

输液针图像矩不变量的研究

胡美燕¹⁾ 姜献峰²⁾

¹⁾(浙江树人大学信息科技学院, 杭州 310015) ²⁾(浙江工业大学机电工程学院, 杭州 310032)

摘要 一次性输液针与其手瓣装配,在手瓣所在的平面与针尖主斜面的夹角要满足一定要求。利用图像方法对装配线上输液针角度位置的识别是解决装配定位问题的一种有效途径。本文对输液针图像的矩不变量做了研究,得出了不同角度位置下输液针图像的矩不变量变化规律。同时还提出了修正的矩不变量 I_7 ,以表示图像的180°翻转。研究表明,矩不变量方法对输液针角度位置的识别是有效的。

关键词 输液针图像 矩不变量 修正后的 I_7

中图分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2007)03-0456-04

Study on Moment Invariants of the Images of Intravenous Needles

HU Mei-yan¹⁾, JIANG Xian-feng²⁾

¹⁾(College of Information Science & Technology, Zhejiang Shuren University, Hangzhou 310015)

²⁾(College of Mechanical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310032)

Abstract When the hand-petal of intravenous needles for single use is assembled, the angle of hand-petal plane and main plane intravenous needles can not go beyond certain angle. It is an effective solution to recognize the position of intravenous needles using the technologies of images. Moment invariants of the images of intravenous needles are studied in this paper. The transformation rule of moment invariants of images of different angles is obtained. Amended I_7 is put forward to identify the images that overturn 180°. The study result shows that it is effective to recognize the angle position of intravenous needles with the technique of moment invariants.

Keywords the images of intravenous needles, Moment invariants, amended I_7

1 引言

一次性输液针是医院中消耗量最大的易耗品之一。输液针的卫生与安全使用,直接关系到国民的身体健康。据有关资料统计介绍,我国每年仅婴幼儿头皮静脉输液针的消耗量就达30~40亿支,而成人静脉输液针的消耗量更大。在国标GB 18671-2002中,对输液针的结构形式、材料和物理要求如各规格下的流量、针尖和手瓣等都做了详细的规定,其中输液针手瓣装配时,要求手瓣与针尖主斜面的夹角不应大于30°。

2维矩不变量理论最早是由美籍华人胡明桂教授提出的^[1]。矩特征有着明确的物理和数学意义,

又称胡矩为几何矩。低阶矩主要描述图像的整体特征如面积、主轴等,而高阶矩主要描述图像的细节如扭曲度、峰态等^[2,3]。矩特征因对图像的旋转、比例和平移具有不变性,而受到了广泛的应用和研究,如图像重建、图像识别^[4]和图像检索^[5]等。在图像识别中的应用如飞机的识别、路面破损识别^[6]和商标的识别^[7]等。

一次性输液针手瓣装配时,其装配角度主要取决于装配线上输液针位置。而装配线上输液针位置一般用角度来标识,也就是其主斜面与水平面之间的夹角。当一次性输液针绕其轴线旋转一周时,其主斜面与水平面的夹角逐渐发生变化。本文采用软件来绘制输液针,进而获取输液针各个不同角度的输液针外轮廓图像。文中分析了输液针位置的角度

收稿日期:2005-04-13; 改回日期:2005-11-03

第一作者简介:胡美燕(1976~),女,讲师。浙江工业大学机械电子工程硕士研究生。研究方向为计算机图形学及图像处理等。
E-mail: hmy1218@163.com。

在逐渐发生变化时,其图像的变化规律。由于图像外轮廓相对比较简单的几何形状和图像的矩不变量,分析得出输液针图像的矩不变量随着角度的增加,做单调地变化。同时分析研究了矩不变量,修改了第 7 各矩不变量 I_7 , 并从理论上证明当图像发生了 180° 翻转时, I_7 的符号发生了变化,在实际中有一定的应用价值。

2 Hu 矩

2.1 Hu 矩不变量

对于连续图像 2 维函数 $f(x, y)$, 其 $(p + q)$ 阶矩和中心矩定义如下:

$$m_{pq} = \iint_{-\infty}^{+\infty} x^p y^q f(x, y) dx dy \quad (1)$$

$$\mu_{pq} = \iint_{-\infty}^{+\infty} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) dx dy \quad (2)$$

对于数字图像 $f(i, j)$, 其 $(p + q)$ 阶中心矩为

$$\mu_{pq} = \sum_{(i, j) \in R} (i - \bar{i})^p (j - \bar{j})^q f(i, j) \quad (3)$$

归一化后的中心矩表示为

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^r} \quad (4)$$

中心矩具有平移不变性,其归一化后的中心矩具有平移不变性和比例不变性。经过代数组合而成的矩不变量 $I_1 \sim I_7$, 具有平移不变性、比例不变性和旋转不变性。

$$\begin{cases} I_1 = \eta_{20} + \eta_{02} \\ I_2 = (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \\ I_3 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \\ I_4 = (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \\ I_5 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ I_6 = (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\ I_7 = (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{21} - \eta_{30})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \end{cases} \quad (5)$$

2.2 Hu 矩物理意义

矩特征主要表征了图像的区域几何特征,又称为几何矩。其中零阶矩 m_{00} 反映了目标图像的面积。矩不变量 I_1 和 I_2 主要由二阶矩代数组合而成,

其反映的内容是图像的惯性矩特征, $I_3 \sim I_7$ 主要是由三阶矩组合而成,反映了图像对其均值分布偏差的一种测度,即扭曲度。图像之间区域面积变化越大时,其 I_1 变化也越大,否则,反之;图像之间扭曲程度越大时,其 $I_3 \sim I_7$ 变化也越大,否则,反之。

2.3 修正后的第 7 个矩不变量 I_7'

修改后的 I_7 表达式如下:

$$I_7' = (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \eta_{30}(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \quad (6)$$

当图像发生 180° 翻转(用 I_7 和 I_7' 表示变化前后的修正后的矩不变量),

$$I_7' = -I_7$$

也就是,当图像发生了 180° 翻转(水平翻转还是垂直翻转)时,修正后的 I_7 符号刚好相反,如“+”变成了“-”。

把式(5)中的 I_7 分成两部分,即 $(3\eta_{21} - \eta_{03}) \times (\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2]$ 为第 1 部分,而其后面的多项式 $(3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2]$ 为第 2 部分 T 。而修正后的 I_7 即式(6),把第 2 部分 T 修改为

$$T = \eta_{30}(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \quad (7)$$

当图像发生水平翻转时,用 (i, j) 和 (i', j') 分别表示变化前后图像的点坐标,则有

$$(i - \bar{i}) = -(i' - \bar{i}') \quad (8)$$

将式(8)代入式(5)(用 I_7 和 I_7' 来分别表示变化前后的矩不变量),得

$$I_7' \neq -I_7 \neq I_7$$

而将式(8)代入式(6)时,

$$I_7' = -I_7$$

当图像发生 180° 翻转时,式(5)中 I_7 的大小发生了变化,符号可能一致,也可能相反;而修正后的 I_7 即式(6), I_7 的大小不变,其符号刚好相反。

同理可得:不管是水平翻转还是垂直翻转,其矩不变量 $I_1 \sim I_5$ 的值都是保持不变的。故结合 $I_1 \sim I_5$ 和 I_7 可以来判断图像是否已经发生了翻转。其中图像左右对称是图像翻转的特例之一,故左右对称的图像其 I_7 值的符号刚好相反。

3 各个角度的输液针图像的矩特征

3.1 输液针外轮廓图像

输液针针尖由 3 个斜面构成即一个主斜面 I 和

两个次斜面 II 和 III,其轮廓线由椭圆圆弧构成(如图 1 所示)。由于输液针针尖的内轮廓图像在实际应用中很难获取^[8],故本文只讨论在整个角度范围内输液针外轮廓图像。

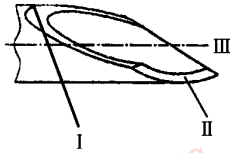


图 1 输液针针尖图像

Fig. 1 The image of the intravenous needles

根据 GB18671-2002 输液针标准,利用软件绘制的 180°~270°角度范围内输液针外轮廓图像如图 2 所示。180°角度位置的输液针图像左右对称,随着角度的增加,图像逐渐发生了变化,左右扭曲程度变得越来越大,一直到 270°,此时输液针图像左右扭曲程度达到最大,如图 2 所示(主斜面的对称面与垂直面的夹角为 0°的位置为 0°位置,即理论上的装配角度)。

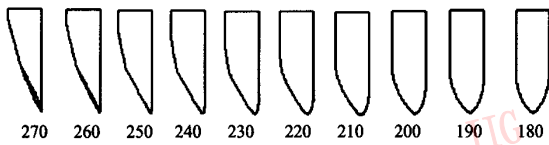


图 2 各个不同角度的输液针图像

Fig. 2 Images of the intravenous needles of difference angles

对任一角度位置的输液针外轮廓图像如 220°,与其他角度的图像关系如图 3 所示。

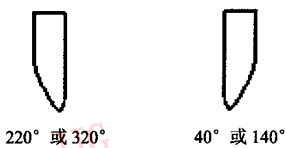


图 3 任一角度位置的输液针图像

Fig. 3 Images of the intravenous needles of any angle

在整个角度范围即 0°~360°内,输液针外轮廓图像的规律为:90°~180°与 180°~270°之间的图像左右对称,0°~90°与 270°~360°之间的图像也左右对称,0°~90°与 90°~180°之间和 180°~270°与 270°~360°之间对应角度外轮廓图像一一对应。

3.2 输液针图像的矩不变量

选用了 7 个矩特征向量组中的 6 个,即 $I_1 \sim I_5$

和 I_7 。如表 1 所示,列举了部分角度位置输液针的矩特征向量组的值。

表 1 各个角度位置输液针外轮廓图像的矩特征向量组

Tab. 1 Moment invariants of the image of intravenous needles of difference angles

角度 (°)	矩特征向量组					
	I_7	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
90	0.314 8	0.066 7	18.035 3	8.187 6	99.474 4	46.352 7
94	0.304 5	0.061 0	15.395 9	6.766 7	69.006 0	34.414 9
98	0.298 7	0.057 9	14.109 4	6.102 7	56.528 8	29.436 3
...
116	0.275 5	0.046 2	8.989 6	3.427 0	18.799 4	11.343 2
120	0.273 6	0.045 4	8.153 2	3.010 2	14.698 9	9.011 0
122	0.271 4	0.044 5	7.332 1	2.618 9	11.268 7	7.035 9
124	0.269 8	0.043 9	6.759 0	2.338 2	9.102 7	5.755 5
...
180	0.253 5	0.037 6	0.702 4	0.130 0	0.039 3	0.001 0
184	0.253 8	0.037 7	0.776 5	0.148 4	0.050 0	-0.013 6
188	0.254 0	0.037 8	0.837 2	0.160 1	0.056 7	-0.030 3
190	0.253 4	0.037 5	0.845 8	0.158 7	0.055 1	-0.035 5
194	0.254 3	0.037 8	1.071 3	0.213 9	0.095 4	-0.069 3
198	0.255 1	0.038 2	1.302 0	0.269 3	0.145 5	-0.114 4
200	0.254 7	0.037 9	1.396 9	0.289 8	0.165 8	-0.134 2
204	0.255 7	0.038 3	1.738 2	0.384 1	0.284 8	-0.224 6
208	0.256 7	0.038 6	2.121 2	0.493 9	0.461 1	-0.355 4
212	0.258 2	0.039 2	2.592 5	0.644 6	0.771 1	-0.573 7
...
236	0.269 8	0.043 9	6.759 0	2.338 2	9.102 7	-5.755 5
240	0.273 6	0.045 4	8.153 2	3.010 2	14.698 9	-9.011 0
242	0.274 1	0.045 7	8.189 3	3.032 1	14.900 1	-9.107 9
244	0.277 5	0.046 2	8.989 6	3.427 0	18.799 4	-11.343 2

从表 1 中可以看出:

(1)从表 1 中可以看出,随着角度的增减,用来描述图像惯性矩特征的 I_1 和 I_2 ,其值变化不是很明显。而描述图像扭曲度的 $I_3 \sim I_5$,其值发生比较显著的变化。对于 $I_1 \sim I_5$ 中的任一个矩特征向量 I_i ,其值受角度的影响如图 4 所示。

(2)对于在 90°~180°角度范围内的输液针图像的 $I_1 \sim I_5$ 基本上随着角度的增加,其值在逐渐减少;而在 180°~270°角度范围内的输液针图像的 $I_1 \sim I_5$ 基本上随着角度的增加,其值也在逐渐增

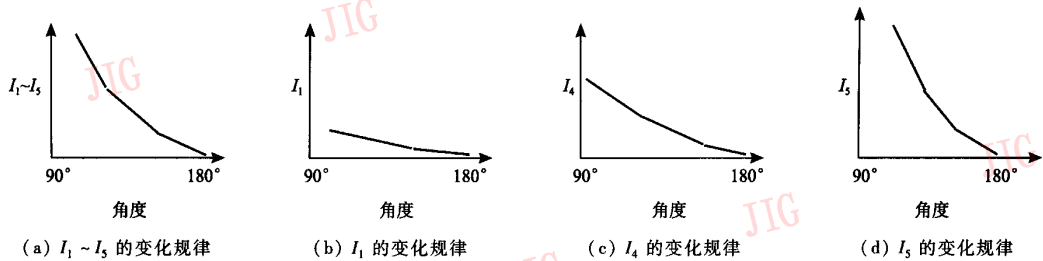


图4 不同角度位置输液针图像变化规律示意图

Fig.4 The chart of the transformation rule of Images of intravenous needles of different angles

加。此外,在 $90^\circ \sim 180^\circ$ 角度范围内,其矩特征变化规律的示意图如图4所示,不同的斜率来表示输液针图像的矩特征向量受角度变化影响的不同程度。由输液针图像的特点可知,在任一个角度范围内,输液针的矩特征值随着角度的变化,而单调地增加或减少,并且当输液针位于 180° 附近时,矩特征向量受角度变化影响比较小,而当输液针位于 90° 附近时,矩特征向量受角度变化影响比较大。

(3)当输液针的角度范围在 $90^\circ \sim 180^\circ$ 内时, $I_7 > 0$;而当输液针的角度范围在 $180^\circ \sim 270^\circ$ 内时, $I_7 < 0$;左右对称的图像其矩不变量 $I_1 \sim I_5$ 的值是不变的。

4 结 论

一次性输液针的卫生与安全使用直接关系到国民的身体健康。手工装配存在很多弊端,开发一次性输液针的自动检测与控制系统显得十分必要。为了满足装配的角度要求,分析了由软件生产的各个不同角度位置输液针外轮廓图像的变化规律。整个角度可以分成4个角度范围即 $0^\circ \sim 90^\circ$ 、 $90^\circ \sim 180^\circ$ 、 $180^\circ \sim 270^\circ$ 与 $270^\circ \sim 360^\circ$,并在各个角度范围内其外轮廓图像的扭曲程度单调变化。矩不变量主要由表征图像扭曲度的三阶矩组合而成,分析了角度位置连续变化的输液针外轮廓图像矩不变量的变化规律,在各个角度范围内随着角度的增加而做单调变化。研究分析了矩不变量,修改了第7个矩不变量 I_7 ,对于水平或垂直翻转后的图像,其值的大小不变而符号刚好相反,故通过 I_7 的符号可以判断其图像的位置是位于 $0^\circ \sim 180^\circ$ 范围内还是 $180^\circ \sim 360^\circ$ 范

围内。

参考文献 (References)

- 1 Hu M K. Visual pattern recognition by moment invariant[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1962, 8(1): 179 ~ 187.
- 2 Xia Liang-zheng. Digital Image Processing (the amended Edition) [M]. Nanjing: The Publishing Company of South East University, 1999:249 ~ 259. [夏良正著. 数字图像处理(修订版)[M], 南京:东南大学出版社,1999:249 ~ 259.]
- 3 Ruan Qiu-qi. Digital Image Processing Science [M]. Beijing: The Publishing Company of Industry of Electron, 2001. [阮秋琦著. 数字图像处理学[M]. 北京:电子工业出版社,2001.]
- 4 Teague M R. Image analysis via the general theory of moments [J]. Optical Society of America, 1980, 70(8): 920 ~ 930.
- 5 Wang Xiao-hong, Zhao Rong-chun. Moment technique applications in computer image science: a review [J]. Chinese Journal of Stereology and Image Analysis, 2002, 7(1): 53 ~ 57. [王晓红,赵荣椿. 矩技术在计算机图像学中的应用综述[J]. 中国体视学与图像分析, 2002, 7(1): 53 ~ 57.]
- 6 Chu Xiu-min, Wang Rong-ben, Chu Jiang-wei, et al. Asphalt pavement surface distress image recognition based on moment invariant feature [J]. Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition), 2003, 33(1): 1 ~ 7. [初秀民,王荣本,储江伟等. 基于不变矩特征的沥青路面破损图像识别[J]. 吉林大学学报(工学版), 2003, 33(1): 1 ~ 7.]
- 7 Ma Yao-xian, Hu Xiao-gai, Qin Jin-yuan. Binary-trade-mark retrieval system [J]. Journal of ShanXi University (Nat. Sci. Ed.), 1998, 21(2): 137 ~ 143. [马跃先,胡晓改,秦晋渊. 二值商标图像检索系统[J]. 山西大学学报(自然科学版), 1998, 21(2): 137 ~ 143.]
- 8 Hu Mei-yan, Jiang Xian-feng, Cai Gou-zhong. The application of Hu moment in image description about intravenous needles for single use [J]. Journal of Image and Graphics, 2005, 10(2): 203 ~ 206. [胡美燕,姜献峰,蔡国钟. Hu矩在一次性输液针图像描述中的应用[J]. 中国图象图形学报, 2005, 10(2): 203 ~ 206.]