
北京航空航天大学

第二十五届“冯如杯”

学生学术科技作品竞赛论文

数字图像障碍物消除系统

2015 年 4 月

摘要

生活中，由于拍摄环境限制，有时拍摄目标会被障碍物遮挡，使图像质量降低。针对这种情况，我们构建了一个图像处理系统来消除数字图像中的障碍物，还原被遮挡的物体。

移动的障碍物和背景之间会发生相对位移；对固定障碍物，由于背景和障碍物到镜头的距离不同，稍微移动镜头时，也会发生相对位移。将此过程拍摄成小段视频，可能每一帧都受障碍物影响，但障碍物位置不同。因此把每幅图中未被障碍遮挡的部分进行合成，即可消除障碍物。

本系统由图像采集、无线通信、图像处理和人机交互等几个子系统组成。先由相机、智能手机等拍摄设备获得图像或视频，再通过数据线或在 WIFI 环境下启动无线通信子系统，将带有障碍物的视频传输到 PC 机上。图像处理是本系统的设计核心，在 PC 端，利用数学软件 MATLAB 设计算法和人机交互界面，读取视频文件，再进行基准点选取、图像配准、中值叠加和有效性检验等关键步骤，最终获得一幅去除障碍物的图像。

本系统对固定障碍物、移动障碍物及阴影、反光等“虚拟”障碍物都具有消除效果，处理速度较快且保留了清晰度，还可将处理后的图像转化为多种格式存储，便于后期利用。系统能够有效弥补拍摄缺憾，改善图片质量，顺应了机器视觉技术的发展方向，具有广泛的应用价值。

关键词：机器视觉，图像处理，障碍物，图像配准，中值叠加

Abstract

In our life, sometimes shooting target is blocked by obstacles because of the restriction of shot environment, which may lower the quality of images. Aiming at this situation, we has built an image processing system to eliminate the obstacles in digital images, in order to restore the obscured objects.

For mobile obstacles, relative displacement will happen between them and background; for fixed obstacles, due to the different distance of background and obstacles to the camera lens, relative displacement will also happen when moving the camera slightly. Will this process to make into a small piece of video, may every frame influenced by obstacles, but with different obstacle position. If making a synthesis of the unobscured part of every frame, the obstacles will be eliminated.

This system consists of several subsystems: image acquisition, wireless communication, image processing and human-computer interaction. First, take pictures or video with cameras, smart phones or other devices. Then start wireless communication subsystem through the data line or WIFI environment, and transmit the video with obstacles to the PC. Image processing is the core of this system. In the PC, use mathematical software MATLAB for algorithm design and human-computer interaction interface and read the video file. Then the system conduct a series of key steps, including reference point selection, image registration, median stacking and validity check, and finally gain an image without obstacles.

This system has a favorable eliminating efficacy for fixed obstacles, mobile obstacles and "virtual" obstacles such as shadows and reflections with a fast processing speed and retain the clarity of the image, through which the images can also be processed into various storage formats for later use. The system can effectively make up for shooting defects, improve the quality of images, conforming to the development trend of the machine vision technology with a board application prospect.

Keywords: machine vision, image processing, obstacles, image registration, median stack

目录

摘要	i
Abstract	ii
第一章 引言	1
1.1 创意来源	1
1.2 研究现状	1
第二章 系统组成	1
第三章 核心算法	2
3.1 数字图像与颜色模式	2
3.2 算法概述	3
3.3 图像配准	4
3.4 中值叠加	8
第四章 方案设计	9
4.1 图像采集	9
4.2 无线通信	9
4.3 Android 移动端开发	10
4.4 PC 端图形界面设计	11
第五章 应用场景	12
5.1 消除固定障碍物	12
5.2 消除移动障碍物	13
5.3 消除“虚拟”障碍物	14
结论	15
参考文献	16

图表目录

图 1	系统框图	2
图 2	障碍物与背景的位置关系	3
图 3	基准点选取	4
图 4	基准图像	6
图 5	配准后的图像	7
图 6	图像裁剪	7
图 7	去除污点的图像	9
图 8	Android 移动端	10
图 9	PC 端图形界面	11
图 10	消除固定障碍物——铁丝网	13
图 11	消除移动障碍物——游船	14
图 12	正常拍摄的烙铁架	15
图 13	消除虚拟障碍物——阴影	15

第一章 引言

1.1 创意来源

图像是人类获取和交换信息的主要来源，图像的质量直接影响到信息交流的质量和效率。随着科学技术的发展，对图像质量的要求也越来越高，如何准确、高效地提取图像中的有用信息成为亟待解决的问题。

传统的图像拍摄过程难免会受到各种障碍物的影响，如下落的雨滴，玻璃上的污点，或栅栏、铁丝网等大型障碍物。多数情况下，很难在拍摄时去除障碍，但可以在拍摄后进行后期处理来改善图像质量。

1.2 研究现状

目前，一些图像处理软件已经进入人们的视线，如 Adobe Photoshop, Corel 等，其提供的一系列修复工具也具有消除污点、瑕疵的作用。但这种方法只利用了单幅图像的信息，对被障碍物遮挡的区域只能根据经验或利用图像中其他位置的信息来复现，带有一定的主观性和盲目性。如果障碍物较大或分布过于分散，处理过程会非常困难。而且，此方法需要的人为操作比较多，对处理过程的要求比较精准，不容易在短时间内获得满意的效果。

为了解决以上困难，本系统采用一种图像变换与合成算法对多幅带有障碍物的图像进行分析处理，最终消除原图中的障碍物。值得一提的是，本系统操作简便，不需要过多的人工干预，最终的图像信息均来源于原有图像中未被障碍物遮挡的部分，并能在较短的时间内获得图像的本来面貌。

第二章 系统组成

本系统由一台PC机和一部智能手机组成，通过Wi-Fi进行无线连接。就功能而言，可分为图像采集、无线通信、图像处理和人机交互等四个子系统。

先在移动端（手机）上录制几秒钟的视频，之后启动无线通信系统，通过WiFi将视频传送至PC机。在PC机上利用MATLAB的人机交互界面（GUI）设置参数并选取

基准点,之后软件开始转换,并实时显示转换状态,获得足够的有效图像后开始合成,最终获得无障碍物的图像。如图:



图 1 系统框图

系统的关键在于图像处理,其中算法的优劣将直接影响系统性能。我们的主要任务就是寻找一种简便易行的算法,尽可能准确地消除图像中的障碍物。

第三章 核心算法

3.1 数字图像与颜色模式

数字图像是由模拟图像数字化得到的、以像素为基本元素的图像,可分成位图和矢量图两大类。一般使用数字摄像机得到的图像均是位图图像,常见的图像格式如JPG, BMP等都是位图图像。

一个大小为 $M \times N$ 的位图图像是由 M 行 N 列的有限元素组成的,每个元素都有特定的数值,代表对应位置的图像信息。这些元素称为像素。

根据每个像素所代表的颜色信息,可将图像分为多种颜色模式,如二值模式、灰度模式、RGB模式、索引模式等。

考虑到RGB模式的位图是目前应用最广的模式之一,为研究方便,本系统主要针对RGB位图进行处理。其他种类的图像可转化成RGB位图后再输入本系统。

自然界几乎所有颜色都可以用红（Red）、绿（Green）、蓝（Blue）三种颜色组合而成，称其为RGB三原色。每种颜色可用若干等级来表示含有此颜色成分的多少，每个像素的实际颜色可用三种颜色的分量来表示。^[1]

3.2 算法概述

由于障碍物和被摄物体(背景)距离的位置变化不同,可稍微移动镜头加以区分。背景在图像中的位置变化不明显,障碍物位置变化比较大。如图:

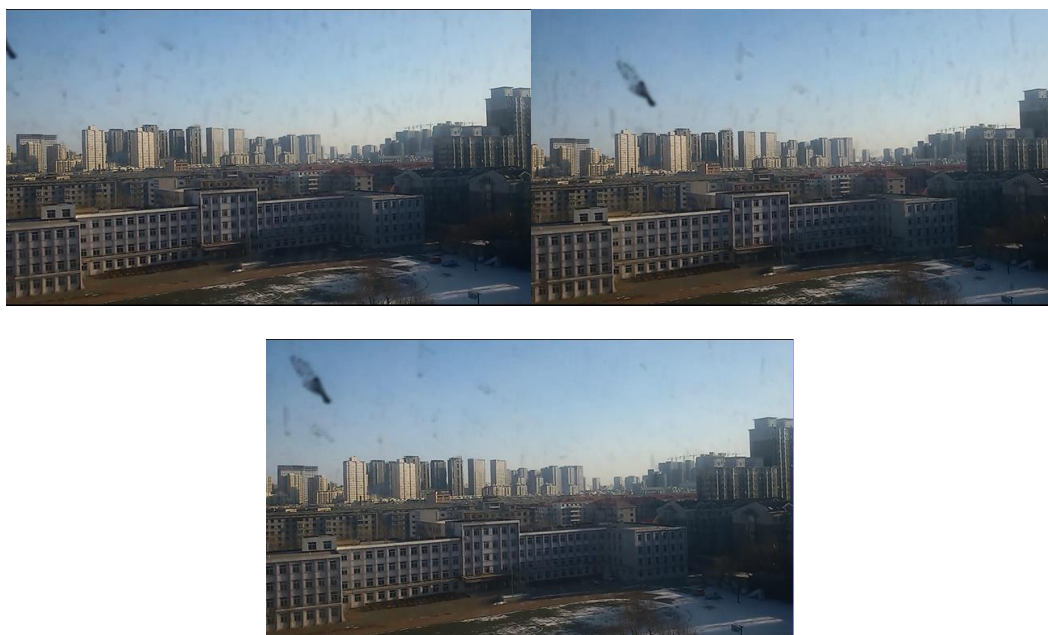


图 2 障碍物与背景的位置关系

以上几幅图均受障碍物（窗户上的污点）影响，但位置不同。每幅图有一部分区域被障碍物遮挡，但这些区域在其他图像中可能没被遮挡，因此把每幅图中未被障碍物遮挡的部分综合起来，即可消除障碍物的影响。

移动镜头时，由于背景与镜头的距离并非无穷远，再加上移动过程中的微小晃动，背景图像会发生平移、旋转等几何失真，为避免对最终图像产生明显影响，需要将同一场景的两幅或多幅图像进行配准并检验，保证相同特征的像素点在每幅图像中处于相同的位置。

配准完成后，每幅图像具有相同的背景，只是障碍物的位置不同。再对每一像素点进行中值叠加，即可得到最终图像。

3.3 图像配准

在输入的多幅图像中，以第一帧图像为基准，将其他图像与其配准。每次配准时需要在基准图像和输入图像中选择若干组基准点对，即在两幅图像中具有相同特征的位置选择成对的基准点。当需要配准的图像较多时，人工选择基准点的工作量过大，准确度也很难保证。而本系统中，输入的每一幅图像和基准图像中都有很大的联系，只需在第一幅图像中标出 n 个基准点(一般为3到4个)，其余基准点均可由计算机求得，在保证准确度的同时大大简化了人为操作。

下图中的红圈为选取的4个基准点，应尽量使基准点具有明显的特征，和周围的像素点区分开，并且使基准点远离障碍物。



图 3 基准点选取

设基准图像中第 i 个基准点的坐标为 (x_i, y_i) , $i = 1, 2, \dots, n$,

一般情况下，其他图像中基准点坐标与基准图像中基准点坐标不会相差过大，假设横纵坐标的偏差均不超过 D 个像素，则对于待配准的图像中第 i 个基准点，只需检查以下范围：

$$x_i - D \leq x_{check} \leq x_i + D \text{ 且 } y_i - D \leq y_{check} \leq y_i + D$$

在此方形区域内，有很大的可能性选到真正的基准点，将每个候选点 (x_{check}, y_{check}) 与基准图像中的基准点加以比较，将相似程度最大的候选点确定为待配准图像的基准点。

为衡量各候选点 (x_{check}, y_{check}) 与原基准点 (x_i, y_i) 的相似程度，分别以两个点为中心，取相同尺寸的两个矩形区域作为检验窗口，设矩形区域半径为 r ，则两个检验窗口分别为：

$$A_{i0} = \{(x, y) | x_i - r \leq x \leq x_i + r \text{ 且 } y_i - r \leq y \leq y_i + r\}$$

和

$$A_i(x_{check}, y_{check}) = \{(x, y) | x_{check} - r \leq x \leq x_{check} + r \text{ 且 } y_{check} - r \leq y \leq y_{check} + r\}$$

衡量两个像素点 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) 是否相似，一种简便的办法是将每种颜色分量作差，取绝对值后再相加，定义像素偏差 S 为：

$$S(x_1, y_1, x_2, y_2) = |R_1 - R_2| + |G_1 - G_2| + |B_1 - B_2|$$

其中 R_1 、 R_2 为第1、2个点的红色分量， G_1 、 G_2 为绿色分量， B_1 、 B_2 为蓝色分量。可见，两个点的颜色越相似，像素偏差越小。

将两个检验窗口中所有像素的像素偏差之和定义为窗口偏差 T ：

$$T(x_i, y_i, x_{check}, y_{check}, r) = \sum_{\substack{-r \leq k \leq r \\ -r \leq m \leq r}} S(x_i, y_i, x_{check+k}, y_{check+m})$$

可见，两个检验窗口的图像越相似，窗口偏差越小。

窗口半径 r 给定后，对每个候选像素点 (x_{check}, y_{check}) 均可求出与原基准点 (x_i, y_i) 的窗口偏差，若待配准图像中的某一点与原基准点具有相同的特征，则两点的邻域也非常相似，窗口偏差很小，而其他候选像素的窗口偏差相对大得多。因此，可将窗口偏差最小的点 (x'_i, y'_i) 确定为待配准图像的基准点。

按上述方法，可求得待配准图像中的所有 n 个基准点：

$$(x'_1, y'_1), (x'_2, y'_2), \dots, (x'_n, y'_n)$$

基准点选取后，即可进行图像配准，本系统利用数学软件MATLAB进行计算，利用内置的函数库，可避免过于繁杂的运算。

在读取图像、选择基准点后，可利用函数cp2tform进行拟合，将基准点对作为参数传递给cp2tform,选择一种适当的变换类型，此函数即可确定出该类型变换所需的参数tform。由于待配准图像与基准图像相比，并没有明显的变形，只有一些微小的平移、旋

转或缩放等，因此本函数中可选用仿射或投影变换，此类型只需要3到4组基准点对，即可获得比较理想的拟合效果。

再以tform作为输入参数,调用imtransform函数对待配准图像进行变换，即可实现配准。

按上述方法，可对每张图像进行配准，但如果候选点被障碍物遮挡或选择范围过小，选取的基准点对可能存在较大的误差，配准后图像可能无效。因此需要对此图像做进一步的检验。

仍以 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ 为基准图像中的n个基准点，再按“窗口偏差最小”原则在待检验图像中求得n个基准点 $(x'_1, y'_1), (x'_2, y'_2), \dots, (x'_n, y'_n)$ 。

设每组基准点对的偏差为： $\Delta r_i = (\Delta x_i, \Delta y_i) = (x'_i - x_i) \quad i = 1, 2, \dots, n$

理论上，由于两图像已经配准，每组基准点对应相同，即：

$$\Delta r_1 = \Delta r_2 = \dots = \Delta r_n = 0$$

由于可能存在误差，上述等式不一定严格成立。若 $|\Delta r_1|, |\Delta r_2|, \dots, |\Delta r_n|$ 均小于既定的最大配准误差 Δ_{max} 时，可认为 $\Delta r_1, \Delta r_2, \dots, \Delta r_n$ 近似为0，检验合格。 Δ_{max} 越大，配准合格率越高，但精确度会降低；适当减小 Δ_{max} ，精确度会提高，合格率则有所下降。实验中，一般 Δ_{max} 取1个像素效果较好，既保证一定的合格率，又能获得比较准确的匹配效果。

下面是配准后的两幅图像，相同背景特征（红点）都在图像的相同位置：



图 4 基准图像



图 5 配准后的图像

值得注意的是，图像配准后可能出现黑边（如上图中的上边缘和右边缘），这是因为图像采集时镜头存在微小的移动，正对镜头、处于中间位置的景物为每一帧图像所共有，而边缘处的景物只存在于一部分图像中，不能保证每一帧都包含。

为了消除黑边，使配准后的图像尺寸相同，需要设定一个裁剪比例 k 。选取一个比原尺寸略小的方形区域，使原区域和新区域中心对准，且高度和宽度均为原来的 k 倍。如图，黄框中的方形区域为裁剪范围：



图 6 图像裁剪

经实验可得， k 取0.9 ~ 0.95时裁剪效果较好，在消除黑边的同时，能够尽可能多地保留图像的有效信息。

3.4 中值叠加

受中值滤波思想的启发，本系统采用中值叠加方法对多幅配准合格的图像进行合成。

中值滤波是一种能有效抑制噪声的非线性信号处理技术。对单幅图像，其基本原理是把图像或数组中某一点的值用该点邻域中各点值的中值代替，使周围的像素值接近真实值，以消除孤立噪声点。^[2]

本系统所处理的图像中，障碍物的尺寸比较大，不能视为孤立的“噪声点”，用传统的空间域中值滤波法并不能很好地去掉障碍，但可利用这一思路在多幅图像间进行中值叠加，相当于时域中值滤波。

设共有 t 幅配准合格的图像，尺寸均为 $m \times n$ ，第 i 幅图中坐标为 (j,k) 的像素点的RGB颜色值为 $Color_i(j, k) = (R_i(j, k), G_i(j, k), B_i(j, k))$

将不同图像中同一位置的像素点的RGB颜色值提取出来，若没有障碍物，仅考虑配准时微小的拟合误差和舍入误差，则每组颜色值应近似相等，即：

$$Color_1(j, k) \approx Color_2(j, k) \approx \dots \approx Color_t(j, k)$$

由于存在障碍物，某些颜色值可能受到障碍物影响，与其他组相差较大。但由于镜头的移动，每幅图像中障碍物处于不同位置，因此受障碍物影响的像素点只占一小部分。此时，取各点颜色值的中值作为最终图像在该像素点处的颜色值。

可以证明，只要受障碍物影响的像素点数不超过总数的一半，取中值可有效消除障碍物干扰。

中值叠加需要至少3幅图像。若图像数较少，偶然性会比较大，转换效果欠佳。适当增加图像数，转换效果会改善，但转换时间会延长。经实验，选取5-15幅图像比较合适，既能保证转换速度，又能获得良好的转换效果。

对每个像素点做中值叠加，即得到最终图像。



图 7 去除污点的图像

与原视频中的图像相比，此图有效地去除了污点，且保留了清晰度。

第四章 方案设计

4.1 图像采集

首先，需要采集原始图像。图像的来源比较广泛，拍摄设备也有多种，而多数情况下采集到的图像是数字化的，能够转化成通用的格式(如JPEG)，再输入到本系统。

4.2 无线通信

本系统在PC机上进行图像读取和处理，但多数情况下，PC机并不直接采集图像，而是由其他电子设备来采集。可以先在智能手机上拍摄图像或视频，再利用无线通信的方式传给PC机。

本系统利用java socket编程，实现无线通信。

Java是一种可以撰写跨平台应用程序的面向对象的程序设计语言，广泛应用于个人PC、移动电话和互联网，拥有全球最大的开发者专业社群。

在网络上，两程序通过一个双向的通讯连接实现数据交换，双向链路的每一端称为一个Socket。Socket通常用来实现客户方和服务方的连接，遵循TCP-IP协议。一个Socket由IP地址和端口号唯一确定。

服务器端端监听某端口是否有连接请求，当客户端发出连接请求后，服务器端向客户端发回接收消息，从而建立连接。服务器和客户端都可通过读写操作与对方通信，实现数据交换。^[3]

本系统以PC机作为服务器端，智能手机作为客户端，在两端分别编写了java程序。先将手机接入PC机的WIFI，PC端会持续监听客户端请求，客户端可选择发送内容，并向服务器端发出请求。建立连接后，客户端将文件发送到服务器端。

4.3 Android 移动端开发

目前Android系统广泛应用在智能手机等移动设备上，为了方便图像采集和传输，我们利用Android Studio开发了移动端App，实现跨平台联动。

下图是App界面：



图 8 Android 移动端

用户主要通过4个功能按键完成视频文件的预览和发送。

点击“图像框”按键，会弹出对话框，可打开录制好的视频文件，或点击“拍照”键拍摄视频。获得视频文件后，上方状态栏会显示文件大小和路径，点击“播放”可进行预览。确认后，点击“发送”即可将视频传给PC机。

4.4 PC 端图形界面设计

MATLAB是由美国mathworks公司发布的主要面对科学计算、可视化以及交互式程序设计的高科技计算环境。本系统利用MATLAB软件实现核心算法。不仅如此，MATLAB还提供了图形用户界面（GUI）设计的功能，可以设计出界面友好、操作方便的图形用户界面。

下图是PC端的图形界面：

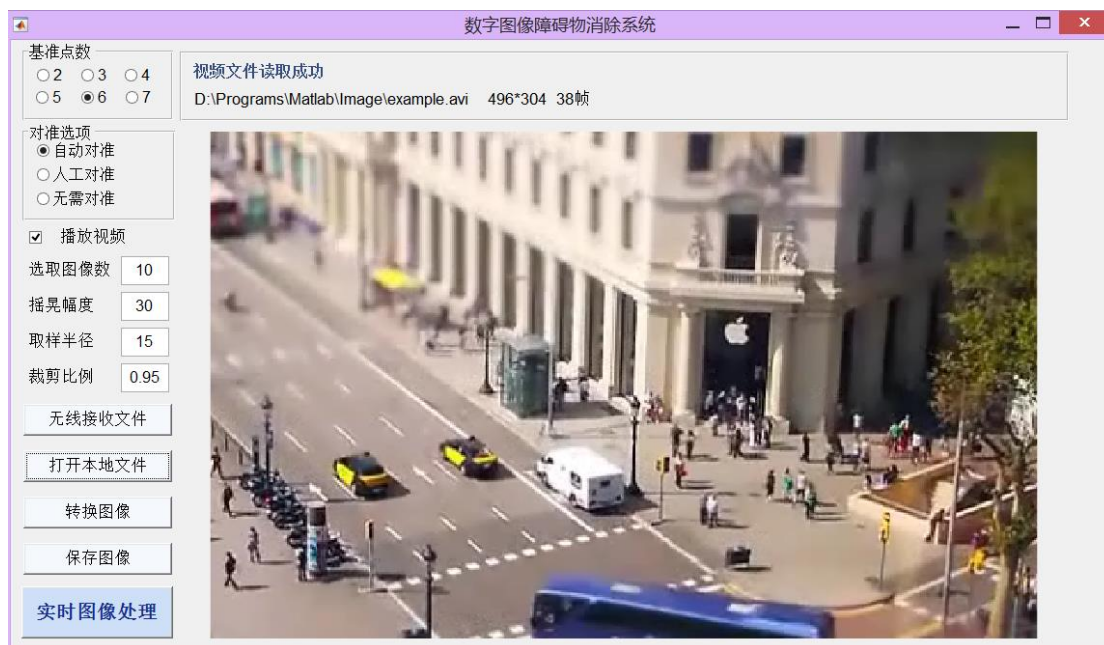


图 9 PC 端图形界面

左上方的选择框和文本框可设置一些参数：

“基准点数”设定图像配准时用户选取的基准点个数。若每幅图像之间只存在平移和旋转而没有其他的变化，只选取2个基准点即可，否则，若存在几何失真，至少应选3-4个基准点。一般基准点越多，越容易获得有效图像，但计算时间会略微延长。经过实验，普通视频选取5-6个基准点效果较好。

“对准选项”中，“自动对准”只需要用户在一帧图片中选取基准点，其他图片均由软件完成对准；“人工对准”需要用户在每一帧图片中选取基准点；如果拍摄时镜头固定，背景不发生偏移，可选择“无需对准”，简化处理过程。

“播放视频”选中后，每次打开视频文件会自动播放。

“选取图像数”设定图像合成时需要的图片数量，默认为10张。增加图片数会改善处理效果，更有效地消除障碍物，但转换时间会延长。

“摇晃幅度”，对应算法中的 D ，若拍摄时镜头晃动较大，可增加此值，从而增大配准时的搜索范围，保证成功率。反之若晃动不明显，可减小此值，加快计算速度。

“取样半径”，对应算法中的 r ，表示衡量基准点与候选点相似程度时选取的范围。

“裁剪比例”对应算法中的 k ，表示配准后每幅图像的保留范围。

可选择“无线接收文件”与移动端建立连接，接收手机中的视频文件，或选择“打开本地文件”读取PC机储存的文件。读取成功后，屏幕上会显示图像，并在上方的状态栏显示文件路径、图像尺寸和帧数。

点击“转换图像”，系统会选出视频中的一帧图像，并提示用户选择若干基准点，之后软件将其余图片与原图片进行配准，并检验。此过程中，系统会实时显示总共读取的图像数和有效图像数量，告知用户处理状态。

转换结束后，可点击“保存图像”，将生成的新图像保存在磁盘中。

第五章 应用场景

由于拍摄条件限制，镜头中难免存在一些障碍物，在拍摄环节又难以消除，使图像信息不完整，或带来负面的视觉效果。本系统可在一定程度上弥补这种缺憾。除了消除污点，本系统还有多种应用场景。

5.1 消除固定障碍物

由于障碍物固定，需要小范围移动镜头，使近处的障碍物与较远的背景产生相对移动，将此过程录成小段视频，输入本系统。

下图为隔铁丝网拍摄的树林和消除铁丝网的效果：



图 10 消除固定障碍物——铁丝网

5.2 消除移动障碍物

当背景固定，障碍物移动时，本身即存在相对位移，只需保证障碍物体积不过大，而且不长时间占据图像的同一位置，即可获得良好的除障效果。雨、雪、飞鸟、车辆、行人等移动物体均可利用本系统消除。

下图为正常拍摄的景物和消除游船的效果：

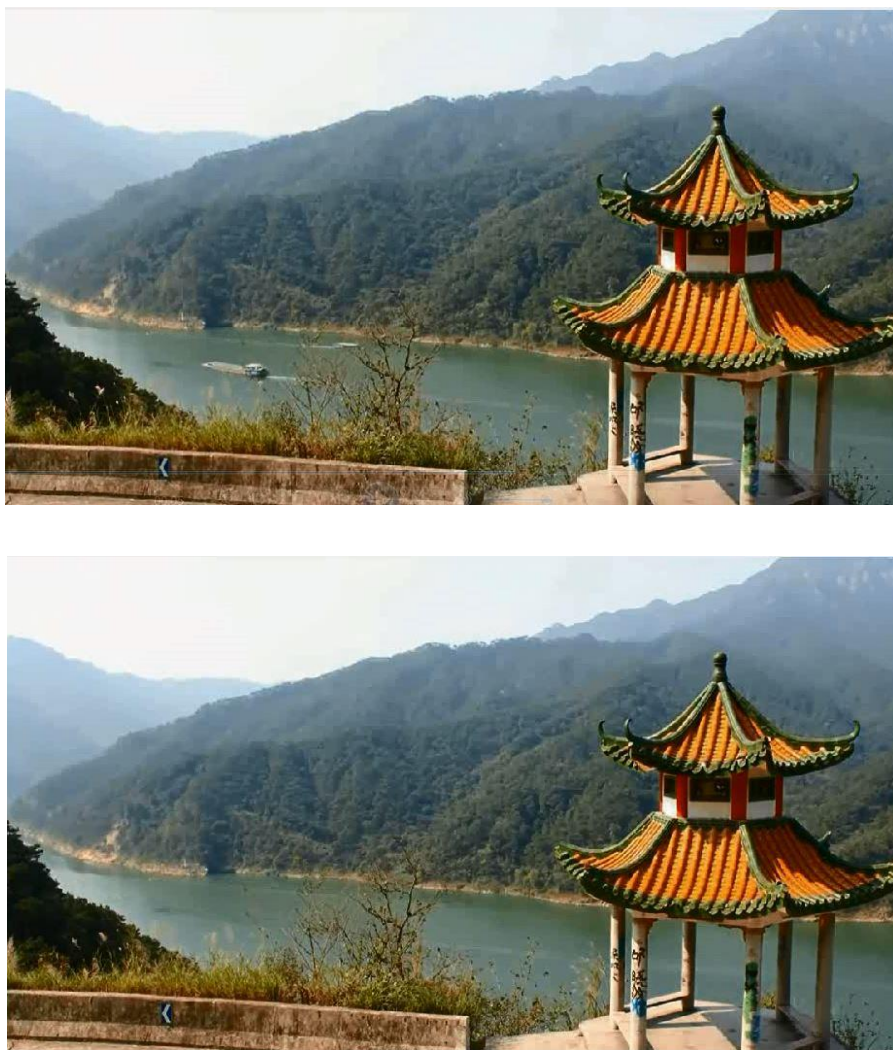


图 11 消除移动障碍物——游船

5.3 消除“虚拟”障碍物

除了有形的障碍物，本系统还可消除其他类似障碍物的光影效果，如阴影和反光等。

物体挡住光线时，就会产生阴影，一般不需要特殊处理，但有时阴影也会造成麻烦，需要消除，手术室的无影灯就是一个例子^[4]。本系统可做出类似的消影效果，没有无影灯时，用普通光源绕物体转动，并录成小段视频输入本系统。

下图为正常拍摄的烙铁架。光源从不同角度照射时，会在不同方向产生阴影。（为节约篇幅，图片适当缩小）



图 12 正常拍摄的烙铁架

下图为处理后的效果，阴影大部分消除，光照看起来也比较均匀。



图 13 消除虚拟障碍物——阴影

结论

本系统实现了数字图像的障碍物消除操作，利用带有障碍物的小段视频生成无障碍物的图像，处理速度较快，可在普通配置的计算机上实现去障碍操作。同时，利用无线通信将手机和计算机连接起来，实现了跨平台操作，扩大了系统的适用范围。

本系统能够弥补拍摄缺憾，改善图像质量，同时保留图像的有效信息。在工业自动化、社会信息化的大背景下，本系统顺应了机器视觉技术的发展方向，具有广阔的应用前景。

参考文献

- [1]张铮,王艳平,薛桂香.数字图像处理与机器视觉[M].北京:人民邮电出版社,2010.
- [2]张旭明,徐滨士,董世运. 用于图像处理的自适应中值滤波[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2005,17(2).
- [3](美)哈诺德.Java 网络编程[M].朱涛江,林剑译.北京: 中国电力出版社,2005
- [4]胡宗泰.手术无影灯[J]. 世界产品与技术,1996,(3).