数字图像处理

大作业一 书页图片矫正与拼接

学 号 2017011589

姓 名 吾尔开西

班 级 自76

目录

一 、	总述	3
二、	书页图片矫正	3
	1、获得原图点和目标图点	3
	2、TPS 薄板样条插值	4
	3、矫正结果	5
三、	图片拼接	6
	1、SIFT 算法	6
	2、变换矩阵	6
	3、渐变权重	0
	4、多频段融合	2
四、	图片二值化1	3
五、	自动选点1	7
六、	运算结果2	1
	1、手动选点矫正拼接	1
	2、拼接图片二值化	1
	3、自动选点矫正拼接	2
七、	总结2	3
八、	参考资料2	3

一、总述

本次大作业要求矫正两张自然弯曲的书页图片,并将这两张有公共部分的图片拼接起来,另外还要将结果进行二值化。

为了矫正书页图片,我使用了 TPS 薄板样条插值的方法,分别用手动选关键点和自动选关键点的方式进行,其中自动选点的算法将在报告最后一部分详述。

拼接矫正后的书页图片时,本项目采用了 SIFT 算法查找关键点,用修改后的 RANSAC 算法匹配关键点并计算拼接用的变换矩阵,由于本次任务的特殊性,在这过程中分两次对图片进行调整,以便更好地匹配。得到变换矩阵后,用多频段融合算法进行拼接。

将图片二值化时,由于光照、折叠等原因,图片不同区域的灰度值差异较大,所以需要先从横向和纵向两个方向将图片进行均衡化,再用空域二值化的方法进行二值化。

二、书页图片矫正

作业要求矫正书页图片,即将自然弯曲的书页图片展平,这一点无法用线性的仿射变换实现,因为在仿射变换下,原图中位于一条直线上的点在变换后的图片中仍然在一条直线上,然而本任务要求将原来不在一条直线上的点(如某一行字),变换到一条水平直线上来。此外,描述书页弯曲的三维函数难以写出,因此很难自己设计变换方法。查阅资料后,我淘汰了一系列变换方法,比如畸变矫正(矫正由摄像机镜头工艺带来的畸变),最后决定选用 TPS 薄板样条插值的方法进行矫正。TPS 算法需要输入多个原图点坐标和目标图点坐标,本项目用了手动和自动两张方式来获得原图点坐标,这部分先介绍手动选点的方式,自动获取算法将在最后一部分进行介绍。

1、获得原图点和目标图点

对应代码: undistort.m

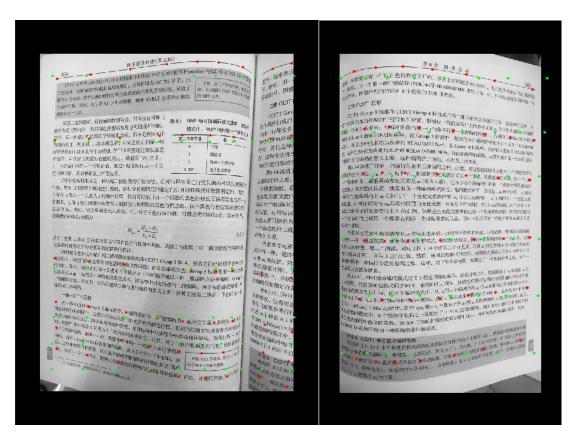
这部分介绍用手动选点的方式获取原图点,并计算其对应目标图点的方法。

书页图片矫正,需要将原图中呈弯曲状的每一行字矫正为水平直线,因此需要在原图中选取位于同一行字的一系列点坐标,并计算出它们对应的目标图中点的坐标,将这些点坐标输入 TPS 函数。

实际操作时,我在第一张图片中选了6行字,每一行字10个点;第二张图片选了6行字,每一行字8个点。

计算原图点坐标对应目标图点坐标时,每一行点是独立的。以第一张图片为例,首先从该行 10 个点的中心点(第 8 个点)向左出发,中心点的目标点坐标与它本身相同,中心点左边第一个点的纵坐标与中心点相同,横坐标的差是二者距离差。计算中心点左边第二个点横坐标是以中心点左边第一个点为准。同理计算中心点右边的点。

这种计算方法有一个缺陷,那就是原图中两个点之间的距离其实并不等于实际距离,所以需要在弯曲程度大点附近进行距离补偿。此外,由于算出来的目标点很可能超出原图坐标范围,所以需要在原图四周填充黑边。下图是两张图的选点结果,红点是原图中点,绿点是目标图中对应的点。



2、TPS 薄板样条插值

对应代码: rbfwarp2d.m

TPS 薄板样条插值是一种插值算法,在本项目中可以把矫正问题看作是一个二维插值问题,已知 n 个特征点对(目标图中点的坐标) (x_i, y_j) 和它们对应的函数值(原图中对应点的坐标) $f(x_i, y_i) \in D^2$, (i = 1, 2, ..., n),求一个插值函数,并用这个插值函数求得目标图中所有点对应的原图中点的坐标,求出的原图中点坐标可能不是整数,所以还需要用线性插值求得这个点的灰度值。

关键是如何求得这个插值函数,在 TPS 算法中(<u>Bookstein & intelligence, 1989</u>),插值函数形式为:

$$f(x,y) = a_0 + a_1 x + a_2 y + \sum_{i=1}^{n} w_i U(|(x_i, y_i) - (x, y)|)$$

其中, $U(t)=t^2\log t$ 。 a_0,a_1,a_2,w_i 均为参数,维度均为 2×1 ,满足 $\sum_{i=1}^n w_i=\sum_{i=1}^n w_i\,x_i=\sum_{i=1}^n w_i\,y_i=0$.

将上面的条件和插值条件写成矩阵形式:

$$\begin{bmatrix} K & P \\ P^T & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V \\ 0 \end{bmatrix}$$

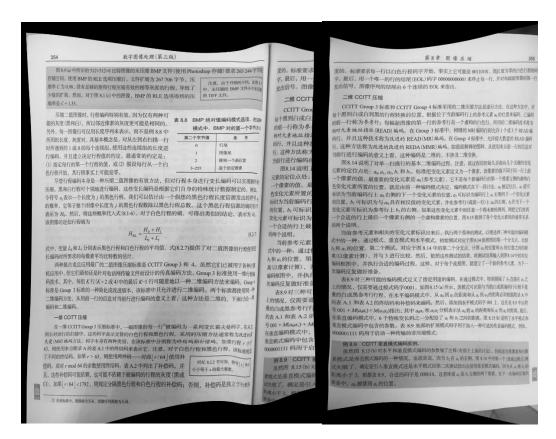
其中, $K \in D^{n \times n}$, $K_{ij} = U(|(x_i, y_i) - (x_j, y_j)|; P \in D^{3 \times n}$, $P_i = [1 \ x_i \ y_i]; w \in$

$$D^{n\times 2};\ a = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix};\ V \in D^{n\times 2},\ V_i = f(x_i,\ y_i)$$

设 $\mathbf{L} = \begin{bmatrix} K & P \\ P^T & 0 \end{bmatrix}$,则 $\begin{bmatrix} w \\ a \end{bmatrix} = L^{-1} \begin{bmatrix} V \\ 0 \end{bmatrix}$,也就求得了插值函数,再用这个插值函数求得目标图中每个点对应原图中点的坐标,并用线性插值求得目标图中点的灰度值即可。

3、矫正结果

下图是矫正结果,由于没有标定太多选择点,所以图一有少量未能矫正的部分以及少量畸变。



三、图片拼接

拼接矫正后的书页图片时,本项目采用了 SIFT 算法查找关键点,用修改后的 RANSAC 算法匹配两张图片的关键点并计算拼接用的变换矩阵,由于本次任务的特殊 性,在这过程中有两次对图片进行的调整,以便更好地匹配。得到变换矩阵后,用多 频段融合算法进行拼接。

1、SIFT 算法

代码: sift.m

SIFT 算法的代码实现使用了 MATLAB 的 vlfeat 工具包(http://www.vlfeat.org/install-matlab.html)

SIFT 算法是一种特征点提取的算法(<u>Cheung & Hamarneh</u>, 2007),提取结果受光照、角度等因素影响较小。为了检测特征点,首先需要对不同尺度的原图片进行高斯滤波,滤波时用的高斯核方差有多个,从而形成高斯金字塔,每一层代表某一尺度的滤波结果,每一层有多张图片,对应不同方差高斯核的滤波结果。

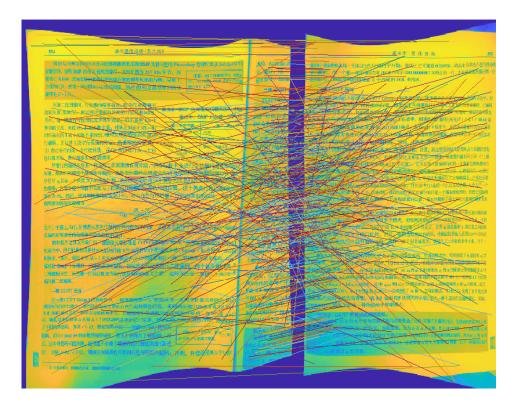
得到高斯金字塔后再将其相邻两层相减,得到高斯差分金字塔。之后在高斯差分金字塔中检测局部极值点,这些极值点是 DOG 空间中的,因为查找时不止在它二维平面上的领域查找,也要和这个点在相邻图片上的领域进行比较。得到的极值点再经过平滑处理、消除边缘效应,便能得到最终的特征点,除此之外还有这些特征点的方向信息。最后再用特征点领域内的梯度信息获得 128 维的特征描述子,该特征描述子有方向不变性。

2、变换矩阵

代码: stitch.m

要将两张图片进行拼接,最重要的得到一个3×3的变换矩阵,用该矩阵将图 1 投影到空间某个位置后,两张图片相匹配的特征点将最大限度地重合。该变换矩阵其实是用两张图片中相匹配的特征点进行计算,即将图片 1 的特征点进变换矩阵投影后与图片 2 中的特征点重合,具体过程如下。

用 sift 算法得到两张图片的特征点和它们的特征描述子后,可以用最近邻匹配的方法将两张图片的所有特征点匹配起来。下图是第一次匹配的结果,两张图中相匹配的特征点用不同一根彩线连接起来,可以看出有很多错误匹配的特征点。



接下来,我决定采用 RANSAC 算法得到变换矩阵和最佳匹配的特征点。由于本项目的特殊性,两张书页图片可以视作在同一平面上的矩形,只需要上下左右平移来进行拼接。此外,弯曲矫正时并没有把两张图片完全展平,因此我修改了 RANSAC 算法的计算过程,并在计算过程中对图片 2 进行了两次矫正,以便更好地进行拼接。

RANSAC 算法的思路是: 从匹配的特征点中随机选择 n(如 n=4)对特征点,用这 n 对特征点计算变换矩阵,即将图一中的特征点投影到图二中对应特征点的位置,所

用的矩阵。设图一中的特征点为
$$x_i = \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ 1 \end{bmatrix}$$
, $i=1,2,3,4$, 变换矩阵为 H , 图二中对应特征

点为 x_i' ,则 $x_i'=k_iHx_i$,由于 x_i' 要归一化为 $\begin{bmatrix} X_i'\\ Y_i'\\ 1 \end{bmatrix}$ 的形式,因此 k_i 并不重要,上式子等同于

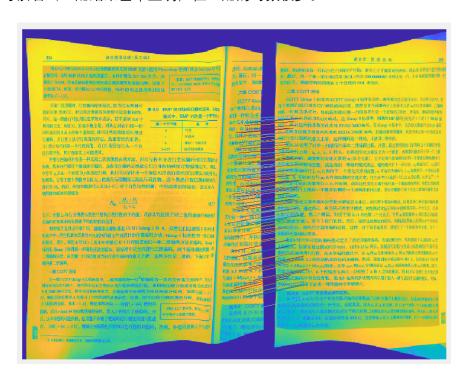
 $x_i' \times Hx_i = 0$,这其实是一个优化问题,最后化成奇异值分解的方法求得解H。得到H后对图 1 中所以特征点进行变换,看变换结果是否与它对应的图 2 中的特征点足够近(距离小于一个阈值),如果足够近,就将这对特征点记作最佳匹配特征点,每一轮中最佳匹配特征点的个数记作这个变换矩阵H的分数,循环足够多次(如 100 次),选择分数最高的H作为求得的变换矩阵,并返回它的最佳匹配特征点。

由于我们拼接的两张图片可以看作在同一个平面上,所以变换矩阵H只需两个未知量

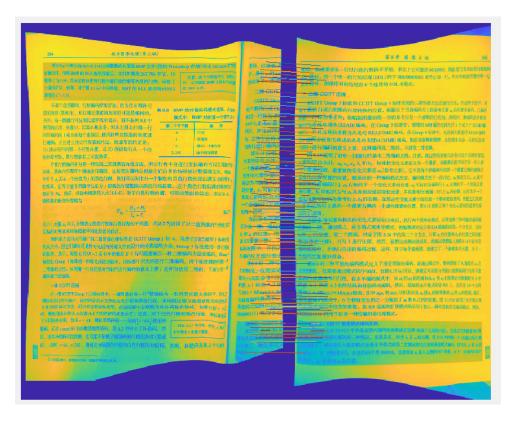
$$H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_0 \\ 0 & 1 & y_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

随机取图 1 中的一个特征点 $x_1 = \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ 1 \end{bmatrix}$, Hx_i 将这个特征点上下左右平移。设 x_1 在图

二中对应的特征点为 x_1' ,则 $x_0 = x_1'(1) - x_1(1)$, $y_0 = x_1'(2) - x_1(2)$ 。求解的其他流程与上面介绍的 RANSAC 算法相同,下图是第一次用改版 RANSAC 算法得到的最佳匹配特征点,可以看出匹配结果基本正确,但匹配的对数较少。



接下来对图 2 进行第一次矫正,由于两张图片中的纸张高度尺寸可能与现实的比例不同,所以需要将两张图片的高度进行矫正,做法是选取两对最高和最低的最佳匹配特征点,根据双方的高度差比例来矫正第二张图片的高度。矫正后第二次用 sift 算法查找图 2 的特征点,并用改版 RANSAC 查找最佳匹配点。下图是经第一次矫正和第二次匹配后的最佳匹配特征点,可以看出匹配结果仍然正确,且匹配对数较第一次更多。



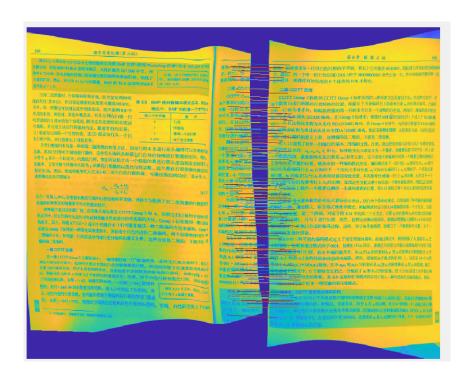
如果这时用得到的变换矩阵进行拼接,会得到一张质量不太好的拼接图,两张图片的公共部分中中间部位匹配的较好,而上面和下面的部位并没有完全重叠,会出现重影。从最佳匹配特征点的连接线中也可以看出,各个连接线的斜率并不相同。这是因为在前面一步将书页图片展平时,并未能将书页的每个部位完全展平,所以两张图片并不能直接拼接,否则会出现匹配了A部位,而B部位不能完全匹配的情况。

为了解决这个问题,我决定对图 2 进行第二次矫正,这次用(二)中介绍的 TPS 薄板样条插值。首先去除最佳匹配特征点中距离过近的点,再从中选择一个数量的特征对(如 60 对),让它们之间距离尽量大一些。TPS 插值需要输入原图点坐标和对应目标图点坐标,我们输入筛选后的特征对中图 2 的点坐标和对应图 1 中的点经变换矩阵

投影后的坐标,用符号来表示,记一对特征对为
$$\{x_{i1}, x_{i2}\}, x_{i1} = \begin{bmatrix} X_{i1} \\ Y_{i1} \\ 1 \end{bmatrix}$$
是图 1 中特征点

坐标向量, x_{i2} 是对应图 2 中特征点坐标向量, 则输入 TPS 的一对点中原图点坐标为 $[x_{i2}(1) \ x_{i2}(2)]$, 目标图点坐标为 $[(Hx_{i1})(1) \ (Hx_{i2})(2)]$ 。

矫正后第三次用 sift 算法查找图 2 的特征点,并用改版 RANSAC 查找最佳匹配点, 下面是匹配结果,可以看出最佳匹配点个数足够多,且连接线基本水平。



经过两次矫正三次匹配后,便可以用得到的变换矩阵H进行变换了,首先将两张图片扩大,保证变换后的图片都在范围内。变换时,虽然变换矩阵是按图 1 的特征点映射到图 2 特征点的方法所求,但图 1 保持不变。变换图 2. 对目标图中的每个点坐标

(i,j),用 $H\begin{bmatrix}i\\j\\1\end{bmatrix}$ 计算图 2 原图坐标(i',j'),图 2 目标图中(i,j)的灰度值等于图 2 原图中

(i',j')处的灰度值,(i',j')可能不是整数,这时需要用线性插值的方法求得该点灰度值。

将图 2 变换后, 其实就是将其移到合适的位置后, 便可以将两张图进行融合了。

3、渐变权重

代码: get stitch mask.m

两张图片将用多频段融合的方法进行融合,在这之前,需要求出一个渐变权重, 这个权重矩阵需要在多频段融合中用到。

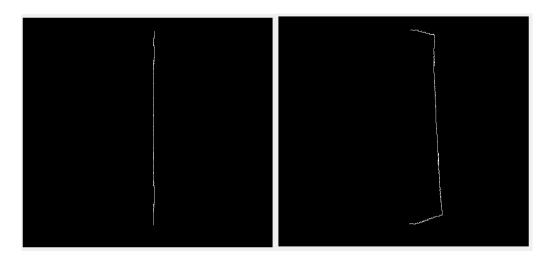
为表述方便, 记 mask 12 为图 1 和图 2 公共部分的掩膜, 即

$$mask_{-}12(i,j) = \begin{cases} 1, & (i,j) \in Pic1 \ and \ (i,j) \in Pic2 \\ 0, & otherwise \end{cases}$$

同理, mask n12表示无图 1 而有图 2 的部分, mask 1表示有图 1 的部分。

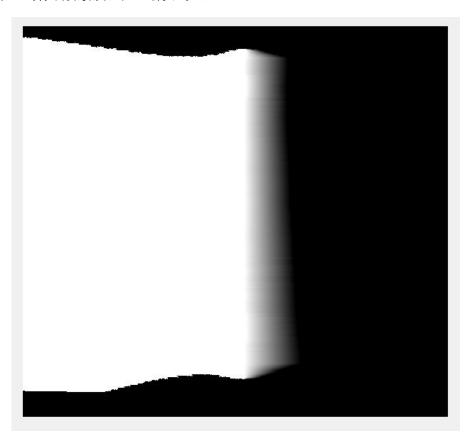
权重矩阵的大小与扩充后的两张图片的大小相同,矩阵值在 mask_1n2=1 的部分为 1,在 mask_n12=1 的部分为 0,在图 1 图 2 的公共部分从 1 渐变到 0。

为了求权重矩阵在 mask_12=1 的部分的值,我们需要先找出 mask_1n2 和 mask_n12 的边界。以找 mask_1n2 的边界为例,我的方法是先将 mask_1n2 进行均值滤波,让滤波结果与 mask_12 逐元素相乘,即找出 mask_1n2 与 mask_12 的重叠部分,结果如下,两张图片的白色部分分别为 mask_1n2 和 mask_n12 的边界。



分别在两个边界上进行采样,每一行各取一个点,用这些点在中间部分进行一阶 线性插值,其中 mask_1n2 上的点值为 1, mask_n12 上的点值为 0.

下图是得到的权重矩阵的结果,可以看出只有图片 1 的部分为 1,只有图片 2 的部分为 0,二者共有的部分从 1 渐变到 0。



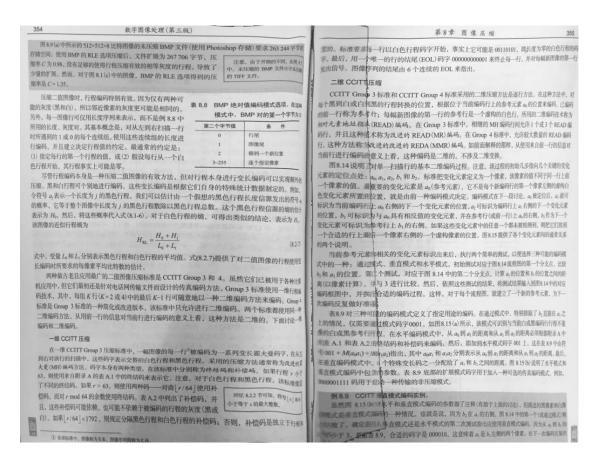
4、多频段融合

代码: multiFre mix.m

将两张图片移到合适的位置后,一种简单的融合办法是

$$result \ img = \frac{img1 + img2}{mask_1 + mask_2}$$

即图 1 和图 2 的公共部分相加除以 2, 其他部分不变。下图是这种方法的结果,可以看出两张图片的公共部分和其他部分有明显的割裂,且色调也有差异,为了解决这个问题,我使用了多频段融合的方法。



多频段融合通过在不同的频段将两张图片加权求和,从而得到比较好的融合效果。融合前需要先得到两张图片的高斯金字塔,设图 1 为 img1, kernal 是5 × 5的高斯卷积核,方差为 1,则

$$GA(0) = img1$$

 $GA(i) = conv2(GA(i-1), kernal)$
 $GA(i) = GA(i)(1:2:end, 1:2:end)$

其中,GA(i)(1: 2: end, 1: 2: end)表示将GA(i)降采样缩小两倍。用这种方法得到图 1 的六层高斯金字塔GA,同理可以得到图 2 的六层高斯金字塔GB

接下来计算两张图片的拉普拉斯金字塔,对图1来说:

$$LA(i) = GA(i) - imresize(GA(i + 1), size(GA(i)))$$

 $LA(5) = GA(5)$

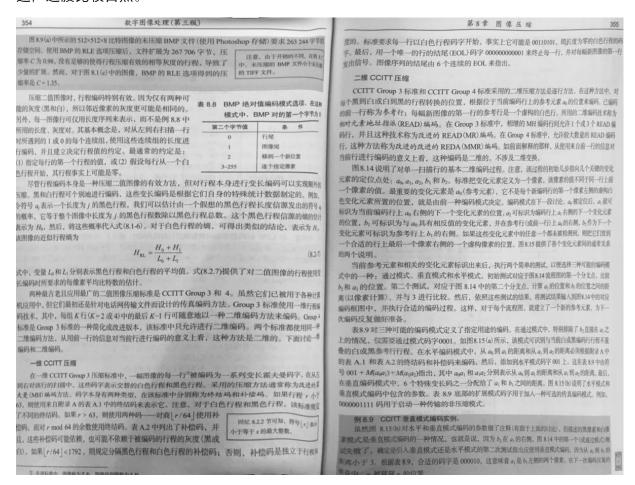
其中,imresize(GA(i+1), size(GA(i)))是指将GA(i+1)升采样扩大到GA(i)同样大小。这样就分别得到图 1 图 2 的六层拉普拉斯金字塔LA, LB。

再接下来是将图 1 和图 2 对应的拉普拉斯金字塔层加权求和,设(3、渐变矩阵)中的得到的权重矩阵为 mask,则

$$LC(i) = LA(i) \circ mask(i) + LB(i) \circ (1 - mask(i))$$

其中,mask(i)是将 mask 缩小到与LA(i)同样大小后的矩阵,∘是逐元素相乘符号。 最后再将LC(i)伸缩到原图同样大小后全部相加即可,。

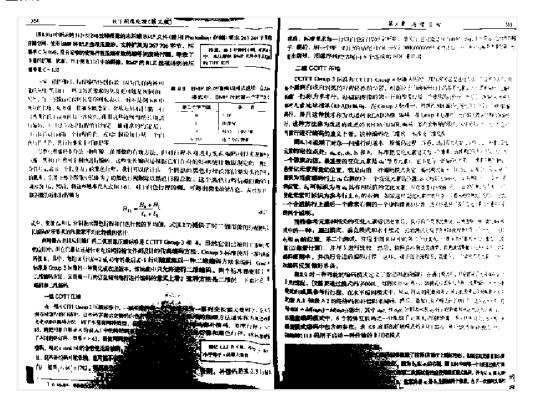
得到融合图像后去掉黑边,便能得到最终结果,如下图所示,几乎看不出拼接痕迹,过渡比较自然。



四、图片二值化

代码: myBinarize.m

图片二值化可以直接在空域进行简单的二值化,即定一个阈值,每个像素点大于该值为 1,小于该阈值为 0,但这种方法效果不佳,因为受光照等影响,图片每一部分文字的灰度值有一定差别,导致阈值很难选择,往往是有些文字太浅看不清,有些部分全黑。

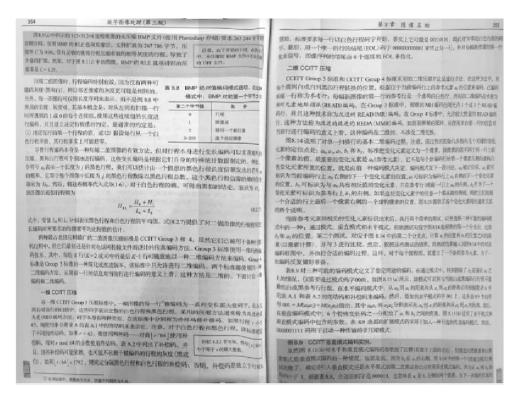


考虑到所要二值化的图片的特殊性,我决定使用空域均衡的方法解决这个问题。 我所需要二值化的图片是一张单纯的书页图片,也就是说,选取该图片的一大块,其 灰度值的平均值应该与其他部分的平均值差不多。而实际情况下,光照等因素的影响 使各个部分的平均值往往有差异。因此,为了消除光照的影响,可以将图片各个部分 的平均值均衡化。

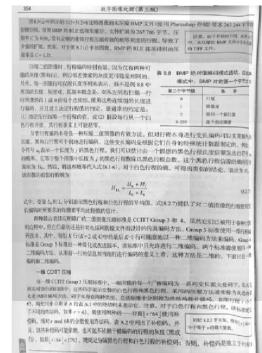
首先进行横向均衡、取图片竖立条状的一部分、如下图。



求这一部分图片的平均值,再将书页其他部分划成同样宽度的条状部分,使它们的平均值与第一部分相同,结果如下。



再用同样的方法进行纵向均衡化、结果如下。



度前。标准要求每一行以白色行程例字开始,事实上它可能是0000000,而后使为年前也为87年 字、最后,用一个唯一的行动结尾(EOU)码字 000000000000 宋沙止日一行,并将规则还能够不 字、最后、用一个唯一的行的结尾 (EOL) 等字 0000000 更重益号。 图像序列的结尾由 6 个连续的 EOL 来指出

CCTIT Group 3 标准和 CCTIT Group 4 标准术用的二维压缩力让进程行动。在证券加收,有 每个规则行政行行规的对于种种协约公理。根据位于当由电码行上的基本证案。由它是参照,已经 前推一行联方序支持,包括新用像的第一行的基本行是一个建构已由行,用的一维研引进和 部可元素地是相談(READ)號場。在Group 3 報應中,相關的MH集時間衛先1 (內含个熱却量 同行,時且这种技术称为此进的 READ (MR)場局。在Group 4 标准中,允许被比较短的组织编码。 行。这种方法称为成进的改进的 REDA (MMR) 编码。如前面解释的影片、从使用来自由一行的意思

当自行进行编码的意义上者,这种编码是二维的、不多是"用变换。 图8.14说明了对单一扫描行的基本、维编码过程。注意,运过形式加几步超点几个规则变更 图81.14克里门对单一并操行的基本。 斯爾特拉里,也且如此如此即以下从如此 大量的地位及处于。 他。由。由。由。 标准也更化之常之义一一件素。 报准的原则符号 十二十 一个重要的信息,是重要的变化工家是。《每年元素》,它不是中于中部时间是一个世上的地域的 也变化元素所谓的位置。 使见由 由一种明视大块定。 如何能力能的形式。 由可 能为一类的编码行士。 在他们于一个变化元素的企道。 。可称此的形式。 由于两下一个变化重 物位置,由可称此及与"电,是有相反信的变化元素",并也参与"印度"一行。 通价机。 由考于一 发化是可以认为非常有形式。 如此这些定化文章中的企业一个推高的情况,现代出现 一个企图的行士运转。一个维索有相反信,如果这些定化文章中的企业一体基础情况,现代出现 一个企图的行士运转。一个维索有相反信。 如果这些定化文章中的企业一体基础情况,现代出现 一个企图的行士运转。一个维索有相反信。 如果这些定化文章中的企业一体基础情况,现代出现 一个心理的行业运转。

次中的一种,通过模式、最直模式和水平模式、影响而以均于8.814度积80年十分元。比较 6.81。自然变量、第二个例式、对位于图 1.84 中的第三个分支机,并是《数据表系的观点》的 第三位编数计划,并写 3.25 行政化、然后、股票品通过的规则,所统定额从原址的特殊 循环机构中,并执行分流的编码过程。这样、对于每个规则。但在2.7 一等形象为末。在7 次编码反复做好准备。

業系及外一种可能的協同模式之义了常定用途的協同。在通过机力,将期間了支票库。2 处理规定、仅需可通过被次的字0001。如如此对公局深。接收可以原生物面或指码行用主意 使设计或集集参析行政性。在水平码间模式中、从、电对。则也更以、同头形理系统等接收入 可加 A 1 和表入上的技术的对比的记录编辑。提升,故识的实现就对印刷上,还是由于由用

倒移的 COTT 重直模式解码实例。 虽然图 8.15 60 对水平和垂直模之级网络参数级下拉导(布面下上面8.86)。AIEEEEEEEEEE 常见元星·查拉斯·洛明的一种情况,也就是他、因为长春。然后,而以此中的第一个点生现几乎 以次数了,确定进引人自直接式还是水平值之的第二次是这种心处并可谓人能。对从,有人是 "你小子",都要表生,合适应码子是 000000、这意味着,是长年的30年中意。在下一次研究对

最后再将这个图片进行空域二值化、结果如下。

354

肚子图像处理(第三版)

图8.9(a)中所示的512×512×8 比特图像的未压缩 BMP 文件(使用 Photoshop 存储) 要求 263 244 字节》

非學「魚民像計」与科倫科特別有效 [因为仅有[陶]和] 表 8.8 BMP 她对值编码模式选择 在8m 能的灰度·黑和门,所以邻近像来的灰度更可能是和同的。 另外,每一搭像打可促用民度序列来表示。而不是例 8.8 中 所用的长度,从度对一其基本概念是,对从左到右扫描一扫 項所遇到的1或0的每个连续组,使用这些连续组的长度进 有编码。并且建立决定有权值的约定 越通常的约定是; D 指定每行的第三个行程的值、或(2) 假设每行从一个门 色行程开始,其行程事实上可能是专

Micros. RMP 对的第三个字形式

第一个字符值	# R
	1,10
1	HISDIE
2	福州 小数位置
3 254	电下阶记频率

与管行智编码本身是一种任喘二值图像的有效方法。但对行程本导进行"变长编码可以实现## 压缩 黑柳石(野可全别应进行编码,这些实长编码是根据它们自身的特殊统计数据制定的 例如 全符号点表示 全长度为了的黑色打得,我们可以估计由一个假想的黑色打得长度后确发出的得到 的數率。它等于整个图像中长度为了的黑色行程数除以黑色行程总数。这个黑色行程信息的概约6 表示为 6. 然后,将这些概率代人式(8.1-6) 对于自色行程的熵,可得出类似的结论、表示为 9. 语图像的近初行现像为

$$H_{\rm RL} = \frac{H_a + H_1}{L_a + L_1}$$
 (62)

式中,变量 6.和 6.分别表示黑色行程和自色行程的平均值。式(8.2.7)提供了对二值图像的行程使用 长编码时所要求的每个家平均比特数的估计

海种最古老担印用量广的《值图像压缩标准是 CCITT Group 3 和 4、虽然它们已被用于各种动 机定用中,但它们最初还是针对电话网传输文件而设计的传真编码方法:Group 3 标准使用一维行局。 時後を、其中、特別と行び、2 支 4 中的最后 と 1 行 F 随意地以一种 「推議的 方法来協的 Goog 林彦臣 Group 3 标准的 - 仲尚化玄文連版本、 法标准中 只允许进行 二维協時。 两个标准都使用に 推编码方法,从用案一行的信息对当的行进行编码的意义主要。这种方法是二维的一下而讨定 编码和 计编码

一维 CCTT 压缩

·推CCTIT Group 3 体图标准中。·编图像的每一行"被编码为 ·系列变长指大处时了,在4 有 伊 (CTT (400以) (423以) (211 (400以) (213以) (211 (400以) (213以) (213x) (2 网 (1 年度) 64 ×1792、與地定分稱無色行權和白色行權的补偿码。否則,补偿仍是每十五年

1 31 1 1 10年4月至長、際衛序列開放为北極。

第8章 图像压缩

变的一标准要求每一行以自色行程的字符始。事实上它可能是00110101。即E度对601绝行图666 最后,用一个哪一的行的结记。EOL。到了0000000001 来终止每一行,并可每颗新洲的一行 发出信号。图像序列的结尾由 6 个连续的 EOL 来指出

二葉 CCITT 压缩

CCITT Group 3 标准和 CCITT Group 4 标准采用的。建压率方是逐行方法,在这种方法,并 有个规则自成了到黑的行程转换的位置。根据位于当前编码行力的参考元素可能设置编码 已编码 的那一行称为参考行:每幅新图像的第一行的参考行是一个虚构的自创行。所用的 進驅視 轉力 相對元素地域指派 (READ) 编码。在 Group 3 标准中,相继的MH编码行间允许1个点3个READ编 例1,并且这种技术称为改进的 READ(MR)编码。在 Group 4 标准中,允许较大数量的程4D 编码 行。这种方法称为改进的改进的 REDA (MMR) 編稿。如前面解释的影样,从使用来自新一行的信息符 当解行进行编码的意义上看。这种编码是三维的。不涉及三维变换

图 8.14 说明了对单一扫描行的基本:维编码过程 注意。该过程的积值25指约7个 大家的证代点处: 44.00 (4.00 和 /) 特征更优化素定义为 个搜索 通常的编写目录 (1.20 一个搜索的值 最重要的变化元素是 (4.10 多元素),它化与个资源时间的 "增享主要的事品 也变化元素所置的位置,就是由的一种编码模式决定。编码规式在片 表示:主要记书。更是 探视为当的编码行上。有例的下一个变化元素的位置。4.明标识为编码计2.4.有例的下一定也3.4. 的位置。由 可标识为与 a. 具有相反值的变化元素,并在多考行或是一个上面的4.更,生生于一 变化元素可标识为参考行主力。的右侧 如果这些变化元素中的任意一个暴来被停阱。 使恶烈发展一个合适的行上最后一个像素右侧的一个唯构像素的代表 语》52度子各个文化工程设施者关系 的两个说明

当前参考元素和相关的变化元素标识由来后,执行两个奇艳的想法。以便选择"幸川走川新河 点中的一种,通过模式、垂直模式和水平模点、均衡测点的定于影响及整形等。今天然、成为和。的位置。等工作测试、对位于图8.14中的第二个分支点,并重点的设置和8.21年 高、以徽肃计算。,并与3进行比较一然后,依照这些测试的结果。将测试结果输入统约495.5约 福码帐图中。 并执行合适的编码过程 "这样,母子每个流程图,就建立了一个新的多点来。这个 **光幽码反复做好准备**

表8.9 对《阿可能的编码模式定义了指定用途的编码。在通过模式中,特别接个人流程4.3 之 的情况,仅需要通过模式的了0001 th图8.15(a 所示、该模式可识的与指的或逻辑的分类方式 會的日成盟参考で行響。在水平縮約模式中、从東列の設備電車の共通的基金で展集とも 的表入1 和表入工的終結的和外偿的未確認。然后、本年到水平成的7 00 i 3 6 k ~ 2 c f 以1001 - Maka t - Maka Mith 。其中 was 相如at分别表示从as 的a 的形案的从a 先上注意 是 在華麗編例模式中,6个特殊空長時之一分配給了点和方之的的重要。近855年後至5、4点5 東方模式編码中包含的多数。 おメル 京都的打場の式時子用きて、1965年8月の最初の1 *MMODITI 另居于启动一种传输的非压缩模式

例 8.9 CCITT 装直模式编码实例

基金的 8.15(6)对水平和垂直模式编码的参数度了注释:有助于自通的话记:温度还然是含化一个 **《是是主要式》的一种情况。也就是说、因为8.在4.的有效、图8.14中的8**、5.在4.1度点型 **了。确定规则人是宣视式还是水平模式的第二次测试指出应使用单值机式**解形,则专以。并未出 ·子 3、 是里里的,合适的四字是 000010. 这意味着 a 是 b 左侧的角 b 世界 在 F 光彩的文化

五、自动选点

代码: auto_point.m

在用 TPS 进行书页图片弯曲矫正时,需要得到若干原图点和它们对应的目标图点,上述过程中是使用手动选点的方式来得到原图点,下面介绍自动选点的方式。

自动选点最重要的是找到书页图片中文字的位置,为了实现这个目的,我先将原图进行高斯模糊,如下图。



图中的文字几乎都变成一个个的黑点,接下来需要找到图中的局部极值点。方便起见,我使用了第三部分介绍的 sift 算法找局部极值点。下图为结果,可以看出找到的特征点很大一部分都文字。



接下来对这些点进行筛选,先去除灰度值过高的点,再将剩下的点按灰度值排序,再去除距离过近的点,这样就能优先排除高灰度值的点。

接下来对剩下的点寻找它的右邻居,即在每个点右边一个方框内找与它的斜率绝对值最小的点,这个邻居最有可能和这个点在同一行文字上。结果如下,每个点与它的右邻居相连。

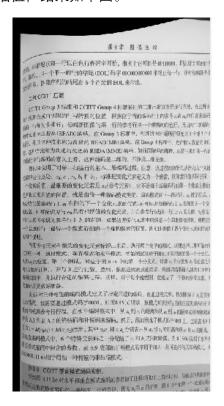


接下来找线,从最左边的点出发,顺次找每个点的右邻居,直到某个点没有右邻居为止,寻找过程中有角度条件和长度条件,少于8个点的线舍去,角度变化过大的线舍去。

将这些点按长度排序,再去除有重合部分的线,这样就能优先舍弃短线。最后从这些线中取出最长的若干条,下面是取出的线条。



可以看出找到的线条上的点确实在同一行文字上,但线条的覆盖范围太小,没有均匀分布在整页上。用与第二部分相同的方法找出这些线条上的点对应的目标图中点坐标,输入 TPS 薄板样条插值,结果如下图。



六、运算结果

1、手动选点矫正拼接

数字图像处理(第三版) 图 8.9(a) 中所示的 512×512×8 比特图像的未压缩 BMP 文件 (使用 Photoshop 存储) 要求 263 244 字符 存號空間。使用BMP 的 RLE 选项压缩后,文件扩展为 267 706 字节, 压 缩率 C 为 0.98、没有足够的使得行程压缩有效的相等决度的行程、 导致了 中, 未压缩的 BMP 文件小未运 的 TBF 文件。 压缩二值图像时,行程编码特别有效。因为仅有两种可表 8.8 BMP 绝对值编码模式选项。在28 模式中, BMP 对的第一个字节为(

能的灰度(黑和白),所以邻近像素的灰度更可能是相同的。 另外, 每一图像行可仅用长度序列来表示, 而不是例 8.8 中 所用的长度、灰度对。其基本概念是,对从左到右扫描一行 付所遇到的1或0的每个连续组,使用这些连续组的长度进 行编码,并且建立决定行程值的约定。最通常的约定是: 1) 指定每行的第一个行程的值,或(2) 假设每行从一个白

色行程开始,其行程事实上可能是零。 尽管行程编码本身是一种压缩二值图像的有效方法,但对行程本身进行变长编码可以实现频衡 缩。黑和白行程可个别地进行编码,这些变长编码是根据它们自身的特殊统计数据制定的。例如 令符号 a;表示一个长度为 f 的黑色行程,我们可以估计由一个假想的黑色行程长度信源发出的符号。 的概率,它等于整个图像中长度为 f 的黑色行程数除以黑色行程总数。这个黑色行程信源的婉的出 表示为 Ho. 然后,将这些概率代入式(8.1-6)。对于白色行程的熵,可得出类似的结论,表示为 Ho 该图像的近似行程填为

$$H_{RL} = \frac{H_0 + H_1}{L_0 + L_1} \tag{8.27}$$

第二个字节值

条件

图像尾

移到一个新位置

逐个指定像家

式中,变量 L。和 L,分别表示黑色行程和白色行程的平均值。式(8.2.7)提供了对二值图像的行程使照 长编码时所要求的每像素平均比特数的估计。

两种最古老且应用最广的二值图像压缩标准是 CCITT Group 3 和 4。虽然它们已被用于各种证 机应用中,但它们最初还是针对电话网传输文件而设计的传真编码方法。Group 3 标准使用一维行器 码技术,其中,每组 K 行 (K = 2 或 4) 中的最后 K-1 行可随意地以一种二维编码方法来编码。Grop 4 标准是Group 3标准的一种简化或改进版本,该标准中只允许进行二维编码。两个标准都使用同一 二维编码方法,从用前一行的信息对当前行进行编码的意义上看,这种方法是二维的。下面讨论一 编码和二维编码。

在一维 CCITT Group 3 压缩标准中,一幅图像的每一行"被编码为一系列变长器;夫曼码字,在基 到右坡折台排排中,这些码字表示交替的白色行程和颜色行程。采用的压缩方法;通常称为改进标 大麦(MI) 端尚方法。码字本身有两种类型,在波标准中分别称为纬结·码和补偿码。如果行程,小行 63,则使用来自耐录 A 的表 A I 中的终结码来表示它。注意,对于白色行程和黑色行程,该标准宽 了不同的终结码。如果 r > 63,则使用两种码——对商[r/64]使用补 [

偿码,而对r mod 64 的余数使用终结码。表 A.2 中列出了补偿码,并 且,这些补偿同可能依赖,也可能不依赖于被编码的行程的灰度(黑或

回忆 8.2.2 节可知,符号[1]表示

白)。如果[r/64]<1792,则规定分隔黑色行程和白色行程的补偿码;否则,补偿码是独立于行程

度的。标准要求每一行以白色行程码字开始,事实上它可能是00110101,即长度为零的白色行程的 字。最后,用一个唯一的行的结尾(EOL)码字0000000001 来终止每一行,并对每幅新图像的第一行 发出信号。图像序列的结尾由 6 个连续的 EOL 来指出。

第8章 图像压缩

二维 CCITT 压缩

CCITT Group 3 标准和 CCITT Group 4 标准采用的二维压缩方法是逐行方法。在这种方法中,对 每个黑到白或白到黑的行程转换的位置,根据位于当前编码行上的参考元素或的位置来编码。已编码 的前一行称为参考行;每幅新图像的第一行的参考行是一个虚构的白色行。所用的二维编码技术称为 和时元素地址指派 (READ) 编码。在 Group 3 标准中,相继的 MH编码行间允许1个或3个 READ编 码行。并且这种技术称为改进的 READ (MR) 编码。在 Group 4 标准中,允许较大数量的 READ 编码 行,这种方法称为改进的改进的 REDA (MMR) 编码。如前面解释的那样,从使用来自前一行的信息对 当前行进行编码的意义上看,这种编码是二维的。不涉及二维变换。

图 8.14 说明了对单一扫描行的基本二维编码过程。注意,该过程的初始几步指向几个关键的变化 元素的定[位点处: a_0 , a_1 , a_2 , b_1 , a_1 , b_2 , b_3 , b_4 ,色变化元素所置的位置,就是由前一种编码模式决定。编码模式在下一段讨论。a,被定位后,a,就可标识为当前编码行上。a,右侧的下一个变化元素的位置。a,可标识为编码行上a,右侧的下一个变化元素的位置。b,可标识为编码行上a,右侧的下一个变化元素 的位置, b_1 可标识为与 a_0 具有相反值的变化元素,并在参考行(或前一行)上 a_0 的右侧, b_1 作为下一个 变化元素可标识为参考行上 b1 的右侧。如果这些变化元素中的任意一个都未被检测到,则把它们被到 个合适的行上最后一个像素右侧的一个虚构像素的位置。图8.15提供了各个变化元素间的通常关系 的两个说明

当前参考元素和相关的变化元素标识出来后,执行两个简单的测试。以便选择三种可能的编码模 式中的一种:通过模式、垂直模式和水平模式。初始测试对应于图8.14流程图的第一个分支点,比较 b_b和 a₁ 的位置。第二个测试、对应于图 8.14 中的第二个分支点,计算 a 的位置和 b 的位置和 b 的位置之间的距 高(以像素计算),并与 3 进行比较。然后,依照这些测试的结果,将测试结果输入到图8.14中的对应 编码框图中、并执行合适的编码过程。这样,对于每个流程图,就建立了一个新的参考元素,为下一 次编码反复做好准备。

表8.9 对三种可能的编码模式定义了指定用途的编码。在通过模式中,特别排除了b.直接在 a.之 上的情况、促需要通过模式码字0001。如图8.15(a)所示,该模式可识别与当前自或黑编码行程不能 量的白或黑参考行行程。在水平编码模式中,从 ao 到 ai 的距离和从 ai 到 ai 的距离必须根据附录 A 中 的表 A.1 和表 A.2 的终结码和补偿码来编码,然后,添加到水平模式码字001 L。这在表89中由符 号 001+ M(a,a)+M(a,a)指出、其中 a,a;和 a,a;分别表示从。到。的距离和从。引。的距离和从。引。的距离和从。引。的距离和从。引。的距离和从。引。的距离和从。引。的距离和从。引。的距离,是 \$15\b)没用了 4年战争,靠直模式编码中包含的参数。表 8.9 底部的扩展模式的子用于加入一种可选的传真编码模式。例如,0000001111 码用于启动一种传输的非压缩模式。

虽然图 8.15(b) 对水平和垂直模式编码的参数做了注释(有助于上面的讨论),但描述的黑像素和自然 李明·古县·垂直模式编码的一种情况。也就是说,因为 b,在 a, 的右侧,图 8.14 中的第一个 i, 表 i 划 以 为 以失败了。确定是引入垂直模式还是水平模式的第二次测试指出应使用垂直模式编码。因为从面到系统 等小于 3。根据表 8.9,合适的码字是 000010,这意味着 a; 是 b; 左侧的两个像套,在 F 一次编码反复的

2、拼接图片二值化

图 8.9(a) 中所宗的 \$12<512*8 比特图像的未压缩 BMP 文件(使用 Photoshop 存储) 要求 263 244 字形 存储空间。使用 BBP 的以上选项以第后,文件扩展为 267 706 字 节。压 端率 C 为 0.96,没有足够的使得行程压缩有效的相等东度的行程。导致了

能的灰度 黑和门,所以邻近像来的灰度更可能是相同的 另外,每一辆像行可度用长度序列来表示,而不是例果8 中 所用的长度、灰度对一其基本概念是,对从左到右扫描 时当得到的1或0的每个连续组,使用这些连续组的长度。进 有编码,并且建立决定有权值的约定。 越通常的约定是 D.指定每1r的第一个行型的值,或(2) 假设每行从一个门 色行程用始,其行程事实上可能是专

模式中、BMP 对的第一个字形: # # 1,10 . ተን ክርፅ **等于指定律案**

事權。然和自任何不累地进行辦外。这些生长屬何是根据它们自身的持株统计數据制定的。例如 令符号或表示。全长度为了的黑色行程,我们可以估计由一个似思的黑色行程长度信额发出的符列 的概率。它等于整个图像中代度为了的黑色行程数除以黑色行程总数。这个黑色行程信贷的概例。 表示为 6。然后,将这些要率代人式 (8.1-6) 一对十字色 行程的确。可称 出类似的结论、表示为 9

$$H_{Rt} = \frac{H_a + H_1}{L_a + L_1}$$

式中,变量4.和4.分别表示黑色行程和自色行程的平均值。式(8.2.7)提供了对二值图像的行程使用 长编码时所要求的矩像来平均比特勒的估计

海神城市老田福用城广的三值图像压缩标准是 CCITT Group 3 和 4。虽然它们已被用于各种 机引伸,但它们最初还是针引电话网传输文件而设计的传真编码方法:Group 3 标准使用:接行5 码技术,其中,每组长行(K-2或4)中的最后长-1行中随意地以一种二维编码方法来编码(inux 标准是Group 3 标准的一种简化或改进版本,该标准中只允许进行二维编码。两个标准都使用的 **滩编码方法,**从用格《古的信息对当的行进行编码的意义上零。这种方法是三维的《下面》注 编码和 维编码

一株 CCTT 用線

松阳、南京 mod 64 in全数使用终结的 表 A.2 中列出了补偿码。并

11. 注明积积约可能保险。也可能不依赖于**被编码的行程的灰度(黑波** 所 (1 になった。2019年 - 東京東京市東部所的行動的灰度(集成 1 になった。2019年 - 東東近分隔馬色行機和白色行機的补陸路: 各別、补偿的是第一日。 西

31.1 有效的现在,所像序列的数为之他。

变的。标准要求每一行以自色行程码字符始。事实上它可能是00110101。则E度与8的印色行图的码 藏石、用一个唯一的行的结记。EOL。到了0000000001 来终止任一行。并以每颗新常量的第一行 東州葡萄 图像序列的结话由 6 个连续的 EOL 来指出

二蝶 CCITT 压缩

CCITT Group 3 标准和 CCITT Group 4 标准采用的。 連注率方法是连行方法,在这种方法中,身 有个周到了Li或引到黑的行程转换的位置,根据位于当前编码行上的参考元素率的位置系统已是编码。 已编码 的船 一行称为多考行;征知新图像的第一行的参考行是一个虚构的自负行 所用的 達斯语 轉數 明可元素地址指承 (READ) 輪码。在 Group 3 标准中,相继的MH 编码行间允许 1 个式3 个READ 編 码灯,并且这种技术称为改进的 READ(ARR)编码。在 Group 4 标准中,允许发表的 ELD 编码 行。这种方法称为改进的改进的 REDA (MMR) 編稿。如前面解释的影響。从使用共自前一的信息在 当解行进行编码的意义上看,这种编码是二维的。不涉及二维交换

图8.14 说明了对单一扫描行的基本:维编码过程 注意,该过程的创新几步指向几个《理》29.2 的位置。与"呼标识为与"a.具有相反值的变化元素,并在多多行成的一个上来的原。在个个 变化元素可标识为参考行上方。的有例 如果这些变化元素中的任意一个多本被称例,然后公 个合适的行上最后一个像象右侧的一个建构像素的位置。Exi5要生了各个genail/isia向以表

当前参考元素和相关的变化元素标识出来导,执行两个简单的表法。以便选择"单点表现新闻 成中的一种,通过模式、垂直模式和水平模式、均均制度100平等。1200平元之间, 水中的一种,通过模式、垂直模式和水平模式、均均制度100平等。130平元之间, 人相心的位置。第二个制造、对应上图 814中的第二个分支点,详证的程度40平元之间, 通 以像素计算一,并与3进行比较。然后,依照这种运动效果,将规范基础与20平元之间, 编码模制中,并执行合适的编码过程。这样,并与6个类形的设定了一个市名8年。41 次编码反复做好准备

表8.9 () 《种可能的编码模式定义了指定用途的编码。在通过模式中,特别指导了为直接在主义 「即構成、投寫要<mark>通过投表的子0001</mark> - 如图k15a 所示。该成式可以图片清晰的文字新的中心不 骨的目或黑卷号:行**器** - 在水平编码模式中,从证到面的准备电视可能或的最高的现象的大平 在垂直瓣砂模式中,6个特殊变长缺乏。分配第了点和人之间的重要 医对外收益疗法 电点 重点模式编码中包含的参数:表 8.0 底部的扩展机式扩列中面,加速2000年间,而 900001111 另图子启动一种传输的非中部模式

例 8.9 COTT 最直接式编码实例。 基 統例 8.15 向对水平和垂直模式编码的参数设了注释:有助下上面的话题,但是近天也多大。1 **企業者宣興式運用的一种情况。** 也就是说,因为此在 a.的有無,所以 a 中的地方,在 d.可谓点 明 学。**他定见的人是宣传式还是水平模式的第二次则**试指出应使用车套模式解析。例为4.1 单 5. **的子为,是是是第一个合理的四字是000010,这意味着。**是私在例的用于意思,在F 性質的文學的

第8章 图像压缩

3、自动选点矫正拼接

数字图像处理(第三版) 334 图 8.9(a) 中所示約 512×512×8 比特腊像的未压缩 BMP 文件(使用 Photoshop 存储) 要求 263 244 字 存储空间。使用 BMP 的 RLE 选项压缩后,文件扩展为 267 706 字节,压 注意,由于开锁的不同。在第1 证率C为0.98,没有足够的使得行程压缩有效的相等灰度的行程,导致了 中,未压缩的 BMP 文件小子表面 少量的扩展。然而,对于图 8.1 (c)中的图像,BMP 的 RLE 速项得到的压 的 TIFF 文件 缩率是 C=1.35。 模式中。BMP对的第一个字形列 另外,每一图像行可仅用长度序列来表示,而不是例 8.8 中 所用的长度、灰度对。其基本概念是,对从左到右扫描一行 第二个字节值 对所遇到的1或0的每个连续组、使用这些连续组的长度进 HIGH 行编码,并且建立决定行程值的约定。最通常的约定是: 移到一个新企业 (1) 指定每行的第一个行程的值、或(2) 假设每行从一个白 逐个指定像素 色行程开始,其行程事实上可能是零。 10.7 m.,对19.4 是一种压缩二值医像的有效方法,但对行程本身进行变长编码可以实现整治 压缩,黑和白行程可个别她进行编码,这些变长编码是根据它们自身的特殊统计数据领定的。他是 令符号 9 表示一个长度为了的黑色行程,我们可以估计由一个假想的黑色行程长度信调发出龄等9。 於版率、它等于整个兩像中长度为了的黑色行程数率以黑色行程总数。这个黑色行程信等的编件。 表示为 品、然后、将这些概率代入式 (8.1-4)。对于白色行程的模,可得出类似的结论,表示方息 该图像的近似行程确为 $H_{\rm RL} = \frac{H_0 + H_1}{L_0 + L_1}$ 式中,变量L₃和L₃分别表示墨色行程和白色行程的平均值。式(8.2.7)提供了对二值图像的行程使则 两种最古老担应用量广的二值图像压缩标准是 CCITT Group 3 和 4。虽然它们已被用于各种体 长编码时所要求的每像素平均比特数的估计。 机应用中,积它们最初还是针对电话网传输文件而设计的传真编码方法。Group 3 标准使用一集市器 码技术,其中,每组五行(K=2或4)中的载行长-1 行可随意地以一种一维编码方法来编码。Cont 标准是Group 3 标准的一种简化或改进版本,该标准中只允许进行一维编码。两个标准卷使用并 一件编码方法,从用前一行的信息对当前行进行编码的意义上看,这种方法是一维的。下面讨论与 编码和二维编码。 在一维 CCITT Group 3 压缩标准中,一幅图像的每一行"被编码为一系列变长指夫曼好子,这 即佈行明。采用的压缩方法通常称为t. 注意

最后,用一个唯一的行的结尾(EOL)码字 00000000001 来终止每一行,并对每幅图像的第一行 手展。图像序列的结尾由 6 个连续的 EOL 来指出。

·维GCITT 压缩

CCITT Group 3 标准和 CCITT Group 4 标准采用的二维压缩方法是逐行方法。在这种方法中,对 有称为参考行; 钽碱新图像的第一行的参考行是一个虚构的白色行。所用的二维编码技术称为 即的元素地紙指導(READ)編碼。在 Group 3 标准中,相继的 MH 编码行间允许 I 个或 3个 READ 编 前后,并且这种技术称为改进的 READ (MR) 编码。在 Group 4 标准中,允许较大数量的 READ 编码 元 这种方法称为改进的改进的 REDA (MMR) 编码。如前面解释的那样,从使用来自前一行的信息对 当前行进行编码的意义上看,这种编码是二维的。不涉及二维变换。

图8.14说明了对单一扫描行的基本二维编码过程。注意,该过程的初始几步指向几个关键的变化 元素的定位点处: a_0, a_1, a_2, b_1 和 b_2 。标准把变化元素定义为一个像素,该像素的值不同于同一行上前 个像素的值。最重要的变化元素是 ao(参考元素),它不是每个新编码行的第一个像素左侧的虚构自 色变化元素所置的位置,就是由前一种编码模式决定。编码模式在下一段讨论。a,被定位后,a,就可 标识为当前编码行上 a。右侧的下一个变化元素的位置,a。可标识为编码行上a,右侧的下一个变化元素 的位置。b, 可标识为与 a。具有相反值的变化元素,并在参考行(成前一行)上a。的右侧,b,作为下一个 变化元素可标识为参考行上 b₁ 的右侧。如果这些变化元素中的任意一个都未被检测列,则把它们放到 个合适的行土最后一个像素右侧的一个虚构像素的位置。图8.15提供了各个变化元素间的通常关系 的两个说明。

当前参考元素和相关的变化元素标识出来后,执行两个简单的测试。以便选择三种可能的编码模 式中的一种:通过模式、垂直模式和水平模式。初始测试对应于图8.14流程图的第一个分支点,比较 ^{5.和 a}i,的位置。第二个测试,对应于图 8.14 中的第二个分支点,计算 ai,的位置和 bi 的位置之间的距 萬(以像素计算),并与3进行比较。然后,依照这些测试的结果,将测试结果输入到图8.14中的对应 \$P\$原图中,并执行合适的编码过程。这样,对于每个流程图,就建立了一个新的参考元素。为下一 次编码反复做好准备。

表89对三种可能的编码模式定义了指定用途的编码。在通过模式中、特别排除了6百样在6之 上約情况,但需要通过模式码字0001。如图8.15(a)所示,该模式可识别与当前自或黑编码行程不能 整治自成黑参考行行程。在水平编码模式中,从 a。到 a,的距离和从 a₁到 a₂的距离必须则报则录 A中 ^{约表}A.1 和表 A.2 的终结码和补偿码来编码,然后,添加到水平模式码字001上。这在表89中曲符 $9001+M(a_1a_2)$ 指出,其中 a_0a_1 和 a_1a_2 分别表示从 a_0 到 a_1 的距离和从 a_1 到 a_2 的距离。最后 在建直编码模式中,6 个特殊变长码之一分配给了 a,和 b,之间的距离。图 8.15(b) 说明了水平视式和 量负数式编码中包含的参数。表 8.9 底部的扩展模式码字用于加入一种可选的传真编码模式。例如

七、总结

在大作业布置后的一个星期多的时间内其实我是非常焦虑的,因为对如何将书页图片展平没有任何思路,在网上也找不到具体方法,一直在思考到底该怎么办,可以说这次大作业很好地锻炼了我的抗压能力。最后决定用 TPS 试试,因为数值分析课程大作业介绍了 TPS 算法,试过之后发现效果可以接受,于是才稍微松了一口气。但随着项目的推进,又遇到了一些困难,比如用 RANSAC 算法拼接图片时结果往往有很严重的畸变,于是我把这个项目放了几天,闲暇的时候便思考该怎么解决问题。最后想到根据这个问题的特殊性来修改 RANSAC 算法,将想法付诸实践后,没想到效果出其意料的好,之后的进程便比较顺利了。

最后自动选点矫正的结果虽然比不上手动选点的结果,但感觉在实现这个功能的 过程中领悟到了数字图像处理的神奇之处,完成后也是很有成就感,毕竟在两周以前 还认为这是不可能的任务。

在整个过程中也学到了很多新的知识,比如 sift 算法,多频段融合,RANSAC 算法,TPS 薄板样条插值等,将课上学过的一些知识应用于实践,加深了我的理解,锻炼我解决问题的能力和抗压能力,可以说是收获满满了。

八、参考资料

Bookstein, F. L. J. I. T. o. p. a., & intelligence, m. (1989). Principal warps: Thin-plate splines and the decomposition of deformations. *11*(6), 567-585.

Cheung, W., & Hamarneh, G. (2007). *N-sift: N-dimensional scale invariant feature transform* for matching medical images. Paper presented at the 2007 4th IEEE International Symposium on Biomedical Imaging: From Nano to Macro.

多频段融合方法——图像拼接: https://blog.csdn.net/ccblogger/article/details/70665552

SIFT 特征点提取: https://blog.csdn.net/lingyunxianhe/article/details/79063547

基于薄板样条插值图像配准的 Matlab 实现: http://www.voidcn.com/article/p-pquporfk-du.html