

基于 MATLAB GUI 的图像处理系统的设计

孙鹏巍^{1,2}, 王 俊³, 王树军^{1,2}, 李亚丽^{1,2}, 徐平平^{1,2}

(1. 南京工业大学浦江学院 计算机与通信工程学院, 江苏 南京 211200;

2. 东南大学 移动通信国家重点实验室, 江苏 南京 210096;

3. 福州大学 电气工程与自动化学院, 福建 福州 350108)

摘 要: 数字图像处理课程涉及面广, 需要掌握的知识多, 但是目前现有的数字图像处理实验系统内容繁多, 结构比较复杂, 传统的直接在命令行进行编程的方法在教学直观性方面表现较差, 学生很难深入研究并理解其中的原理, 不适合学生进行初级阶段的学习。因此为了提高学生对“数字图像处理”课程的学习兴趣, 提高老师的教学质量, 在 MATLAB 环境下, 利用图形用户接口 (graphic user interface, GUI) 设计并开发了这一图像处理演示系统。系统涵盖了数字图像处理课程的主要内容, 分别为图像变换、图像增强、图像滤波、边缘检测和图像分割等五大部分, 实现了图像处理的可视化操作, 另外该系统创建了算法可视栏, 将抽象的代码进行集成对比, 让学生可以更直观地看到代码对图像处理的过程。该实验平台界面友好, 可交互性强, 学生可根据需求进行代码的修改。设计结果表明, 该系统对图像的处理效果良好, 化抽象为直观, 可以起到更好地辅助教师授课、帮助学生学习的作用。

关键词: 数字图像处理; 演示系统; 算法可视栏; MATLAB; 图形用户接口

中图分类号: TP317.4; G434

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2022)04-0215-06

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2022.04.037

Design of Image Processing System Based on MATLAB GUI

SUN Peng-wei^{1,2}, WANG Jun³, WANG Shu-jun^{1,2}, LI Ya-li^{1,2}, XU Ping-ping^{1,2}

(1. School of Computer and Communication Engineering, Pujiang College, Nanjing Tech University,

Nanjing 211200, China;

2. National Mobile Communications Research Laboratory, Southeast University, Nanjing 210096, China;

3. School of Electrical Engineering and Automation, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: Digital image processing courses cover a wide range of areas and need to master a lot of knowledge. However, the existing digital image processing experimental systems have many contents and complex structures. The traditional method of programming directly on the command line is poor in terms of intuitive teaching, and it is difficult for students to deeply study and understand the principles, which is not suitable for students to study in the primary stage. Therefore, in order to improve the students' interest in the course of digital image processing and improve the teaching quality of teachers, under the environment of MATLAB, the image processing demonstration system is designed and developed by using graphical user interface (graphic user interface, GUI). The system covers the main contents of the digital image processing course, which is divided into five parts: image transformation, image enhancement, image filtering, edge detection and image segmentation, and realizes the visual operation of image processing. In addition, the system creates an algorithm visual bar to integrate and compare the abstract code, so that students can see the process of image processing more intuitively. The experimental platform has a friendly interface and strong interaction, and students can modify the code according to their needs. The design results show that the system is effective on image processing, abstraction into intuition, and can play a better role in assisting teachers to teach, help students to learn.

Key words: digital image processing; demonstration system; algorithm visual column; MATLAB; graphical user interface

收稿日期: 2021-04-08

修回日期: 2021-08-10

基金项目: 国家自然科学基金(61871133); 工业物联网与网络化控制教育部重点实验室(2019FF09); 江苏省高教学会应用型本科院校研究会重点项目(2019yz08); 南京工业大学浦江学院人才培养重点项目(2019JG002Z & njpj2019-01-03)

作者简介: 孙鹏巍(1999-), 男, CCF 会员(H0397G), 研究方向为 5G 通信中的信号处理; 通信作者: 徐平平(1957-), 女, 教授, 博导, 主要从事 5G 通信理论与物联网应用系统开发。

0 引言

“数字图像处理”课程广泛开设于通信、电器、计算机等相关专业,该课程内容抽象、数学公式复杂、推导难度大、理论性强。同时可视化程度高,实践性较强,很难调动学生积极性^[1]。通常教师不但需要讲授理论知识,而且还需要带领学生实验,以培养学生的实践能力、创新能力。因此,开发一套适用于教学环境的图像处理系统尤为重要^[2]。

近年来,基于 MATLAB 的数字图像处理实验教学在不断地推进和优化。该课程要求学生熟悉掌握图像处理的理论和方法,实现对图像的变换、增强、滤波、边缘检测和分割等基础图像处理功能的掌握和运用^[3]。为提高课堂教学质量,增强学生对理论的理解,该系统基于 MATLAB 环境下的图形用户接口 (GUI) 建立了更加详细的图像处理平台^[4],用于课堂演示与实验操作。另外该系统特别新增了算法显示区域,将每个模块实现图像处理的代码进行集成展示,使得课堂更加形象化和具体化,更有利于老师对图像处理原理进行讲解,也有利于学生的自主学习和理解,让学生真正学懂这门课程。

1 系统总体设计

1.1 图像处理演示系统总体框架设计

基于 MATLAB GUI 的图像处理演示系统利用 MATLAB 提供的 GUI 平台来设计人机交互的图形用户界面,集成了“数字图像处理”课程理论教学和实验教学的 5 个主要模块:图像变换、图像增强、图像滤波、边缘检测和图像分割。各模块拆分出对应的子模块,在相应的子界面中展示,通过修改界面中控件的参数,编写回调函数,实现主界面与子界面间的切换及图像处理和处理功能的增添或修改。

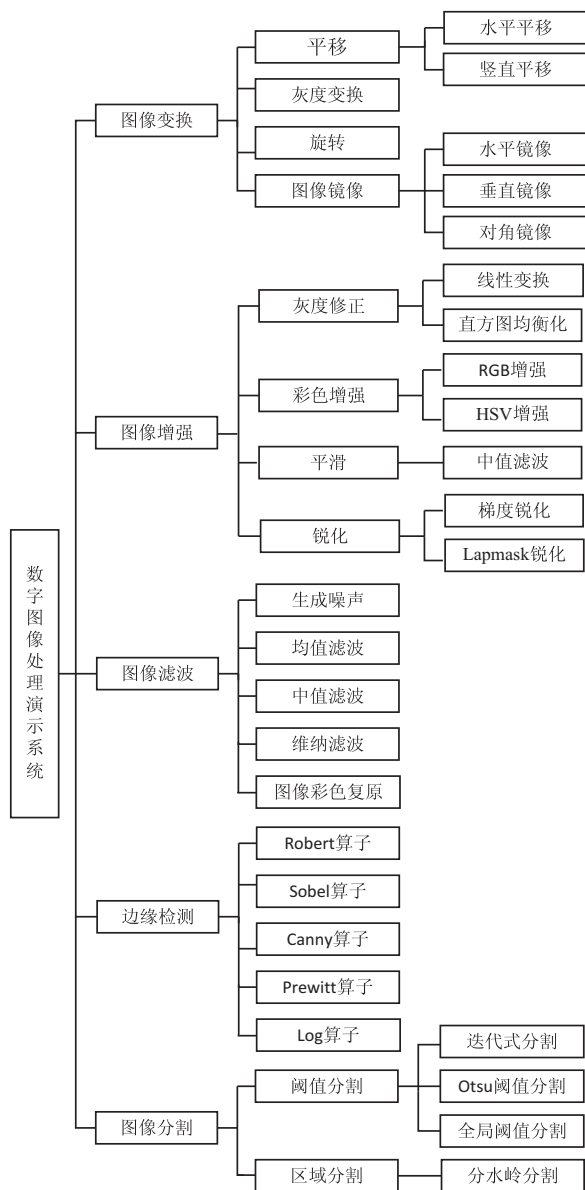
系统的开发环境为 MATLAB R2018a,在通过 GUI 构建图像界面时,GUI 会生成两个文件,一个是包含图形设计面板的 .fig 文件,一个是包含回调函数的 .m 文件。这两个文件是一一对应关系,.m 文件用来编程,进行相应控件功能的修改,.fig 文件则是显示 GUI 组件的设定,进行控件的增添和布局的修改。

设计 GUI 用户界面一般分为五步:

- ①明确系统所要实现的主要功能,应该具有哪些模块;
- ②绘出基本的用户界面草图;
- ③根据最终确定的方案,利用 MATLAB GUI 制作用户操作界面;
- ④通过在界面中添加控件,实现演示内容的参数修改和函数调用;
- ⑤进行回调函数的编写,实现界面之间的切换和

调用操作。

该演示系统总体设计框架如图 1 所示。



1.2 系统界面设计

该系统包括图像变换、图像增强、图像滤波、边缘检测和图像分割等五部分内容,主界面如图 2 所示,具体操作流程如图 3 所示。



图 2 主界面

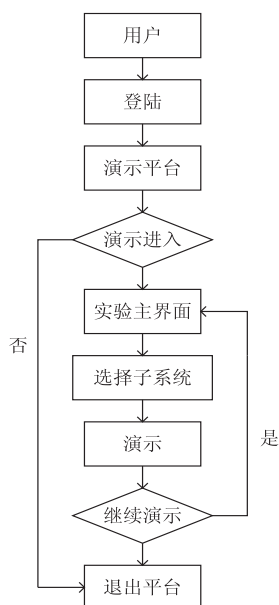


图3 基于 MATLAB GUI 图像处理演示系统操作说明

2 功能模块的设计与实现

该系统包含五个方面的图像处理功能,每一个功能都对应一个子界面而且都拥有独立的用户可视化窗口,可以进行控件的删改或者代码的修改。用户通过登陆界面进入系统后点击进入系统即可到达主界面的模块集成区,点击对应处理模块即可到达相应子界面。

以打开图像变换子界面为例,程序如下:

```
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
s=bianhuan % 打开图像变换界面
Close(gcf); % 关闭主界面
```

操作按钮是每个界面相连的桥梁,是实现功能的关键。在每个子界面中,导入图像、清除图像、算法展示、存储图像、关闭界面等操作按钮代码相同。具体介绍如下:

(1) 导入图片。由于该系统每个子模块之间是独立的,因此在不同模块中处理同一图像,需要重新导入一次。该按钮代码实现如下所示:

```
[file path] = uigetfile('*.bmp;*.jpg;*.png','请选择一幅图像');
```

```
I=imread(fullfile(path,file)); % 读取图片
axes(handles.axes1);
imshow(I);title('原图像');
handles.I=I;
```

```
end
```

```
% Update handles structure
guidata(hObject,handles);
```

(2) 清除图像。清除图像按钮是针对处理之后的图像和可编辑文本框中的文字进行上一步处理的撤销。代码实现如下:

```
cla(handles.axes2,'reset'); % handles.axes2 为已处理图
```

片窗口,reset 即清除

```
set(handles.edit1,'string',''); % handles.edit1 为要清除文字的文本框
```

(3) 算法显示。算法显示是该系统新增的区别于常见图像处理的板块,主要是对每个功能模块所采用的图像处理算法和其他可达到同样处理效果的算法进行对比展示。以图像变换为例进行算法显示,如图4所示。



图4 图像变换算法展示

(4) 存储图片。存储图片按钮也是对处理之后的图像进行存储,当一个图像需要在不同模块进行处理时,每进行一次处理就需要存储一次,因为模块之间是独立的。其代码实现如下:

```
h = getimage(handles.axes2); % 通过 handles 结构体传递数据
```

```
% 调用 uiputtfle 函数,通过对话框获取用户的输入,并返回文件名称和路径
```

```
[filename,pathname,filterindex] = uiputtfle({'*.jpg','jpg';*.bmp','bmp';*.tif','tif';*. *','All Files'}, 'Image Save AS');
```

```
if (filename ~= 0 & filterindex == 1)
```

```
imagefile=[pathname filename];
```

```
imwrite(h,imagefile); % 用 imwrite 函数实现对图像文
```

件的写入

end

(5) 关闭界面。关闭界面是当存储图片之后, 由此界面返回到功能选择模块的按键。代码如下:

Close(gcf);

2.1 图像变换

图像变换是将原定义在图像空间的图像以某种形式转换到另外的空间, 利用空间的特性进行一定的加工, 从而得到所需的效果, 常分为几何变换和二维正交变换。该系统选取了图像的平移、灰度变换、旋转、图像镜像等常见的变换方法。

(1) 图像平移。平移是对图像进行水平移动和竖直移动的过程, 通过 `imrotate()` 函数实现。

(2) 灰度变换。灰度变换主要通过 `rgb2gray()` 函数进行实现, 是将 RGB 彩色图像变为灰度图像的过程。

(3) 旋转。即对图像进行几何变换的过程, 该模块采用了 `imrotate()` 函数。用户可在编辑区自行输入预订旋转角度。

(4) 图像镜像。图像镜像是对图像进行水平镜像、垂直镜像和对角镜像的处理。主要通过 `flipdim()` 函数实现数据扩充。

以图像镜像为例, 相关程序如下:

`I=handles.I;`

`J1=flipdim(I,2); % 原图像的水平镜像调用的函数为 flipdim()`

`axes(handles.axes2);`

`imshow(J1); title('水平镜像');`

`guidata(hObject, handles);`

以水平镜像演示为例, 处理结果如图 5 所示。



图 5 水平镜像处理结果

2.2 图像增强

图像增强主要是突出强调图像中重要的部分或者掩盖图像中某些不需要的特征, 使图像与视觉响应特性相匹配。该模块主要功能有灰度修正、彩色增强、平滑和锐化。具体描述如下:

(1) 灰度修正。灰度修正主要有线性变换^[5]和直方图均衡化^[6]两种处理方法。以直方图均衡化为例, 演示结果如图 6 所示。具体程序如下:

`I=handles.I;`

`I1=rgb2gray(I);`

`J=histeq(I1); % 直方图均衡化函数`

`axes(handles.axes4);`

`imshow(J);`

`figure(1);`

`subplot(221); imhist(I,64); title('原始的直方图');`

`subplot(222); imhist(J,64); title('均衡化的直方图');`

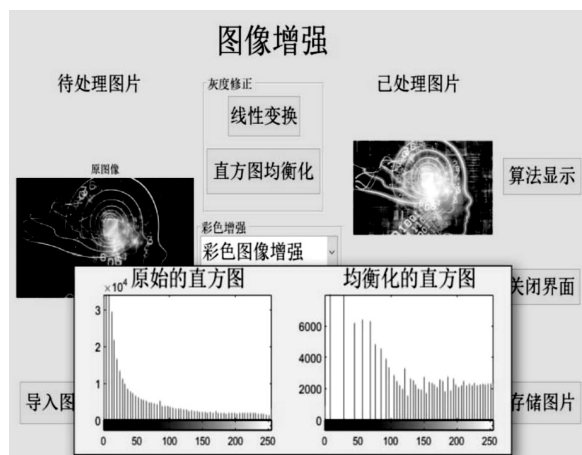


图 6 直方图均衡化处理结果

(2) 彩色增强。彩色增强主要有 RGB 增强和 HVS 增强两种方式, 主要针对的是彩色图像的处理。彩色增强所用的函数为 `histeq()`。

(3) 平滑。图像的平滑是一种实用的数字图像处理技术, 该系统是采用中值滤波对模糊图像和含有噪声图像进行处理。其方法是通过某种结构的二维滑动模板, 将模板内像素按照素值的大小进行排序, 生成单调上升 (或下降) 的二维数据序列。该模块通过 `medfilt2()` 函数实现。

(4) 锐化。图像锐化是为了突出图像上地物的边缘、轮廓, 或一些线性目标要素的特征。该模块先使用 `tofloat()` 函数将图片变为浮点型, 然后运用模板对图像的轮廓进行补偿, 增强图像的边缘及灰度跳变的部分, 使图像变得清晰。

2.3 图像滤波

图像滤波是在尽量保留图像原始特征的基础上对图像的噪声进行抑制或去除。该模块分为生成噪声、噪声的滤除和图像复原三个功能部分。

生成噪声主要为椒盐噪声和高斯噪声。所用函数为 `imnoise()`。

噪声滤除有均值滤波、中值滤波^[7]和维纳滤波三种滤波方式。通过实验演示, 学生可以观察出三种滤波方式对噪声的处理效果。具体如下:

(1)均值滤波。均值滤波也称线性滤波,是用均值代替原图像中的各个像素值。在操作时有 3×3 、 5×5 、 7×7 、 9×9 这四个滤波模板供选择,用户可观察窗口的大小变化对滤波效果的影响。该滤波通过调用函数 `imfilter()` 来实现。

(2)中值滤波。中值滤波是一种非线性平滑技术,将每一像素点的灰度值设置为该点某邻域窗口内的所有像素灰度值的中值,调用 `medfilt2()` 函数进行二维中值滤波实现削弱噪声的功能。实现方法为:

$$y(i) = \text{Med}[x(i - N), \dots, x(i), \dots, x(i + N)]$$

相应程序实现如下所示:

```
I=handles.I;
I=rgb2gray(I); % 转化为灰度图像
J=imnoise(I, 'salt & pepper', 0.04); % 对图像增加椒盐噪声,强度为 0.04
axes(handles.axes2); % 将加了噪声的图像显示在 axes2 框中
imshow(J); title('受椒盐噪声污染图片');
K=medfilt2(J); % 调用 medfilt2() 函数进行二维中值滤波
axes(handles.axes3);
imshow(K); title('二维中值滤波处理后的图片'); % 将最后结果显示在 axes3 框中
```

以中值滤波为例,处理结果如图 7 所示。



图 7 中值滤波处理结果

(3)维纳滤波。维纳滤波适用范围广,对于平稳随机过程,无论是连续还是离散的,是标量还是向量都可应用。该滤波利用 `wiener2()` 函数实现功能。

(4)图像复原。图像彩色复原是将无噪声模糊图像进行清晰化处理的过程,此处以 `wnrl = deconvwnr(blurred, PSF, 0.04);` % 维纳滤波复原图像进行处理^[8]。

2.4 边缘检测

边缘检测演示可以实现对图像边缘的提取,以便针对图像的模糊纹理进行削弱,对较暗的灰度实现增强,使得边缘更加清晰。该平台使用 `edge()` 函数进行处理^[9],调用不同算子进行不同灰度图像的边缘提取,

所用算子主要有 Robert、Sobel、Log、Canny 和 Prewitt^[10]。

以 Canny 算子为例进行图像处理,处理结果如图 8 所示。



图 8 Canny 算子处理结果

2.5 图像分割

图像分割是图像处理中的一个重要步骤^[11],在于从图像中提取出关键信息进行后续处理。主要根据彩色、明暗等进行提取分割,分割算法众多,该系统采用了阈值分割和区域分割,内容如下:

(1)阈值分割。阈值分割是利用图像中需要提取的目标与背景在灰度上的差异,通过用户设置阈值来把像素分成若干类,从而实现目标与背景分离。所采用的分割方法有迭代式阈值分割、OTSU 阈值分割^[12]和全局阈值分割。该部分涉及到的函数为 `garythresh()`。

(2)区域分割。区域分割即采用分水岭分割方式^[13],可以更好地考查用户对区域生长的理解。所涉及到的函数为 `watershed()`。

代码如下所示:

```
I=handles.I;
h=fspecial('sobel');
fd=double(I); % double 使数据变成双精度
g=sqrt(imfilter(fd,h,'replicate').^2+imfilter(fd,h,'replicate').^2);
g2=imclose(imopen(g,ones(3,3)),ones(3,3));
im=imextendedmin(g2,10);
Lim=watershed(bwdist(im)); % watershed · 分水岭算法 ·
em=Lim==0;
g3=imimposemin(g2,im|em);
g4=watershed(g3);
axes(handles.axes2);
imshow(g4); title('分割后图像');
g5=I;
g5(g4==0)=255;
```

```
axes(handles.axes3);
```

```
imshow(g5); title('分割后图像按比例与原图融合');
```

以分水岭分割处理为例,处理结果如图 9 所示。



图 9 分水岭分割处理结果

3 系统特征分析

基于 MATLAB GUI 数字图像处理演示系统具有以下特点:

(1) 系统内容丰富^[14]。该系统涵盖了数字图像处理课程的大部分重点内容,具有很强的扩展性,老师在课堂教学中可以根据教学内容进行更改,以达到课堂内容丰富、教学效果良好的目的^[15]。

(2) 系统操作简单,界面友好^[16]。通过按钮实现了直接操作,针对已有功能不需要在算法窗口进行编译。同时可以在同一界面显示处理前与处理后的图片,形成可视化对比。以繁化简,节省了老师和学生的时间。

(3) 系统灵活性强,可靠性高。该界面简洁,功能稳定,运行速度快。老师和学生可以通过 .m 文件进行代码的改写或扩充。

(4) 系统具有良好的可视性。通过系统算法展示功能,将已经实践过的算法和某些对应的图像处理算法相结合进行对比,以便于老师更清晰地进行讲解,让同学们理解得更加透彻。也可以通过自学,对数字图像处理这门课程作进一步了解掌握^[17]。

4 结束语

针对大部分学生对数字图像处理课程感到枯燥,难以掌握其中知识点的现状,基于 MATLAB GUI 的数字图像处理演示平台实现了理论教学与实验教学的融合,使得枯燥、抽象的理论变得生动形象,繁杂的理论公式变得直观^[18]。在教学课程中,可自行修改模块设置,使学生对该课程的相关理论知识有更深刻的理解。从而提高课堂的学习效率与质量,也能培养学生的实践能力与创新能力。

参考文献:

- [1] 郭依正,李静怡,万宝霞,等. “数字图像处理”课程虚拟实验平台的设计实现[J]. 自动化技术与应用,2018,37(12): 168-170.
- [2] 吕 军,何宁业,孙 剑,等. MATLAB 在《数字图像处理》课程教学中的探索与实践[J]. 福建电脑,2018,34(1):180-181.
- [3] 龚黎华,朱启标,周志洪,等. 基于 MATLAB 的数字图像处理综合设计性实验[J]. 实验技术与管理,2018,35(11):48-53.
- [4] 李 利,陈 刚,田雪莲. 项目驱动在“数字信号处理”课程教学中的应用[J]. 实验室研究与探索,2015,34(12): 168-170.
- [5] 石元博,卢 洋,黄越洋. 基于加权最小二乘法对图像增强方法的研究[J]. 电子设计工程,2019,27(14):172-175.
- [6] 丁 畅,董丽丽,许文海. “直方图”均衡化图像增强技术研究综述[J]. 计算机工程与应用,2017,53(23):12-17.
- [7] MOHAMMADBEIGI A, REZAEI M, SANI N Z, et al. Code and data on the processing of the pulsed field gel electrophoresis images: a matlab script [J]. Data in Brief, 2020, 28: 105035.
- [8] 徐知劼,李雷远. 针对部分景观运动模糊的还原算法[J]. 电子设计工程,2019,27(24):144-151.
- [9] 陈 鸽,常敏慧. Matlab 在信号处理系列课程实验中的应用[J]. 实验技术与管理,2006,23(11):77-80.
- [10] 邹 斌. 几种图像边缘提取算法比较[J]. 重庆文理学院学报:自然科学版,2010,29(5):44-46.
- [11] 赵 恒,安维胜,杨 陶. 双曲线二维 Otsu 阈值分割算法[J]. 计算机与数字工程,2019,47(8):2033-2038.
- [12] 郑庆庆,吴 瑾,朱 磊,等. 交互式图像分割实验系统开发[J]. 实验技术与管理,2018,35(4):86-90.
- [13] 李云红,张秋铭,周小计,等. 基于形态学及区域合并的分水岭图像分割算法[J]. 计算机工程与应用,2020,56(2): 190-195.
- [14] RAJ J R, RAHMAN S M K, ANAND S. Microcontroller USB interfacing with MATLAB GUI for low cost medical ultrasound scanners[J]. Engineering Science & Technology, an International Journal, 2016, 19(2):964-969.
- [15] 张新景,王 勇,史颖刚. 基于 MATLAB GUI 的数字图像处理演示系统[J]. 信息技术与信息化,2019(5):84-86.
- [16] CHEN L, HAN M, WAN H. The fast iris image clarity evaluation based on Brenner [C]//Proceedings of the 2013 2nd international symposium on instrumentation & measurement, sensor network and automation. Toronto, CA: IEEE, 2013: 300-302.
- [17] 柴西林,邵照勇. 基于 MATLABGUI 的数字滤波器设计及其应用[J]. 微型机与应用,2012,31(14):3-6.
- [18] ZHAO Jianfei. Study on shadow processing method based on background of Matlab scans [C]//2018 联合国际先进工程与技术研究国际会议论文集. Paris: Atlantis Press, 2018: 255-259.