

## 破损道路特征提取与损坏类型匹配

**摘要：**路面损坏检测是交通信息工程和模式识别领域的一项挑战性的工作。随着图像处理技术的发展，将这些技术应用到路面损坏检测，既可以排除人的主观因素的干扰，又能快速而准确地进行公路状况的评估。本文主要根据路面图像，给出一个基于整体与局部两阶段特征提取方法，可以对损坏程度和损坏类型分类，主要涉及两点：路面破损图像的特征提取及将路面损坏进行分类。通过对已有的路面图像进行实验，结果表明该方法可以有效对道路损坏进行分类，特别是对损坏程度严重的路面，特征提取和匹配的效果非常好。

**关键词：**特征提取 损坏类型分类

## The thesis title

**Abstract:** Surface road damage detection is a challenging work in the area of traffic information engineering and pattern recognition. Along with the further development on the digital image processing technology, this technology is applied on the surface road damage detection which resist the subjective interruption, but also it is able to provide a fast and accurate evalution on the road status which is really useful. This article is the research on the methodology in two-stage of the raod damage automatic identification and classification according to the road surface images. Through experimental annlysis of the surface load images, the approach is proved to be effective for surface road damage indentification and classification. Especially for the surface load which is severe damage.

**Key words:** feature extraction the classcification of surface damage

## 目 录

<b>1. 挖掘目标.....</b>	<b>4</b>
<b>2. 分析方法与过程.....</b>	<b>4</b>
2.1. 总体流程 .....	4
2.2. 具体步骤 .....	5
2.3. 结果分析 .....	12
<b>3. 结论 .....</b>	<b>14</b>
<b>4. 参考文献.....</b>	<b>14</b>

## 1. 挖掘目标

道路路面在使用过程中，受载荷与自然因素长期作用，道路路面会出现各种各样的破损现象，逐渐失去服务能力，有些破损问题甚至威胁到行车安全，给人们生活带来了极大的安全隐患，因此能提出一个能通过图像处理自动识别匹配的研究的好方法，将是一个重要的研究课题。传统的基于人眼视觉检测路面裂缝的方法由于存在耗力、耗时、不精确、影响交通、危险、测量结果不一致的缺点，难以准确、客观地对路面裂缝进行归类与评价，而越来越不适应当今道路发展的要求。

本文提出两阶段识别与匹配的方法：

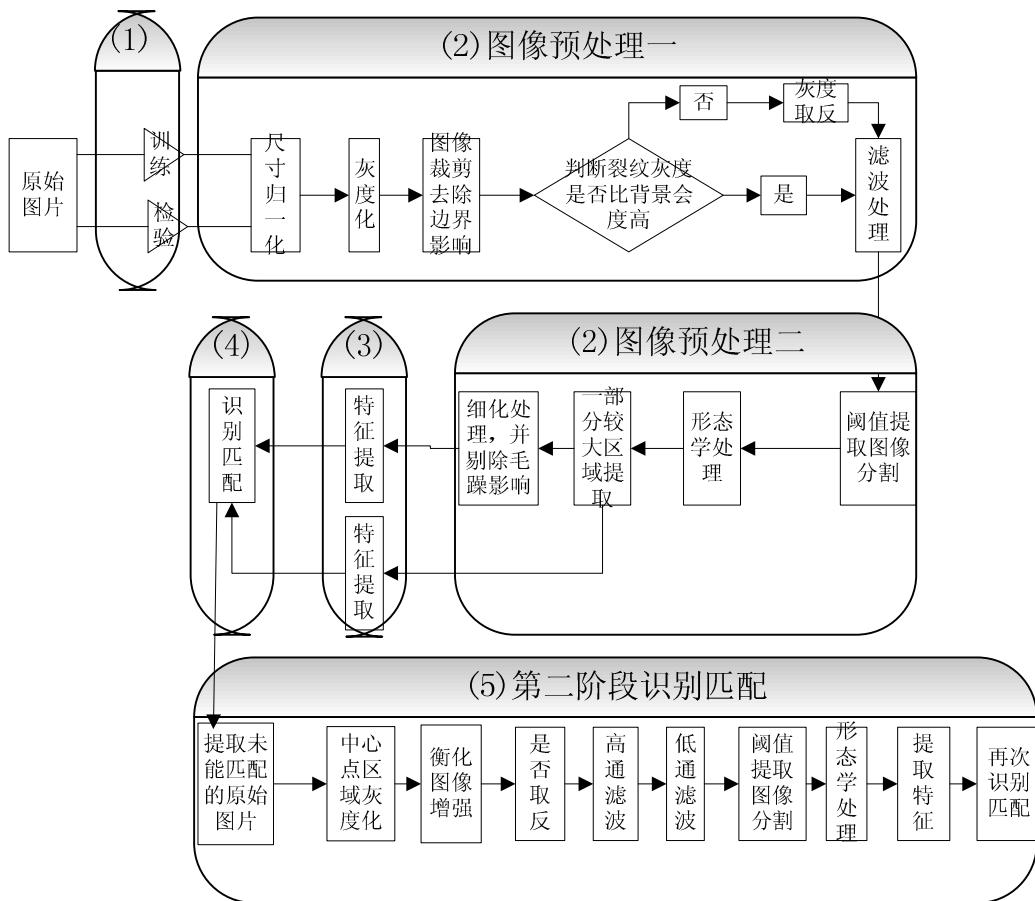
**第一阶段：**主要是以低通滤波器处理为基础，用分块局部阈值法进行图像分割，从离散的二值图像中，标记提取得到关键的区域，提取图像特征，然后对图片库的图片进行训练，最后用来检测道路破损图像，这种方法对于严重裂缝、网裂、龟裂、坑槽都有较好地识别效果。由于轻微裂缝与正常图片提取的对象很少，特征十分接近，很难用这种方法分类，例如图(轻微裂缝 03.JPG)，肉眼看到就感觉很像正常(好)图片，鉴于此，提出进一步的识别匹配方法。

**第二阶段：**由于第一阶段不能完全有效地处理所有图像，这部分主要处理诸如正常图片与轻微裂缝图片，从库中的图片可以看得出，正常图片的灰度普遍很均匀，轻微裂缝的有些图片灰度也很均匀，如图(轻微裂缝 03.JPG)、图(轻微裂缝 04.JPG)，但是很容易看得出来八幅轻微图片的裂缝都在图片几何中心点的附近，正常图片的中心点区域却很均匀，没有缝隙，在这个局部的区域内，四周的灰度影响会很小，因此我们提取这些图片中心点附近的矩形区域进行识别匹配，直方图均衡化，提高对比度，采用高通滤波器的方法，进行图像加强，然后图像分割，形态学处理，最后提取特征进行分类、匹配。

- (1) 提取的特征应尽可能地相互独立。
- (2) 图像识别匹配的流程与程序尽可能地自动化，计算方法能基本上对全部图片适用，程序能够对尽可能多的类的图片有效，而不能只对部分识别匹配有效。
- (3) 图片计算规格要统一，裁剪的边缘大小应当一致。
- (4) 假设不同的图片在相同的滤波去噪，图像分割，以及形态化处理的过程中彼此的差异影响都很小，可忽略不计。
- (5) 数据，程序真实、可靠，拒绝作假。

## 2. 分析方法与过程

### 2.1. 总体流程



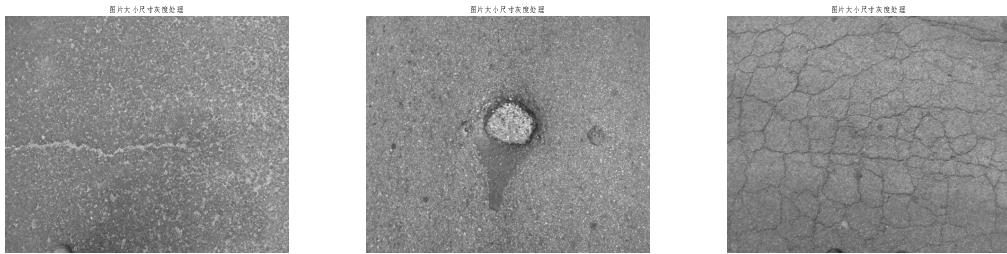
针对道路破损图像的研究，基于两阶段识别匹配，我们主要从以下几个环节去做，(2~4) 为第一阶段图片识别匹配，(5)为第二阶段图片识别匹配：

- (1). 图像处理我们从两方面入手，一方面是图像识别，对已经分类或者可以认知的图像数据进行学习训练，从这些训练中得到一些有效参数，系数或者向量，为后面的图像检验做准备；另一方面是图像匹配，用经训练好的参数数据去检验未知的样本，然后计算匹配结果。
- (2). 图像预处理，图像预处理包括尺寸大小归一化，灰度化，图像边缘裁剪，因为图片的裂缝大致可以分为浅色缝与深色缝，统一处理会发现提取的并不一定是我们感兴趣的区域，而是这些区域的边缘，鉴于此，我们对浅色缝进行灰度取反运算，就成了深色缝，然后进行低通滤波处理，得到平滑图像，再图像分割得到二值图像，提取最大几个区域，最后对这些区域进行细化处理与剔除毛躁影响。
- (3). 特征提取。特征提取主要包括两方面，一方面来自于目标区域的特征提取，例如面积，长度，周长；另一部分是对目标区域细化剔除毛躁后的特征提取，例如面积，横纵投影，矩形度，分散度。
- (4). 图像识别与识别。首先训练给定的或者已知分类得到的参数数据，然后通过这些得到的参数模型去检验任意提供的图片，得出结果。
- (5). 上面的方法对于处理严重裂纹裂缝，龟裂，网裂，坑槽，都有表较好的效果，但是对于轻微裂缝与正常路面分类的结果不太明显，或者错判率较高。因此有必要对于这两类无法较好地识别匹配，于是对这些图片重新建模识别、匹配。先提取图片的中心点区域，图像增强，先后采用低通滤波平滑处理，与高通滤波方法消噪处理，然后提取阈值进行图像分割，得到二值图像，再进行图像形态化处理，获得关键区域，再进行特征提取，最后识别分类。
- (6). 得出结论。

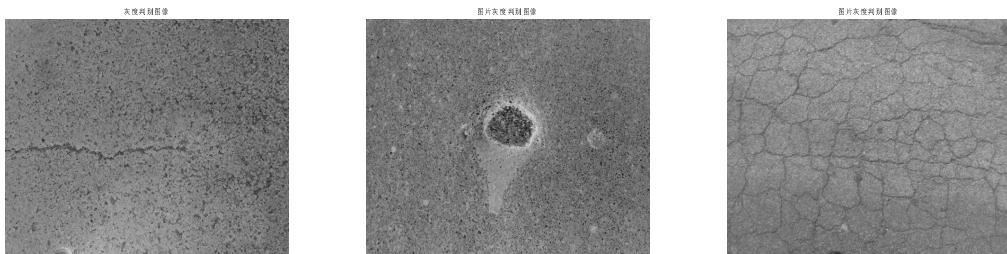
## 2.2. 具体步骤

- **步骤一：**原始图像设为 *org*，读取并灰度化。由于每幅图的大小并不一样，有的尺寸为：384\*288，有的为 640\*512，所以重新统一图片大小，我们定为[600\*500]。对原始图片灰度化，并对图片进行

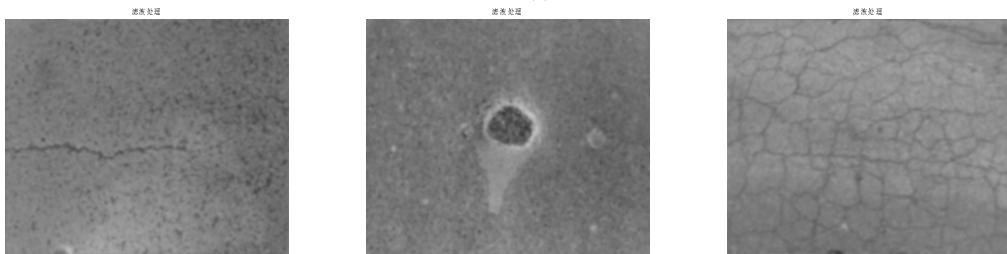
裁剪。去除图片边缘噪音的影响，这样会减少边缘灰度值过大或者过小对后面区域提取的影响。下面我们将以图片(轻微裂缝 02.JPG)、(坑槽 04.JPG)、(严重龟裂 02.JPG)为例进行说明。



➤ **步骤二：**由于图片库提供的图片的裂纹，有些裂纹灰度值比背景灰度小，例如：图(轻微裂缝 02.JPG)，而有些是比背景灰度大例如：图(严重裂缝 01.JPG)，这说明预处理图片不能统一处理，针对这两种情况，我们采用自动判别的方式，然后自适应矫正。给定一个合适的灰度阈值，统计灰度图片在灰度阈值两边的像素点，看哪边的像素点相对，若对于裂纹灰度比背景灰度大，我们直接进入后面的步骤，若是裂纹灰度值比背景灰度小，我们采用灰度取反运算，然后进入后面的计算。



➤ **步骤三：**滤波处理。滤波处理我们认为要尽量保留缝隙原本的信息，例如形状，位置，长度等，所以我们这部分没有采用高通滤波器，例如中值滤波，自适应滤波，因为高通滤波器会在除去噪音的同时，也会去掉部分的目标区域，这不利于我们后面，面积、长度、宽度，以及横纵投影的特征提取，为了便于后面提取关键区域，我们采用了低通滤波器的方法，对图像进行平滑处理。



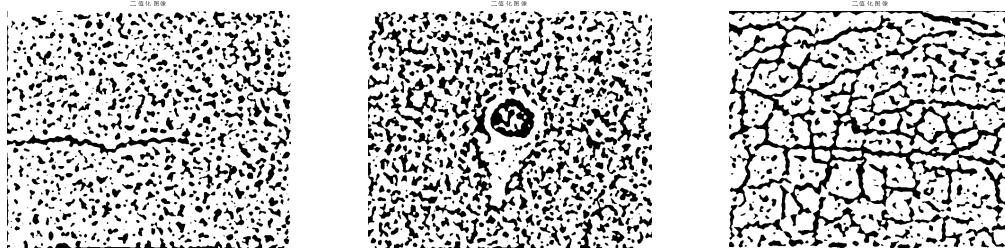
➤ **步骤四：**图像分割。提取灰度阈值。灰度阈值的提取方法有很多，例如单元级影响块分割阈值选择法[1]，Otsu 阈值选择法[2]、迭代阈值选择法[3]，我们这里采用了分块局部阈值选择法：分块阈值选择法：

- (1) 将滤波得到的灰度图进行分块处理，不妨设为  $M$  块， $M$  选取要足够大比较合适，可以选取  $M = 15 \times 15$ ，每一块表示为  $img_m$ ， $m = 1, 2, \dots, M$
- (2) 在每一块内进行阈值提取，第  $m$  块区域的平均灰度可以表示为：

$$Mean_m = \frac{\sum_{i=1}^{width} \sum_{j=1}^{length} img_m(i, j)}{width \times length}$$

其中  $width$ ,  $length$  分别表示为第  $m$  块区域的宽与长。

第  $m$  块区域阈值定义为： $T_m = Mean_m \times k$ ；这里的  $k$  起到一个定量分析的作用，经验选取为  $k = 0.979$ ，提取效果会比较好。

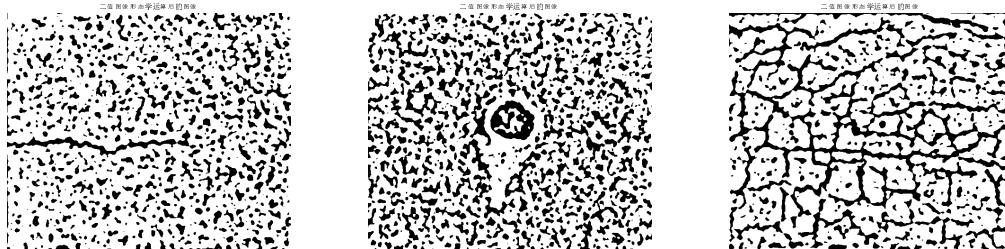


基于 Otsu 法[2]、迭代法[3]、全局阈值选择法不同阈值选择方法，以图(坑槽 04.JPG)为例对图像在相同的滤波条件下进行分割，Otsu 阈值选择法，迭代阈值，全局阈值以及得到的二值图像黑白分布不太均匀，造成某个区域会特别黑，这会影响后面目标区域的选择，而分块局部阈值选择法刚好能克服这些缺点，使得后面得到的二值图像能较好反应原图的信息得到结果如下所示：



从上面结果可以看出，Otsu 选择法，迭代阈值选择法，全局阈值选择法，得到的二值图像分布不均匀，目标区域不够显著，不利于后面的区域提取，而分块局部阈值选择法能够较好地处理灰度不均匀的图像分割问题。

➤ **步骤五：**二值图像形态学处理。由于得到的二值图像里的对象非常多，于是我们采用二值图像形态学运算，这里采用了去除孤立点，开运算的处理，下面看的出来变化很小。



➤ **步骤六：**提取目标区域。得到的图像还是有很多的对象，但是从上面图像看得出来这些图像被分成了若干个连通体，我们找到这些连通体，并一一标记，然后找到面积最大的那个，接着依次找到面积大于某个值的区域，并对这里的图像进行几何特征提取。例如：最大几个连通体的面积(黑色像素点的个数)，长度，周长等。

通过步骤六，假设得到了  $n$  个离散的连通体，并逐一标记为：  $L_1, L_2, \dots, L_n$

对应的面积记为： $Area_{L_1}, Area_{L_2}, \dots, Area_{L_n}$ ，并找到面积最大的连通体，  
 $Area_{L_*} = \max \{Area_{L_1}, Area_{L_2}, \dots, Area_{L_n}\}$  再反过来找到对应的标记号假设为  $L_*$ ，于是提取对应  $L_*$  的区域，为了防止只提取部分对象，我们定义提取区域面积为：

$$bwarea = \sum_{i=1}^n \{Area_{L_i} \geq 0.5 \times Area_{L_*}\}$$



➤ **步骤七：**得到的目标区域应能够反映很多的特征信息，但是我们为了寻求更好地分类，提取更多的独立信息，例如细化后的长度，交叉点的情况，周长，矩形度，分散度等再对得到的图像进行二值图像形态学运算细化处理，有很多图像细化后，会有很多多余的毛边，这些毛边有些不是图像本身的，而来自与背景中，为了避免这些问题，我们剔除毛毛刺边界的影响，找到细化之后线的交叉点与端点。

经过细化的二值图像变成了一个像素宽的点线图，像素点的灰度值只有两种情况（0 或者 1）。0 为纹线点灰度（黑点），1 为背景点灰度（白点）。对细化图像上的任意检测点  $x$  定义一个  $3*3$  检测模板，如下图

x3	x2	x1
x4	x	x0
x5	x6	x7

$x_0, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7$  是点  $x$  的八个邻点沿逆时针方向排列。对每个黑像素点  $x$ ，在其  $3*3$  的邻域内沿一个方向跟踪（顺时针或者逆时针），计算像素点的灰度由黑变白的次数，即由 0 变 1 的次数。

如果  $x$  是末梢点，则

$$N(x) = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^7 |x(i+1) - x(i)| = 1, x(8) = x(0)$$

如果  $x$  是交叉点，则

$$N(x) = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^7 |x(i+1) - x(i)| = 3, x(8) = x(0)$$

根据以上两个公式可以提取出所有的交叉点和末梢点。

毛刺是由于二值图像中的纹线不平滑引起的，从毛刺的端点开始跟踪，一般在距离为 10 的圆内遇到交叉点。因此，当末梢点在半径为 10 的圆内存在交叉点时，我们就认为该区域为毛刺，把对应的末梢点和交叉点删去。



➤ **步骤八：**提取面积较大图像的特征，包括面积记为： $bwarea$ 、平均宽度  $width$ 、长度，以及提取细化之后的特征包括面积，在  $x$  轴与  $y$  轴的投影长度，计算目标区域的矩形度，并统计这些特征为后面的特征识别、匹配做准备。

区域面积：设图像区域提取数据矩阵为  $Img(x, y)$ ，可以理解为提取的目标区域所含的像素点的个数上面已经定义为  $bwarea$

细化面积：设图像区域细化并剔除毛躁影响的数据矩阵为  $img(x, y)$ ，细化之后的面积，即对应所含的像素点的个数，记为：

$$thinarea = \sum_x \sum_y img(x, y)。$$

平均宽度：由于图片的裂缝的宽度不一，所以用平均宽度做代表，记为  $width$ ，则

$width = \frac{\text{区域面积}}{\text{对应的长度}}$ ,

$$width = \frac{bwarea}{thinarea}$$

分散度：是一种面积形状的测度。不妨提取区域的周长为  $perimeter$ ，定义分散度：

$$\alpha = \frac{perimeter^2}{bwarea}.$$

水平(竖直)投影：区域提取后的细化图像投影到 x 轴(y 轴)的像素点之和，即

$$hor(j) = \sum_i \sim img(i, j),$$

$$ver(i) = \sum_j \sim img(i, j).$$

水平(竖直)投影长：区域提取后的细化图像到 x 轴(y 轴)投影的长度(不包括间断的长度)，即投影向量  $hor(ver)$  中不为 0 的个数，记为，水平投影长与竖直投影长分别为：

$$hlength = \sum_j (hor(j) > 0),$$

$$vlength = \sum_i (ver(i) > 0).$$

投影度：定义为水平投影长与竖直投影长的比值，记为：

$$\varphi = \frac{hlength}{vlength}$$

峰值比：定义为水平的峰值与竖直峰值的比值，记为：

$$\theta = \frac{\max(hor) - \min(hor)}{\max(ver) - \min(ver)}.$$

水平(竖直)宽度值：提取区域细化图像  $img(x, y)$ ，包围区域的最小矩形的水平方向的宽度值与竖直方向的宽度值分别为：

$$xwidth = xend - xfirst, \quad ywidth = yend - yfirst$$

其中， $xend, yend$  为细化  $img(x, y)$  的黑色像素点的最大  $x$  坐标， $y$  坐标；

$xfirst, yfirst$  为细化  $img(x, y)$  的黑色像素点的最小  $x$  坐标， $y$  坐标。

矩形度：细化图像  $img(x, y)$  的面积与包围区域最小矩形的比值，表示为：

$$\beta = \frac{thinarea}{xwidth \times ywidth}.$$

伸长度：在细化图像  $img(x, y)$  中，定义为：

$$\gamma = \frac{\min\{xwidth, ywidth\}}{\max\{xwidth, ywidth\}}.$$

## ➤ 步骤九：

### ◆ 9.1 基于阈值选取识别匹配方法

通过题目中给定分来好的图片的，我们得到全部的特征提取结果，但并不是所有的特征能够较好反应各类的显著区别，于是能够找到挖掘出比较好的分类，通过对上述数据的仔细分析，我们提取图像的投影度  $\varphi$ 、峰值比  $\theta$ 、面积  $bwarea$ 、分散度  $\alpha$ ，交叉点数  $N$ ，矩形度  $\beta$  作为判别的特征。

以面积为例，二分类阈值的求法：

$$T_{bwarea} = \frac{\max\{F_{bwarea}\} + \min\{\bar{F}_{bwarea}\}}{2}, \quad \text{其中 } \{F_{bwarea}\} \text{ 表示，类 } F \text{ 里面的最大目标面积，}$$

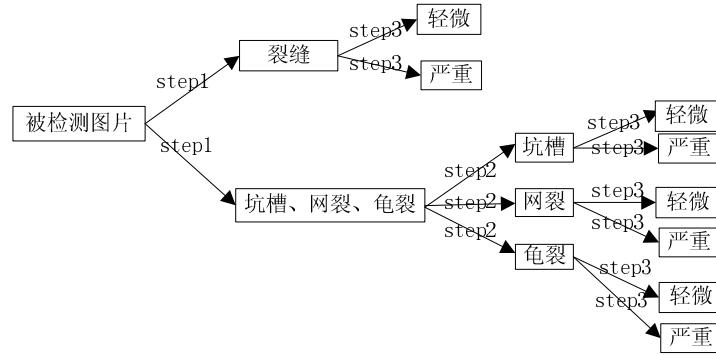
$\min\{\bar{F}_{bwarea}\}$  为类  $F$  之外的最小目标面积

多分类阈值的求法：

$$T_{bwarea_i} = \frac{\max\{F_{bwarea_i}\} + \min\{F_{bwarea_{i+1}}\}}{2} \text{ 或者 } \frac{\max\{F_{bwarea_{i+1}}\} + \min\{F_{bwarea_i}\}}{2}$$

其中  $\max\{F_{bwarea_i}\}$  为第  $i$  类里面最大的目标面积。 $\min\{F_{bwarea_{i-1}}\}$  为第  $i-1$  类里面最小的目标面积。

图片匹配流程如下：



Step1. 裂缝与其他(坑槽、网裂、龟裂); 投影度阈值  $T_\phi$ ; 峰值比阈值  $T_\theta$ ; 若  $\varphi \geq T_\phi, \theta \leq T_\theta$  则判断为裂缝, 若  $\varphi < T_\phi, \theta > T_\theta$  则判断为其他

Step2. 针对坑槽、网裂、龟裂; 目标面积阈值  $T_{bwarea_1}, T_{bwarea_2}$ , 分散度阈值  $T_{\alpha_1}, T_{\alpha_2}$ , 交叉点数阈值  $T_{\alpha_1}, T_{N_2}$ ; 若

若  $bwarea \leq T_{bwarea_1}$  且  $\alpha \leq T_{\alpha_1}$  且  $N \leq T_{N_1}$ , 则判断为坑槽。

若  $T_{bwarea_1} \leq bwarea \leq T_{bwarea_2}$  或  $T_{\alpha_1} \leq \alpha \leq T_{\alpha_2}$  或  $T_{N_1} \leq N \leq T_{N_2}$  则判断为网裂。

若  $bwarea \geq T_{bwarea_2}$  或  $\alpha \geq T_{\alpha_2}$  或  $N \geq T_{N_2}$ , 则判断为龟裂。

Step3. 针对轻微、与严重; 对于每一种不同的损坏类型, 分别取面积阈值  $T_{bwarea}, T_\alpha, T_\beta, T_N$  的分类阈值。

若  $bwarea \leq T_{bwarea}$  且  $\alpha \leq T_\alpha$  且  $\beta \leq T_\beta$  且  $N \leq T_N$ , 则判断为轻微。

$bwarea \geq T_{bwarea}$  或  $\alpha \geq T_\alpha$  或  $\beta \geq T_\beta$  或  $N \geq T_N$ , 则判断为严重。

## ◆ 9.2 基于二阶段局部图像识别与匹配

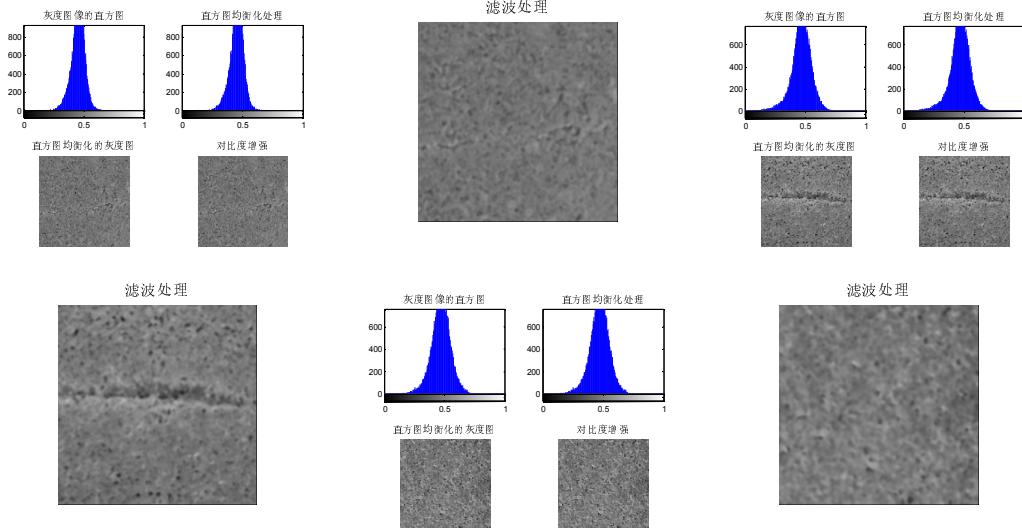
从上面的结果可以看出, 一阶段的识别与匹配对严重的道路破损图片匹配结果正确率达到 78%, 只有两个特征不太明显的图片上出现判别错误, 对于提取目标面积较小的图片例如, 轻微缝裂, 正常图片(好), 这些图片的宏观特征不太明显, 匹配结果比较差, 从库中可以看得出, 肉眼还是能够看到轻微缝裂是有一条线存在的, 而且轻微裂缝的线大约位于图片中心的附近, 所以我们提出基于中心点附近区域的局部图像识别与匹配。

算法如下: 我们以一阶段不能处理的图片: 如(轻微裂缝 06.JPG)、(轻微裂缝 08.JPG)、正常图片(好 03.JPG)为例, (轻微裂缝 06.JPG)肉眼很难看出裂缝; (轻微裂缝 08.JPG)收到影子与鞋子的影响使得在一阶段处理收到干扰; 正常图片(好 03.JPG)虽然很均匀, 但是还是有一些很小的坑坑洼洼。

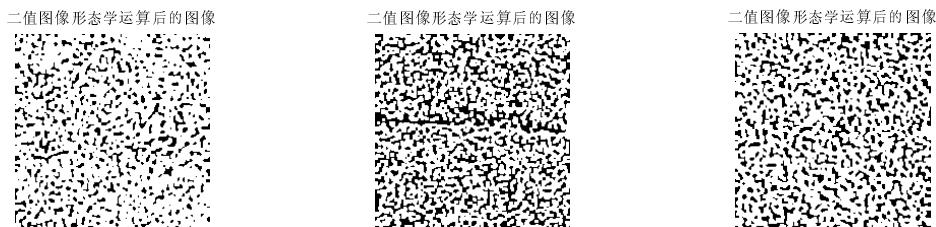


Step1. 从一阶段筛选出需要进一步识别匹配的图像，然后回到这些图像的原图，找到中心点，提取中心点附近的区域得到一张比较小的图片，记为 *Mini*，如一阶段一样首先得到灰度图，并对灰度图识别判断是否需要进行灰度取反运算。

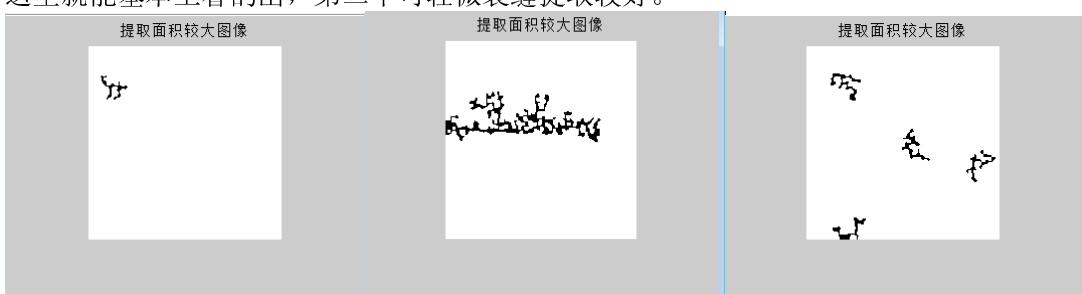
Step2. 图像增强。得到图片区域非常小，而且特征相对不太明显，所以需要更加清晰，对比度较高的图片，来突出特征区域。我们先后进行了，直方图均衡化处理，对比度增强处理，再进行低通滤波进行平滑处理，这样提取的线会有更加充足的信息量，然后我们相继运用了中值滤波、自适应滤波处理，用来尽可能地出去图片 *Mini* 的噪音。三种情况的图像如下：



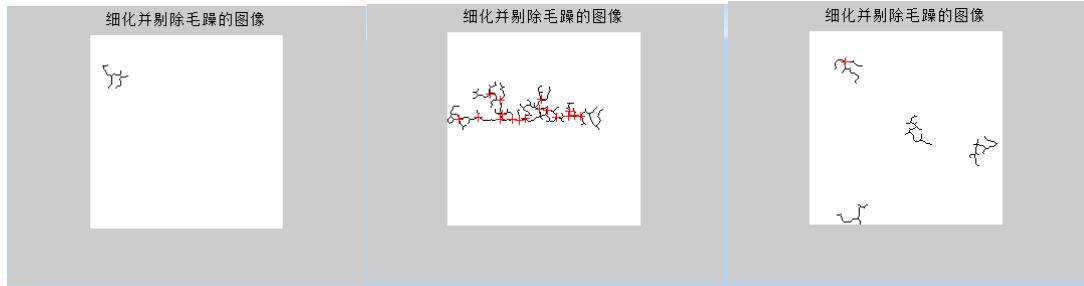
Step3. 图像分割。从一阶段的图像分割比较看得出，分块局部阈值选择法比较适合处理这些图片，所以二阶段依然采用分块局部阈值法提取阈值，得到二值图像，但是分块的个数相对要小很多，经验选取为  $T = 4$  时后面图像识别匹配效果比较好，从下面的二值图像看来，我们很难判断，是什么类型的，但是已经将对象离散为若干个连通体，便于下一步的目标提取。



Step4. 形态学处理并得到特征区域。将得到二值图像，进行了若干次清除孤立点运算，并进行一次开运算，得到新的二值图像，然后在这二值图像的连通体中，提取相对较大的连通体，与一阶段不一样，我们定的标准为  $bwarea = \sum_{i=1}^n \{Area_{L_i} \geq 0.85 \times Area_{L_s}\}$ ，计算机很好地提取了较大的连通体，这里就能基本上看的出，第二个可轻微裂缝提取较好。



Step5. 特征提取。首先细化特征区域，进行一阶段的细化与剔除边界毛躁影响，然后特到细化后的图像，局部图像识别处理需要的特征与一阶段的完全不同：一阶段特征相对较明显，比较全局化，能够很好体现不同图片的特征；二阶段目标区域很少，特征体现不多。我们挖掘出两个能较好分类的特征为：(1)面积  $bwarea$ ，面积过小是正常图片的可能性较大，而面积过大是轻微细缝的可能性要大。(2)细化后的端点数，记为  $M$ ，端点数的提出要求较高，细化后的先要一定的长度，不能有太多的分支，正常的图片灰度比价均匀，提取出来的要么都是较散、较多的细线，但是很少能有提出毛躁的端点数。



Step6. 识别匹配。这里得出的阈值为  $T_{bwarea} = 600$   $T_M = 0.8$

若  $bwarea \leq T_{bwarea}$  或  $M \leq T_M$ ，则判断为正常情况(归类为好)；

若  $bwarea > T_{bwarea}$  且  $M > T_M$ ，则判断为轻微裂缝。

## 2.3. 结果分析

我们选取了其中八类的图片生成了数据如下：

图片	损坏程度	损坏类型	面积	水平宽度	竖直宽度	投影度	损坏文理的平均宽度	矩形度	分散度	交叉点数	水平投影峰值	竖直投影峰值	峰值比
2	轻微	裂缝	4575	398	59	6.745763	8.953	0.0218	292.7021	1	12	40	0.3
2	严重	裂缝	6482	586	106	5.528302	9.1943	0.0113	386.5663	5	6	21	0.285714
1	轻微	龟裂	5595	114	320	0.35625	11.101	0.0086	210.8581	2	22	9	2.444444
2	严重	龟裂	34101	590	360	1.638889	7.573	0.0212	1700.338	47	34	49	0.693878
1	轻微	网裂	6903	202	183	1.103825	12.597	0.0056	220.3583	3	14	21	0.666667
2	严重	网裂	21237	388	384	1.010417	8.7684	0.0163	1181.283	29	37	26	1.423077
1	轻微	坑槽	1906	72	79	0.911392	8.9065	0.0376	74.3056	3	16	9	1.777778
4	严重	坑槽	4232	83	67	1.238806	11.438	0.0655	21.4888	6	13	19	0.684211

对于严重与轻微的类型中，可以得到下列的数据，每个指标是上表中指标的和：

损坏程度	面积	矩形度	分散度	交叉点数
轻微	18979	0.0736	798.2241	9
严重	66052	0.1143	3289.676	87

可以发现面积、矩形度、分散度和交叉点在轻微与严重之间存在比较大的差距，因此这四个指标可以较好的区分出道路损坏的轻微与严重程度。

对于不同的损坏类型，我们得到下列数据：

损坏类型	面积	水平宽度	竖直宽度	投影度	损坏文理的平均宽度	矩形度	分散度	交叉点数	水平投影峰值	竖直投影峰值	峰值比
裂缝	11057	984	165	5.963636	18.1473	0.0331	679.2684	6	18	61	0.295082
龟裂	39696	704	680	1.035294	18.6742	0.0298	1911.196	49	56	58	0.965517
网裂	28140	590	567	1.040564	21.3651	0.0219	1401.641	32	51	47	1.085106
坑槽	6138	155	146	1.061644	20.3443	0.1031	95.7944	9	29	28	1.035714

上表可以发现投影度和峰值比都可以很好的区分裂缝与其他三类。根据这些数据我们选取投影度

值  $T_\phi = 3.58$  和峰值比阈值  $T_\theta = 0.63$ 。针对坑槽、网裂、龟裂，目标面积，分散度，交叉点数可以很好的区分这三类，符号匹配算法的设计。根据上表数据选取目标面积阈值  $T_{barea_1} = 17139$ 、 $T_{barea_2} = 33918$ ，分散度阈值  $T_{\alpha_1} = 748.7$ 、 $T_{\alpha_2} = 1656.4$ ，交叉点数阈值  $T_{N_1} = 20$ 、 $T_{N_2} = 40$ 。在判断损坏程度时，根据数据选取面积阈值、分散度阈值、矩形度阈值、交叉点数阈值分别如下：

损坏类型	面积阈值	分散度阈值	矩形度阈值	交叉点阈值
裂缝	5528.5	0.01655	339.6342	3
龟裂	19848	0.0149	955.5979	24.5
网裂	14070	0.01095	700.8206	16
坑槽	3069	0.05155	47.8972	4.5

通过上面的阈值选取，对已有的图像进行匹配结果如下：

图片名称	匹配结果	是否正确	注释
严重裂缝 01	裂缝、严重	√	
严重裂缝 02	裂缝、严重	√	
严重网裂 01	坑槽、严重	✗	
严重网裂 02	网裂、严重	√	
严重龟裂 01	龟裂、严重	√	
严重龟裂 02	网裂、严重	✗	跟网裂的特性十分相似
严重坑槽 01	坑槽、严重	√	
严重坑槽 02	坑槽、严重	√	
严重坑槽 03	坑槽、严重	√	
轻微网裂 03	坑槽、严重	✗	
轻微裂缝 01	坑槽、严重	✗	受右上角的很大黑块影响
轻微裂缝 02	裂缝、轻微	√	
轻微裂缝 03	坑槽、严重	✗	
轻微裂缝 04	正常	✗	该图片的裂缝太难辨认
轻微裂缝 05	裂缝、轻微	√	
轻微裂缝 06	坑槽、严重	✗	
轻微裂缝 07	裂缝、轻微	√	
轻微裂缝 08	坑槽、严重	✗	该图的影子与鞋子影响
轻微龟裂 01	坑槽、严重	✗	

二阶段识别匹配的准确率达到 70%：

图片名称	匹配结果	是否正确	注释
轻微裂缝 01	正常(好)	✗	右上角大块影响较大
轻微裂缝 02	裂缝、轻微	√	
轻微裂缝 03	正常(好)	✗	该图片特征太模糊
轻微裂缝 04	裂缝、轻微	√	二阶段未能较好处理
轻微裂缝 05	裂缝、轻微	√	
轻微裂缝 06	裂缝、轻微	✗	特征不够明显
轻微裂缝 07	裂缝、轻微	√	
轻微裂缝 08	裂缝、轻微	√	
好 01	正常(好)	√	
好 02	正常(好)	√	
好 03	正常(好)	√	

二阶段局部图像识别与匹配在本案例中,由于区域较小,能较好处理正常(好)与轻微细缝的图片,但是它也有它的局限性, (1)需要特征区域在中心附近, 例如图片(轻微龟裂 01.JPG)的特征区域在上面, 就很难提取出来进行局部识别。(2)如果某些图片中心点附近的背景十分均匀, 背景比特征区域更鲜明, 这也很难利用这种方法提取出来, 不过好在相机在拍摄的过程中, 图片的中心区域比周围的往往要更清晰些, 拍照对象位于相片中心也往往符合人们的生活情况, 说明局部图像识别与匹配还是有一定的适用性。

### 3. 结论

本为从整体与局部两种方法去建立道路破损识别与匹配模型, 首先基于一阶段阈值选取识别匹配方法能够较好地处理严重性的图片, 然后对于轻微的, 面积过小, 过于松散的图片, 被判为正常(好)可能性较大的图片, 进入到二阶段局部图像识别与匹配中来, 其中一阶段对严重性的道路破损问题图片的正确识别率到达 78%, 二阶段对于轻微的图片正确识别率达到 70%, 两者结合起来能够较为全面、科学地解决道路破损图片问题, 有很大的应用价值。

### 4. 参考文献

- [1] 李清泉, 刘向龙. 路面裂缝影像几何特征提取算法. 中国科技论文在线
- [2] 李晋惠. 用图像处理的方法检测公路路面裂缝类伤害. 2003. 长安大学学报(自然科学版)
- [3] 梁志勇, 龙丽芳, 黄世斌. 基于数字图像处理的沥青路面破损检测技术. 2008, 重庆建筑.
- [4] 李国燕. 基于图像的道路破损识别. 2008.
- [5] 廖凤华. 指纹识别匹配算法研究. 2007.
- [6] 王丽敏. 基于图像分析的沥青路面裂缝识别关键技术研究. 2010.
- [7] 左森, 郭晓松, 万敬, 郭君斌. 基于支持向量机的实时路面检测算法. 2007, 计算机工程.