

MATLAB GUI 在数值分析学习中的应用

于海洋

April 23, 2020

摘要:

MATLAB 作为现在理工科常用的一种科学计算语言，在处理数学问题上有很大的优势，本文设计了 GUI 界面，此界面可以用来处理函数插值问题，数值积分问题，解线性方程组问题，ODE 数值解问题，对每种问题给出了 3-5 个算法，然后应用此界面，对相应问题的几种算法进行分析，加深对不同算法的理解。

目录

摘要	1
1 引言	3
1.1 GUI 介绍	3
1.2 制作目的	3
2 MATLAB-GUI 界面能实现的具体功能	3
3 两大基本问题	4
4 通用的关键程序	6
4.1 Handles 结构体	6
4.2 str2double 函数	7
4.3 errordlg 对话框	8
5 具体实现	8
5.1 函数插值	8
5.2 ODE 数值解	9
5.3 数值积分	12
5.4 线性方程组	13
6 结论	13
7 参考文献	13

1 引言

1.1 GUI 介绍

图形用户界面简称 GUI, 又称图形用户接口, 是指用图形方式显示的计算机操作用户界面。图形用户界面是一种人与计算机通信的界面显示格式, 允许用户使用鼠标等输入设备操纵屏幕上的图标或菜单选项, 以选择命令、调用文件、启动程序或执行其它一些日常任务。GUI 即人机交互图形化用户界面设计。它极大地方便了非专业用户的使用。人们从此不再需要死记硬背大量的命令, 取而代之的是可以通过窗口、菜单、按键等方式来方便地进行操作。而嵌入式 GUI 具有下面几个方面的基本要求: 轻型、占用资源少、高性能、高可靠性、便于移植、可配置等特点。

1.2 制作目的

MATLAB 作为一种科学计算语言, 在理工科乃至更多实际工作中应用广泛, 结合自己在学习数值分析中的体验, 发现将数值分析中的算法进行 MATLAB 编码, 将理论分析转化为实际可行的操作是必不可少的一环, 各大高校也多将数值分析与计算实习作为搭配课程, 一同讲授; 在课后进行数值分析具体题目练习的时候, 由于计算量较大, 和对自己知识掌握的不确定性, 我们往往无法判断自己求解的正确与否, 设计一个包含函数插值、数值积分、线性方程组求解、ODE 数值计算的 GUI 界面, 会为同学们在数值分析的学习中提供诸多便利, 便于查错、纠错、直观理解算法; 做这个 GUI 界面另一个目的是要用 MATLAB 进行数值计算求解具体问题, 需要掌握 MATLAB 的语法和数值分析中的算法, 这对与非信息与计算科学的其他专业来说掌握这些需要额外花费时间与精力, 若能将 Matlab 的可开发的 GUI 功能结合数值计算中的典型算法构造开放式的用户界面, 只需输入相关数据, 按鼠标就可以完成复杂的计算, 并可以得到可视化的计算结果. 这对整个理工科大学甚至相关人员都会带来巨大便利。

2 MATLAB-GUI 界面能实现的具体功能

1. 函数插值, 具体插值方法有: 三次样条插值、分段线性插值、线性插值、Newton 差值。

2. 数值积分，具体方法有：Gauss-Latatto 法、Simpson 公式、梯度公式、Gauss 求积公式、Romberg 积分法。

3. 线性方程组求解，具体方法有：Jacobi 迭代法、Gauss-Seidel 迭代法、共轭梯度法、最速下降法、极小残量法。

4. ODE 数值计算，具体方法有：4 阶 Runge-Kutta 法、Adams 算法、梯形算法、2 阶 Rosenbrock 算法、改进 Euler 算法。

3 两大基本问题

1.fig 文件页面排版的设计，具体包括用什么样的控件以及控件的整体分布情况。

本程序所应用的控件有：

静态文本：在检查器中输入好文字则不可改变，主要用于对使用者进行关键字的提醒，便于更好的使用。可编辑文本：在文本框中对数据进行输入，部分文本提前设置 String，作为对输入格式的提醒。

按钮组和单选按钮：两者配在一起使用，可以方便对同一问题的不同算法的选择。

坐标轴：用于函数差值图像和 ODE 数值解图像的显示，使其更加直观。

列表框：用于显示所求结果。

按钮：相当于一个触发动作，鼠标点击按钮，调用回调函数对事件进行处理。

主界面及四个分界面图示：



主页面



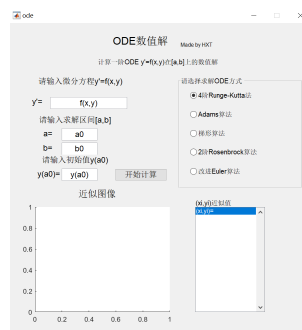
分界面（函数插值）



分界面（数值积分）



分界面（线性方程组的求解）



分界面（ODE 数值解）

2.m 文件的编写，重点是对回调函数（Callback）的编写

可以在 GUI 设计页面，即 fig 界面上双击所要编写的控件，调出检查器，在检查器中点击 Callback，跳转到 m 文件中即可对相应回调函数进行编写。

关键程序：

m 文件中对分界面调用函数

1、set(0,'currentfigure',interpolation);

（对函数插值页面的调用）2、set(0,'currentfigure',integration);

（对数值积分页面的调用）

3、set(0,'currentfigure',linear_solve);

（对解线性方程组页面的调用）

4、set(0,'currentfigure',ode);

（对 ODE 数值解问题问题的调用）

4 通用的关键程序

4.1 Handles 结构体

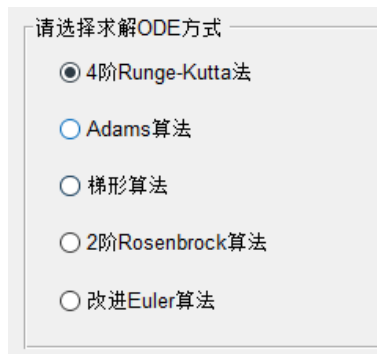
```
57 - handles.way=1; %对应选择算法的变量
58   % Update handles structure
59 - guidata(hObject, handles);
```

Handles.way 不同的值用不同的算法

```
function radiobutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to radiobutton2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle state of radiobutton2
handles.way=1;
guidata(hObject, handles);
```

按下第 i 个按钮就把 handles.way 变成 i 这里有 5 个按钮



handles 结构体是一个以 GUI 中所有控件的 Tag 属性为字段的结构体，每个字段的取值就是对应控件的句柄，同一个.fig 下的所有控件，均可挂在 handle 下。

1 添加新的字段并赋值

handles.something = X;

Something 可以自定，X 为需要保存的值；

2 更改变量属性：

set(handles.something, ' ', ' ');

3 保存数据：

guidata(hObject,handles);

hObject 是执行回调控件对象的句柄。

4.2 str2double 函数

```
a=str2double(get(handles.edit3,'String'));  
b=str2double(get(handles.edit4,'String'));  
fa=str2double(get(handles.edit5,'String'));
```

功能是将用户在 gui 上输入的字符串转化成数值

X = str2double('str')

str 是一个 ASCII 字符串表示的实数或复数，这种调用格式把字符串转换成数值。

X = str2double(C)

把元组 C 中所有字符串都转换为双精度数值。返回一个和 C 具有同样尺寸的矩阵。

4.3 errordlg 对话框

当用户未输入数据或数据输入非可计算值时自动弹出的对话框。

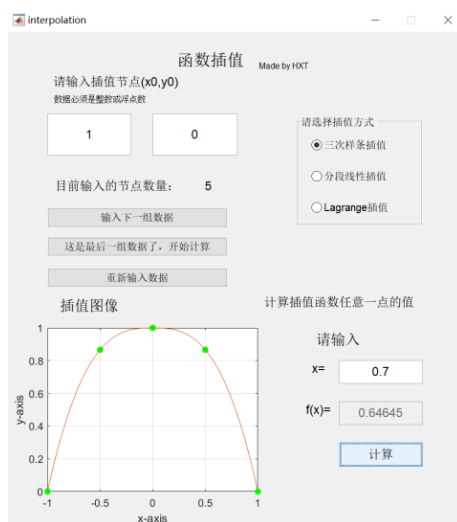
```
237 - | if isnan(a)||isnan(fa)||isnan(b)
238 - |     errordlg('a, b, y(a0) must a value.','Bad Input','modal')
239 - |     return
```

检查用户是否输入了一个数值 (如果用户把 a 的值输入非数值, 例如 '23sd48', 则会报错)

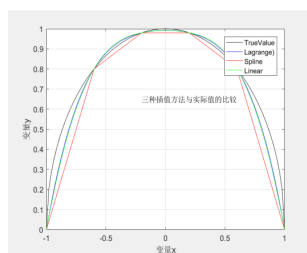
5 具体实现

5.1 函数插值

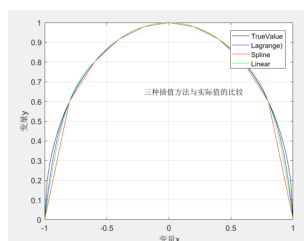
以函数插值为例对 $y = \sqrt{1 - x^2}$ 进行函数插值



1. 图一和图二分别是对 5 个和 10 个等距节点进行的函数插值和原函数的图像, 发现增加节点会提高插值的精确度, 且当差值节点较少时, 分段线性插值的插值效果不佳。具体计算个算法误差来比较不同算法的精度:



图一



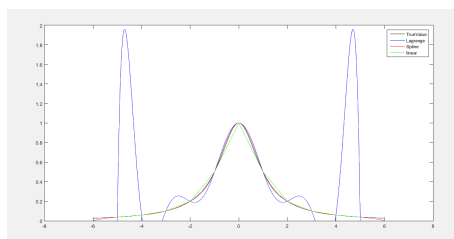
图二

定义 $h = \frac{\sum(f_1 - f_2)^2}{n}$ 为误差的均方差，其中 n 是选取的差值点的数目， f_1 是插值点的函数值， f_2 是被插值点的函数值，比较不同算法对应的 h 的大小，从而比较插值算法的优劣。

在 5 等距节点的情况下， $h(\text{Lagrange})=0.0043$; $h(\text{分段插值})=0.0196$; $h(\text{三次样条})=0.0058$ 。即 Lagrange 插值优于三次样条插值优于分段插值。增加节点数目，在 10 节点的情况下， $h(\text{Lagrange})=0.00062$; $h(\text{分段插值})=0.0012$; $h(\text{三次样条})=0.0035$ 。精度都有明显提高。

2. 对龙格现象的分析:

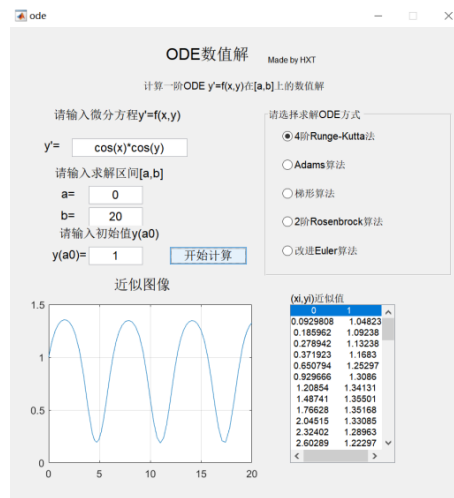
对 $y = \frac{1}{1+x^2}$ 在 $[-6, 6]$ 上做插值得到如下图像:



分析当用 Lagrange 插值法出现龙格现象的时候，另外两种插值方法插值效果较好，猜想在以后的插值选取时，对容易出现龙格现象的函数，可以优先考虑其他算法

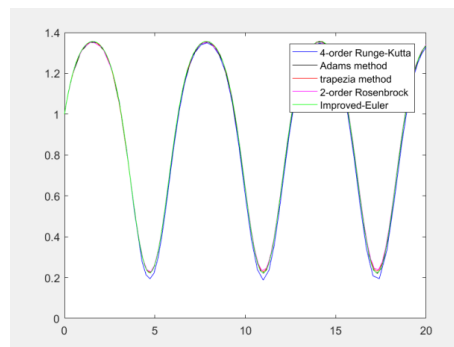
5.2 ODE 数值解

$$\text{以 } \begin{cases} y' = \cos x \cos y \\ y(0) = 1 \end{cases} \text{ 为例}$$



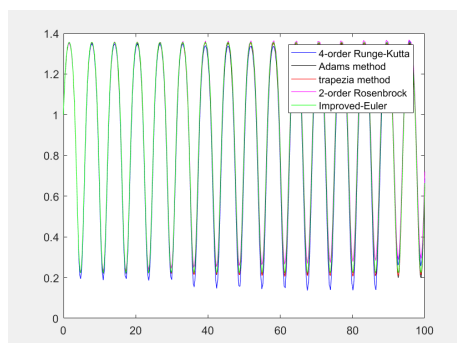
将 5 种方法所得图像放在一起比较：

(1) 当 $x \in [0, 20]$



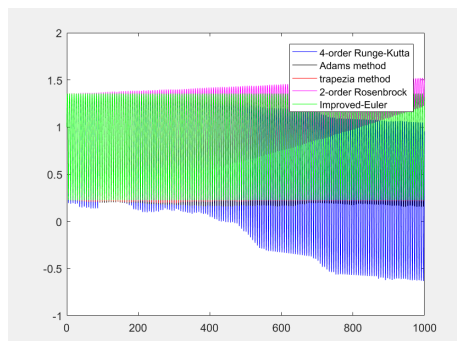
5 种方法得到的数值解图像基本重合

(2) 当 $x \in [0, 100]$



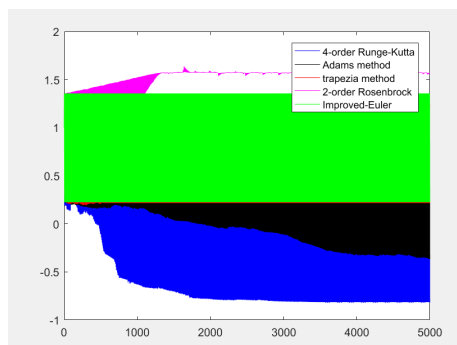
图像重合度不佳，有肉眼可见的明显误差

(3) 当 $x \in [0, 1000]$



重合度很差，扩大 x 的范围，想看看是否有更为严重的偏差

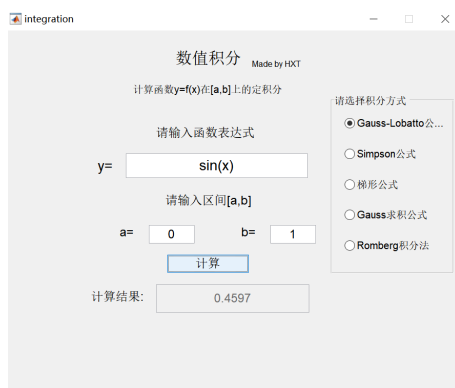
(4) 当 $x \in [0, 5000]$



图像重合度极差，算法不可使用，分析原因可能是当 x 趋于无穷，解的稳定性的问题；算法绝对稳定域的问题，超过算法绝对稳定域，算法稳定性

不能保证。

5.3 数值积分



用积分算法来计算 $y = \cos x$ 在 $[0, 1]$ 上的积分

Gauss-Labatto: 0.84147

Simpson 公式: 0.84147

梯形公式: 0.8413

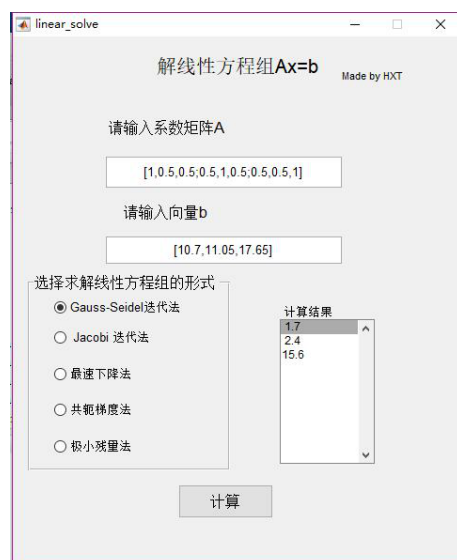
Gauss 求积公式: 0.84147

Romberg 算法: 0.84147

$$\int_0^1 \cos x dx = \sin x \Big|_0^1 = \sin 1 = 0.8414709$$

结果表明, 除梯形公式外, 其他四种积分方法都有较高精度, 梯形公式在小数点第四位与真解出现误差这也符合我们所学理论, 梯形公式的代数精度为 1, 在实际计算中得到的结果比较粗糙。

5.4 线性方程组



6 结论

1、基于数值分析的 MATLAB GUI 实现，有利于同学对数值分析中具体算法的理解，提高同学们编码的能力，将数学转化到应用的层面，提高动手能力和对实际问题的解决能力，通过 GUI 平台求解和实践数值分析中的经典问题和算法，不仅对算法有更深刻的理解更体会到数学在社会各领域和各行业中的应用，提高同学们学以致用用的能力。

2、此 GUI 界面有利于数值分析的学习，特别是针对大学生，刚接触这门学科，可以直接使用，来得到插值后的图像，ODE 数值解的图像，提升同学们的兴趣，对部分类型的课后习题，同学们可以用此界面进行计算，便于对算法的练习，有利于自身对数值分析这门课能力的提高。

7 参考文献

- [1] 兰红，田进，李淑芝，刘立辉. 浙江理工大学学报.(2014)03-0079-06.
- [2] 高红兵.GUI 可视化功能在求解线方程组中应用研究. 技术创新.
- [3] 刘芳. 基于常微分方程数值解的 GUI 设计. 电脑知识与技术.(2015)14-0223-02.

- [4] 曾庆雨, 田娅, 刘向虎, 徐梅. 常微分方程的 GUI 仿真教学研究. 现代交际.(2016)08-0196-02.
- [5] 耿爱成. Matlab 在三次样条函数教学中的应用. 沈阳工程学院基础数学部, 沈阳, 110136.
- [6] 陈丽红, 周志刚. MATLAB GUI 在数值分析课程教学中的应用. 电脑知识与技术.(2012)13-3140-03.
- [7] 张建斌, 赵静, 徐晓晴. 基于 Matlab-GUI 的数值积分界面设计. 实验室研究与探索.2017,1.
- [8] 张兆辉, 任敏. 基于 MATLAB 的数值分析实验系统设计. 河北北方学院学报 (自然科学版).2017.9.
- [9] 于陆洋, 卢仁洋. 基于 MATLAB 的数值分析实践教学. 当代教育实践与教学研究.2017-02-0076.