

研究目的

- [https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CMFD&dbname=CMFD201702&filename=1017812758.nh&uid=WEEvREdxOWJmbC9oM1NjYkcyQzZ4Q1VLczhSdVBCNXgwZmx4TUUpKYjhKV3Q=\\$R1yZ0H6jyaa0en3RxVUd8df-oHi7XMMD07mtKT6mSmEvTuk11l2gFA!!&v=MjcwOTBoMVQzcVRyV00xRnJDVVJMT2VaZVJvRnk3bFZMdKFWRjI2R2J1NUhOYkpwNUViUElSOGVYMUx1eFlTN0Q=](https://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CMFD&dbname=CMFD201702&filename=1017812758.nh&uid=WEEvREdxOWJmbC9oM1NjYkcyQzZ4Q1VLczhSdVBCNXgwZmx4TUUpKYjhKV3Q=$R1yZ0H6jyaa0en3RxVUd8df-oHi7XMMD07mtKT6mSmEvTuk11l2gFA!!&v=MjcwOTBoMVQzcVRyV00xRnJDVVJMT2VaZVJvRnk3bFZMdKFWRjI2R2J1NUhOYkpwNUViUElSOGVYMUx1eFlTN0Q=)
- 由于饮食习惯、生活作息和工作等巨大压力以及先天遗传等原因，糖尿病和肝脏疾病的患病率迅速上升，据资料显示，我国18岁以上人群的糖尿病患病率高达11.6%
- 检测患病的方法
 - 医疗试纸判断。

pH值色别表

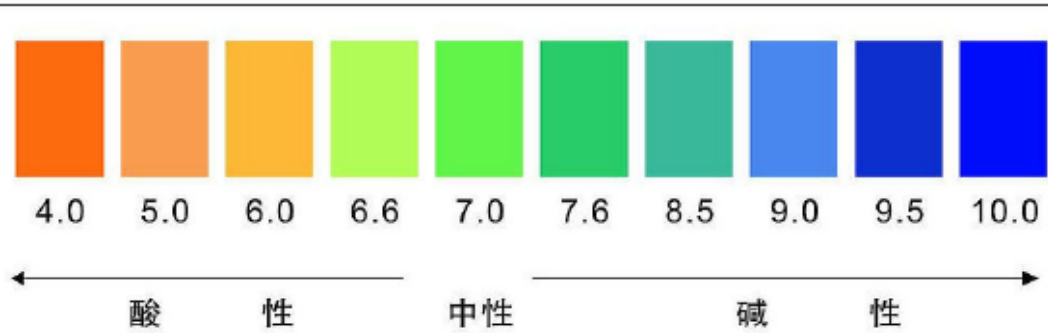


图 1.1 标准 PH 值比色卡



图 1.2 一种常规的尿目测试纸条的外包装比色卡

研究技术

- 基于OpenCV开发平台，主要研究的是尿检试纸识别系统。

- 其主要构成由**前端摄像头调取与试纸图片采集，试纸图像预处理与定位，特征提取和识别**四部分组成。
- 系统工作原理
 - 首先通过调取手机等摄像头对试纸进行抓取图像，通过无线网络将图像传输到计算机。计算机将抓取到的图像进行处理，得到试纸矩形区域的图像，判断图片是否转换到转换单HSV空间，裁剪掉图片的多余背景。在获得目标区域的基础上进行形态学运算，再进行指标色块的识别。最后将识别到的信息存入文档，后台与样本数据库进行对比分析，反馈结果。

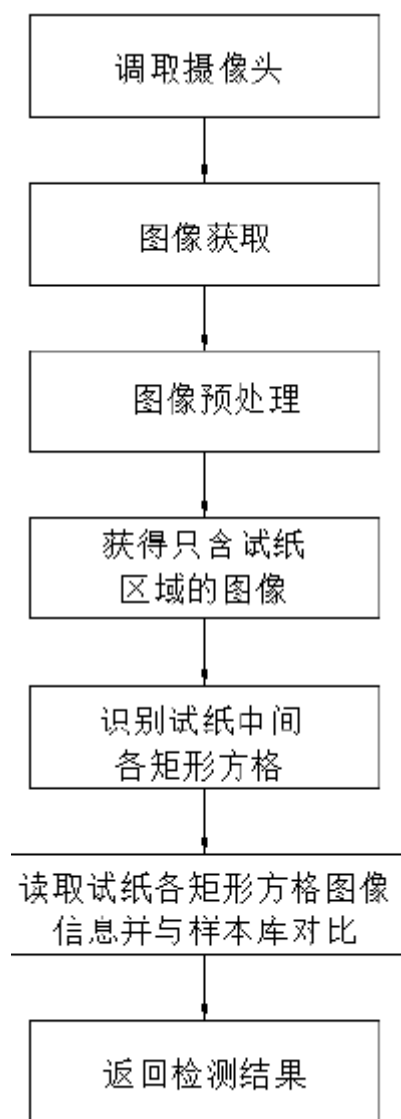


图 1.4 尿检识别流程图

- 特点
 - 可形成APP、接入云服务器，不受人为因素影响，具有操作简便、快捷、适用性强等特点。
- 关键词：OpenCV，医疗试纸，轮廓检测，图像形态学。

• 论文着重研究点

- 图像的采集

- 通过调取手机等终端的摄像头，运用计算机视觉对目标试纸进行判断、检测和跟踪，并在屏幕上显示出来，定位后获取带有试纸信息的图像并保存
- 图像的预处理和定位
 - 用户将图像传输到云服务器上，服务器将图像转化为灰度图，然后利用霍夫变换边缘检测并旋转图像，对图像进行形态学运算，去除噪声，同时将灰度图二值化。
- 特征提取和识别
 - 利用垂直变换法和Canny算法进行试纸各指标放歌的边缘检测，查找轮廓，并对目标试纸中的各个指标方格进行分割，然后计算轮廓的几何特征。针对不同色块的RGB三色进行提取、识别。
- 样图

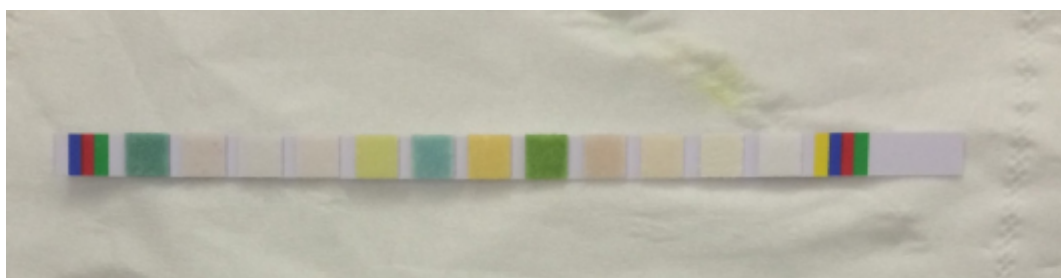
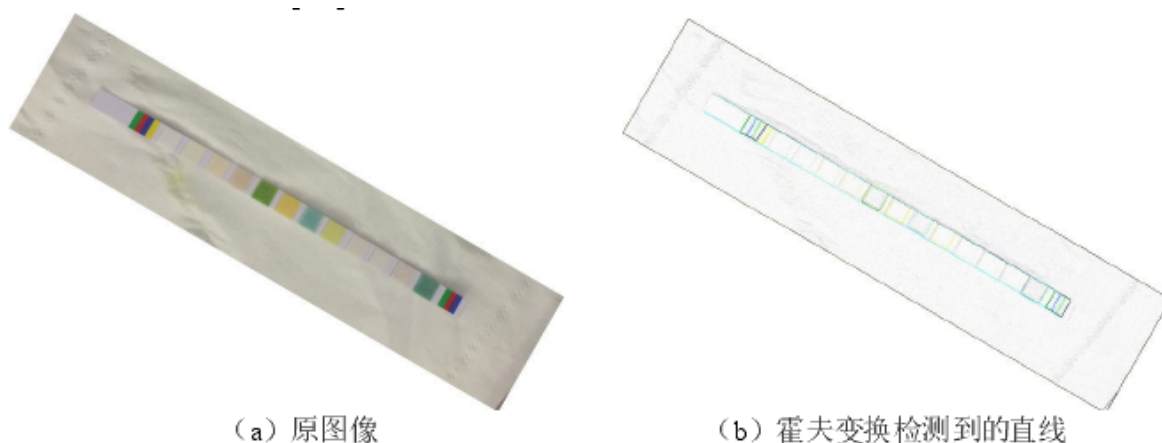


图 2.1 试纸的形状和样式

• 研究图像预处理的问题

- 在调取手机等终端摄像头对试纸取得图像后，需要对图像进行基本的集合形状判断，如
 - 是否找到试纸左右两边区域
 - 试纸倾斜角度是否过大
 - 试纸左右两断光照不均
 - 是否有阴影
 - 是否有一部分在试纸图像外
 - 左右两边标记区域是否找到要查找的颜色等

• 试纸图像的倾斜校正



(a) 原图像

(b) 霍夫变换检测到的直线

- 图像的试纸区域不可避免的存在一定的偏斜和模糊的问题，如果倾斜过大会发生严重的畸变，给图像分割带来非常不利的影响。造成分割错误或者分割时不能对齐指

标界限，从而导致各指标识别率下降。

- 解决方式

- 使用一个白底黑框作为背景，使用时将试纸摆放在黑框区域内进行图像的拍摄。
- 使用基于霍夫变换的倾斜矫正方法。

霍夫变换[18]的核心思想可概括为以下几点：

(1) 参数化曲线，确定要识别的曲线解析式集，即在保证一定精度上的基础上一一罗列带参数的解析式中所有参数可能的取值，即对参数进行量化。

(2) 为解析式集中的各参数方程建立累加器，并对累加器单元进行初始化；

(3) 对图像中所有有效像素，利用参数方程，用每个有效像素的坐标依次代入解析集中的每个参数方程。如果参数方程成立，则将该参数方程对应的累加器加 1；

(4) 设定阈值 t ，当某个参数方程的累加器值大于 t 时，可判定其相应的曲线被识别。

- 霍夫变换是一种利用图像的全局特征将特定形状的边缘像素连接起来，从而形成连续边缘平滑的提取技术。
- 该程序在一个参数空间中通过计算累计结果的局部最大值得到一个符合该特定形状的集合作为霍夫变换的结果。

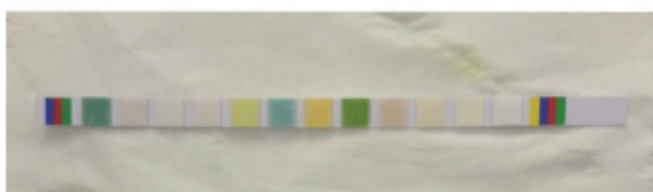
- 倾斜解决图



(a) 倾斜校正前



(b) 倾斜校正后



(c) 倾斜校正并左右反转后

图 2.4 校正前后的试纸

• 试纸的白平衡处理

- 试纸区域受光线反射、光源色温等的影响，产生光斑、颜色失真等，这些都会对试纸指标区域的分割识别产生非常不利的影响。导致分割不准确。
- 光线反射、光源色温等的影响会使试纸各指标色块发生改变，导致读取到的颜色的信息值产生较大的误差。
- 解决方式
 - 对图像中试纸的颜色进行判断，是否有由于光源环境差异和拍摄器件差异等原因而产生的色差。

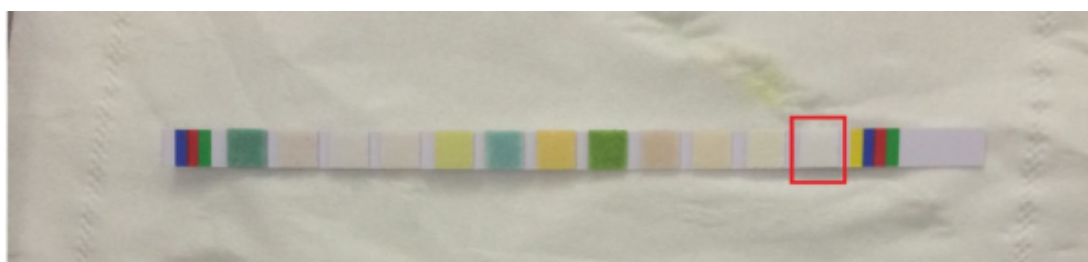
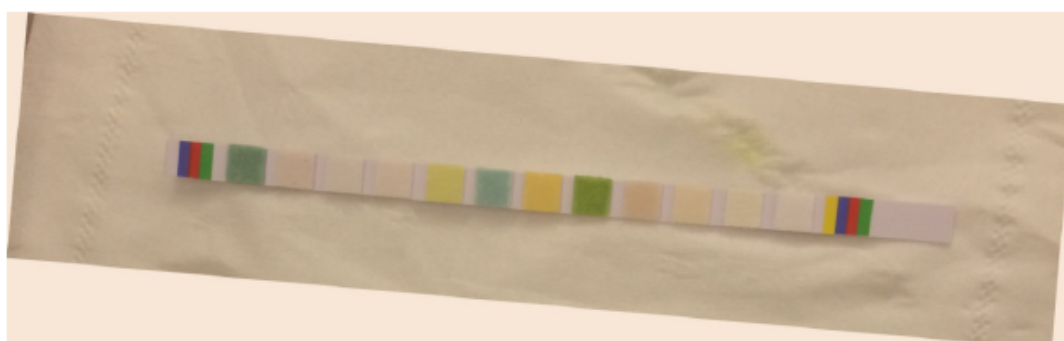
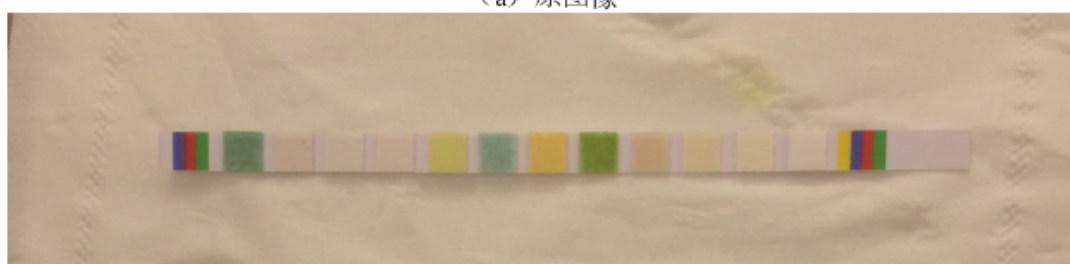


图 2.5 试纸的白色彩块位置

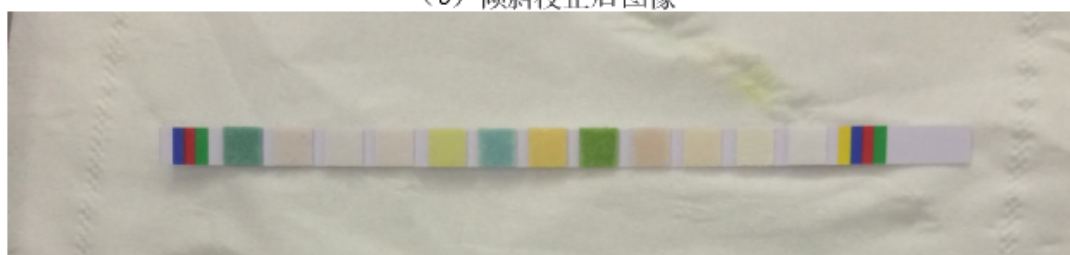
- 将右段彩色条纹左边的第一色块为纯白色，该色块为空指标，其作用就是用于判定试纸的光照环境，进而判断是否需要白平衡，提高指标色块的识别的准确度。



(a) 原图像



(b) 倾斜校正后图像



(c) 色温 3000k 灯光照射下经过倾斜校正并白平衡后图像

图 2.8 色温 3000K 灯光照射下校正前后图像对比

- 标准光谱

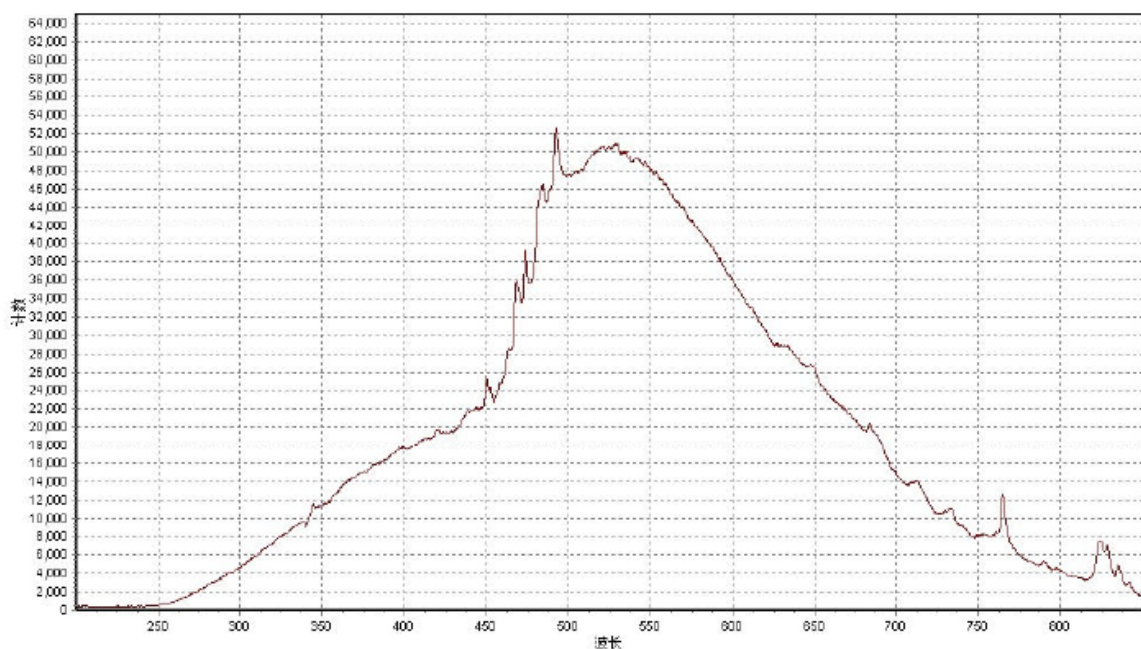
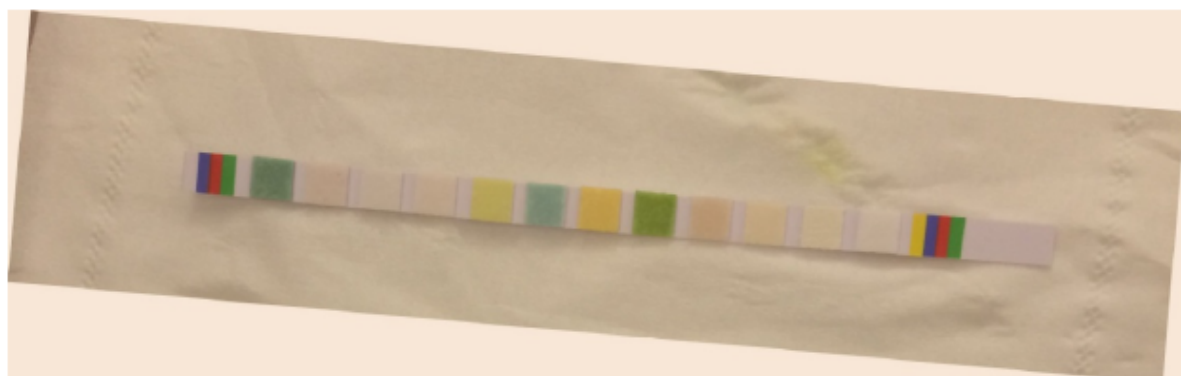


图 2.6 海洋光学 USB2000+光谱仪测试得到的标准光谱（色温 4300k）

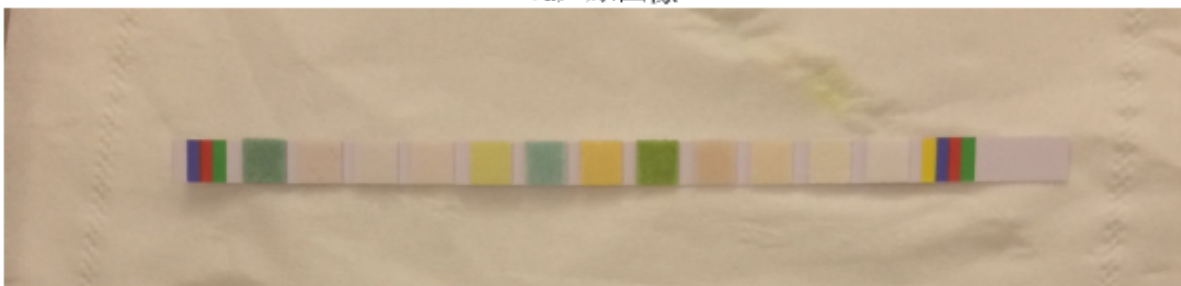
- 标准光谱（色温4300K）下试纸的标准图像



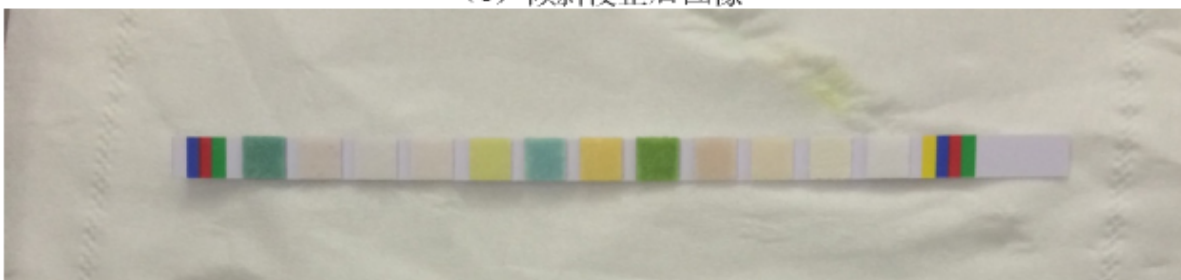
- 图像预处理之后的图像



(a) 原图像



(b) 倾斜校正后图像



(c) 色温 3000k 灯光照射下经过倾斜校正并白平衡后图像

图 2.8 色温 3000K 灯光照射下校正前后图像对比

• 色度坐标转换

- 相较于 HSV 空间，可以发现 RGB 空间由于其定义原理，其三个分量均与亮度信息有关。基于这个原因，HSV 色彩空间对于分析有较大亮度变化的图像信息更有优势，因此在实际应用中，常将 RGB 空间下的图像信息转换至 HSV 空间[29]。
- RGB转换HSV
 - 将R,G,B做归一化处理，取值在[0,1],并将变化后的H的取值范围设为0~360.对应地S, V取值[0,1],变换公式

$$V = \max(R, G, B)$$

$$S = (\max(R, G, B) - \min(R, G, B)) / (\max(R, G, B))$$

$$H = \begin{cases} H' \times 60 & H' \geq 0 \\ H' \times 60 + 360 & H' < 0 \end{cases}$$

其中

$$H' = \begin{cases} (G - B) / (\max(R, G, B) - \min(R, G, B)) & R = \max(R, G, B) \\ 2 + (B - R) / (\max(R, G, B) - \min(R, G, B)) & G = \max(R, G, B) \\ 4 + (R - G) / (\max(R, G, B) - \min(R, G, B)) & B = \max(R, G, B) \end{cases}$$

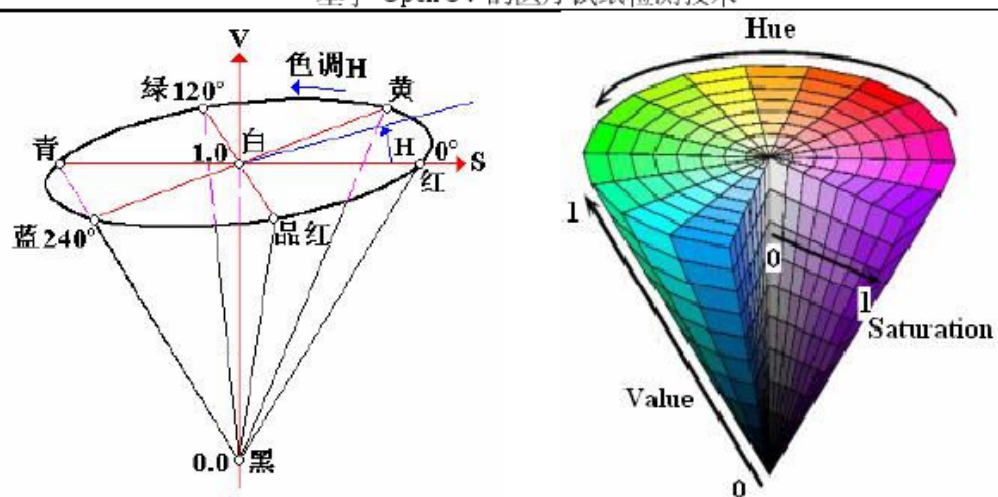


图 3.2 HSV 色彩空间模型

- OpenCV 中颜色空间转换的实现

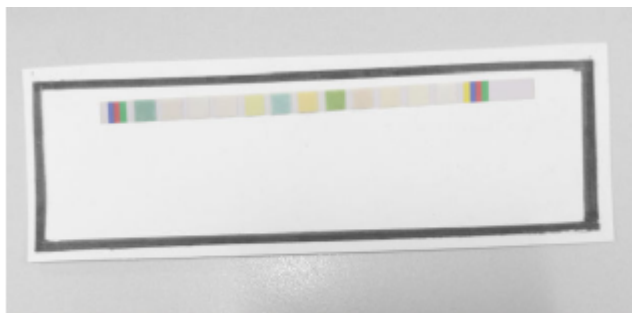
```

max=max(R,G,B)
min=min(R,G,B)
if R = max, H = (G-B)/(max-min)
if G = max, H = 2 + (B-R)/(max-min)
if B = max, H = 4 + (R-G)/(max-min)
H = H * 60
if H < 0, H = H + 360
V=max(R,G,B)
S=(max-min)/max

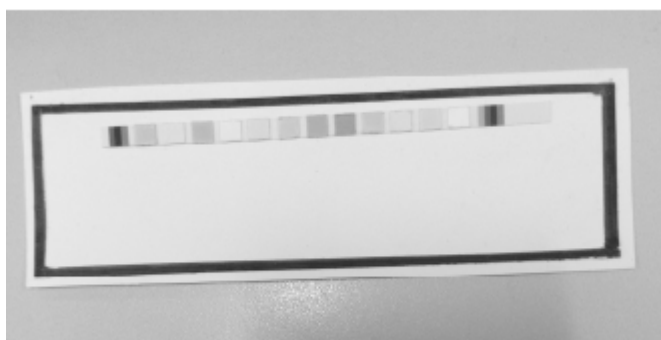
```

• HSV二值图像信息的处理

- 在HSV空间下，将试纸色块转换为要识别的颜色的二进制图像，即进行二值化处理。在二值化处理后，目标主体的大致轮廓已经能够呈现，但由于图像背景中不可避免的存在一些与主体相近的像素点，因此背景中会存在一些形状和大小不等的噪点，这会干扰我们后面的操作。
- 实际应用环境中的光线明暗会时刻发生变化，受此影响目标主体像素点通常并不能全部包含在所设的区间范围内，在二值化后，目标主体可能出现被割裂、缺角、内部空隙等现象。为了尽可能的减小背景噪声影响同时补全目标主体，需要对二值图像进行腐蚀与膨胀处理，图像处理中常用这两种算法结合来去除噪点和填补目标的缺失。



(a) 原图像



(b) 灰度图像

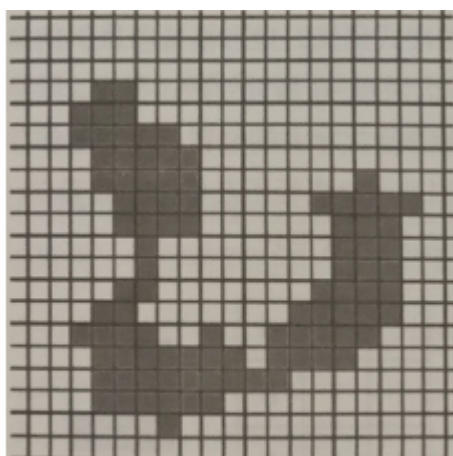


(c) 二值化后图像

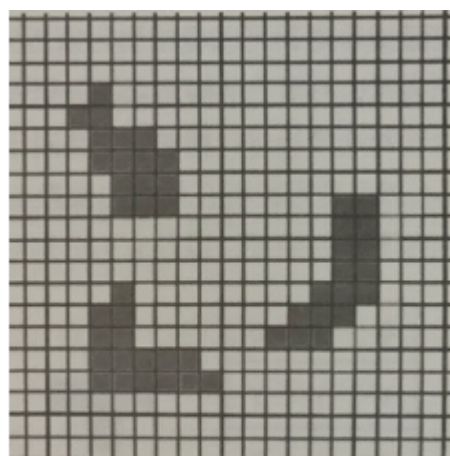
图 4.1 图像二值化前后对比

• 图像的腐蚀

- 在数学形态学运算中，腐蚀可以缩小或细化二值图像中的物体，使边界向内部收缩，达到消除边界点的目的。在数字图形处理中，对于给定的结构元素，通过腐蚀运算可以消除比其细小且无意义的点。与此同时，如果目标区域中某个位置包含有细小的连接部分时，则腐蚀运算后该区域将会被进行分割。因此，腐蚀是一个形态学滤波的操作。



(a) 原图像

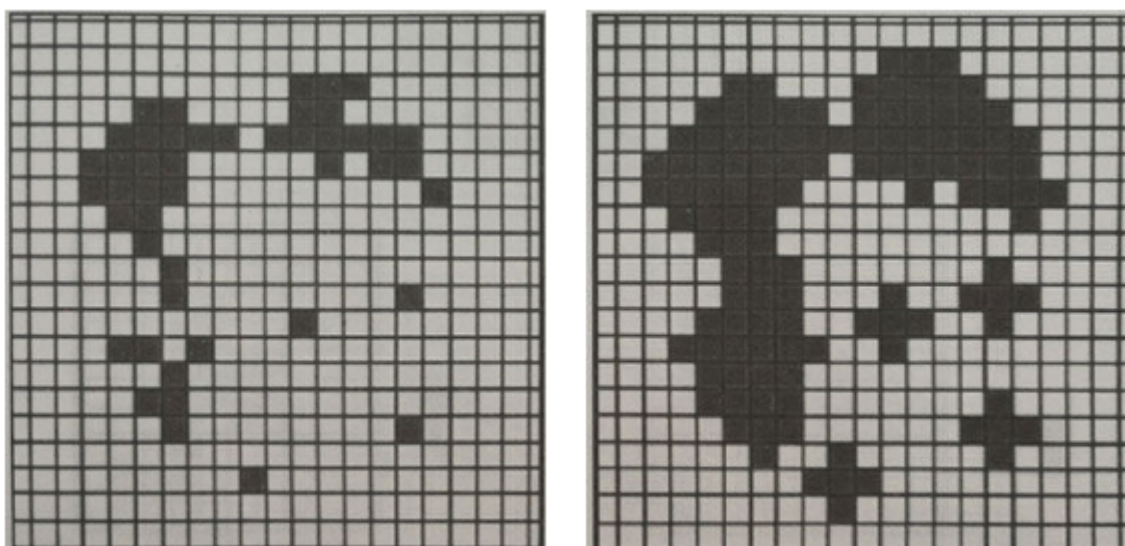


(b) 腐蚀后图像

图 4.2 图像腐蚀前后对比

• 图像的膨胀

- 数学中膨胀是指将图像或图像中的一部分区域（称为 A）与结构元素（称为 S）进行卷积。膨胀在数学形态学运算中的作用是扩展物体的边界点，该处理可以对目标内的空洞与裂隙进行填充，使目标更加完整。在数字图像处理中，对于一个给定的结构元素，通过膨胀处理可以将那些相邻且距离小于结构元素的区域连接起来。然而，图像的膨胀处理是非常敏感的，经过膨胀后的小杂点往往变得更加明显。



(a) 原图像

(b) 膨胀后图像

图 4.4 图像膨胀前后对比

• 图像去噪

- 当噪声较大且出现在两个指标格之间引起两个指标格粘连时，比较容易导致分割失败；当单个指标格内部出现噪声时，对分割影响较小，但会引起指标数据输出时有较大的误差。因此，必须对此使用相应处理方式将这些噪声去除。
- 各个指标格间的噪声如果是灰尘等引起的则是离散点块状，不与指标格有粘连。常用的滤波方法有高斯滤波、中值滤波、均值滤波和最小方差滤波等。单一的滤波方法虽然能够去掉一部分噪声，但会影响两个指标方格间的像素值导致边缘不清晰，降低图像质量，因此它们并不能够很好的处理相邻两个指标方格间的狭长图像区域。
- **先对二值图像进行进行膨胀处理，再进行腐蚀处理，这样可以在最大限度的消除噪声带来的影响。**

• 边缘检测

- 常用的边缘检测算子有 Sobel 算子[33]、Roberts 算子[34]、Prewitt 算子[35]、LoG 算子[36]和 Canny 算子[37]等，这些算子在针对某一特定的图像时均取得了较好的边缘检测结果，但对于某些图像的边缘检测则力不从心。
- Canny算法
 - Canny准则
 - 最佳的检测结果、
 - 对边缘的定位要准确。
 - 对同一检测边缘要有低的响应次数。
 - 基本步骤
 - 用高斯滤波器进行卷积以消除杂点。

$$K = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

- 使用一阶导数的有限差分来计算梯度的幅值和方向。












- 对梯度幅值实施非极大值抑制。
- 双阈值算法检测和连接边缘。在完成非极大值抑制后，检测结果还是可能包含有大量噪声和其他伪边缘。
- 利用多尺度综合技术对结果进行优化。

- 指标方格提取

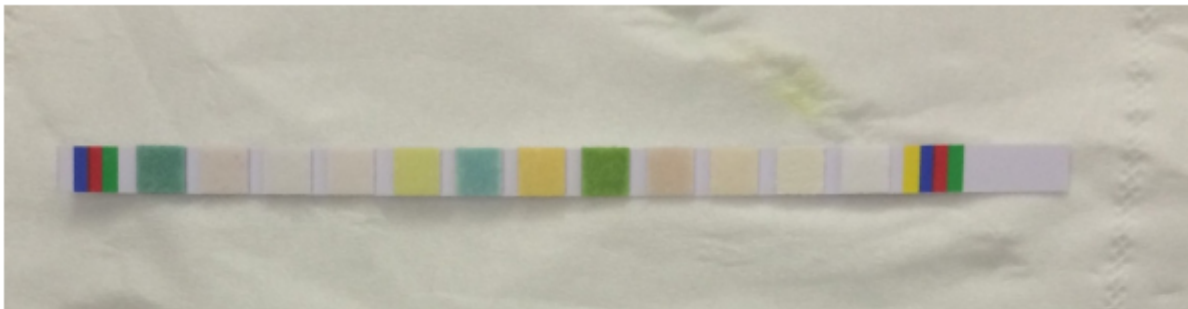
- 结合指标方格特征和垂直投影的分割方法，这种方法能解决相邻指标方格图像的粘接分割情况，并正确地分割粘连的方格及合并断裂。
- 但是仅运用上述方法分割出来的方格并不是非常准确，如果试纸图像存在一定倾斜，就容易把方格部分信息误删除使方格不完整，或出现两个相邻方格被分割到同一图像中，对后来识别影响很大。因此，引入了垂直投影算法。
- 垂直投影分割法的思想是：对预处理后的试纸黑色像素个数进行垂直方向上的统计，由于各指标方格区域黑色像素丰富，而方格间空隙区域黑色像素较少，通过检测方格与方格之间黑像素个数的波谷确定方格的左右边界。
- 具体过程
 - 首先将试纸区域图像进行归一化处理，设置成某一标准宽度和高度，同时设置每一个方格归一化后的宽度和高度。
 - 利用上述垂直投影分割法，同时结合 Canny 算法识别各指标方格的边缘，能较准确对各指标方格进行分割。

- 提取结果与数据分析

- 试纸方格

指 标	白细 胞	亚硝 酸盐	尿胆 原	蛋白 质	酸碱 度	尿潜 血	尿比 重	胆红 素	抗坏血 酸	尿酸 体	葡萄 糖
ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
颜 色											

- 设计的程序分别定位彩色定位块的中点坐标，并且以最左边蓝色与白色的边缘线中点为试纸的起始点，以右边绿色与白色的边缘线中点为试纸的终点。



如图 6.1 试纸条中各指标的相对位置分布

- 各指标色块在医学对应指标

- 由于各指标在医学上有各不同判定结果，经过大量实验数据积累和分析，我们定义了8个参数，这八个参数分别定义各色块的左右两端位置以及对应色块蓝色、红色、绿色中心点取得的灰度值。

表 6-2 白细胞色块颜色识别对应的医学指标

白细胞（ID=1）					
色块左边	0.935198739	0.743572993	0.548074722	0.417576149	0.338051402
色块右边	0.979770309	0.616806418	0.492494332	0.298455570	0.271038945
蓝色 x 坐标	0.993977803	0.728447490	0.601255209	0.493084800	0.485219574
蓝色 y 坐标	0.982911562	0.677742036	0.548889834	0.381217701	0.355807788
红色 x 坐标	0.998514484	1.100389954	1.066701682	1.160139319	1.155883594
红色 y 坐标	1.037896520	0.920066522	0.981223664	0.939356889	0.993798140
绿色 x 坐标	1.012384201	1.070912951	1.068613150	1.141798115	1.163113301
绿色 y 坐标	1.050671978	0.876546536	0.969934291	0.910474841	0.964897347
医学指标	-(0)	±(15)	+(70)	++(125)	+++ (500)

表 6-3 亚硝酸盐色块颜色识别对应的医学指标

亚硝酸盐（ID=2）			
色块左边	0.933912825	0.944093678	0.468795562
色块右边	0.970601440	0.922907319	0.264020333
蓝色 x 坐标	0.990382410	1.016341398	0.579671613
蓝色 y 坐标	0.975056797	0.950962925	0.398317621
红色 x 坐标	0.998875607	1.056622855	1.260437388
红色 y 坐标	1.036011152	1.005284089	0.902143153
绿色 x 坐标	1.019288066	1.074190941	1.247150841
绿色 y 坐标	1.045503417	0.992599816	0.851489828
医学指标	阴性(-)	正常	阳性(+)

表 6-4 尿胆原色块颜色识别对应的医学指标

尿胆原 (ID=3)				
色块左边	0.898575894	0.461429914	0.352988677	0.388474834
色块右边	0.968892109	0.619434368	0.462659100	0.366396228
蓝色 x 坐标	0.995072662	0.962248057	0.854805357	0.737290748
蓝色 y 坐标	0.973211688	0.724536075	0.592891598	0.498473580
红色 x 坐标	0.993510487	1.191195933	1.242736292	1.256314368
红色 y 坐标	1.066754481	1.226698385	1.212191887	1.093229621
绿色 x 坐标	1.028434527	1.395774642	1.459786511	1.401659677
绿色 y 坐标	1.086435226	1.215555496	1.178997998	1.061395798
医学指标	正常	+(33)	++(66)	+++ (≥131)

表 6-5 蛋白质色块颜色识别对应的医学指标

蛋白质 (ID=4)					
色块左边	0.457142385	0.460857114	0.468934184	0.482364888	0.521710184
色块右边	0.919635847	0.867652732	0.843879541	0.798675114	0.720652669
蓝色 x 坐标	0.946901527	0.886081528	0.833409169	0.747211510	0.570805426
蓝色 y 坐标	0.916224684	0.866410487	0.839074550	0.790601490	0.705378815
红色 x 坐标	0.941326335	0.925559195	0.909044165	0.891497377	0.860373854
红色 y 坐标	1.265688477	1.307854110	1.281416361	1.234949500	1.131049080
绿色 x 坐标	1.053125378	1.042986916	1.016775404	0.974074921	0.888523849
绿色 y 坐标	1.313028876	1.344908384	1.320231268	1.276725303	1.168954282
医学指标	-(0)	±(0.15)	+(0.3)	++(1.0)	+++ (≥3.0)

表 6-6 酸碱度色块颜色识别对应的医学指标

酸碱度 (ID=5)					
色块左边	0.2423578	0.4847160	0.4843690	0.5985060	0.6841410
色块右边	0.8433774	0.7918490	0.6639300	0.4812960	0.4299240
蓝色 x 坐标	0.9035958	0.6985190	0.4920390	0.2360930	0.1726230
蓝色 y 坐标	0.8474916	0.7781750	0.6488740	0.4797740	0.4417960
红色 x 坐标	0.9416887	0.8624220	0.8430190	0.9335490	1.0153700
红色 y 坐标	1.4161645	1.2261580	1.1133790	0.8535230	0.7407330
绿色 x 坐标	1.0868632	0.9337950	0.8650140	0.8516800	0.8697060
绿色 y 坐标	1.4132405	1.2801410	1.1508090	0.8192150	0.6675440
医学指标	5	6	7	8	9

表 6-7 尿潜血色块颜色识别对应的医学指标

尿潜血 (ID=6)				
色块左边	0.435091404	0.367144034	0.349625999	0.343300780
色块右边	0.834195411	0.701632991	0.536909369	0.356200377
蓝色 x 坐标	1.002007913	0.660000000	0.422310725	0.200607997
蓝色 y 坐标	0.867485515	0.707287462	0.530976211	0.345494080
红色 x 坐标	1.027445305	0.922752526	0.884133504	0.909492245
红色 y 坐标	1.366285791	1.250514839	1.132474660	0.979117283
绿色 x 坐标	1.217010566	1.014578927	0.922339330	0.906194752
绿色 y 坐标	1.390819865	1.270516621	1.148070983	0.979536869
医学指标	-(0)	+(25)	+++ (≥200)	+ 非溶血

表 6-8 尿比重色块颜色识别对应的医学指标

尿比重 (ID=7)							
色块左边	0.104250	0.184296	0.118011	0.115069	0.081071	0.094677	0.171689
色块右边	0.280211	0.496581	0.566611	0.654042	0.691737	0.753597	0.826708
蓝色 x 坐标	0.164950	0.383428	0.519535	0.652157	0.669285	0.751709	0.975298
蓝色 y 坐标	0.256516	0.483323	0.566101	0.658296	0.640442	0.691457	0.851666
红色 x 坐标	0.868375	0.859619	0.882238	0.904510	0.956126	0.976803	0.994355
红色 y 坐标	1.122195	1.233466	1.298144	1.315845	1.343399	1.399021	1.450413
绿色 x 坐标	0.911377	0.924943	0.979573	1.026992	1.049662	1.092265	1.175853
绿色 y 坐标	1.095223	1.224387	1.254986	1.298027	1.321342	1.376387	1.413831
医学指标	1	1.005	1.01	1.015	1.02	1.025	1.03

表 6-9 胆红素色块颜色识别对应的医学指标

胆红素 (ID=8)				
色块左边	0.866547102	0.792720781	0.767180130	0.610426880
色块右边	0.961604240	0.855467300	0.808654397	0.606375884
蓝色 x 坐标	0.988425667	0.986848568	1.005847434	0.954597219
蓝色 y 坐标	0.965701243	0.861918933	0.825907487	0.719701225
红色 x 坐标	0.988481634	1.061786628	1.098793284	1.192145670
红色 y 坐标	1.086163939	1.078438811	1.066942199	1.072021663
绿色 x 坐标	1.030007610	1.128750038	1.172894905	1.304612684
绿色 y 坐标	1.109212938	1.088577131	1.064338310	1.048232056
医学指标	-(0)	+(8.6)	++(34)	+++ (100)

表 6-10 抗坏血酸色块颜色识别对应的医学指标

抗坏血酸 (ID=9)					
色块左边	0.503665661	0.402304597	0.412326670	0.429784819	0.446047613
色块右边	0.525250928	0.481789787	0.640006668	0.776781070	0.847000127
蓝色 x 坐标	0.332762702	0.290204021	0.494609954	0.722388489	0.829803789
蓝色 y 坐标	0.519895662	0.472294578	0.626956448	0.769642528	0.840585071
红色 x 坐标	0.883121778	0.854527938	0.841838674	0.877935924	0.894567203
红色 y 坐标	0.990950622	1.039474366	1.177251054	1.288471131	1.326136080
绿色 x 坐标	0.864576736	0.858831445	0.887847610	0.971818710	1.012160063
绿色 y 坐标	1.000867853	1.057437721	1.220311910	1.335135093	1.372820176
医学指标	-(0)	±(0.6)	+(1.4)	++(2.8)	+++ (5.6)

表 6-11 尿酮体色块颜色识别对应的医学指标

尿酮体 (ID=10)					
色块左边	0.625155582	0.399149693	0.300079269	0.425005270	0.228416956
色块右边	0.823016841	0.621918068	0.441592802	0.395983299	0.250623106
蓝色 x 坐标	0.911887160	0.996099422	0.816807453	0.736686155	0.417179380
蓝色 y 坐标	0.847019548	0.736218852	0.571495601	0.524314781	0.308227478
红色 x 坐标	1.004098984	1.191149740	1.211152428	1.221506725	1.109004460
红色 y 坐标	1.175327885	1.282648659	1.240606718	1.072970218	1.062779771
绿色 x 坐标	1.101621648	1.426946549	1.422276647	1.334550829	1.143242526
绿色 y 坐标	1.212669580	1.270673835	1.211340657	1.044268870	1.036804895
医学指标	-(0)	±(0.5)	+(1.5)	++(4.0)	++++ (≥8.0)

表 6-12 葡萄糖色块颜色识别对应的医学指标

葡萄糖（ID=11）						
色块左边	0.6477066	0.6885829	0.6708128	0.5173450	0.4594736	0.4217801
色块右边	0.8757294	0.7308653	0.5437469	0.3436618	0.2460347	0.1975291
蓝色 x 坐标	0.8863155	0.5935390	0.3509560	0.1220883	0.0606335	0.0704586
蓝色 y 坐标	0.8767825	0.7221413	0.5438038	0.3408022	0.2454612	0.2005932
红色 x 坐标	0.9535808	0.9115076	0.9420984	0.9687221	1.0177920	1.0595400
红色 y 坐标	1.1698035	0.9999666	0.8589245	0.8035992	0.7733184	0.7672826
绿色 x 坐标	1.0226945	0.8834178	0.8527118	0.8683335	0.9002269	0.9389572
绿色 y 坐标	1.2089553	1.0112222	0.8278401	0.7772055	0.7680785	0.7773205
医学指标	-(0)	±(2.8)	+(5.6)	++(14)	+++ (28)	++++(≥55)

• 实验结果

表 6-13 蛋白质指标识别结果

蛋白质			
样本等级	样本数量	实验识别结果	准确率
-(0)	100	92	92%
±(0.15)	100	94	94%
+(0.3)	100	95	95%
++(1.0)	87	84	97%
+++ (≥3.0)	61	58	95%

表 6-14 抗坏血酸指标识别结果

抗坏血酸			
医学指标	样本数量	实验识别结果	准确度
-(0)	120	115	96%
±(0.6)	120	117	98%
+(1.4)	92	90	98%
++(2.8)	78	75	96%
+++ (5.6)	50	49	98%

表 6-15 葡萄糖指标识别结果

葡萄糖			
医学指标	样本数量	实验识别结果	准确度
-(0)	300	297	99%
±(2.8)	200	196	98%
+(5.6)	135	132	98%
++(14)	80	77	96%
+++ (28)	30	28	93%
++++ (≥55)	20	19	95%

- 一是由于越高的样本等级数量越少，即对应患者少，亦重度患者往往都已经入院治疗，很少有体检检查。
- 二是由于对于该指标，高的样本等级与其下一等级之间的阈值较大，识别造成的偏差带来的影响较小。

- 三是由于试纸检测不能反映细微的样本变化，不能进行精确的定量分析只能做定性使用，因此当某一样本的某个指标落在两个医学等级的边界时，很容易造成结果的假阳性或假阴性，这是由于试纸的作用机理造成的。
- 通过以上分析，为了提高该识别方法的准确性，实际工作中我们需要不断的充实样本数据，尤其对医学指标等级高的样本进行数据积累，并且为了弥补试纸作用机理带来的影响，考虑在样本数据的处理上，对样本进行层级细分，这样细分之后层级的阈值较小，可以在一定程度上提高准确度。同时，也可运用机器学习的方法对软件进行优化，扩展软件的通用性，提高准确度。