

摘 要

在远程双目堤坝形变监测中，相机拍摄的图像是分析堤坝安全状况的重要信息，关系着是否能准确判断堤坝安全状况。在远程双目堤坝形变监测中，采用对目标标识体的空间坐标信息判断堤坝是否发生形变以及形变程度，所以高质量的图片是准确判断的保证，则对拍摄图像的相关预处理就显得尤为重要。

基于此背景，本论文重点研究了图像的相关预处理以及对目标标识体的中心点坐标提取过程。图像的预处理涉及到：图像灰度化、图像增强、图像平滑、图像分割等，而目标标识体的中心点坐标提取则涉及到椭圆拟合过程，论文在分析了各个环节的理论方法后，通过实际处理分析得出各种方法的优缺点，重点研究了图像分割中的边缘检测算法，甄选出适合于远程双目监测的一套系统的方法，包括噪声去除，边缘检测，中心点提取等。

本文的主要工作有：

一、对图像预处理的各个环节的基本理论进行阐述，分析各个环节的各种方法的理论优缺点。

二、对各个环节进行试验，分析比对各种方法处理效果，找出最合适的方法得到试验结果。

三、对图像进行椭圆拟合并得到中心点坐标完成最终任务。

关键词：堤坝监测，图像处理，中心点提取

目录

摘 要.....	1
第一章 绪论.....	5
1.1 研究背景及意义.....	5
1.2 图像预处理及中心点坐标提取发展概况.....	5
1.3 本文主要研究内容.....	6
第二章 图像预处理基本原理.....	8
2.1 图像灰度化.....	8
2.2 图像平滑.....	9
2.3 图像增强.....	10
2.4 图像分割.....	10
2.5 椭圆拟合.....	11
第三章 方案设计.....	12
3.1 图像灰度化.....	12
3.2 图像平滑.....	12
3.3 图像增强.....	14
3.3.1 histeq 增强.....	14
3.3.2 adapthisteq 增强.....	14
3.4 边界分割.....	15
3.4.1 Sobel 算子.....	16
3.4.2 Roberts 算子.....	17
3.4.3 Prewitt 算子.....	19
3.4.4 Log 算子.....	20
3.4.5 Canny 算子.....	22
3.4.6 Zernike 算子.....	24
3.5 本章小结.....	24
第四章 实测试验.....	26
4.1 实验室环境测试.....	26
4.1.1 图像预处理.....	26
4.1.2 椭圆拟合及中心点坐标提取.....	27
4.2 自然环境测试.....	28
4.3 本章小结.....	29
第五章 总结与展望.....	31
5.1 工作总结.....	31

5.2 工作展望.....	31
致谢.....	32

第一章 绪论

1.1 研究背景及意义

大坝通过拦、蓄水实现水资源的时间与空间调控,合理优化水资源时空配置,也是江河防洪工程的重要组成部分[1,2]。到目前为止,我国已建水库堤坝约 8.7 万座,成为名副其实的坝工大国,已建成的大坝数量居世界之首,在我国经济建设和社会发展中发挥着重要作用[3-5]。

然而,由于施工技术、地形地貌因素、气候因素以及大坝服役年限等方面的原因,使得我国截止目前已有累计三千多座堤坝发生溃坝事故,在三十米以上的溃坝中土石坝占到了 89.7%,给社会和人民造成了严重的生命财产损失和生态损失[6-8]。因此水库堤坝的安全状况与人们生活息息相关。大坝的安全监测能够实时反映大坝的运行状态,及时反馈大坝“健康状态”,对保护人民的生命财产安全具有重要的意义。

在大坝安全监测中,非接触式大坝形变监测技术是在监测时在大坝表面设置一些标志点,测量仪器不直接与大坝表面接触的情况下进行测量的一种监测技术。因非接触式大坝形变测量则对坝体本身要求较低,易于实施,因此被广泛使用。

双目视觉的大坝形变测量方法即为非接触式测量,该方法采用双目视觉三维测量技术原理测量坝体形变值,具有非侵入、高精度、易实施等特性,具有很广泛的发展前景。而在双目视觉形变监测中,从双目摄像机上获取到高质量的图像是确保对堤坝的目标标志点精确提取定位的重要保障,从而为后续能够实现高精度测量打下坚实基础。在实际的试验操作过程中,由于受到自然环境各种复杂因素的影响,所采集到的图像必定带有一些噪声,这些噪声会影响图像的质量,不仅使视觉效果变得模糊,而且会降低目标标志点的定位精度。因此需要对从双目摄像机上获取的图像进行相关的预处理,达到去除图像噪声和使目标标志点突出的目的。为了实现目标特征点三维坐标,还需对图像进行目标特征点坐标提取,特征点匹配操作,最终实现三维测量[9]。所以对双目相机拍摄的图像的预处理及目标特征点坐标提取在实际操作中显得尤其重要。

1.2 图像预处理及特征点坐标提取发展概况

图像预处理,即将每一个文字图像分检出来交给识别模块识别,这一过程称为图像预处理。图像处理技术源于 20 世纪 20 年代,当时通过海底电缆从英国伦敦传输了一张照片

到美国纽约, 其中便采用了数字压缩技术[10]。

图像预处理作为一门学科大约形成于 20 世纪 60 年代初期, 早期图像处理的目的是改善图像的质量, 它以人为对象, 以改善人的视觉效果为目标[11]。首次获得巨大成功的是美国喷气推进实验室(JPL), 他们对航天探测器徘徊者 7 号在 1964 年发回的几千张月球照片使用了图像处理技术, 并由计算机成功地绘制出月球表面地图, 随后又对探测飞船发回的近十万张照片进行更为复杂的图像处理, 获得了月球的地形图、彩色图及全景镶嵌图等, 为人类登月创举奠定了坚实的基础。在以后的宇航空间技术, 如对火星、土星等星球的探测研究中, 数字图像处理技术都发挥了巨大的作用。1972 年, 利用图像重建, 根据人的头部截面的投影, 经计算机处理来重建截面图像的用于头颅诊断的 x 射线计算机断层摄影装置, 即 CT(Computed Tomography), 由英国 EMI 公司工程师 Hounsfield 发明。1975 年 EMI 公司又成功研制出全身用的 CT 装置, 获得了人体各个部位鲜明清晰的断层图像。1979 年, 这项无损伤诊断技术获得了诺贝尔奖。

在我国, 有些研究者专门针对图像的预处理阶段提出了一些算法, 例如, 李战明等人提出了一种图像预处理算法, 该算法分四个步骤来逐步实现对图像的去噪和增强操作, 处理步骤包括尺寸归一化, 中值滤波, 图像增强以及二值化, 在原有理论研究的基础上引入了一些新思想和新方法[12]。董玲娇等人提出了一种新的图像预处理算法, 该算法充分考虑由于各种原因造成的图像歪斜、模糊或缺损等情况, 具有较好的处理效果[13]。也有一些研究者考虑先通过用形态运算来过滤掉图像的背景信息, 因为图像的背景信息对于目标区域的定位以及后续环节无关紧要, 去掉背景信息还可以提高处理的效率, 使用该种方法的研究者例如朱光忠等人提出了一种基于多尺度 Top-Hat 算子的图像预处理算法[14], 该算法针对不同的图像模块引入不同尺度结构元素来对图像进行处理, 取得了较好的效果。

随着图像处理技术的深入发展, 计算机技术和人工智能、思维科学研究的迅速发展, 图像预处理也向更高、更深层次发展, 向着智能化、高效率、高精度、高可靠性的方向发展。

1.3 本文主要研究内容

本次设计的最终目的为在远程双目堤坝形变监测实验平台上, 完成对实测图像进行分析处理的完整方案, 以准确提取目标标志体的中心点坐标为最终目的。在试验过程中, 比较多种图像预处理和中心点提取方法, 以期找到最优的处理方案。

主要研究内容如下:

- 1、对图像的灰度化处理过程, 试验比较分析多种灰度化方案;
- 2、对图像的增强处理过程, 试验比较分析各图像增强方案的增强特性;
- 3、对图像的平滑处理过程, 针对不同的噪声选出最适合的去噪方案;

- 4、对图像进行图像分割处理，学习传统的边缘检测算子并加以试验，尝试新颖的边缘检测算子，最终实现 6 种不同的边缘检测算子的实验结果，比较分析各算子，选择出针对远程双目监测获取图像最优的边缘提取方案；
- 5、对获取的边缘提取图像进行椭圆拟合，得到规范的椭圆，进行中心点坐标计算。

第二章 图像预处理基本原理

在实际的双目监测过程中，相机的拍摄过程会受到例如天气状况、镜头模糊、标识体被遮挡等等各种复杂因素的影响，所采集到的图像必定会出现不合格或者带有一些噪声的情况，所以在进行实验之前需要先对图像进行甄选，然后对有用信息的图像进行分析处理，而这些图像带有的些许噪声会影响图像的质量，不仅使视觉效果变得模糊，而且会降低目标标志点的定位精度。对所获取的图像进行相关的预处理，达到去除图像噪声清晰图像以及使目标标志点突出的目的，在完成了预处理过程后，对图像进行椭圆拟合，以求得目标标识体在整幅图的中心点坐标，用来判断堤坝是否发生形变，所以对双目相机拍摄的图像的预处理在实际操作中显得极其重要。为了实现目标特征点三维坐标，还需对图像进行目标特征点坐标提取，特征点匹配操作，最终实现三维测量[22]。

对双目监测得到的实测图像的预处理的基本流程为：图像灰度化、图像增强、图像平滑、图像分割，得到处理后图像进行椭圆拟合、特征点坐标提取等，预处理过程操作流程如下图所示：

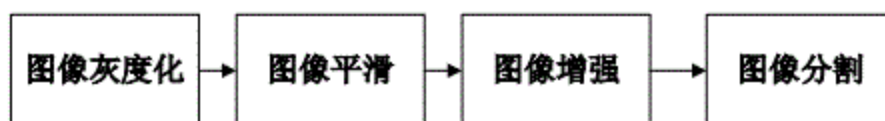


图 1 图像预处理流程图

2.1 图像灰度化

图像灰度化其目的为将彩色图像根据特定的运算关系转化为灰度图像的过程。对彩色图像而言，任意像素的颜色都由 R、B、G 三分量共同决定，每个分量又有 255 个值可选，这样各个像素点的颜色将有上千万种可以选择。灰度化后的图像则使得 $R=B=G$ ，每个像素为黑色和白色之间的一种，灰度化后会使得图像所占的空间变小，并且图像的主要信息损失很少，使得运算速度得以提高[15]。常见方法有：分量法、平均值法、最大值法、加权平均法等。

（一）分量法

分量法为将彩色图像中的 RGB 三分量的亮度作为三个灰度图像的灰度值，可根据应用需要选取一种灰度图像。

$$f_1(i, j) = R(i, j), f_2(i, j) = G(i, j), f_3(i, j) = B(i, j) \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (2.1)}$$

其中 $f_k(i, j)(k=1,2,3)$ 为转换后的灰度图像在 (i, j) 处的灰度值。

（二）平均值法

将彩色图像中的 RGB 三个分量亮度和计算平均值得到一个灰度值。

$$f(i, j) = (R(i, j) + G(i, j) + B(i, j)) / 3 \quad \forall * \text{ MERGEFORMAT (2.2)}$$

（三）最大值法

将彩色图像中的 RGB 三个分量中亮度的最大值作为灰度图的灰度值。

$$f(i, j) = \max(R(i, j), G(i, j), B(i, j)) \quad \forall * \text{ MERGEFORMAT (2.3)}$$

（四）加权平均法

根据重要性及其他的指标，将三个分量以不同的权值进行加权平均。由于人眼对绿色的敏感度最高，对蓝色的敏感度最低，因此，按照下式对 RGB 三分量进行加权平均能得到较合理的灰度图像。

$$f(i, j) = 0.30R(i, j) + 0.59G(i, j) + 0.11B(i, j) \quad \forall * \text{ MERGEFORMAT (2.4)}$$

2.2 图像平滑

（一）图像噪声

图像噪声是指存在于图像数据中的不必要的或多余的干扰信息。噪声的存在严重影响了目标图像的质量，因此在图像增强处理和分类处理之前，必须予以纠正处理。图像中各种妨碍人们对其信息接受的因素即可称为图像噪声。噪声在理论上可以定义为“不可预测，只能用概率统计方法来认识的随机误差”。因此将图像噪声看成是多维随机过程是合适的，因而描述噪声的方法完全可以借用随机过程的描述，即用其概率分布函数和概率密度分布函数。

在远程双目堤坝形变监测中，采集图像常见的噪声为高斯噪声、椒盐噪声。

高斯噪声：指该噪声的概率密度函数服从高斯分布（即正太分布）的一类噪声。高斯噪声的范围遍布所有的灰度级，常见的高斯噪声包括起伏噪声、宇宙噪声、热噪声和散粒噪声等等。

椒盐噪声：也称脉冲噪声，是图像中经常见到的一种噪声，它是随机出现的白点或者黑点，可能是亮区域有黑丝像素或在暗区域有白色像素（或是两者皆有）。盐和胡椒噪声的成因可能是影像讯号收到突如其来的强烈干扰而产生、类比数位转换器或位元传输错误等。

（二）图像平滑原理

图像平滑即指用于突出图像的宽大区域、低频成分、主干部分或抑制图像噪声和干扰高频成分的图像处理方法，目的是使图像亮度平缓渐变，减小突变梯度，改善图像质量。

当目标图像受传感器、天气等因素的影响，目标图像上出现某些亮度过大的区域，或出现一些亮点（也称噪声），这种为了抑制噪声，使图像亮度趋于平缓的处理方式即是图像平滑。图像平滑实际上是低通滤波器，对图像进行滤波处理得到质量较好的图像的过程即平滑。

过程，针对不同的图像噪声需进行不同的平滑。

2.3 图像增强

图像增强其目的为使图像清晰度更高，使图像中各物体特征的差别更大，有选择地突出以便于人或计算机分析某些感兴趣的信息，抑制一些无用的信息，为图像中目标的提取奠定基础[16]。在数字图像处理（Digital Image Processing）中，直方图均衡化（Histogram Equalization）是一种最常见、最为普遍应用的增强原始图像（Original image）对比度（Image contrast）的方法。

图像直方图：从统计学角度来看，直方图是统计样本空间中，所有随机变量出现的次数，将随机变量看作 x 轴，次数看作 y 轴，以此作图而得到的。根据直方图的定义，我们可以看出，在图像处理中（这里以灰度图为例），图像的灰度直方图是：灰度级别从 0~255 是 x 轴，每一种灰度级别出现的次数是 y 轴，以此得到的统计图。从这样的统计直方图中，我们可以看出一幅图像中，哪些灰度出现的次数较多，哪些出现的较少。同理对应于彩色图像，就是某一分量的统计情况。

直方图均衡化则是旨在寻找一种灰度级变换关系，使得变换后的灰度图像的各级灰度的出现概率相同或相近。其中心思想是把原始图像的灰度直方图从比较集中的某个灰度区间变成在全部灰度范围内的均匀分布。由严格的数学理论推导可知，利用累积分布函数作为变换函数可以产生灰度级具有均匀分布的图像。

2.4 图像分割

图像分割算法的研究已有几十年的历史，一直以来都受到人们的高度重视。关于图像分割的原理与方法，国内外已有不少论文发表，但一直没有一种分割方法适用于所有的图像分割处理。传统的图像分割方法都或多或少存在着不足，不能满足人们的要求，为进一步的图像分析和理解带来了困难，因此图像分割一直是研究的热点问题。

随着计算机技术的迅猛发展，图像分割等技术能够在计算机上实现，即从图像中将某个特定区域与其他部分进行分离并提取出来。图像分割的方法有阈值分割法、边界分割法、区域提取法、结合特定理论工具的分割法等。

因实验项目的需要，在远程双目堤坝形变监测中，我们重点研究边界分割法的边缘提取方法。图像的边缘检测大幅度地减少了数据量，并且剔除了可以认为不相关、无效的信息，保留图像重要的结构属性，但在进行边缘检测之前，我们需要对图像进行滤波增强等处理以便更好地检测到边缘进行边缘提取。