07/Papers/Perez03.pdf>

作业要求

- 3选1
- 使用微分方程模型来建模、求解、分析问题
- Options 1&2 可参考互联网内容和数据

Deadline

- 2023年5月14日星期日

期末大作业

可选问题1：数码相机定位

- 输入：使用手机绕着物体拍摄若干照片
- 输出：手机相机的定位及被拍物体的三维点坐标
- 参考：课本第4章



可选问题2：山体内部空洞结构测量

- 参考课本第11章“实践与思考”题1

可选问题3：受灾巡视

- 参考课本第13章“实践与思考”题1

可选问题4： 烟囱灰尘扩散问题

- 参考课本第27章“实践与思考”题

可选问题5：洪水模型

- 参考课本第28章“实践与思考”题

作业要求

- 5选1
- 相关数据可以是实际数据（来自互联网），也可以由计算机来模拟生成的
- 参考数学建模竞赛的规范论文（参考往年竞赛论文模板）
- 组队合作（队员不超过3人）
 - 队员名单第一人为该组组长
 - 同一队得分一致
 - 组队合作Tips：队长组织协调、讨论、分工、时间节点把控等

上传文件命名规则

- **【文件命名】** 以组队合作的成员姓名进行命名
- **【文件上传】** 由队长负责进行上传（其他非队长成员不用上传）
- **【分工情况】** 作业报告中须说明队员的分工情况

- 文件命名例子：
 - 1人独立完成：01_张三_Homework6.zip
 - 2人合作完成：02_李四_01_张三_Homework6.zip
 - 3人合作完成：03_王五_01_张三_02_李四_Homework6.zip

Deadline

- 2023年5月28日星期日