

基于 Tamura 特征的虹膜结构密度计算方法

高源,宋辉,张志佳
(沈阳工业大学,辽宁 沈阳 110870)

摘要:虹膜诊断学是一门通过分析眼睛虹膜纤维组织的色彩与结构,来判断身体组织健康状况的学科,不同人眼虹膜的纤维结构的密度存在差异,可用于判断身体组织健康状况。文中介绍了一种基于 Tamura 纹理特征中的粗糙度、对比度和方向度的虹膜纤维结构密度计算方法。在使用 Tamura 算法之前对图片进行归一化、直方图均衡和局部二值化三步预处理,以减小直接应用 Tamura 算法的背景、光照不均匀的影响,减小结果误差。选取 3 幅典型图像代表三个等级的虹膜纤维结构密度,进而计算 3 幅典型图像的 Tamura 纹理特征以确定虹膜纤维结构密度与所选取特征间的关系。最后将该算法应用到沈阳工业大学视觉检测技术研究所自建虹膜库中的 60 幅图片样本中,结果表明该方法与主观粗糙度判断一致,切实有效。

关键词:Tamura 纹理特征;粗糙度;虹膜纤维结构密度;局部二值化

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2016)03-0036-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2016.03.009

Calculation Method of Iris Structure Density Based on Tamura Features

GAO Yuan, SONG Hui, ZHANG Zhi-jia
(Shenyang University of Technology, Shenyang 110870, China)

Abstract: Iris diagnostics is a subject to judge the body health by analyzing color and structure of iris fiber tissue. The densities of different fiber structures of human eyes are different, which can be used to judge body health. A calculation method of iris fiber structure based on roughness, contrast and the direction of Tamura texture features is introduced. The image preprocessing is carried on including normalization, histogram equalization and local binarization before utilization of Tamura algorithm, to reduce the influence of uneven illumination by using Tamura algorithm directly and the result error. Three typical images are selected to represent three levels iris fiber structure density, calculating Tamura texture features of three typical images to determine the relationships between iris fiber structure density and selected characteristics. Finally, the algorithm is applied to 60 image samples in iris library built by visual inspection techniques institute in Shenyang University of Technology, and the results show that the method is consistent with the subjective judgment of roughness, which is practical and effective.

Key words: Tamura texture feature; roughness; iris fiber structure density; partial binarization

0 引言

虹膜诊断学是一门通过分析眼睛虹膜纤维组织的色彩与结构,来判断身体组织健康状况的学科^[1]。它是用来测量人体当前健康状况和用于预防疾病的医学工具。虹膜纤维结构是遗传决定的,用来度量人体的体力和精力状况。它表现在肌肉弹性,器官抗病力、复原力及其他组织的再生能力。虹膜纤维结构越紧密,表示身体组织机能越完善且无病;当虹膜纤维结构有缺陷时,虹膜纤维的排列不均匀而显得凌乱,有凹陷和

闭锁,有的形成洞穴,有的则弯曲杂乱地混合在一起^[1-4]。一般的视觉特征提取算法都是针对于形态规则的图像,但是虹膜纤维结构并不是形态规则的图像。

Tamura 等在人类对纹理的视觉感知心理学的研究基础上,提出了 Tamura 纹理特征。Tamura 纹理特征中提出的特征值对应于心理学角度上纹理特征的属性,其中的粗糙度、对比度、方向度三个特征值对于图像检索很重要^[5-9]。

文中选取粗糙度、对比度、方向度作为研究对象,

收稿日期:2014-11-29

修回日期:2015-03-01

网络出版时间:2016-02-

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61271365);辽宁省博士启动基金项目(20131078)

作者简介:高源(1990-),女,硕士研究生,研究方向为图像处理;宋辉,博士,讲师,研究方向为图像处理、视觉检测技术、信息安全等;张志佳,博士,副教授,研究方向为图像处理、视觉检测技术等。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20160218.1619.004.html>

研究适合表示虹膜纤维结构密度的参数。通过实验对该方法及适合的参数进行验证。实验过程中发现背景、图片采集环境对图片有很大影响,使用了一系列预处理方法,减小了背景与图片采集环境对实验的影响。

1 算法原理

纹理特征在模式识别和机器视觉等领域有着举足轻重的地位。Tamura 等在研究了人类对纹理视觉感知的心理学之后,提出了几个纹理特征。这些纹理特征量对应于人类对纹理视觉感知的六种属性,分别是粗糙度、对比度、方向度、线性度、规整度和粗略度。文中主要研究虹膜纤维结构密度的分类问题,主要利用粗糙度、对比度和方向度三个特征量。

1.1 粗糙度

粗糙度^[10]是最基本的纹理特征,主要反映纹理粒度。当两种纹理只是基元大小不同时,基元较大的给人的感觉更粗糙。也就是说同样大小的图片中,基元越大,密度越小,反映在虹膜图片上即是虹膜质量越差。因此从理论上说,粗糙度值越大,虹膜质量越差,粗糙度值越小,虹膜质量越好。文中依据这个理论对虹膜纤维结构密度进行比较。

粗糙度的计算步骤如下:

第一步,计算图像中大小为 $2^k \times 2^k$ 区域中的像素平均灰度值,如式(1):

$$A_k(x, y) = \sum_{i=x-2^{k-1}}^{x+2^{k-1}-1} \sum_{j=y-2^{k-1}}^{y+2^{k-1}-1} f(i, j) / 2^{2k} \quad (1)$$

式中: $k = 0, 1, \dots, 5$; $f(i, j)$ 是位于点 (i, j) 处的像素灰度值。

第二步,图中的每个像素,计算其在水平互不重叠的 $2^k \times 2^k$ 像素区域间的平均灰度差,同理计算其在垂直方向上的平均灰度差,如式(2):

$$\begin{aligned} E_{k,h}(x, y) &= |A_k(x + 2^{k-1}, y) - A_k(x - 2^{k-1}, y)| \\ E_{k,v}(x, y) &= |A_k(x, y + 2^{k-1}) - A_k(x, y - 2^{k-1})| \end{aligned} \quad (2)$$

第三步,第二步中的每个像素都会产生多组 E 值,根据式(3)取其最大值,并将使 E 值达到最大(无论方向)的 k 值带入 $S_{\text{best}}(x, y) = 2k$,得到每个像素的最佳尺寸 S_{best} :

$$E_k = E_{\text{max}} = \max(E_{1h}, E_{1v}, \dots, E_{kh}, E_{kv}) \quad (3)$$

第四步,计算整幅图像所有像素的 S_{best} ,并计算 S_{best} 平均值,即这幅图像的粗糙度,如式(4):

$$F_{\text{crs}} = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n S_{\text{best}}(i, j) \quad (4)$$

1.2 对比度

图像的对比度一般指图像中区域最亮和最暗之间亮度的层级,两者差异越大,表示对比度越大,差异越

小,表示对比度越小。最简单的能够表征像素灰度值变化的范围和分布的情况的参量就是方差和标准差,但是在图像的灰度直方图中灰度值的分布明显地偏向于某一侧时,方差和标准差这两个参量就不能很好地表示灰度值的分布了。

Tamura 纹理特征中的对比度即是通过像素灰度直方图分布情况统计而得到的。该值给出了整幅图像或某个区域中对比度的全局度量。因为文中的光照等环境因素和虹膜本身颜色不同,所以对比度也有所不同,但是理论上不能表示出虹膜纹理密度特征。文中使用的是预处理之后的二值化图片,因此对这个值不做计算。

1.3 方向度

有些图像具有很明显的方向性,也就是图像中的像素在某一个方向上会呈现出直线或近似于直线的状态。虹膜图像也有方向性,其实这个方向性就是眼部收缩肌肉的纹理方向。通过观察可以看到,虹膜纤维组织也呈一定的方向性。

方向度的计算分两步:

第一步,计算图像中每个像素的梯度向量,这个向量的模和方向如式(5)、(6):

$$|\Delta \mathbf{G}| = (|\Delta \mathbf{H}| + |\Delta \mathbf{V}|) / 2 \quad (5)$$

$$\theta = \tan^{-1}(\Delta \mathbf{V} / \Delta \mathbf{H}) + \pi / 2 \quad (6)$$

式中: $\Delta \mathbf{H}$ 表示梯度向量水平变化量; $\Delta \mathbf{V}$ 表示梯度向量垂直变化量。

它们的计算是通过图像中像素点周围 3×3 像素大小的矩阵与式(7)的矩阵卷积得到的:

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

第二步,将 $0 \sim \pi$ 的角度等分为 16 份,取每个区间的最大值,标示为 φ , θ 为角度,属于 $(0, \pi)$,统计每个等分区间内相应的 $|\Delta \mathbf{G}|$ 大于给定阈值,并且 θ 值落在这一区间内的梯度向量数目。以每个区间内的梯度向量数目(用 n 表示)作为因变量, φ 作为自变量,建立函数 $n = \text{HD}(\varphi)$ 。它描述了图像中 θ 角度的分布情况,可以看作是 θ 的直方图。 φ_p 是函数 $\text{HD}(\varphi)$ 的最大值所对应的自变量。这个直方图对具有明显方向性的图像会表现出峰值,对于无明显方向的图像则表现得比较平坦。最后,图像总体的方向性可以通过计算 θ 的直方图中的峰值的尖锐程度获得,如式(8):

$$F_{\text{dir}} = \sum_p \sum_{\varphi \in w_p} (\varphi - \varphi_p)^2 H_D(\varphi) \quad (8)$$

虹膜纤维结构部分由于是肌肉组织,因此会有方向性,但是理论上方向度只能表现出方向性,而不能表现出密度特性。

2 算法流程

2.1 归一化处理

实验的研究对象是虹膜纤维结构部分,因此眼球的其他部分都是背景噪声。在计算 Tamura 纹理特征时,首先应该对原始虹膜图像进行一定的处理,将虹膜纤维结构部分提取出来。

在虹膜图像预处理中,首先使用粗定位和精定位两步定位法^[11],用这种方法可以提取出虹膜内外圆周的圆心 and 半径,之后再利用这些参数将虹膜区域从眼睛图片中分离出来。首先进行瞳孔粗定位,瞳孔粗定位的参数主要采用二值化的方法,由于瞳孔和虹膜的外边缘近似于同心圆,所以这个参数也可作为提取虹膜外边缘的基础。第二步进行精定位,精定位主要定位虹膜的外边缘,利用的是虹膜边缘灰度变化特性,采取分区方法,这样会准确定位。定位完成后,将提取后的虹膜图像采用极坐标的方式归一化,使虹膜图片变成统一的矩形图片^[12]。归一化的目的是将原始图像中不同的虹膜调整到相同的尺寸和对应位置。原图大小为 800×600,归一化图片的大小为 512×96。

虹膜原图如图 1 所示,归一化图片如图 2 所示。

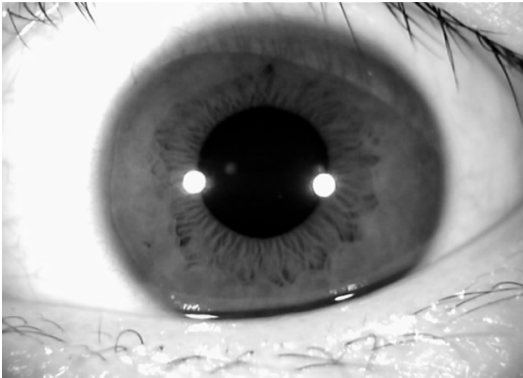


图 1 原图

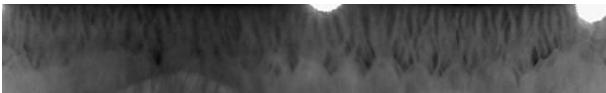


图 2 归一化虹膜图片

虹膜纤维结构部分选择非灯光部分。由于瞳孔不是规则的圆形,定位的时候会包含少许瞳孔部分,因此归一化虹膜图的顶端部分会包含少许瞳孔的黑色,会干扰到粗糙度的计算。为了避免此处误差,虹膜纤维结构部分起点选取自虹膜第 N 行。此部分能充分代表虹膜纤维结构的纹理特点,包括粗糙度、对比度和方向性。通过对大量图片的观察及实验,虹膜纤维结构部分大小设定为 200×50,如图 3 所示。



图 3 虹膜纤维结构部分图片

2.2 直方图均衡化

由于图片对比度不是很强,所以根据 Tamura 算法原理,对粗糙度结果干扰很大。因此对图片进行直方图均衡化^[13]。均衡化之后的图片如图 4 所示。



图 4 直方图均衡化后的图片

2.3 局部二值化

直方图均衡化处理之后的图片直接使用 Ostu 方法二值化^[14],会遗漏许多纹理信息。由图片可知,导致这种情况的原因是图片光照不够均匀,因此背景某处的灰度会与纹理某些灰度值差值很小,因此文中选择局部二值化方法^[15]。将图片分割成大小相同的区域,对每个区域使用 Ostu 方法二值化。改变区域的大小,观察二值化后的图片,确定纹理信息遗失最少的区域的大小。图片不同,二值化之后的效果也不同。经过多次实验,文中选择区域的大小为 60×50。二值化后的图像如图 5 所示。



图 5 二值化后的图片

3 实验

3.1 参数计算

选取三个密度差异较明显的虹膜图片 A、B、C,其中密度大小为 $A>B>C$,对其进行预处理,之后分别计算 Tamura 的粗糙度、方向度的值。选取的图片原图灰度化和二值化后分别如图 6(a),(b),(c)所示。

计算粗糙度、方向度值如表 1 所示。

表 1 参数计算结果

	图片 A	图片 B	图片 C
粗糙度	6.480 8	11.217 6	17.884 9
方向度	7.915 8	7.681 9	8.663 1

由实验结果可看出,粗糙度的大小可反映出密度大小的线性关系。粗糙度值越小,密度越大。由方向度可看出,与理论分析相同,方向度对图片的密度并没有关系。下面会通过 60 幅图片的粗糙度计算,验证粗糙度可以用来表示密度的理论。

实验选取沈阳工业大学视觉检测技术研究所自建虹膜库中的图像共 60 幅。文中选取的为对焦清晰、纹理较均匀的图片。

3.2 验证结论并分析

用肉眼对其进行分类,其中 18 幅分为 A 类,25 幅分为 B 类,17 幅分为 C 类。分别对其粗糙度进行计

算,结果见表2。

表2 各类图片粗糙度均值及方差

	A类	B类	C类
均值	8.60	12.93	18.78
方差	1.36	4.12	5.02

由数据可看出,均值是呈线性的,即密度关系符合肉眼观察。但是在每一类中都有些误差数据出现。



(a)图 A



(b)图 B



(c)图 C

图6 灰度化图片和二值化图片

A类为最密的虹膜,密度较大,因此数值集中在10以下。但数据中出现17.86,判定此为误差值,数据处理时将其剔除掉。产生误差的原因为预处理时,此图片由于部分虹膜颜色与背景过于相似,因此二值化图像中没有完整地体现出此图片的纹理,导致数值过大。

B类中虹膜密度处于疏和密之间,是常见的虹膜状态,范围取值也较大,因此方差数值要大一些,其中有些数值与A类数值范围重合,分析原因应是预处理时将背景的不均匀也误判成虹膜纹理,因此密度增加,数值变小。总体来说,这类数据是较为稳定的。

C类是虹膜最疏松的情况,同样大小的虹膜取样中,包含虹膜纤维结构条数最少,因此数值最大。此类范围也较大,因此方差较大。数据中有1个误差值,原因是虹膜背景较为杂乱,误判成虹膜纹理。

4 结束语

文中提出了一种使用 Tamura 纹理算法表示虹膜纤维结构纹理密度的方法。该方法通过对三个密度差别较大的图片进行计算,得出粗糙度与密度有关,初步认定此方法可有效地表示虹膜纤维结构纹理密度。通过对60幅图片的验证,确定Tamura算法中粗糙度可以表示虹膜纤维结构纹理密度。

文中的误差集中于图片的背景影响,后续实验应改进图片的采集质量,增加图片的清晰度和对比度可有效提高该算法的性能。

参考文献:

[1] 钟杰.实用图解彩虹学[M].台湾:正光书局,2007.

[2] 王龄.观虹膜知健康[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,2010.

[3] 从峰.易虹膜生命健康学[M].北京:北京交通大学出版社,2009.

[4] Csekey A. The advantages of using iridology in health care [M]. Canada: Iridologys' Association of Canada, 2008: 53-55.

[5] Tamura H, Mori S, Yamawaki T. Texture features corresponding to visual perception[J]. IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics, 1978, 8(6): 460-473.

[6] 郝玉保,王仁礼,马军,等.改进Tamura纹理特征的图像检索方法[J].测绘科学,2010,35(4):136-138.

[7] Smith J R, Chang S F. Automated binary texture feature sets for image retrieval[C]//Proc of IEEE international conf on acoustics, speech, & signal processing. [s. l.]: IEEE, 1996: 233-235.

[8] Haralick R M, Shanmugan K, Dinstein I H. Textural features for image classification[J]. IEEE Trans on System, Man and Cybernetics, 1973, 3(6): 610-621.

[9] 王成儒,吴娅辉.旋转不变纹理特征用于两级图像检索[J].光电工程,2005,32(3):70-72.

[10] Niblack C W, Barber R, Equitz W, et al. The QBIC project: querying images by content using color, texture, and shape [C]//Proc of SPIE. [s. l.]: [s. n.], 1993: 173-187.

[11] 苑玮琦,马军防,狄文彬,等.基于主动轮廓线的虹膜内边界的定位方法[J].红外与激光工程,2003,32(6):605-609.

[12] 王蕴红,朱勇,谭铁牛.基于虹膜识别的身份鉴别[J].自动化学报,2002,28(1):1-10.

[13] 冈萨雷斯.数字图像处理[M].第2版.北京:电子工业出版社,2010:72-73.

[14] 吴冰,秦志远.自动确定图像二值化最佳阈值的新方法[J].测绘学院学报,2001,18(4):283-286.

[15] 宋克臣,颜云辉,陈文辉,等.局部二值模式方法研究与展望[J].自动化学报,2013,39(6):730-744.