



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102930517 A

(43) 申请公布日 2013.02.13

(21) 申请号 201210505050.6

(22) 申请日 2012.11.30

(71) 申请人 江苏技术师范学院

地址 213001 江苏省常州市钟楼区中吴大道
1801号

(72) 发明人 王海峰

(74) 专利代理机构 常州市江海阳光知识产权代
理有限公司 32214

代理人 陆文俊

(51) Int. Cl.

G06T 5/40 (2006.01)

权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

直方图均衡化图像增强方法

(57) 摘要

本发明涉及一种直方图均衡化图像增强方法,该方法将需要增强的数字图像输入 MATLAB 软件得到矩阵表达式 $f(m, n)$, 然后计算图像 $f(m, n)$ 的平均亮度值 Y , 再计算图像 $f(m, n)$ 的所有像素点中像素点的灰度值 K 的最大值 K_{\max} 与最小值 K_{\min} , 然后根据 K_{\max} 、 K_{\min} 以及 Y 将原始图像分为 $[K_{\min}, Y]$ 和 $[Y, K_{\max}]$ 两个灰度区间的子图像, 再求出灰度区间为 $[K_{\min}, Y]$ 和 $[Y, K_{\max}]$ 的两个子图像的平均亮度 Y_1 和 Y_2 , 最终将原图像分为 $[K_{\min}, Y_1]$ 、 $[Y_1, Y]$ 、 $[Y, Y_2]$ 和 $[Y_2, K_{\max}]$ 四个灰度区间, 然后依据原始图像 $f(m, n)$ 中每个像素点的灰度值 K 通过其所在的对应的灰度区间的直方图均衡化公式进行直方图均衡化, 然后输出基于亮度保持的增强图像, 输出的增强图像效果较好。



(a)



(b)



(c)

1. 一种直方图均衡化图像增强方法,其特征在于,包括如下步骤:

①将需要增强的数字图像输入 MATLAB 软件,通过 MATLAB 软件的图像读取函数 imread 得到所述数字图像的矩阵表达式 $f(m, n)$,其中 $f(i, j)$ 表示图像 $f(m, n)$ 中任一个像素点, i, j 为 $f(m, n)$ 的任一个像素点的横坐标与纵坐标变量;

②计算图像 $f(m, n)$ 的平均亮度值 Y ;

③计算图像 $f(m, n)$ 的所有像素点中像素点的灰度值 K 的最大值 K_{\max} 与最小值 K_{\min} ;

④根据图像 $f(m, n)$ 的所有像素点中像素点的灰度值 K 的最大值 K_{\max} 、最小值 K_{\min} 以及图像 $f(m, n)$ 的平均亮度值 Y 将原始图像的矩阵表达式 $f(m, n)$ 通过灰度范围分为 $[K_{\min}, Y]$ 和 $[Y, K_{\max}]$ 两个灰度区间的子图像,再求出灰度区间为 $[K_{\min}, Y]$ 和 $[Y, K_{\max}]$ 的两个子图像的平均亮度 Y_1 和 Y_2 ,最终将原图像 $f(m, n)$ 的灰度范围分为 $[K_{\min}, Y_1]$ 、 $[Y_1, Y]$ 、 $[Y, Y_2]$ 和 $[Y_2, K_{\max}]$ 四个灰度区间;

⑤依据原始图像 $f(m, n)$ 中每个像素点 $f(i, j)$ 的灰度值 K ,判别每个像素点 $f(i, j)$ 在由步骤④得到的 $[K_{\min}, Y_1]$ 、 $[Y_1, Y]$ 、 $[Y, Y_2]$ 和 $[Y_2, K_{\max}]$ 四个灰度范围的哪个区间内,并通过对应的灰度区间的直方图均衡化公式进行直方图均衡化,然后输出基于亮度保持的增强图像 $F(m, n)$,四个灰度区间的对应直方图均衡化公式为:

$$[K_{\min}, Y_1]: F(i, j) = \text{INT}[(Y_1 - K_{\min}) \times \text{cdf}(f(i, j)) / N_1 + K_{\min} + 0.5];$$

$$[Y_1, Y]: F(i, j) = \text{INT}[(Y - Y_1) \times \text{cdf}(f(i, j)) / N_2 + Y_1 + 0.5];$$

$$[Y, Y_2]: F(i, j) = \text{INT}[(Y_2 - Y) \times \text{cdf}(f(i, j)) / N_3 + Y + 0.5];$$

$$[Y_2, K_{\max}]: F(i, j) = \text{INT}[(Y_{\max} - Y_2) \times \text{cdf}(f(i, j)) / N_4 + Y_2 + 0.5];$$

其中 N_1 为对应子图像灰度区间 $[K_{\min}, Y_1]$ 内的像素点个数的总数, N_2 为对应子图像灰度区间 $[Y_1, Y]$ 内的像素点个数的总数, N_3 为对应子图像灰度区间 $[Y, Y_2]$ 内的像素点个数的总数, N_4 为对应子图像灰度区间 $[Y_2, K_{\max}]$ 内的像素点个数的总数, $\text{cdf}(f(i, j))$ 为对应子图像灰度区间内的像素点个数的累积函数, $\text{INT}(\cdot)$ 为四舍五入取整函数。

2. 根据权利要求 1 所述的直方图均衡化图像增强方法,其特征在于:步骤②中利用

$$Y = \text{INT}\left(\sum_{k=0}^{k=255} kp(k)\right)$$

计算图像 $f(m, n)$ 的平均亮度值 Y ,其中灰度值 $k \in [0, 255]$,

$\text{INT}(\cdot)$ 为四舍五入取整函数, $p(k)$ 为灰度值为 k 的像素点在整幅图像的所有像素点中出现的概率,即 $p(k) = n_k / n_{\text{总}}$, n_k 为图像 $f(m, n)$ 中灰度值为 k 的像素点的个数, $n_{\text{总}}$ 为图像 $f(m, n)$ 的像素点的总个数。

3. 根据权利要求 1 所述的直方图均衡化图像增强方法,其特征在于:步骤③中,灰度值 K 的最大值 K_{\max} 与最小值 K_{\min} 的计算方法是 $K_{\max} = \max(\max(f(m, n)))$, $K_{\min} = \min(\min(f(m, n)))$, \max 与 \min 为 MATLAB 函数工具中的求最大值与最小值工具。

4. 根据权利要求 2 所述的直方图均衡化图像增强方法,其特征在于:步骤④中,灰度区间为 $[K_{\min}, Y]$ 和 $[Y, K_{\max}]$ 的两个子图像的平均亮度 Y_1 和 Y_2 的计算公式是

$$Y_1 = \text{INT}\left(\sum_{k=K_{\min}}^{k=Y} kp(k)\right), Y_2 = \text{INT}\left(\sum_{k=Y}^{k=K_{\max}} kp(k)\right)$$

直方图均衡化图像增强方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种图像增强技术,属于图像处理领域,特别涉及一种基于亮度保持的多边直方图均衡化图像增强方法。

背景技术

[0002] 图像增强的目的是为改善图像的视觉效果,从而提供直观、清晰、适合于分析的图像。在诸多图像增强方法中,直方图均衡化是一种经典、有效的图像增强方法之一。它以概率理论作基础,利用一个灰度变换函数来修正输入图像的直方图,使其趋向于均匀分布,以增大图像灰度级的动态范围,从而达到图像增强的目的。

[0003] 虽然直方图均衡化具有运算速度快、增强效果明显等诸多优点,但仍然存在一些缺陷:(1)输出图像的灰度分布直方图虽然接近均匀分布,但其实际值与理想值之间仍有可能存在较大的差异,并非是最佳值。(2)当原始图像的质量比较差、灰度动态范围小、直方图分布极不均匀时,使用传统的直方图均衡化运算变换后的图像的层次感更差。(3)当一幅图像中灰度范围接近 0 时,则在直方图均衡化过程中,会把非常窄的暗像素区间映射到输出图像,就会得到一个被亮度冲淡了的图像,有的文献把这种现象称为过亮现象。

[0004] 对于一幅在 [0255] 灰度范围的图像,在经过直方图均衡化增强后,图像会出现过增强现象(即亮的像素变换后会更亮,暗的像素变换后会更暗),图像的基本特征如平均亮度改变、细节丢失,影响了增强图像的视觉效果,因此传统的直方图均衡化的应用范围有限。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是提出了一种算法简单、处理有效、不会产生过增强现象的直方图均衡化图像增强方法,特别是对低照度 X 光图像有显著增强效果的直方图均衡化图像增强方法。

[0006] 实现本发明目的的技术方案是提供一种直方图均衡化图像增强方法,包括如下步骤:

[0007] ①将需要增强的数字图像输入 MATLAB 软件,通过 MATLAB 软件的图像读取函数 imread 得到所述数字图像的矩阵表达式 $f(m, n)$,其中 $f(i, j)$ 表示图像 $f(m, n)$ 中任一像素点, i, j 为 $f(m, n)$ 的任一像素点的横坐标与纵坐标变量。

[0008] ②计算图像 $f(m, n)$ 的平均亮度值 Y 。

[0009] ③计算图像 $f(m, n)$ 的所有像素点中像素点的灰度值 K 的最大值 K_{\max} 与最小值 K_{\min} 。

[0010] ④根据图像 $f(m, n)$ 的所有像素点中像素点的灰度值 K 的最大值 K_{\max} 、最小值 K_{\min} 以及图像 $f(m, n)$ 的平均亮度值 Y 将原始图像的矩阵表达式 $f(m, n)$ 通过灰度范围分为 $[K_{\min}, Y]$ 和 $[Y, K_{\max}]$ 两个灰度区间的子图像,再求出灰度区间为 $[K_{\min}, Y]$ 和 $[Y, K_{\max}]$ 的两个子图像的平均亮度 Y_1 和 Y_2 ,最终将原图像 $f(m, n)$ 的灰度范围分为 $[K_{\min}, Y_1]$ 、 $[Y_1, Y]$ 、 $[Y, Y_2]$ 和 $[Y_2, K_{\max}]$ 四个灰度区间。

[0011] ⑤依据原始图像 $f(m, n)$ 中每个像素点 $f(i, j)$ 的灰度值 K , 判别每个像素点 $f(i, j)$ 在由步骤④得到的 $[K_{\min}, Y_1]$ 、 $[Y_1, Y]$ 、 $[Y, Y_2]$ 和 $[Y_2, K_{\max}]$ 四个灰度范围的哪个区间内, 并通过对应的灰度区间的直方图均衡化公式进行直方图均衡化, 然后输出基于亮度保持的增强图像 $F(m, n)$, 四个灰度区间的对应直方图均衡化公式为:

$$[0012] \quad [K_{\min}, Y_1] : F(i, j) = \text{INT}[(Y_1 - K_{\min}) \times \text{cdf}(f(i, j)) / N_1 + K_{\min} + 0.5];$$

$$[0013] \quad [Y_1, Y] : F(i, j) = \text{INT}[(Y - Y_1) \times \text{cdf}(f(i, j)) / N_2 + Y_1 + 0.5];$$

$$[0014] \quad [Y, Y_2] : F(i, j) = \text{INT}[(Y_2 - Y) \times \text{cdf}(f(i, j)) / N_3 + Y + 0.5];$$

$$[0015] \quad [Y_2, K_{\max}] : F(i, j) = \text{INT}[(Y_{\max} - Y_2) \times \text{cdf}(f(i, j)) / N_4 + Y_2 + 0.5];$$

[0016] 其中 N_1 为对应子图像灰度区间 $[K_{\min}, Y_1]$ 内的像素点个数的总数, N_2 为对应子图像灰度区间 $[Y_1, Y]$ 内的像素点个数的总数, N_3 为对应子图像灰度区间 $[Y, Y_2]$ 内的像素点个数的总数, N_4 为对应子图像灰度区间 $[Y_2, K_{\max}]$ 内的像素点个数的总数, $\text{cdf}(f(i, j))$ 为对应子图像灰度区间内的像素点个数的累积函数, $\text{INT}(\cdot)$ 为四舍五入取整函数。

[0017] 步骤②中利用公式 $Y = \text{INT}(\sum_{k=0}^{k=255} kp(k))$ 计算图像 $f(m, n)$ 的平均亮度值 Y , 其中

灰度值 $k \in [0, 255]$, $\text{INT}(\cdot)$ 为四舍五入取整函数, $p(k)$ 为灰度值为 k 的像素点在整幅图像的所有像素点中出现的概率, 即 $p(k) = n_k / n_{\text{总}}$, n_k 为图像 $f(m, n)$ 中灰度值为 k 的像素点的个数, $n_{\text{总}}$ 为图像 $f(m, n)$ 的像素点的总个数。

[0018] 步骤③中, 灰度值 K 的最大值 K_{\max} 与最小值 K_{\min} 的计算方法是

[0019] $K_{\max} = \max(\max(f(m, n)))$, $K_{\min} = \min(\min(f(m, n)))$, \max 与 \min 为 MATLAB 函数工具中的求最大值与最小值工具。

[0020] 步骤④中, 灰度区间为 $[K_{\min}, Y]$ 和 $[Y, K_{\max}]$ 的两个子图像的平均亮度 Y_1 和 Y_2 的计

$$\text{算公式是 } Y_1 = \text{INT}(\sum_{k=K_{\min}}^{k=Y} kp(k)), Y_2 = \text{INT}(\sum_{k=Y}^{k=K_{\max}} kp(k))。$$

[0021] 本发明具有积极的效果:

[0022] (1) 本发明的直方图均衡化图像增强方法的算法简单且有效, 经本发明方法增强处理后的图像清晰、自然、暗部细节丰富, 整体亮度与原始图像基本保持一致, 不会出现过亮与过暗现象。

[0023] (2) 本发明的直方图均衡化图像增强方法在低照度 X 光图像的增强处理上效果显著, 比传统的直方图均衡化算法从视觉效果上看图像比较清晰, 细节完整, 更有利于医生判断病情。

[0024] (3) 本发明的直方图均衡化图像增强方法在对比度增强上较为适宜, 传统直方图增强的图像在对比度拉伸上较大, 而本发明方法增强后的图像视觉效果较好, 对比度增强较传统直方图增强方法要小些。

附图说明

[0025] 图 1 为实施例 1 中的标准 lena 图像的原始图和增强图像的对照图; 其中, (a) 为原始图像, (b) 为经过传统直方图均衡化后的增强图像, (c) 为采用本发明方法后的增强图像。

[0026] 图 2 为图 1 的各个图像的直方图 ;其中, (d) 为原始图像的直方图, (e) 为经过传统直方图均衡化后的增强图像的直方图, (f) 为采用本发明的方法后的增强图像的直方图。

[0027] 图 3 为实施例 1 中的 X 光 foot 图像的原始图和增强图像的对照图 ;其中, (g) 为原始图像, (h) 为经过传统直方图均衡化后的增强图像, (i) 为采用本发明的方法后的增强图像。

[0028] 图 4 为图 3 的各个图像的直方图 ;其中, (j) 为原始图像的直方图, (k) 为经过传统直方图均衡化后的增强图像的直方图, (l) 为采用本发明的方法后的增强图像的直方图。

具体实施方式

[0029] (实施例 1)

[0030] 为了使本发明的内容更容易的被理解, 下面根据具体实施例并结合附图, 对本发明作进一步详细的说明 :

[0031] 本实施例中以 MATLAB 为实验研究工具, 本实施例的直方图均衡化图像增强方法是一种基于亮度保持的多边直方图均衡化图像增强方法, 实验对象 1 取 $[0, 255]$ 灰度范围的标准 lena 图像 (注 :Lena 图像是图像处理领域广泛使用的标准测试图像), 包括如下步骤 :

[0032] ①将需要增强的数字图像输入 MATLAB 软件, 通过 MATLAB 软件的图像读取函数 imread (注 :本函数为 matlab 中提供的标准二维单尺度小波变换函数, 具体可参看国防工业出版社 2006-6-1 出版的《MATLAB 7.0 图形图像处理》(ISBN :9787118045437)) 得到所述数字图像的矩阵表达式 $f(m, n)$, 其中 $f(i, j)$ 表示图像 $f(m, n)$ 中任一个像素点, i, j 为 $f(m, n)$ 的任一个像素点的横坐标与纵坐标变量。本实施例中, 通过 MATLAB 软件的图像读取函数 imread 读取标准 lena 图像 : $X = \text{imread}('lena.bmp')$, X 为标准 lena 图像 $f(m, n)$ 的矩阵表达式。

[0033] ②利用公式 $Y = \text{INT}(\sum_{k=0}^{k=255} kp(k))$ 计算图像 $f(m, n)$ 的平均亮度值 Y , 其中 K 为灰度值、 $k \in [0, 255]$, $\text{INT}(\cdot)$ 为四舍五入取整函数, $p(k)$ 为灰度值为 k 的像素点在整幅图像的所有像素点中出现的概率, 即 $p(k) = n_k / n_{\text{总}}$, n_k 为图像 $f(m, n)$ 中灰度值为 k 的像素点的个数, $n_{\text{总}}$ 为图像 $f(m, n)$ 的像素点的总个数。

[0034] ③计算图像 $f(m, n)$ 的所有像素点中像素点的灰度值 K 的最大值 K_{max} 与最小值 K_{min} ; 其中 $K_{\text{max}} = \max(\max(f(m, n)))$, $K_{\text{min}} = \min(\min(f(m, n)))$, \max 与 \min 为 MATLAB 函数工具中的求最大值与最小值工具。

[0035] ④根据图像 $f(m, n)$ 的所有像素点中像素点的灰度值 K 的最大值 K_{max} 、最小值 K_{min} 以及图像 $f(m, n)$ 的平均亮度值 Y 将原始图像的矩阵表达式 $f(m, n)$ 通过灰度范围分为 $[K_{\text{min}}, Y]$ 和 $[Y, K_{\text{max}}]$ 两个灰度区间的子图像, 依据步骤①中的公式 $Y = \text{INT}(\sum_{k=0}^{k=255} kp(k))$ 求出灰度区间为 $[K_{\text{min}}, Y]$ 和 $[Y, K_{\text{max}}]$ 的两个子图像的平均亮度 Y_1 和 Y_2 , 其中

$Y_1 = INT(\sum_{k=k_{\min}}^{k=Y} kp(k))$, $Y_2 = INT(\sum_{k=Y}^{k=K_{\max}} kp(k))$, 最终将原图像 $f(m, n)$ 的灰

度范围分为 $[K_{\min}, Y_1]$ 、 $[Y_1, Y]$ 、 $[Y, Y_2]$ 和 $[Y_2, K_{\max}]$ 四个灰度区间。

[0036] ⑤依据原始图像 $f(m, n)$ 中每个像素点 $f(i, j)$ 的灰度值 K , 判别每个像素点 $f(i, j)$ 在由步骤④得到的 $[K_{\min}, Y_1]$ 、 $[Y_1, Y]$ 、 $[Y, Y_2]$ 和 $[Y_2, K_{\max}]$ 四个灰度范围的哪个区间内, 并通过对应的灰度区间的直方图均衡化公式进行直方图均衡化, 然后输出基于亮度保持的增强图像 $F(m, n)$, 四个灰度区间的对应直方图均衡化公式为:

[0037] $[K_{\min}, Y_1]$: $F(i, j) = INT[(Y_1 - K_{\min}) \times cdf(f(i, j)) / N_1 + K_{\min} + 0.5]$;

[0038] $[Y_1, Y]$: $F(i, j) = INT[(Y - Y_1) \times cdf(f(i, j)) / N_2 + Y_1 + 0.5]$;

[0039] $[Y, Y_2]$: $F(i, j) = INT[(Y_2 - Y) \times cdf(f(i, j)) / N_3 + Y + 0.5]$;

[0040] $[Y_2, K_{\max}]$: $F(i, j) = INT[(Y_{\max} - Y_2) \times cdf(f(i, j)) / N_4 + Y_2 + 0.5]$;

[0041] 其中 N_1 为对应子图像灰度区间 $[K_{\min}, Y_1]$ 内的像素点个数的总数, N_2 为对应子图像灰度区间 $[Y_1, Y]$ 内的像素点个数的总数, N_3 为对应子图像灰度区间 $[Y, Y_2]$ 内的像素点个数的总数, N_4 为对应子图像灰度区间 $[Y_2, K_{\max}]$ 内的像素点个数的总数, $cdf(f(i, j))$ 为对应子图像灰度区间内的像素点个数的累积函数, $INT(\cdot)$ 为四舍五入取整函数。

[0042] 为体现本发明的直方图均衡化图像增强方法在图像增强方面的优越性, 将本发明的方法与传统直方图均衡化处理标准 lena 图像后的结果进行实验比较, 实验结果如图 1 (b)、(c) 及图 2 (e)、(f) 所示。

[0043] (实施例 2)

[0044] 为说明本发明的直方图均衡化图像增强方法在增强低照度 X 光医学图像方面的优势, 本实施例的实验对象 2 取大部分像素点的灰度值接近 0 且灰度区间范围较窄的 X 光 foot 图像, 实验结果如图 3 (h)、(i) 及图 4 (k)、(l)。

[0045] 通过试验比较: 从图 1 (b)、(c) 和图 2 (e)、(f) 可见通过传统的直方图均衡化方法增强的图像出现过亮与过暗现象, 导致图像过亮与过暗部分的细节丢失, 图像不自然、清晰; 且从图 3 (h)、(i) 和图 4 (k)、(l) 可以看出对低照度 X 光 foot 图像的增强处理上, 传统的直方图均衡化方法的这种缺点尤为明显, 导致脚部骨头太亮, 不利于病情的判定。而图 1 (b)、(c) 和图 2 (e)、(f) 中经本发明的直方图均衡化图像增强方法增强处理后的标准 lena 图像清晰、自然、头发暗部细节丰富, 整体亮度与原始图像基本保持一致; 图 3 (h)、(i) 和图 4 (k)、(l) 中本发明的直方图均衡化图像增强对低照度 X 光 foot 图像处理上比传统的直方图均衡化方法从视觉效果上看图像也比较清晰、明显更有利于医生判断病情。

[0046] 上面是从主观分析了本发明的直方图均衡化图像增强的优越性, 下面运用平均亮度差 (ΔY)、对比度增量 (ΔC) 性能指标对本发明的直方图均衡化图像增强进行客观评价, 计算结果如表 1。

[0047] (1) 平均亮度差 (ΔY) 的计算公式:

$$[0048] \quad \Delta Y = Y_F - Y_f = \sum_{k_F=0}^{k_F=255} k_F p(k_F) - \sum_{k_f=0}^{k_f=255} k_f p(k_f);$$

[0049] (2) 对比度增量 (ΔC) 的计算公式: $\Delta C = C_F / C_f$;

[0050] 上述公式(1)中 Y_f 是原始图像的平均亮度, Y_e 是增强后图像的平均亮度, ΔY 为两者差值, 若差值越小则增强的图像亮度越接近原始图像, 表明通过图像增强方法增强后的图像亮度保持越好, 反之则差。

[0051] 上述公式(2)中 C_e 为增强后图像的局部对比度均值, C_f 为原始图像的局部对比度均值, 对比度增量 ΔC 为原始图像与增强后图像局部对比度之比, 局部对比度以 3×3 的滑动窗口, 按照 $(x_{\max} - x_{\min}) / (x_{\max} + x_{\min})$ 计算每个窗口的局部对比度, 然后取其平均值, 对比度增量越大说明增强效果越好。

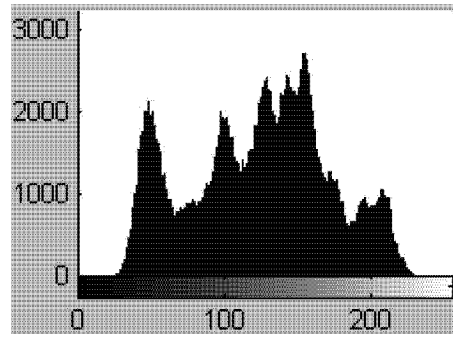
[0052]	性能指标	传统直方图均衡化方法	本发明的方法
	平均亮度差 (ΔY)	5.17	2.28
	对比度增量 (ΔC)	2.09	1.79

[0053] 表 1 性能指标计算结果

[0054] 从表 1 可以看出, 在平均亮度差上本发明方法的平均亮度差小于传统直方图均衡化方法的平均亮度差, 表明本发明的方法在亮度保持上比传统直方图均衡化方法好; 在对比度增量上, 传统直方图均衡化方法的对比度增量大于本发明方法的对比度增量, 但二者相差不大, 这从图 2 和图 4 中也可看出通过传统直方图增强方法增强后的图像在对比度拉伸上比通过本发明方法增强后的图像要大些, 但过大的对比度使得增强后的图像亮度不均匀、视觉效果不好, 还造成细节损失, 故通过本发明方法处理后的图像的对比度增强较为适宜。



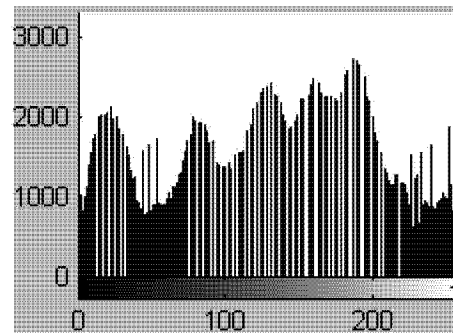
(a)



(d)



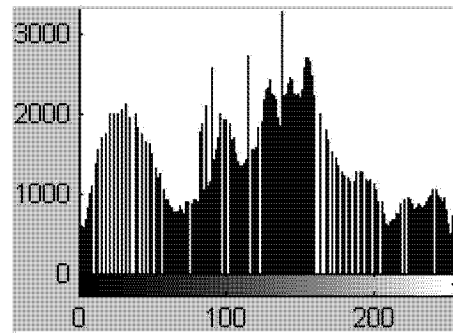
(b)



(e)



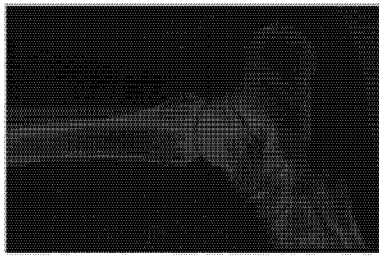
(c)



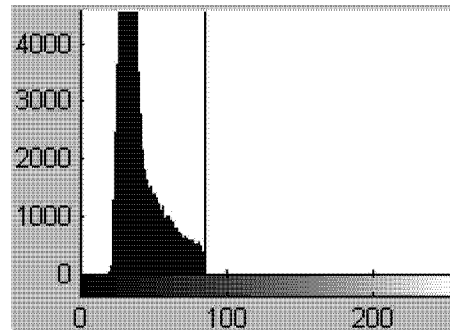
(f)

图 1

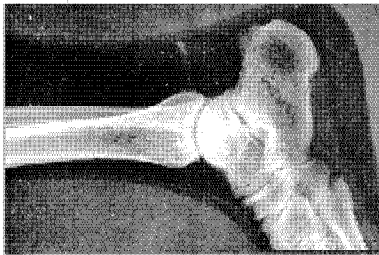
图 2



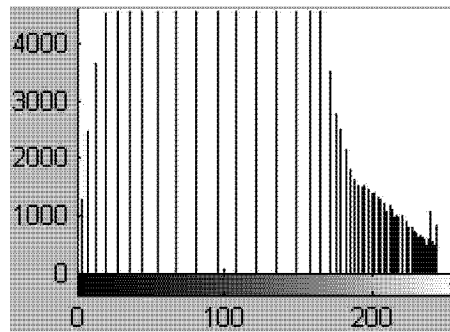
(g)



(j)



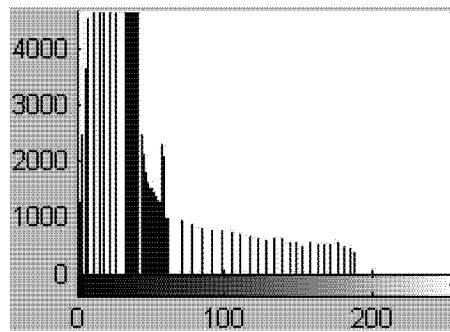
(h)



(k)



(i)



(l)

图 3

图 4