



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104380340 B

(45)授权公告日 2018.05.22

(21)申请号 201380022160.X

(22)申请日 2013.03.13

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104380340 A

(43)申请公布日 2015.02.25

(30)优先权数据

13/425,240 2012.03.20 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.10.27

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/030709 2013.03.13

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/142176 EN 2013.09.26

(73)专利权人 保罗一里德一史密斯—吉塔尔斯
股份合作有限公司

地址 美国马里兰

(72)发明人 P·R·史密斯 J·W·史密斯
S·G·W·莫里斯 M·F·斯勒

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038

代理人 罗银燕

(51)Int.Cl.

G06T 5/20(2006.01)

(56)对比文件

CN 1937713 A, 2007.03.28,

审查员 黄文琪

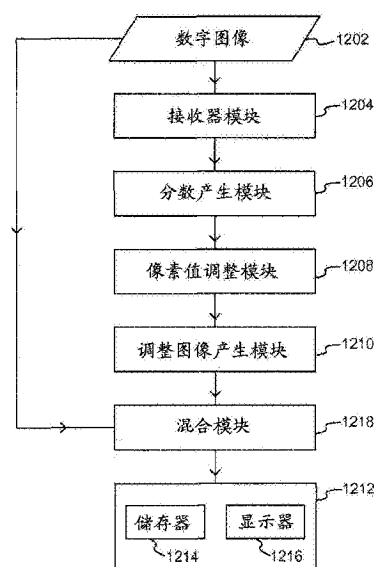
权利要求书6页 说明书22页 附图33页

(54)发明名称

基于邻域关系对像素进行评分和调整以揭示图像中的数据

(57)摘要

公开了用于数字图像的评分像素强度值调整的机器/计算机实现的系统、方法以及计算机程序产品。所述系统被配置为从数据储存器获得数字图像并且执行逐像素比较以产生每个像素分数。比较的类型包括：通过与邻近非相邻像素对进行比较来发现每个像素的最小分数和最大分数；通过与邻近像素进行比较来发现增量对分数；以及通过与由单个像素构成的矢量进行比较来发现多个矢量分数类型。该新信息被应用以调整每个像素的值。所述系统进一步被配置为对于数字图像中的多个像素产生一批这样的分数并产生多维评分像素调整图像。评分像素调整产生新的数字图像，其中，给定像素的值基于所述分数类型中的一个或多个来调整。



1. 一种机器实现的方法,包括:

接收具有—批像素的数字图像,每个像素具有相应的值;

将每个像素作为被邻近像素包围的质心像素进行处理;

对于每个质心像素执行以下操作中的至少两个:

确定最小分数并基于最小分数调整质心像素的值,该最小分数是质心像素的值小于被比较的两个或更多个邻近像素的值的次数的计数,

确定最大分数并基于最大分数调整质心像素的值,该最大分数是质心像素的值大于被比较的两个或更多个邻近像素的值的次数的计数,

确定增量对差分数并基于增量对差分数调整增量对中的两个像素的值,该增量对差分数是两个像素的值之间的差,所述两个像素形成增量对,并且其中,形成增量对的两个像素中的一个像素是质心像素,形成增量对的两个像素中的另一个像素是包围质心像素的邻近像素中的一个,和

确定矢量分数并基于矢量分数调整质心像素的值,该矢量分数是与质心像素相关联的矢量的值;

基于调整的像素值中的两个或更多个像素值的组合来产生调整的数字图像;以及
输出调整的数字图像,

其中,所述接收、执行、产生以及输出由一个或多个机器执行。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,通过检查邻近像素非相邻对的值并且对对的数量进行计数来确定每个质心像素的最小分数,对于所述对,给定的非相邻对中的每个像素的值比各质心像素的值大至少—阈值,该阈值大于或等于零。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,通过检查邻近像素非相邻对的值并且对对的数量进行计数来确定每个质心像素的最大分数,对于所述对,给定的非相邻对中的每个像素的值比各质心像素的值小至少—阈值,该阈值大于或等于零。

4. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括:

将多个像素矢量与每个质心像素相关联,其中,每个矢量在通过与该质心像素相关联的若干个邻近像素的方向上延伸,并且在该质心像素处终止;

通过计算选自由以下组成的组的至少一个来对于与特定的质心像素相关联的像素矢量确定矢量分数:

所述矢量中的那些像素的值的平均,和

被所述矢量交叉的像素的值的加权平均,其中,每个像素的权重是选自由以下组成的组的至少一个:

所述像素离质心像素的距离的函数,

所述矢量与像素交叉的部分的长度的函数,和

所述矢量与像素交叉的部分的面积函数;

将所述质心像素的值与其相关联的矢量的分数进行比较;以及

基于选自由以下组成的组的至少一个来调整所述质心像素的值:

其分数与所述质心像素最不同的矢量的分数,

任一其它矢量的分数,和

矢量分数的任意组合。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中,基于选自由以下组成的组的至少一个来选择与任意给定的质心像素相关联的矢量:

限于八个主要的罗经点方向;

数量上为八个,并且角度上相等地隔开,但是不限于罗经点方向;

具有除了八个之外的数量,并且角度上相等地隔开;

具有任意数量和任意角度间距;

全部为像素上相同的长度;

全部为几何上相同的长度;

具有两个或更多个像素上不同的长度;

具有两个或更多个几何上定义的不同的长度;

具有固定的宽度或者不具有宽度;和

具有变化的宽度,其中,所述宽度是离所述质心像素的距离的函数。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,确定最小、最大、增量对以及矢量分数中的至少一个包括选自由以下组成的组的至少一个:跳过邻近像素的间隔、以及像素的下采样。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述数字图像包括灰度图像、彩色图像、3维图像、电影或3维电影。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述质心像素值通过像素值的百分比来调整。

9. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括输出二次图像,该二次图像是差图像、比较图像、混合图像中的至少一个。

10. 根据权利要求1所述的方法,其中,通过以下确定增量对差分数和值调整:

将质心像素的值与邻近像素组中的每个像素的值进行比较;

对于每个邻近像素,计算像素的值与质心像素的值之间的差;

将差与阈值进行比较,如果差大于阈值,则邻近像素和质心像素形成增量对并且差为增量对差分数;以及

如果差大于阈值,则调整增量对像素的值。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中,所述邻近像素组包括质心像素的八个第一近邻或16个第二近邻。

12. 根据权利要求1所述的方法,其中,通过以下确定增量对差分数和值调整:

将质心像素的值与有效像素的值进行比较,其中,每个有效像素的值是像素组内的两个或更多个像素的值的平均;

对于每个有效像素,计算像素的值与质心像素的值之间的差;

将差与阈值进行比较,如果差大于阈值,则有效像素和质心像素形成增量对并且差为增量对差分数;以及

如果差大于阈值,则调整增量对像素的值。

13. 一种机器实现的图像处理系统,包括:

接收器模块,所述接收器模块被配置为接收具有一批像素的数字图像,每个像素具有相应的值;

分数产生模块,所述分数产生模块被配置为将每个像素作为被邻近像素包围的质心像素进行处理并且对于每个质心像素执行以下操作中的至少两个:

确定最小分数并基于最小分数调整质心像素的值,该最小分数是质心像素的值小于被比较的两个或更多个邻近像素的值的次数的计数,

确定最大分数并基于最大分数调整质心像素的值,该最大分数是质心像素的值大于被比较的两个或更多个邻近像素的值的次数的计数,

确定增量对差分数并基于增量对差分数调整增量对中的两个像素的值,该增量对差分数是两个像素的值之间的差,所述两个像素形成增量对,并且其中,形成增量对的两个像素中的一个像素是质心像素,形成增量对的两个像素中的另一个像素是包围质心像素的邻近像素中的一个,和

确定矢量分数并基于矢量分数调整质心像素的值,该矢量分数是与质心像素相关联的矢量的值;

图像产生模块,所述图像产生模块被配置为基于调整的像素值中的两个或更多个像素值的组合来产生调整的数字图像;以及

输出模块,所述输出模块被配置为输出调整的数字图像。

14. 根据权利要求13所述的系统,其中,所述分数产生模块进一步被配置为通过检查邻近像素非相邻对的值并且对对的数量进行计数来确定每个质心像素的最小分数,对于所述对,给定的非相邻对中的每个像素的值比各质心像素的值大至少一阈值,该阈值大于或等于零。

15. 根据权利要求13所述的系统,其中,所述分数产生模块进一步被配置为通过检查邻近像素非相邻对的值并且对对的数量进行计数来确定每个质心像素的最大分数,对于所述对,给定的非相邻对中的每个像素的值比各质心像素的值小至少一阈值,该阈值大于或等于零。

16. 根据权利要求13所述的系统,其中,所述分数产生模块进一步被配置为:

将多个像素矢量与每个质心像素相关联,其中,每个矢量在通过与该质心像素相关联的若干个邻近像素的方向上延伸,并且在该质心像素处终止;

通过计算选自由以下组成的组的至少一个来对于与特定的质心相关联的像素矢量确定矢量分数:

所述矢量中的那些像素的值的平均,和

被所述矢量交叉的像素的值的加权平均,其中,每个像素的权重是选自由以下组成的组的至少一个:

所述像素离质心像素的距离的函数,

所述矢量与像素交叉的部分的长度的函数,和

所述矢量与像素交叉的部分的面积函数;

将所述质心像素的值与其相关联的矢量的分数进行比较;以及

基于选自由以下组成的组的至少一个来调整所述质心像素的值:

其分数与所述质心像素最不同的矢量的分数,

任一其它矢量的分数,和

矢量分数的任意组合。

17. 根据权利要求13所述的系统,其中,所述分数产生模块进一步被配置为基于选自由以下组成的组的至少一个来选择与任意给定的质心像素相关联的矢量:

限于八个主要的罗经点方向；

数量上为八个，并且角度上相等地隔开，但是不限于罗经点方向；

具有除了八个之外的数量，并且角度上相等地隔开；

具有任意数量和任意角度间距；

全部为像素上相同的长度；

全部为几何上相同的长度；

具有两个或更多个像素上不同的长度；

具有两个或更多个几何上定义的不同的长度；

具有固定的宽度或者不具有宽度；和

具有变化的宽度，其中，所述宽度是离所述质心像素的距离的函数。

18. 根据权利要求13所述的系统，其中，所述分数产生模块进一步被配置为通过执行选自由以下组成的组的至少一个来确定最小、最大、增量对以及矢量分数：跳过邻近像素的间隔、以及像素的下采样。

19. 根据权利要求13所述的系统，其中，所述数字图像是选自由以下组成的组的至少一个：灰度图像、彩色图像、3维图像、电影和3维电影。

20. 根据权利要求13所述的系统，其中，所述调整模块被配置为通过像素值的百分比来调整质心像素值。

21. 根据权利要求13所述的系统，其中，所述系统进一步被配置为输出二次图像，该二次图像是差图像、比较图像、混合图像中的至少一个。

22. 根据权利要求13所述的系统，其中，所述分数产生模块进一步被配置为通过以下确定增量对差分数和值调整：

将质心像素的值与邻近像素组中的每个像素的值进行比较；

对于每个邻近像素，计算像素的值与质心像素的值之间的差；

将差与阈值进行比较，如果差大于阈值，则邻近像素和质心像素形成增量对并且差为增量对差分数；以及

如果差大于阈值，则调整增量对像素的值。

23. 根据权利要求22所述的系统，其中，所述邻近像素组包括质心像素的八个第一近邻或16个第二近邻。

24. 根据权利要求13所述的系统，其中，所述分数产生模块进一步被配置为通过以下确定增量对差分数和值调整：

将质心像素的值与有效像素的值进行比较，其中，每个有效像素的值是像素组内的两个或更多个像素的值的平均；

对于每个有效像素，计算像素的值与质心像素的值之间的差；

将差与阈值进行比较，如果差大于阈值，则有效像素和质心像素形成增量对并且差为增量对差分数；以及

如果差大于阈值，则调整增量对像素的值。

25. 一种机器实现的方法，包括：

接收具有一批像素的数字图像，每个像素具有相应的值；

将每个像素作为被邻近像素包围的质心像素进行处理，其中，质心像素与每个邻近像

素形成增量对；

对于每个邻近像素和质心像素确定增量对差分数，该增量对差分数是邻近像素和质心像素的值之间的差；

基于增量对差分数来调整邻近像素和质心像素的值以产生相应的调整的增量对像素值；

基于所有的调整的增量对像素值来产生调整的数字图像；以及

输出调整的数字图像，

其中，所述接收、执行、调整、产生以及输出由一个或多个机器执行。

26. 根据权利要求25所述的方法，其中，通过以下确定增量对差分数和值调整：

将质心像素的值与邻近像素组中的每个像素的值进行比较；

对于每个邻近像素，计算像素的值与质心像素的值之间的差；

将差与阈值进行比较，其中，如果差大于阈值，则邻近像素和质心像素形成增量对并且差为增量对差分数；以及

如果差大于阈值，则调整增量对像素的值。

27. 根据权利要求26所述的方法，其中，所述邻近像素组包括质心像素的八个第一近邻或16个第二近邻。

28. 根据权利要求25所述的方法，其中，通过以下确定增量对差分数和值调整：

将质心像素的值与有效像素的值进行比较，其中，每个有效像素的值是像素组内的两个或更多个像素的值的平均；

对于每个有效像素，计算像素的值与质心像素的值之间的差；

将差与阈值进行比较，其中，如果差大于阈值，则有效像素和质心像素形成增量对并且差为增量对差分数；以及

如果差大于阈值，则调整增量对像素的值。

29. 一种机器实现的图像处理系统，包括：

接收器模块，所述接收器模块被配置为接收具有一批像素的数字图像，每个像素具有相应的值；

分数产生模块，所述分数产生模块被配置为：将每个像素作为被邻近像素包围的质心像素进行处理，其中，质心像素与每个邻近像素形成增量对；对于每个邻近像素和质心像素确定增量对差分数，该增量对差分数是邻近像素和质心像素的值之间的差；

调整模块，所述调整模块被配置为基于增量对差分数来调整邻近像素和质心像素的值以产生相应的调整的增量对像素值；

图像产生模块，所述图像产生模块被配置为基于所有的调整的增量对像素值来产生调整的数字图像；以及

输出模块，所述输出模块被配置为输出调整的数字图像。

30. 根据权利要求29所述的系统，其中，所述分数产生模块进一步被配置为通过以下确定增量对差分数和值调整：

将质心像素的值与邻近像素组中的每个像素的值进行比较；

对于每个邻近像素，计算像素的值与质心像素的值之间的差；

将差与阈值进行比较，其中，如果差大于阈值，则邻近像素和质心像素形成增量对并且

差为增量对差分数;以及

如果差大于阈值,则调整增量对像素的值。

31.根据权利要求30所述的系统,其中,所述邻近像素组包括质心像素的八个第一近邻或16个第二近邻。

32.根据权利要求29所述的系统,其中,所述分数产生模块进一步被配置为通过以下确定增量对差分数和值调整:

将质心像素的值与有效像素的值进行比较,其中,每个有效像素的值是像素组内的两个或更多个像素的值的平均;

对于每个有效像素,计算像素的值与质心像素的值之间的差;

将差与阈值进行比较,其中,如果差大于阈值,则有效像素和质心像素形成增量对并且差为增量对差分数;以及

如果差大于阈值,则调整增量对像素的值。

基于邻域关系对像素进行评分和调整以揭示图像中的数据

技术领域

[0001] 本公开一般涉及图像处理,尤其涉及图像增强。

背景技术

[0002] 图像处理是输入为图像的任意形式的信号处理。例如,输入图像 可以是照片、视频、视频帧或数字创建的图像。图像处理的输出可以 是另一个图像或者与图像相关的可以表征该图像的参数。许多图像处 理技术将图像作为二维信号对待,并且将信号处理技术应用于它。图 像处理在包括摄影、计算机图形、计算机视觉、相片分析、模式识别、指纹分析、影像、面部识别、结构和材料损伤和缺陷的分析、雷达以 及许多其它内容的多种多样的科学、工程和医学学科中被使用。

[0003] 图像处理的重要应用是医学成像。在过去几十年,医学成像在疾 病和医学异常的检测和诊断中发挥越来越大的作用。成像和图像处理 通常在X射线诊断、超声的分析中以及计算机断层扫描(CT)、磁 共振成像(MRI)数据的三维可视化等中被使用。现有技术的目前状 态是图像处理的几乎所有方面(包括图像分割、量化、增强、可视化、压缩和存储)的重大进展的结果。

[0004] 图像增强指的是用于调整图像的技术,包括改进对比度和降低噪 声的技术。图像分割用于识别图像中的感兴趣的结构并且区分它们。图像分割中所使用的技术包括例如 阈值化、区域生长以及模式识别。量化应用于分割结构以提取医学图像中的特征的重要诊断信息,诸如 形状、大小、纹理等。配准指的是使通过诸如来自CT扫描和MRI 扫描的不同模态而获得的同一对象/目标两个图像正确地配准(即, 排列起来)的处理。可视化指的是使用专用硬件和软件来可视地检查 医学和生物数据。对比度增强通常指的是基于强度曲线改变像素值。由于在现代诊断测试中可以生成大量的数据,医学图像的压缩、存储 和通信构成对其存在日益增长的需求的领域。

[0005] 目前的图像增强技术可以分为两类:(1)空间域方法,和(2)频率域 方法。空间域方法操纵像素强度值以实现期望的增强。频率域方法通 常涉及对图像执行傅立叶变换。接着,对傅立叶变换的图像进行图像 增强操纵。最后,进行逆傅立叶变换以生成最终的增强图像。

[0006] 空间域图像增强算法可以被认为原生图像中的一个像素强度 r 到产生增强图像中的新像素强度 s 的变换 $s=T(r)$ 。在该背景下,变换“ T ”是将给定像素的强度从值“ r ”变换为值“ s ”的任意函数。灰度 像素的可能值的范围由用于表示强度的位数“ k ”确定。强度值的范 围落在区间 $\{0, (L-1)\}$ 中,其中, $L=2^k$ 。例如,对于8位图像(即, $k=8$),该范围将在区间 $\{0, 255\}$ 中。彩色图像可以通过将多个强度与 每个像素相关联(例如,三个颜色强度,一个用于红色,一个用于绿 色,一个用于蓝色)来表示。如相关领域的普通技术人员将清楚的, 其它像素强度表示在该领域中是常见的。

[0007] 当在空间域中进行变换时,将强度值 r 和 s 归一化以位于范围 $\{0, 1\}$ 中通常是方便的。变换 $s=\log(1+r)$ 是空间域中的像素强度变换的简 单示例。

[0008] 不存在解决医学成像和诊断领域所面对的所有技术挑战的现有的 图像增强算法。因此,需要用于医学异常以及疾病检测和诊断的改进 图像增强技术。

发明内容

[0009] 公开了用于调整图像以检测微弱的异常或察觉不到的细节的机器 实现的方法。所公开的实施例表示用于利用对图像中的像素进行数学 评分并继而基于所计算的分数调整它们的值的一种或多种方式、通过 智能对比来生成优良的图像增强的新技术。本发明针对的是发现每个 像素的邻域关系并且使用这些关系调整每个像素的值,由此揭示图像 中所包含的微弱的或隐藏的数据。

[0010] 公开了用于产生图像的评分像素调整的机器实现的系统。该系统 包括接收器模块、分数产生模块、像素值调整模块、图像调整模块以 及输出模块。接收器模块被配置为接收具有一批像素的数字图像,其 中每个像素具有相应的值。分数产生模块被配置为对于每个像素确定 以下中的至少一个:最小分数、最大分数、增量(delta)对分数以及 矢量分数。像素值调整模块被配置为基于所述一个或多个分数结果来 调整像素的值。图像调整模块被配置为基于调整的像素值产生调整图 像。输出模块被配置为输出(例如,显示、存储或传输)调整图像。

[0011] 在另一实施例中,公开了具有存储在其上的程序指令的计算机可 读存储介质。所述程序指令在被处理器执行时使处理器产生图像的评 分像素调整。所述程序指令使处理器接收具有一批像素的数字图像(其 中每个像素具有相应的值)并确定最小分数、最大分数、增量对分数 以及矢量分数中的至少一个。所述程序指令进一步使处理器基于所述 至少一个确定的分数来调整像素的值并产生相应的调整的像素值。此 外,所述程序指令使处理器基于调整的像素值来产生调整图像;并且 输出调整图像。在该背景中,输出包括显示、打印、存储、传输或发 送调整图像中的至少一个。

[0012] 以下参照附图详细描述进一步的特征和优点以及各种实施例的结 构和操作。注意,本发明不限于本文中描述的特定实施例。这样的实 施例在本文中仅为了说明的目的而呈现。基于本文中所包含的教导, 另外的实施例对于相关领域的技术人员将是清楚的。

附图说明

[0013] 本专利或申请文件包含彩色制成的至少一个附图。具有彩色附图 的该专利或专利申请公开的副本将由美国专利商标局根据请求并且在 支付必要的费用后提供。

[0014] 合并在本文中并且形成本说明书的一部分的附图示出本发明,并 且与书面描述一起进一步用于解释本发明的原理并且使相关领域的技 术人员能够做出并且使用本发明。

[0015] 图1A和1B示出原生X射线图像和根据本发明的实施例的基于 评分像素调整的相应的调整图像。

[0016] 图1C示出根据本发明的实施例的基于从图1A的原生图像检测的 最大像素的调整图像。

[0017] 图1D示出根据本发明的实施例的基于从图1A的原生图像检测的 最小像素的调整图像。

- [0018] 图2A和2B示出根据本发明的实施例的调整之前和之后的测试图 案。
- [0019] 图3A和3B分别表示根据本发明的实施例的图像调整之前和之后 的DNA珠粒图像。
- [0020] 图3C和3D分别表示根据本发明的实施例的图像调整之前和之后 的另一示例DNA珠粒图像。
- [0021] 图4A示出原始的乳房摄影图像。
- [0022] 图4B和4C是根据本发明的实施例的基于图4A的图像的调整图 像。
- [0023] 图4D和4E分别示出根据本发明的实施例的图像调整之前和之后 的胸部X射线图像。
- [0024] 图5示出根据本发明的实施例的在定义用于产生调整图像的最小 和最大分数中所涉及的像素级比较。
- [0025] 图6示出根据本发明的实施例的在产生用于产生调整图像的增量 对和增量对分数中所涉及的像素级比较。
- [0026] 图7A示出根据本发明的实施例的用于定义用于产生调整图像的 矢量值的单个像素矢量。
- [0027] 图7B示出根据本发明的实施例的用于定义用于选择主矢量的矢 量值的一批矢量。
- [0028] 图7C示出根据本发明的实施例的“下采样”—其中,4个像素的 块用于定义有效像素。
- [0029] 图8A-8E示出根据本发明的实施例的“跳过间隔”—其中,与质 心像素比较的像素不接触质心像素,并且之间的像素被忽略。
- [0030] 图8F示出根据本发明的实施例的涉及跳过间隔、与下采样组合 的比较。
- [0031] 图8G和8H示出根据本发明的实施例的可以用于定义像素最小、最大、增量对以及 矢量评分的涉及下采样的另一示例比较。
- [0032] 图8I-8J示出根据本发明的实施例的可以用于定义像素最小、最 大、增量对以及矢量评分的像素集群组合。
- [0033] 图8K示出矢量的概念的一般化。该像素线可以用于进行比较。在这种情况下,阴影像素示出在像素矢量计算中可以如何包括邻近像 素。
- [0034] 图8L示出根据本发明的实施例的在像素调整中要使用的矢量组 合。
- [0035] 图8M示出根据本发明的实施例的与规则的八个罗经点未对准的 各个角度处的矢量。
- [0036] 图8N示出根据本发明的实施例的可以组合用于质心像素的评分 和调整的各种矢量长度。
- [0037] 图8O示出根据本发明的实施例的将基本发明扩展到3维,其中, 质心像素(灰色)被26个最近的近邻(被称为第1近邻)包围。
- [0038] 图8P示出根据本发明的实施例的宽矢量(阴影区),该宽矢量 比线矢量与更多像素相交,由此将更多像素的值引入矢量值计算中。
- [0039] 图8Q示出根据本发明的实施例的具有非恒定宽度的宽矢量,其 中,在计算矢量值中使用的像素的数量是离质心像素的距离的函数。
- [0040] 图9示出根据本发明的实施例的可以用于计算加权平均矢量值的 示例加权函数。

[0041] 图10A-10D示出根据本发明的实施例的可以基于分数调整像素值的方式,示出典型的50%调整因子。

[0042] 图11是示出根据本发明的实施例的用于产生数字图像的评分像素调整的方法的流程图。

[0043] 图12是示出根据本发明的实施例的用于产生数字图像的多评分像素调整的计算机实现的系统的框图。

[0044] 图13是其中可以实现本发明的实施例的基于处理器的计算设备的框图。

[0045] 图14示出根据本发明的实施例的被配置为产生组合调整图像和一个或多个二次图像的系统。

[0046] 以下参照附图描述实施例。在附图中,相似的附图标记一般指的是相同的或功能上类似的元件。另外,附图标记的最左边的数字一般标识该附图标记第一次出现的附图。

具体实施方式

[0047] 注意,本说明书中对于“一个实施例”、“实施例”、“示例实施例”等的提及表示,所描述的实施例可以包括特定特征、结构或特性,但是实施例可以不包括该特定特征、结构或特性。而且,这样的措辞不一定总是指的是同一实施例。此外,当结合实施例描述特定的特征、结构或特性时,认为结合其它实施例影响这样的特征、结构或特性是在本领域技术人员知识内的。

[0048] 本发明针对的是用于产生评分像素调整的数字图像(即,增强的数字图像)的机器、系统、方法以及计算机可读存储介质。该新颖的新发明例如对于检测医学异常、疾病诊断、改进影像以及从现有图像获得新的且未被发现的信息是有用的。在实施例的详细讨论之前,提供了简要的概述,随后提供一组定义。

[0049] 本发明的实施例如下进行操作。系统包括像素检查模块,该像素检查模块被配置为识别要被处理的数字图像的矢量像素、增量对、最大像素、以及最小像素。一个或多个像素检查模块基于例如用户输入或默认设置而选择。这些选择模块进行操作以将逐像素分数分配给图像中的像素。然后基于所识别的最小像素、最大像素、增量对以及矢量像素来分配相应的分数。然后基于所分配的分数来分配新的像素值(例如,灰度或颜色)。这些新的值通过调整(或者本文中详细解释的其它算法)而确定。这些新的值用于产生一个或多个新图像。这些新图像然后可以被组合,或者与原始图像组合,以产生新组合的调整图像,以从原始图像揭示微弱的或察觉不到的特性、数据和特征。该新组合的调整图像然后可以被显示、传输、存储等等。然后可以执行该新组合的调整图像的细化以进一步从原始图像揭示微弱的或察觉不到的数据和特征。

[0050] 定义

[0051] 本部分提供在本描述的整个其余部分中将使用的一组定义。这些定义按使以下部分中的主题的呈现并行进行的逻辑次序组织。

[0052] 数字图像:二(或三)维图像的数值表示。在本描述中,数字图像指的是光栅图像(也被称为位图图像)。该光栅图像具有一组有限的元素,这些元素被称为图片元素或像素。二维数字图像包括固定行数和列数的像素。这些行像素和列像素形成表示图像的规则网格。该网格的每个阵列元素包含相关联的像素的强度值。三维数字图像具有行、列和片

(sheet)。为了简单起见,本发明的描述将限于二维,除非另有说明。

[0053] 数字电影:数字图像的时间序列。每个图像通常被称为帧。这可以被认为是具有额外维度的数字图像。二维图像的电影将具有总共三个维度;三维数字图像的电影将具有四个。为了简单起见,本发明的描述将不针对电影,除非另有说明。

[0054] 像素:像素是图像中的最小的单个元素,其包含表示任意特定点处的每个给定颜色的强度(也被称为亮度)的值。每个像素最简单地通过其在2维平面中的位置(通过笛卡尔坐标、角坐标等表示)以及一个或多个强度值来表征。在二维数字图像中,像素表示图像中的小方形或矩形。例如,由每英寸300个点的扫描仪生成的图像将具有1/300英寸×1/300英寸的像素。在三维数字图像中,像素表示小立方体或长方体(box)。在数字电影中,像素表示帧中的方形、矩形、立方体或长方体。每个帧表示时间切片。该时间切片的大小是像素的时间维度。例如,每秒60帧的电影具有时长1/60秒像素。

[0055] 灰度图像:其中每个像素包含表示强度信息的单个值的数字图像。这种图像(也被称为“黑白”图像)仅由从最弱强度处的黑色变化到最强强度处的白色的灰色阴影(shades of gray)组成。

[0056] 灰度像素:灰度图像中的最小的单个元素。灰度图像与二进制图像的不同之处在于,与仅取两个值(例如,仅0和1)的二进制像素不同,虽然它们仅具有表示强度的单个值,但是该值可以取可变范围。

[0057] 彩色图像:包括每个像素的颜色信息的数字图像。通常提供三种颜色(即,三种颜色的强度值),通常为红色、绿色和蓝色。

[0058] 彩色像素:彩色图像中的最小的单个元素。一般每个像素与表示三种颜色中的每一个的强度的三个强度值相关联,这三个强度值被解释为某一颜色空间中的坐标。RGB(红色、绿色、蓝色)颜色空间通常在计算机显示器中使用,而在其它背景下使用诸如YCbCr、HSV的其它空间。

[0059] 像素值:表示图像在像素的位置处的强度的数值。灰度图像具有与每个像素相关联的单个值,而彩色图像一般具有与每个像素相关联的三个值。例如,8位图像中的像素值一般被存储为8位整数(0至255)。因此,彩色图像将通过使用每像素24个位来存储。

[0060] 质心像素:被检查以用于评分和值调整的中心参考像素。

[0061] 邻近像素:与给定像素相关联的一批像素。例如,在矩形像素网格中,像素通常被八个最近的邻近像素(被称为第1近邻)包围。类似地,像素通常将具有十六个次近的近邻(第二近邻)、二十四个第三近邻等等。例外是靠近图片的边缘的像素,并且它们的近邻中的一些将在图像的外部并因此不存在。

[0062] 邻近的非相邻对:彼此不相邻的两个邻近像素(选自例如给定像素的八个第1近邻)。

[0063] 像素集合:与给定像素相关联的一批像素。包围像素的八个第1近邻是像素集合的示例。同样地,像素的第2近邻构成像素集合。作为另一的示例,像素集合可以是最靠近边缘像素的一批像素。像素线(也被称为像素矢量)仍是像素集合的另一示例。集合也可以是任意形状的集群或弯曲矢量。

[0064] 像素集群:用于对质心像素进行评分的任意定义的像素集合。术语“像素集合”、“像素集群”、“集群”等等可以互换地使用。

[0065] 像素邻域:与像素相关联的、可以具有特定几何形状(例如,方形、矩形、椭圆形、圆形等)的区域。像素邻域可以包含八个第1近邻、十六个第2近邻、边缘区域等。

[0066] 像素比较:将给定像素的值与其它附近的像素的值进行比较以确定各种关系。为了描述的简单,假定每个灰度像素仅具有单个值而给出示例。作为示例,给定像素的值可以与其八个第1近邻中的一个比较以确定该值是大于还是小于该近邻的值。作为另一示例,给定像素的值可以与其十六个第2近邻中的八个中的一个比较以确定该值是大于还是小于该第2近邻的值(参见图8E)。作为另一示例,给定像素的值可以与两个其它像素的值比较以确定三个各自的值的相对排序。尽管仅相对于灰度像素给出了示例,但是可以与其它类型的像素,特别是彩色像素进行许多进一步的比较。

[0067] 最小像素:具有比两个(或更多个)其它非相邻的邻近像素的全部的值小的值的像素。如以上所讨论的,被检查的值可以是与灰度像素相关联的单个值或者与彩色像素相关联的值中的一个(或所有值的函数)。

[0068] 最大像素:具有比两个或更多个其它非相邻的邻近像素的全部的值大的值的像素。如以上所讨论的,被检查的值可以是与灰度像素相关联的单个值或者与彩色像素相关联的值中的一个(或所有值的函数)。

[0069] 关系增量:质心像素与另一个像素之间的值的差(通常为基于图像的位深度的整数值)。

[0070] 阈值:用于进行比较的大于或等于零的实数。例如,在进行比较以确定增量对像素时,某些实施例要求被检查的像素的值之间的差大于特定的阈值。

[0071] 最小分数:与质心像素相关联的、对它是最小像素的次数进行计数的分数。例如,质心像素的值可以与选自八个第1邻近像素的非相邻像素对的值比较。存在二十个这样的非相邻像素对,导致二十次比较。最小分数因此是质心像素赢得比较(比两个非相邻像素都小)的次数。存在定义最小分数的许多方式。例如,比较可以涉及选自16个第2邻近像素的像素对。在另外的示例中,像素对可以选自更一般的像素邻域。最小分数可以相对于涉及具有任意数量的像素的像素集合的比较来定义。在其它实施例中,最小分数可以涉及相对于如下所述的最小阈值的比较。一般来讲,如果存在用于定义最小分数的M次比较,则最小分数的值位于范围{0,M}中。

[0072] 最小阈值:与定义最小分数相关联的阈值。当定义最小阈值时,最小分数对下述比较的数量进行计数:相对于该比较,在进一步的约束下,像素可以被认为是最小像素,该进一步的约束是被检查的像素的值比在比较中所使用的所有其它像素的值小大于或等于最小阈值的量。还可以存在用作上限的最小阈值,其中,如果被检查的像素的值比在比较中所使用的所有其它像素小大于阈值,则在优选实施例中不对该比较进行评分。

[0073] 最大分数:与质心像素相关联的、对它是最大像素的次数进行计数的分数。例如,质心像素的值可以与选自八个第1邻近像素的非相邻像素对的值比较。存在二十个这样的非相邻像素对,导致二十次比较。最大分数因此是质心像素赢得比较(比两个非相邻像素都大)的次数。存在定义最大分数的许多方式。例如,比较可以涉及选自16个第2邻近像素的像素对。在另外的示例中,像素对可以选自任意的像素邻域。最大分数可以相对于涉及具有2、3、4、……、N个像素的像素集合的比较来定义。在其它实施例中,最大分数可以涉及相对于如下所述的最大阈值的比较。一般来讲,如果存在用于定义最大分数的M次比较,

则最大分数的值位于范围 $\{0, M\}$ 中。

[0074] 最大阈值:与定义最大分数相关联的阈值。当定义最大阈值时,最大分数对下述比较的数量进行计数:相对于该比较,在进一步的约束下,像素可以被认为是最大像素,该进一步的约束是被检查的像素的值比在比较中所使用的所有其它像素的值大于或等于最大阈值的值。还可以存在用作上限的最大阈值,其中,如果被检查的像素的值比在比较中所使用的所有其它像素大大于阈值,则在优选实施例中不对该比较进行评分。

[0075] 增量对:在定义增量对及其分数的比较中涉及的两个像素。增量对中的两个像素可以以许多方式选择。例如,增量对中的一个像素可以是被检查的质心像素,并且第二个像素可以选自包围被检查的像素的八个第1近邻中的一个。在另一示例中,增量对中的一个像素可以是被检查的像素,并且第二个像素可以选自其十六个第2近邻中的一个。在另外的示例中,增量对中的一个像素可以是被检查的像素,并且第二个像素可以选自任意像素邻域中的一个像素。

[0076] 增量对阈值:用于定义增量对的阈值。增量对阈值可以是正或负阈值。

[0077] 增量对移动(扩展(spread)差计算):质心像素和与其比较的像素不被分配增量对状态,除非它们具有大于或等于增量对阈值的值的差。增量对阈值可以是正或负阈值。增量对之间的差是分配的增量对的差的值。增量变化可以取负(对于负增量对)和正(对于正增量对)值两者。增量对变化定义质心像素的分隔的移动,并且其定义的增量对相关像素以远离分配的像素的值调整。

[0078] 像素矢量:为了本发明描述的目的,像素矢量是通过若干个像素(即,像素集合)延伸的线段。像素矢量通过该集合中的像素的数量以及该集合的方位表征。在某些实施例中,像素矢量还可以具有描述像素矢量在垂直于矢量线段的方向上的程度的关联宽度。像素矢量与在其末端的质心像素相关联。在一个实施例中,每个质心像素存在八个矢量(八个罗经点N、NE、E、SE、S、SW、W和NW),这些矢量被分配若干个矢量长度(例如,每个矢量三个像素)。八个罗经点矢量准确地通过像素的中间延伸,并因此可以简单地描述为,比如说,三个像素长。在实施例中,长度可以不对质心像素进行计数。

[0079] 在另外的实施例中,像素矢量可以在任意方向上。不在准确的罗经点上的矢量趋向于通过更多个像素延伸,在拐角或侧边附近抄近路通过一些像素(而不是正好通过中间延伸),因此涉及更大的像素集合。这样的矢量的长度不能简单地描述为像素计数,而是需要使用长度的传统几何定义。该长度不需要为整数。鉴于简单定义的罗经点矢量(比如说,3个像素长的罗经点矢量)不全都表现为相同长度(对角矢量看起来更长),更一般的情况下的矢量可以具有表现为更一致的长度。这些长度仍然可以定义为像素(但是意指像素的宽度或长度的倍数)。然而,当图像是真实对象时,以英寸或厘米定义像素矢量的长度可能是方便的。如果图像是3-D的,则存在与2-D中的8(3^2-1)个罗经点矢量类似的26(3^3-1)个矢量(仅通过像素的中间延伸)。这些矢量可以简单地描述为具有等于通过其延伸的像素的数量的长度。然而,正如2-D那样,存在无限数量的其它可能的方向,其中,矢量将通过更多个像素延伸,并且不一定正好穿过中间。这些矢量的长度可以使用传统的几何来定义,并且甚至可以用诸如厘米的实际术语。类似地,4-D图像具有仅仅通过像素的中间延伸的80(3^4-1)个矢量。这些可以具有简单地按照像素定义的长度。奇(odd)角度处的矢量也可以通过使用长度的规则几何定义但是相对于像素或宽度(或其它维度)来按照像素定

义。当距离以光年表达时,时间和距离容易兼容。然而,在本发明的背景下,由于时间的长度难以与空间长度组合,所以4-D像素矢量长度不能以容易传达的实际术语表达。任意像素矢量总是可以通过使用任意方便的索引系统对矢量中的像素进行枚举来指定。例如,像素的位置总是可以通过给出其在适当的坐标系中的坐标来指定。

[0080] 矢量值:分配给像素矢量的值。涉及矢量值的比较在针对边缘定义的实施例中是有用的。矢量在质心像素处结束,具有预定长度,并且通常具有由罗经方向N、NE、E、SE、S、SW、W、NW中的一个指定的方向。例如,被选择具有方向E、长度为“m”(正整数)的矢量包含m个像素。如果m=3,则矢量将由位于位置X=1,2,3的像素组成,其中质心像素位于X=0。在最简单的情况下,通过取像素1,2...m的值的平均来定义矢量值。然而,可以使用像素值或加权平均来计算矢量值,其中,像素集合中的像素不给予相等的权重。

[0081] 矢量分数:矢量值的同义词。

[0082] 主矢量:“获胜”矢量,其值与质心像素的值最不同的矢量。在最简单的情况下,将八个罗经点矢量的每一个的值进行比较,并且将其平均值与质心像素的值(正或负)最不同的矢量定义为主矢量。

[0083] 基于矢量的质心像素调整:一般地,调整质心像素的值以增大它与主矢量的值之间的差。

[0084] 像素分数:用于基于像素之间或者质心像素与矢量之间的比较的像素调整的分。一般地,最小者和最大者具有计数分数,而增量对和矢量一般具有值差分数。

[0085] 评分像素:对于其定义了至少一个像素分数的像素。

[0086] 多评分像素:对于其定义了多于一个的像素分数的像素。

[0087] 调整图像:通过从现有图像选择若干个像素并且根据一个或多个分数调整像素值而产生的新图像。

[0088] 调整像素值:根据本文中定义的一个或多个分数调整的像素值。取决于定义的各种分数,可以以若干种方式对像素值进行调整。例如,可以使用一个或多个像素分数以及像素的输入值的函数来调整像素值。

[0089] 基于最小的图像:通过为每个像素分配最小分数、并且基于它们的最小分数和给予的调整参数调整若干个那些像素的值来从现有图像产生的新图像。

[0090] 基于最大的图像:通过为每个像素分配最大分数、并且基于它们的最大分数和给予的调整参数调整若干个那些像素的值来从现有图像产生的新图像。

[0091] 基于增量对的图像:通过从现有图像选择若干个像素并且根据增量对分数调整像素值而产生的新图像。

[0092] 基于矢量的图像:通过从现有图像选择若干个像素并且根据矢量分数调整像素值而产生的新图像。

[0093] 组合调整的图像:通过组合下列两个或更多个而产生的新图像:基于最小的图像和/或基于最大的图像和/或基于增量对的图像和/或基于矢量的图像和/或原始图像。组合调整的图像中的每个像素的值是被组合的图像中的相应像素的加权平均。例如,组合调整的图像中的每个像素的值可以是80%来自一个基于矢量的图像和20%来自不同的基于矢量的图像。

[0094] 差图像:通过从原始图像减去调整图像的值而产生的新图像。

[0095] 比较图像:作为调整图像与原始图像的并排比较的新图像。

[0096] 改变像素图像:示出被调整的那些像素的新图像。作为示例,所有调整像素可以是白色的,同时所有调整像素可以是黑色的。

[0097] 二次图像:一类由差图像、比较图像和调整像素图像组成的图像类型。

[0098] 调整函数:用于调整像素的值的函数。当整数位值被归一化时,调整函数可以被选择为取在范围 $\{0,1\}$ 中给出的输入值“r”,并且返回相应的也位于范围 $\{0,1\}$ 中的调整像素值“s”。一般来讲,该函数可以使用通用函数“T”被指定为: $s=T(r,c)$,其中,参数“c”与本文中定义的一个或多个分数相关。根据本发明的实施例,许多调整函数使用分数信息“c”。在一个实施例中,调整函数是幂函数。例如,可以根据以下函数将输入值“r”变换为新值“s”:

$$[0099] \quad s=r+(1-r)*c^p*f$$

[0100] 其中,“p”是用户选择指数,并且“f”是取决于“c”的最大值和“p”的归一化因子。在示例中,“p”可以选择为任意正实数。因子“f”可以选择为使得调整值“s”将位于区间 $\{0,1\}$ 内。该特定选择假定输入值“r”也位于区间 $\{0,1\}$ 内。例如,如果计数“c”的最大值为“cmax”,则归一化因子选择为: $f=1/(cmax)^p$ 。

[0101] 在另一个示例实施例中,调整函数可以选择为:

$$[0102] \quad s=r-r*c^p*f$$

[0103] 要意识到,可以使用取决于分数“c”并且将位于区间 $\{0,1\}$ 中的变量“r”变换为也位于区间 $\{0,1\}$ 中的新值“s”的任意合理的函数。所有这样的调整函数都被认为在所公开的实施例的范围内。在实施例中,“c”可以选择为分数(即,最小分数、最大分数等)中的一个。

[0104] 多评分像素调整:使用多于一个的分数调整的调整像素值。像素值可以以大量方式进行调整。例如,可以首先使用一个分数来调整值以产生第一调整值。然后可以使用不同的分数来调整该值以产生第二调整值。然后可以以多种方式组合这两个调整值以产生多分数像素调整。例如,第一和第二调整值可以相加、相减等。类似地,以上关于调整函数所讨论的参数“c”可以定义为各种分数的各种和与差。

[0105] 像素调整移动:增大和减小最大、最小、增量对以及矢量像素值的方式。当被归一化时,像素的值是在范围 $\{0,1\}$ 中的实数。值“r”将该范围划分为两个间隔,第一个是范围 $\{0,r\}$,第二个是 $\{r,1\}$ 。一般来讲,通过增大最大像素的值并且减小最小像素的值来调整像素值。增大或减小的量被确定为范围 $\{0,r\}$ 或 $\{r,1\}$ 中的一个的百分比。例如,如果最大像素的值碰巧为30%,则 $r=0.3$ 。如果该值被调整范围 $\{0.3,1.0\}$ 的50%,则它将被调整为增大到值 $s=0.65$ 。作为另一个示例,假定最大像素具有值 $r=0.9$,并且它被调整范围 $\{0.9,1.0\}$ 的50%,则它将增大到调整值 $s=0.95$ 。对于最小像素,定义类似的调整。例如,如果最小像素具有值 $r=0.3$,并且它被调整以便减小范围 $\{0,0.3\}$ 的50%,则它将减小到具有 $s=0.15$ 的值,等等。

[0106] 下采样:像素块通过其被平均有效像素取代的处理。例如,给定像素连同其八个最近的近邻形成九个像素的块。可以对该九个像素的块进行平均以产生平均有效像素。

[0107] 下采样图像:从下采样得到的图像。例如,可以将图像划分为九个像素的块。然后,通过下采样的处理,每个九个像素的块可以被单个有效像素取代,该单个有效像素具

有由起始的九个各自的值的平均 而给出的相应的有效值。在实施例中,所有的各种像素分数和矢量分数可以针对下采样图像定义。

[0108] 跳过间隔:像素或像素组与另一个不相交像素或像素组比较的处理。例如,如果给定像素与选自一批十六个第2近邻的像素比较,但 是不进行涉及八个第1近邻的比较,则该处理被说成是涉及“跳过间隔”。术语“跳过间隔”在这种情况下意指八个第1邻近像素形成被 检查的像素与十六个第2近邻之间的间隔。

[0109] 不相交像素集合:不具有共同的像素并且不接触一即,被一个或多个像素隔开的两组或更多组像素。

[0110] 基于分数的噪声表征:基于像素分数从图像移除噪声和表征噪声 的处理。各种分数可以用于表征噪声。例如,已发现,噪声像素可以 具有高于或低于平均的分数。

[0111] 辅助分数图像:辅助分数图像是作为最小、最大、增量对或矢量 分数确定的结果的图像。换句话讲,每个分数确定的结果可以输出为 图像。

[0112] 图像的评分像素调整的示例

[0113] 公开了根据本发明的用于从数字图像产生增强图像的各种实施例。示例图像可以通过X射线、CT扫描、MRI、超声或其它医学成像 诊断过程产生的图像。虽然所公开的实施例涉及用于医学异常和疾病 诊断的早期检测的新图像处理技术,但是本发明不限于医学领域。所 公开的系统、方法和计算机程序产品可以被应用以增强任意数字图像,而不管其来源、主题或功能如何。

[0114] 数字图像是诸如照片的二维图像的数值表示。在本描述中,数字 图像指的是光栅图像(也被称为位图图像)。该光栅图像具有一组有 限的数字值,其被称为图片元素或像素。数字图像包括固定行数和列 数的像素。这些行像素和列像素形成提供图像的数值表示的规则网格。

[0115] 数字图像包括一批像素,每个像素具有相应的强度。像素是图像 中的最小的单个元素,其包含表示任意特定点处的给定颜色的亮度(也 被称为强度)的值。每个像素通过其用{X,Y}坐标表示的位置以及一 个或多个强度值表征。灰度图像具有与每个像素相关联的单个强度(即, 单个通道),而彩色图像一般具有与每个像素相关联的三个值(即, 三个通道)。强度值一般被存储为整数。例如,每个值可以被存储为 八位整数。因此,彩色像素每个像素将与24个位相关联。

[0116] 为了描述的简单,所公开的实施例被描述为是关于具有与每个像素相关联的单个值的灰度图像的。然而,对于本领域的普通技术人员 将清楚的是,所公开的实施例可以轻易地推广到也关于彩色图像。此外,所公开的实施例还可以进一步推广到关于3-D图像,或者甚至4-D 图像(包括时间)。因此,像素的领域可以被认为包括空间和时间的 所有维度中的附近的像素。这将本发明扩展到覆盖诸如MRI和电影的 事物。基于本文中呈现的教导和指导,这样的实施例因此被认为是在 所公开的实施例的等同形式的范围和意义内的。

[0117] 所有类型的颜色和值调整是可能的。例如,中等褐色像素可以在 灰度幅度上被改变为浅褐色像素或深褐色像素(或之间的任意值),同时保持其色调。这可以使用查找表、双像素灰度幅度值和颜色分配、或对于具有本领域的普通技术的人员将变得清楚的其它技术来实现。红色像素可以被分配从深红到最亮的红色的任意地方的幅度值。实际上,如果维持颜色的颜色分量的相对值,则该颜色保持其色调。另外,如本领域中已知的,可以通

过单个地改变颜色分量的相对值来改变颜色。

[0118] 所公开的实施例表示与传统的医学成像方法不同的新诊断技术。可以通过考虑通过各种实施例增强的图像来最佳地掌握本发明的能力。提供以下示例以示出各种实施例的显著结果并且设置用于详细实施例的深入讨论的平台。

[0119] 图1A和1B示出原生X射线图像和根据本发明的实施例的相应的调整图像。图1A是具有出生缺陷的小孩的手(一只手上六个手指)的原生X射线图像。图1B示出起始图像的评分像素调整。调整图像表现出相当大的增强,并且是根据本发明的实施例而产生的。与图1A的原生图像相比,图1B中的特征102示出骨结构的清晰增强。

[0120] 图1C示出根据本发明的实施例的基于从图1A的原生图像检测的最大像素的调整图像。如在定义部分和其它地方详细讨论的,用于产生图1C的图像的最大分数仅是许多像素分数中的一个。注意,在该示例中,肉体轮廓比图1B的示例更加明显。

[0121] 在另一个示例中,图1D示出根据本发明的实施例的基于从图1A的原生图像检测的最小像素的调整图像。如以下将更详细地讨论的,最小像素的考虑仅是表征和调整图像的许多方式中的一个。在该示例中,调整图像没有表现出如例如图1C中的基于最大像素的图像那样清晰。然而,当用于调整其它类型的图像时,情况可能相反,并且最小像素可能包含更多有用信息。所公开的实施例提供范围广泛的调整图像的方式。可以通过考虑许多不同的调整图像的方式来揭示许多信息。在某些实施例中,例如组合各种调整技术以产生合成图像也是有利的。

[0122] 图2A和2B示出根据本发明的实施例的调整之前和之后的测试图案。图2B的增强图像基于从图2A的原生图像检测的增量对分数。图2B的增强图像示出相对于图2A的图像的相当大的增强。

[0123] 图3A和3B分别示出根据本发明的实施例的图像调整之前和之后的原生DNA珠粒(bead)图像。图3B中示出相当大的增强。图3A和3B的图像分别在图3C和3D中稍微放大地显示。图3C包含比图像的其余部分暗的右下角附近的区域。诸如这样的区域限制了在图像上可以看见的DNA珠粒的密度,并且是未增强图像的分辨率限制的示例。图3D表明在右下角的相应位置上不存在这样的暗区域,表明分辨率限制增大。因此,由于图3D的图像增强,图像的更多部分是可用的,并且因此可以看见的DNA珠粒的最大密度增大。这些结果示出基于所公开的实施例的图像增强对于DNA分析拥有大的前景。图3B和3D基于从图3A和3C的原始图像检测的最小分数和最大分数。

[0124] 图4A和4B、4C分别示出根据本发明的实施例的图像调整之前和之后的乳房摄影图像。图4A是来自乳房摄影分析系统的传统的、但是是现有技术状态的图像。它具有详细的柔化边缘并且没有被清晰地定义。图4B示出根据本发明的实施例的处理之后的同一乳房摄影图像,其突出了先前使用传统技术不可识别的导管、血管和其它细节。因此,根据本发明的实施例处理现有图像或新图像可以使得放射科医师能够不同地诊断医学异常。图4B重建(即,调整)图像基于从图4A的原始图像检测的矢量分数。类似地,图4C示出根据本发明的另一个实施例的处理之后的乳房摄影图像,并且示出基于矢量分数的血管轮廓作为辅助分数图像。

[0125] 辅助分数图像是作为例如通过模块1404(1)、1404(2)、1404(3)或1404(4)中的任意一个生成的分数确定的结果的图像。换句话讲,每个确定模块的结果(未示出)可以作为

图像输出。

[0126] 图4D是胸部的传统的、但是是现有技术状态的X射线图像。图 4E示出根据本发明的实施例的处理之后的同一X射线,并且对于主题具有更多明晰和清晰。该示例提供本发明的实施例使得能够比现有技术目前状态详细得多地查看图像的进一步的证据。图4E重建图像来自图4D的原始图像。基于与图4A和4B中使用的矢量分数不同的一组特有的矢量分数。这些结果示出所公开的实施例对于医学图像的分析 and 诊断的又一应用。

[0127] 示例性实施例的讨论

[0128] 图5和图6示出与各种公开的实施例相关联的一批各种像素级操纵。假定每个像素与某个邻域相关联,该邻域是与像素相关联的区域,可以具有特定几何形状(例如,方形、矩形等)。像素邻域可以包含八个第1近邻、十六个第2近邻、边缘区域等。

[0129] 给定像素邻域中的像素被称为邻近像素。邻近像素是与给定像素相关联的一批像素。例如,在矩形像素网格中,像素通常被八个第1邻近像素包围。在第二个示例中,像素通常被十六个第2近邻包围。例外是当像素太靠近图片的边缘时,其近邻的一些在图像外部,并因此不存在。

[0130] 像素邻域是像素集合的示例。像素集合是与给定像素相关联的一批像素。包围足够远离图像的边缘的像素的八个第1近邻是像素集合的示例。同样地,包围足够远离图像的边缘的像素的十六个第2近邻是像素集合的另一示例。作为另一示例,像素集合可以是一批最靠近边缘像素的像素。像素直线(也被称为像素矢量)仍是像素集合的另一示例。集合还可以是任意形状的集群。

[0131] 在图5和图6的示例中,给定像素502被认为是被一批八个第1邻近像素包围的质心像素。像素504和506例如是像素502的第1近邻。图5中的包含9个框的每个方形表示被八个第1近邻包围的中心像素(例如,像素502)。

[0132] 以下讨论涉及像素比较,其中,给定像素的值与其它像素的值比较以确定各种关系。作为示例,给定像素的值可以与其八个第1近邻中的一个比较以确定它是大于还是小于该近邻的值。作为另一示例,给定像素的值可以与其十六个第2近邻中的一个比较以确定它是大于还是小于该第2近邻的值。作为另一示例,给定像素的强度可以与两个其它像素的强度比较以确定三个各自的值的相对排序。尽管仅相对于灰度像素给出了示例,但是可以与彩色像素进行许多更多的比较。

[0133] 图5和图6中的包含9个框的每个方形表示可能的像素级比较,该像素级比较可以被执行以将给定像素的值与其近邻的各种组合比较。组508中的框例如示出质心像素(524)与其近邻中的两个,526和528之间的比较。在所有比较中,被检查的质心像素(例如,524)具有深阴影,而与它进行比较的像素(例如,像素526和528)具有较浅的阴影。特定比较中不涉及的像素(例如,530)不加阴影。

[0134] 图5和图6中示出的各种比较可以分为两组。图5示出第一组508,其中,质心像素与两个非相邻的第1近邻比较,而在图6的第二组610中,给定像素仅与单个近邻比较。涉及像素对的比较508涉及最小分数和最大分数的确定。这些被定义如下。

[0135] 最小像素是其值比两个或更多个其它像素的值小的像素。该最小计算可以基于阈值。也就是说,对于要成为最小者的像素,它不仅必须具有比与它进行比较的所有其它像素小的值,而且还必须满足阈值要求。如以上所讨论的,被检查的值可以是与灰度像素

相关联的单个 值或者与彩色像素相关联的值中的一个(或平均值)。

[0136] 最大像素是其值比两个或更多个其它像素的值大的像素。该最大 计算可以基于阈值。也就是说,对于要成为最大者的像素,它不仅必须具有比与它进行比较的所有其它像素大的值,而且还必须满足阈值 要求。如以上所讨论的,被检查的值可以是与灰度像素相关联的单个 值或者与彩色像素相关联的值中的一个。

[0137] 图5的被标记为512的组中的四次像素比较类似于用于计算传统 的数学导数的比较。在这样的比较中,给定像素与其近邻中的两个以 这样的方式比较:例如通过像素524、526和528所看见的,像素及其 两个近邻全都沿着一条线放置。然而,在所公开的实施例中计算的分 数比在传统导数的计算中找到的分数更通用。例如,在组514中,给 定像素与不沿着线的两个邻近拐角比较(如组512中的情况那样)。组518示出涉及不沿着线放置的两个邻近边缘像素的比较(如524、526和528的情况那样)。组516呈现了涉及像素与一个拐角和一个 边缘像素的另一批比较。

[0138] 图5的组508中示出的一批二十次比较可以全部应用于被检查的 像素以确定最小分数和最大分数。这些被定义如下。

[0139] 最小分数是与质心像素相关联的、对像素是最小像素的比较的数 量进行计数的分数。例如,像素值可以与选自八个第1邻近像素的一 对非相邻像素的值比较。存在二十个这样的对,导致二十次比较。最 小分数因此是位于选择范围 $\{0, 20\}$ 中的整数值。存在定义最小分数的 许多方式。例如,比较可以涉及选自16个第2邻近像素的像素对。在 另外的示例中,像素对可以选自任意的像素集合。另外,最小分数可 以相对于涉及具有2、3、4、...、N个像素的像素集合的比较来定义。在另外的实施例中,最小分数可以涉及相对于如下所述的最小阈值的 比较。一般来讲,如果存在用于定义最小分数的M次比较,则最小分 数的值位于范围 $\{0, M\}$ 中。

[0140] 最小阈值是与定义最小分数相关联的阈值。当定义最小阈值时, 最小分数对下述比较的数量进行计数:相对于该比较,在进一步的约 束下,像素可以被认为是最小像素,该进一步的约束是被检查的像素 的值比在比较中所使用的两个其它像素的值小大于或等于 最小阈值的 量。

[0141] 最大分数是与质心像素相关联的、对相对于该像素是最大像素的 比较的数量进行计数的分数。例如,像素值可以与选自八个第1近邻 的一对非相邻像素的值进行比较。存在二十个这样的对,导致二十次 比较。最大分数因此是位于选择范围 $\{0, 20\}$ 中的整数值。存在定义最 大分数的许多方式。例如,比较可以涉及选自16个第2邻近像素的像 素对。在另外的示例中,像素对可以选自任意的像素集合。另外,最 大分数可以相对于涉及具有2、3、4、...、N个像素的像素集合的比较 来定义。在另外的实施例中,最大分数可以涉及相对于如下所述的最 大阈值的比较。一般来讲,如果存在用于定义最大分数的M次比较, 则最大分数的值位于范围 $\{0, M\}$ 中。

[0142] 最大阈值是与定义最大分数相关联的阈值。当定义最大阈值时, 最大分数对下述比较的数量进行计数:相对于该比较,在进一步的约 束下,像素可以被认为是最小像素,该进一步的约束是被检查的像素 的值比在比较中所使用的两个其它像素的值小大于或等于 最大阈值的 量。

[0143] 在可替代的实施例中,可以使用对比较的各种子集,而不是所有 像素对。可能的

分数的范围取决于所涉及的比较的数量。在一个示例中,从传统的数学意义上来讲,如果被检查的像素碰巧为局部极大,则最大分数的最大值将为20。最大分数值的最小值将为0。类似的陈述适用于最小分数。

[0144] 图5中示出的组508的比较是可以在质心像素与第1近邻对之间进行的总共可能数量的比较的子集。在组508中,比较仅被认为涉及非相邻像素对。非相邻像素对是选自彼此不相邻的给定像素的近邻的一对像素。以下讨论考虑相邻和非相邻对的更一般的情况。

[0145] 一般来讲,一对中的第一个像素可以选自8个位置中的一个可能的位置。一对的第二个像素于是可以选自剩余的7个像素以形成一对。通过这种方式,整个对集合包括 $7 \times 8/2 = 28$ 个可能的对。在组508中,总共28个可能的对中仅涉及非相邻像素的20个对被考虑。仅考虑20个对的这个选择是为了使图5中说明的简单而做出的。在各种实施例中,所有的28次可能的比较可以用于产生最小分数、最大分数等。在这样的实施例中,最大或最小分数的范围将是0至28。

[0146] 图6的组610中示出的比较(涉及像素的值与单个邻近像素的比较)引入了定义各种分数的新的可能性。在组620中,像素的值与单个邻近边缘像素比较,而在组622中,像素的值与单个邻近拐角像素进行比较。

[0147] 图6中的每个框中的两个像素被称为增量对。增量对中的两个像素可以以许多方式选择。例如,增量对中的一个像素可以是被检查的像素,第二个像素可以选自其八个第1近邻中的一个。在另一个示例中,增量对中的一个像素可以是被检查的像素,第二个像素可以选自其十六个第2近邻中的一个。在另外的示例中,增量对中的一个像素可以是被检查的像素,第二个像素可以选自任意像素邻域中的一个像素(以下关于图8A-8F对此更充分地讨论)。

[0148] 在涉及增量对的比较中,在负增量对和正增量对之间进行区分是有用的。负增量对是这样的增量对:在该增量对中,增量对中的第二个像素具有比被检查的像素的值小大于阈值的量的值。正增量对是这样的增量对:在该增量对中,增量对中的第二个像素具有比被检查的像素的值大大于阈值的量的值。

[0149] 涉及增量对的比较用于定义增量对分数。负增量对分数是与被检查的像素相关联的、对被检查的像素是其一部分的相关联的负增量对的数量进行计数的分数。正增量对分数是与被检查的像素相关联的、对被检查的像素是其一部分的相关联的正增量对的数量进行计数的分数。

[0150] 图7A示出可以用于定义各种基于矢量的分数的像素矢量。像素矢量是通过若干个像素(即,像素集合)延伸的线段。像素矢量通过线集合中的像素的数量以及该集合的方位表征。像素矢量与质心像素相关联。在一个实施例中,每像素存在八个矢量(其沿着罗经方向N、NE、E、SE、S、SW、W和NW定向)。许多其它方位是可能的,还有弯曲矢量(即,包括可以具有不同方位的几个线段的矢量)也是可能的。

[0151] 涉及像素矢量的比较在针对边缘检测的实施例中是有用的。在示例中,矢量可以定义为在质心像素处终止,具有预定义长度,并且具有由八个罗经点N、NE、E、SE、S、SW、W、NW中的一个指定的方向。图7A中示出的矢量具有罗经方向NE。(注意,由于箭头指向质心像素,所以根据我们标记矢量的方式,矢量“指向”相反方向。我们的矢量标记指的是矢量所在的一侧、或者从质心像素到矢量的方向,而不是矢量指向的方向。)在简单的实施例

中,通过取像素1,2,⋯ m的值的平均来定义矢量值。

[0152] 图7B示出跨越罗经方向N、NE、E、SE、S、SW、W、NW的一批矢量。图7B中被选择具有方向E(水平向右)、长度为m(正整数)的矢量包含m个像素。如果 $m=2$,则矢量将由位于被检查的质心像素的右侧的一个和两个像素组成。

[0153] 图7C示出下采样。图7C的中心的四个像素加有阴影。在一些实施例中,对这四个最里面的像素进行平均以定义有效像素可能是有利的。在这样的实施例中,图像将被分割为像素块(像图7C中的四个阴影像素那样),其将被平均以确定有效像素。类似地,16(或25、或64等)个像素的块可以被平均以定义有效像素。对各种像素集合进行平均的概念可以用于定义所有类型的分数,包括最小分数、最大分数、增量对分数以及矢量分数。可以通过各种有效像素之间的比较来定义大量分数(以下相对于图8G-8H对此更充分地讨论),该各种有效像素通过以与对于单个像素定义分数相同的方式对像素块进行平均来确定。

[0154] 图7C中示出的每个这样的矢量具有相关联的矢量值。主矢量被定义为其值与质心像素的值最不同的矢量。一般地基于矢量的比较以及特别地基于主矢量的比较的考虑在针对边缘检测的实施例中是有用的。

[0155] 图8A-8F示出“跳过间隔”。跳过间隔指的是当像素或像素组与另一个不相交像素或像素组比较时。例如,如果给定像素与选自十六个周围的第2近邻比较,但是不进行涉及第1近邻的比较,则处理被说成是跳过间隔。

[0156] 图8A示出第一个像素X与第二个像素Y比较的处理。因为在比较中不考虑被标为0的像素,所以这被称为跳过间隔。从这个意义上讲,一个像素的间隔被跳过。

[0157] 图8B示出第一个像素X与第二个像素Y比较、同时跳过两个像素的间隔的处理。一般来讲,可以跳过任意大小的间隔。

[0158] 图8A和8B中被标为X和Y的像素可以被认为是增量对的成员。因此,增量对和增量对分数的所有以前的讨论都可以扩展到包括跳过间隔。因此,图6中的所有比较如图8A和图8B中示出的那样推广。

[0159] 类似地,图5中示出的比较(其用于定义最小像素、最大像素、最小分数和最大分数)可以推广到包括如图8C和图8D中示出的跳过间隔。

[0160] 图8C示出要与被标为X的被检查的像素比较的被标记为Y的一对像素。在比较中被忽略(跳过)的像素用0标出。

[0161] 图8D示出相对于被检查的像素X定义一对像素Y的类似情况。在这种情况下,这些对跳过两个像素的间隔。在比较中被忽略(跳过)的像素用0标出。

[0162] 跳过间隔的概念非常通用。例如,如果给定像素与选自一批十六个第2近邻的像素比较,但是不进行涉及八个第1近邻的比较,则处理被说成是跳过间隔。图8E和图8F中示出这种情况。质心像素用X标出,并且是被检查的像素(即,对于其确定分数的像素)。十六个第2邻近像素分别用Y标出。八个第1近邻(分别用0标出)表示质心像素与第2近邻之间的间隔。

[0163] 可以定义涉及下采样和跳过间隔的许多更多的比较。图8F中示出这样的情况。不是图8E的单个质心像素,而是一组四个像素(被标为X)被检查。可以对这四个像素进行平均以产生用于与另一组像素(被标为Y)比较的有效像素。可以在执行比较之前对被标为Y的四个像素进行平均。相反,被标为X的单个像素可以分别与被标为Y的单个像素比较。这

是一组像素可以与另一组单个地或者在涉及平均 的比较中进行比较的像素比较的说明。在图8F中还通过在比较中被 忽略的用0标出的一组像素示出跳过间隔的概念。

[0164] 图8G示出像素集合802定义有效像素的情况。集合802中的四 个像素的值被平均以定义有效质心像素值。该有效像素值然后可以用 于与其它单个像素值进行比较,或者与通过其它像素集合上的类似的 平均而获得的其它有效像素值进行比较。这是为了最小、最大、增量 对以及矢量比较而对图像下采样。

[0165] 图8H示出考虑像素集合804以定义有效像素的情况。在该示例 中,集合804中的十六个像素的值被平均以定义有效质心像素值。该 有效像素值然后可以被用于与其它单个像素值进行比较,或者与通过 其它像素集合上的类似的平均而获得的其它有效像素值进行比较。

[0166] 图8I示出相对于单个质心像素806以及通过对两个其它像素808 和809进行平均而获得的有效像素而定义增量对的情况。在该示例中, 像素808和809的值被平均以给出有效像素的值。该有效像素然后被 认为是增量对中的第二个像素。该示例示出增量对的定义不需要限于 涉及仅两个单一像素的比较。在该示例中,定义增量对涉及三个像素。通过扩展,可以相对于任意两个像素集群定义增量对。在这样的情况 下,第一个集群中的像素的值被平均以给出第一个有效像素值。第二 个集群中的像素的值然后被平均以给出第二个有效像素值。然后,这 两个有效像素将被用于定义增量对。如以上所讨论的,两个像素集群 可以不相交,并且增量对可以涉及跳过间隔。

[0167] 图8J示出用于定义最大或最小像素的比较,其中,各个像素被平 均以给出有效像素。在这种情况下,像素812和814的值被平均以给 出第一个有效像素值。然后像素816和818被平均以给出第二个有效 像素值。这些第一个和第二个有效像素值与单个像素810比 较以定义 最大或最小分数。在该示例中,像素810可以被评估为最大像素或最 小像素。该示例示出最小分数和最大分数的定义不需要限于三个像素 的比较。在该示例中,在比较中涉及五个像素。通过扩展,可以相对 于任意三个像素集群定义最小和最大分数。在这样的 情况下,第一个 集群中的像素的值被平均以给出第一个有效质心像素值。第二个集群 中的像素的值然后被平均以给出第二个有效像素值。最后,第三个集 群中的像素的值然后被平均以给出第三个有效像素值。然后,这三个 有效像素将被用于定义最小分数和最大分 数。如以上所讨论的,三个 像素集群可以不相交,并且比较可以涉及跳过间隔。

[0168] 图8K示出矢量的概念的一般化。像素线820示出定义像素矢量 的单个像素822。该像素线可以用于进行比较。这样的比较可以包括 定义矢量值、主矢量等。如以上所讨论的, 像素块可以用于定义平均 像素。图8K中描绘了连同邻近像素824考虑诸如822的单个像素的 另外的情况。矢量有效地变得更宽(更多的像素被一起平均)。如以 上所定义的,可以以多种方式定义像素邻域。在这种情况下,沿着线 820的像素的邻域由如图8K中的阴影像素(像素824是其示例)所表 示的线826和828所包含的区域内的像素定义。

[0169] 图8L示出涉及质心像素的值(灰色)及其相对于多个矢量的值 的矢量比较。在该实施例中,可以确定质心像素是增大矢量倾斜(slope) 还是减小矢量倾斜的一部分。在该实施例中,矢量被分析,与质心像 素进行比较,并且质心像素可以被调整。

[0170] 图8M的线830示出与规则的八个罗经点不对准的各个角度处的 矢量。由于奇角 度,这些矢量并非总是正好通过像素的中间延伸。矢 量值将使用矢量通过其延伸的像素的

值的加权平均来计算。允许任意 加权函数。例如,平均计算中的像素的权重可以与和该像素重叠的矢量段的长度成比例。当允许不在罗经点上的矢量时,矢量的长度更有可能以几何术语、而不是简单的像素计数来定义。图8M示出了从表面上看起来非常接近相同长度的矢量(不同于比如说图7B)。使用物理上相同长度(而不是简单地具有相同数量的像素)的矢量在任意实施例中可以是有用的,但是当使用奇角度时更加典型。

[0171] 图8N示出被组合的不同长度的矢量图像。在示例中,可以组合两个、四个和六个像素的矢量。可以以所期望的百分比量来混合图像。优点在于,当不同矢量长度揭示不同细节时,组合它们可以生成单个高度有用的图像。

[0172] 图8O示出将基本发明扩展到3维,在该示例中,多个连续图像、数字视频图像的帧可以被评分。这里,部分834上的832处的质心像素(灰色)具有在下方的部分836和上方的部分838上示出的26个第1近邻。这些部分可以与数字电影中的图像帧相关。

[0173] 图8P示出另一个实施例,其中,矢量840不是线,而是很宽以致与更多个像素交叉。在这种情况下,像素在平均处理中的权重可以与宽矢量和像素的交叉的面积成比例。

[0174] 图8Q示出具有非恒定宽度的宽矢量842。因此,在计算矢量值中使用的像素的数量是离质心像素的距离的函数。在所画出的示例中,线离质心像素越远,该线的宽度增大,因此增加了在外部区域中考虑的像素的数量。如果这对于外部像素给予太多权重,则可以使用如下对于图9所描述的加权来进行补偿。

[0175] 图9示出本发明的另一个实施例,像素值可以按照它们离质心像素的距离的函数进行加权(如FFT计算中的窗中那样)的方法。例如,加权计算可以应用于每个矢量的像素值平均,使得像素的中间范围将对平均处理具有更多的影响。曲线的加权类型可以变化。图9仅示出四条曲线,但是存在无限数量的可能性。加权曲线不需要是对称的。例如,外部像素可能需要比内部像素更大或更小的权重。特别地,给予像素的权重可以在离质心像素较大的距离处逐渐减小为零。因此,矢量不会突然结束。此外,跳过间隔可以通过在某些距离处使权重为零来实现。与逐渐减小和各种矢量角度组合,间隔将更一般化—不具有突然的边界。该加权还为本发明提供组合矢量图像的方式。这允许增强图像可以具有更多和/或不同的定义。

[0176] 本领域的普通技术人员将意识到,可以使用到目前为止引入的概念(像素比较、矢量比较、平均、跳过间隔等)的组合来产生多种多样的比较。同样地对于每一个这样的比较,可以定义一个或多个分数。这样的分数可以被分配给单个像素、像素集合、像素矢量等。因此,基于本文中呈现的教导和指导,所有这样的比较和相应的分数意图在所公开的实施例的等同形式的范围和意义内。

[0177] 图10A和10B示出可以如何基于利用最小者和最大者的一个或多个分数来调整质心像素值以定义质心像素分数。图10A中的垂直线示出可以与像素相关联的值的范围{0, 1}。

[0178] 图10A示出最小像素的调整。在第一个示例中,质心像素具有起始值0.2。一般来讲,具有最小分数的像素将被减小。该减小可以表达为百分比。百分比减小可以选择为分数的函数。例如,假定选择将0.2值减小区间{0.2, 0}的0.5倍,则如所示,新值将为0.1。在另一个示例中,像素具有值0.7,并且具有某个最小分数。如果在该示例中,值也要减小区间{0.7, 0}的0.5倍,则如所示,新值将减小到0.35。这些示例假定50%减小。这是任意选

择。任意其它百分比或变化曲线也可以如各种算法所确定的那样被选择。在另外的示例中,值不需要减小,而是可以通过相同的方法增大。对于具有最大分数的像素将是如此。

[0179] 在图10B中,质心像素值增大。这示出可以如何基于一个或多个分数来调整质心像素值。图10B中的垂直线示出像素值的范围 $\{0,1\}$ 。在图10B中,最小值为0,最大值为1。图10B示出最大像素的调整。在第一个示例中,质心像素具有起始值0.3。一般来讲,具有最大分数的像素将被增大。该增大可以表达为百分比。百分比增大可以是分数的函数。例如,假定选择将0.3像素值增大区间 $\{0.3,1\}$ 的0.5倍,则新值将为0.65—如所表示的那样。在另一个示例中,像素具有值0.9,并且具有某个最大分数。如果在该示例中,值也要增大区间 $\{0.9,1\}$ 的0.5倍,则如所示,它将增大到0.95。这些示例假定50%增大。任意其它百分比或变化曲线也可以如各种算法所确定的那样被选择。

[0180] 图10C示出可以如何基于增量对来调整像素的值。图10C中的垂直线示出值的范围 $\{0,1\}$ 可以与像素相关联。这里,百分比调整不表示要被调整的值与1或0之间的差的减小;它表示增量对中的增量增大的百分比。不是仅调整一个像素的值来减小它与0或1之间的差,而是调整两个像素的值来增大它们之间的差。通过使用0.15的增量对阈值示例和50%的调整值,下部的像素的值将降低至0.26,上部的像素的值将增大至0.48,使差从0.15增大到0.22—50%增大。此外,可以使用阈值。例如,为了有资格进行这种类型的调整,增量对必须具有至少0.15的差。

[0181] 图10D示出可以如何基于矢量来调整质心像素值。图10D中的垂直线示出可以与像素相关联的值的范围 $\{0,1\}$ 。当与质心像素相关联的主矢量被确定时,然后可以调整质心像素。在该示例中,像素增大50%,从0.3的值增大到0.65。

[0182] 调整函数是用于调整值的函数。调整函数可以选择为取在范围 $\{0,1\}$ 中给出的输入值“r”,并且返回也位于范围 $\{0,1\}$ 中的相应的调整值“s”。一般来讲,该函数可以使用通用函数“T”被指定为: $s=T(r, c)$,其中,参数“c”与以上定义的一个或多个分数相关。根据本发明的实施例,可以构造可以包括分数信息“c”的许多调整函数。在一个实施例中,可以选择幂次函数。例如,起始值“r”可以根据以下函数变换为新的值“s”:

$$[0183] \quad s=r+(1-r)*c^p*f,$$

[0184] 其中,“p”是用户选择指数,“f”是取决于“c”的最大值和“p”的归一化因子。例如,“p”可以选择为任意正实数。因子“f”可以选择使得变换的值“s”将位于区间 $\{0,1\}$ 内。该特定选择假定输入值“r”也位于区间 $\{0,1\}$ 内。例如,如果计数“c”的最大值为“cmax”,则归一化因子选择为: $f=1/(cmax)^p$ 。

[0185] 在另一个示例实施例中,调整函数可以是:

$$[0186] \quad s=r-r*c^p*f$$

[0187] 可以使用任意函数。所有这样的调整函数都被认为在所公开的实施例的范围内。在实施例中,参数“c”可以选择为分数(即,最小分数、最大分数等)中的一个。

[0188] 图11是示出根据本发明的实施例的用于产生数字图像的评分像素调整的方法的流程图。在该方法中,接收1104具有一批像素的数字图像1102,其中每个像素具有相应的值。该数字图像可以例如从本地或远程数字存储器或者从图像捕获设备接收。此外,对于多个像素中的每一个的以下操作1106中的至少一个被执行:确定最小分数,确定最大分数,确定增量对分数,以及确定矢量分数。接着,基于以下中的至少一个来调整1108像素

值:最小分数、最大分数、一个或多个增量对分数以及一个或多个矢量分数,以产生相应的调整像素值。接着,基于调整像素值来产生1110调整图像。最后,调整图像1114被输出1112。在该方法中,获得、确定、产生和输出由一个或多个机器执行。根据本发明,输出包括显示、打印、存储或传输调整图像中的任意一个(以下相对于图12进行讨论)。

[0189] 图12是示出根据本发明的实施例的用于产生数字图像的评分像素调整的计算机实现的系统1200的框图。

[0190] 系统1200包括接收器模块1204、分数产生模块1206、值调整模块1208、图像调整模块1210以及输出模块1212。输出模块可以包括例如存储设备1214和显示设备1216。另外,该系统可以包括混合模块1218。

[0191] 接收器模块1204被配置为接收具有一批像素的数字图像1202,其中每个像素具有相应的值。该图像可以从数据存储器或者从图像捕获设备接收。分数产生模块1206被配置为对于多个像素中的每一个确定以下量中的至少一个:最小分数、最大分数、一个或多个增量对分数以及一个或多个矢量分数。像素值调整模块1208被配置为基于所述一个或多个分数来调整所述多个像素的值。图像调整模块1210被配置为基于调整的像素值来产生调整图像,并且输出模块被配置为输出调整图像。可以基于各种分数来产生多个图像。这样的多个图像可以使用混合模块1218彼此组合和/或与原始输入图像组合。例如,可以基于最小分数、最大分数、增量对分数以及矢量分数来产生四个图像。通过混合模块1218然后可以产生合成图像,其中,调整图像中的每一个的像素分数连同原始图像中的像素分数乘以百分比。因此,所得图像的每个像素具有其通过被组合的相应的图像的值的加权平均而给出的值。

[0192] 图13是示例机器1300,其中,本发明的实施例或其部分可以实现为计算机可读代码形式的程序指令。作为示例,机器1300可以是基于处理器的计算设备。这样的基于处理器的计算设备也通常被称为计算机。

[0193] 图13中示出的系统的组件或模块可以在一个或多个计算机系统1300或其它处理系统中使用硬件、软件、固件、具有存储在其上的指令的有形计算机可读介质或其组合来实现。

[0194] 系统1300可以包括一个或多个处理器1302、GPU 1314、一个或多个非易失性存储介质1304、一个或多个存储器设备1306、通信基础设施1308、显示设备1310以及通信接口1312。处理器1302可以包括任意传统的或特殊用途的处理器,包括但不限于,数字信号处理器(DSP)、现场可编程门阵列(FPGA)以及专用集成电路(ASIC)。

[0195] GPU 1314(图形处理单元)是并行地执行为复杂图形和数学运算而选择的指令和程序的专用处理器。

[0196] 非易失性存储器1304可以包括硬盘驱动器、闪存以及可以将计算机程序指令和数据存储在计算机可读介质上的相似设备中的一个或多个。一个或多个非易失性存储设备1304可以是可移动存储设备。

[0197] 存储器设备1306可以包括一个或多个易失性存储器设备,诸如但不限于,随机存取存储器。通信基础设施1308可以包括一个或多个设备互连总线,诸如以太网、外围组件互连(PCI)等。

[0198] 一般地,计算机指令被一个或多个处理器1302执行,并且可以被存储在非易失性

存储介质1304和存储器设备1306中。

[0199] 显示器1310允许计算机操作的结果被显示给用户或应用程序开发者。这可以是屏幕或打印机或任意其它显示设备。

[0200] 通信接口1312允许软件和数据在计算机系统1300与外部设备之间传送。通信接口1312可以包括调制解调器、网络接口(诸如以太网卡)、通信端口、USB插槽和卡、等等。经由通信接口1312传送的软件和数据可以为信号的形式,所述信号可以是电信号、电磁信号、光信号或能够被通信接口1312接收的其它信号。这些信号可以经由通信路径提供给通信接口1312。通信路径携带信号,并且可以使用电线或电缆、光纤、电话线、蜂窝电话链路、RF链路或其它通信信道来实现。这包括将打印图像或CD放入信封中并且邮寄它。

[0201] 实施例还可以针对计算机程序产品,这些计算机程序产品包括存储在任意计算机可读介质上的软件的形式程序指令。这样的软件在被一个或多个数据处理设备执行时使所述设备如本文中描述的那样操作。本发明的实施例可以利用任意计算机可读介质。计算机可读介质的示例包括但不限于,主存储设备(例如,任意类型的随机存取存储器)、二级存储设备(例如,硬盘驱动器、软盘、USB、CD ROM、ZIP盘、磁带、磁存储设备、光存储设备、MEM、纳米技术存储设备等)。

[0202] 一般地,计算机指令被一个或多个处理器1302执行,并且可以被存储在非易失性存储介质1304或存储器设备1306中。计算机指令可以以编译文件、可执行文件或共享库存储在系统1300上。计算机指令还可以包括在由处理器1302操纵的软件堆栈的层、例程、子例程中。

[0203] 图14示出被配置为产生组合调整图像1414以及一个或多个二次图像1420的系统1400。系统1400是系统1200的一般化。图14中示出的系统的组件或模块可以在一个或多个计算机系统1300或其它处理系统中使用硬件、软件、固件、具有存储在其上的指令的有形计算机可读介质或其组合来实现。

[0204] 系统1400包含用于产生分数的模块1404、用于调整值的模块1406以及用于产生调整图像的模块1408。模块1404(1)被配置为如果控制开关1402(1)接通,则接收原始图像1402。模块1404(1)确定最小分数并且模块输出是模块1406(1)的输入。另外,该输出可以用于产生辅助图像(辅助图像输出未示出)。模块1406(1)基于模块1404(1)产生的最小分数来调整值,并且向模块1408(1)提供输入。模块1408(1)产生基于最小的图像。基于最小的图像是通过从原始图像1402选择多个像素并且根据最小分数调整像素值而产生的新图像。

[0205] 模块1404(2)被配置为如果控制开关1402(2)接通,则接收原始图像1402。模块1404(2)确定最大分数,并且模块输出是模块1406(2)的输入。另外,该输出可以用于产生辅助图像(辅助图像输出未示出)。模块1406(2)基于模块1404(2)产生的最大分数来调整值,并且向模块1408(2)提供输入。模块1408(2)产生基于最大的图像。基于最大的图像是通过从原始图像1402选择多个像素并且根据最大分数调整像素值而产生的新图像。

[0206] 模块1404(3)被配置为如果控制开关1402(3)接通,则接收原始图像1402。模块1404(3)确定增量对分数,并且模块1404(3)的输出作为输入提供给模块1406(3)。另外,该输出可以用于产生辅助图像(辅助图像输出未示出)。模块1406(3)基于模块1404(3)产生的增量对分数来调整值,并且向模块1408(3)提供输入。模块1408(3)产生基于增量对的

图像。基于增量对的图像是通过从原始图像1402选择多个像素并且根据增量对分数调整像素值而产生的新图像。

[0207] 模块1404 (4) 被配置为如果控制开关1402 (4) 接通,则接收原始图像1402。模块1404 (4) 确定基于矢量的分数,并且模块1404 (4) 的输出作为输入提供给模块1406 (4)。另外,该输出可以用于产生辅助图像 (辅助图像输出未示出)。模块1406 (4) 基于模块1404 (4) 产生的基于矢量的分数来调整值,并且向模块1408 (4) 提供输入。模块1408 (4) 产生基于矢量的图像。基于矢量的图像是通过从原始图像1402选择多个像素并且根据基于矢量的分数调整像素值而产生的新图像。

[0208] 接着,模块1412被配置为产生组合调整图像,该组合调整图像是通过组合以下中的两个或更多个而产生的新图像:基于最小的图像、基于最大的图像、基于增量对的图像以及基于矢量的图像。组合调整图像的每个像素的值被分配为以下中的两个或更多个的相应值的固定百分比:基于最小的图像、基于最大的图像、基于增量对的图像以及基于矢量的图像。在组合调整图像中,基于最小的图像被分配固定百分比1410 (1),基于最大的图像被分配固定百分比1410 (2),基于增量对的图像被分配固定百分比1410 (3),基于矢量的图像被分配固定百分比1410 (4)。在产生组合调整图像时,百分比的和 $1410 (1) + 1410 (2) + 1410 (3) + 1410 (4) = 100\%$ 。另外,原始图像的相应百分比1410 (5) 也可以被组合以产生组合调整图像。在这种情况下,相对百分比将满足 $1410 (1) + 1410 (2) + 1410 (3) + 1410 (4) + 1410 (5) = 100\%$ 。所得的组合调整图像然后可以作为输出1414提供。组合调整图像可以通过显示、存储或传输组合调整图像来被输出1414。

[0209] 除了以上所讨论的调整图像1408及其组合之外,输出图像1414 还可以采取另外的形式。例如,图像可以直接从像素分数产生。例如,不是调整图像的像素值来产生新图像,而是新图像可以具有直接由分数给出的值。另外,如本领域所已知的,输入或输出图像1414可以是直方图图像,其为数字图像的单个像素值计数的表格和/或图形表示。

[0210] 除了输出组合调整图像1414之外,组合调整图像还可以作为输入提供给模块1416 (1)、1416 (2) 和1416 (3) 中的一个或多个。模块1416 (1) 被配置为产生差图像,该差图像是通过从原始图像减去组合调整图像的值而产生的新图像。模块1416 (2) 被配置为产生比较图像,该比较图像是作为调整图像和原始图像的并排比较的新图像。模块1416 (3) 被配置为产生混合图像,该混合图像是通过将调整图像与原始图像组合而产生的新图像。混合图像中的每个像素的值是调整图像和原始图像中的相应值的百分比加权平均。

[0211] 接着,模块1416 (1)、1416 (2) 和1416 (3) 的输出被输入到模块1418, 模块1418被配置为产生一个或多个二次图像。二次图像是差图像、比较图像、混合图像或其任意组合中的任意一个。

[0212] 所得的二次图像被输出1420。二次图像可以通过显示、打印、存储或传输它来被输出。

[0213] 以上已经在示出指定功能及其关系的实现的功能构建块的帮助下描述了实施例。这些功能构建块的边界为了描述的方便在本文中已被定义。可以定义可替代的边界,只要适当地执行指定功能及其关系即可。

[0214] 前面特定实施例的描述将充分地揭示本发明的一般性质,使得其它人可以通过应用本领域的技能内的知识,在没有过度实验的情况下,在不脱离本发明的一般概念的情

况下,容易针对各种应用调整和/或修改这样的特定实施例。因此,基于本文中呈现的教导和指导,这样的修改和调整意图在所公开的实施例的意义和范围内。要理解,本文中的措辞或术语是为了描述的目的,而不具有限制性,使得本说明书的术语或措辞要被本领域技术人员根据教导和指导进行解释。

[0215] 发明内容和摘要部分可能没有阐述发明人所设想的本发明的所有示例性实施例,因此,并非意图以任意方式限制本发明和权利要求书。

[0216] 本发明的广度和范围不应由上述示例性实施例中的任意一个限制,而是应仅根据随附的权利要求书及其等同形式来定义。



图1A



图1B



图1C

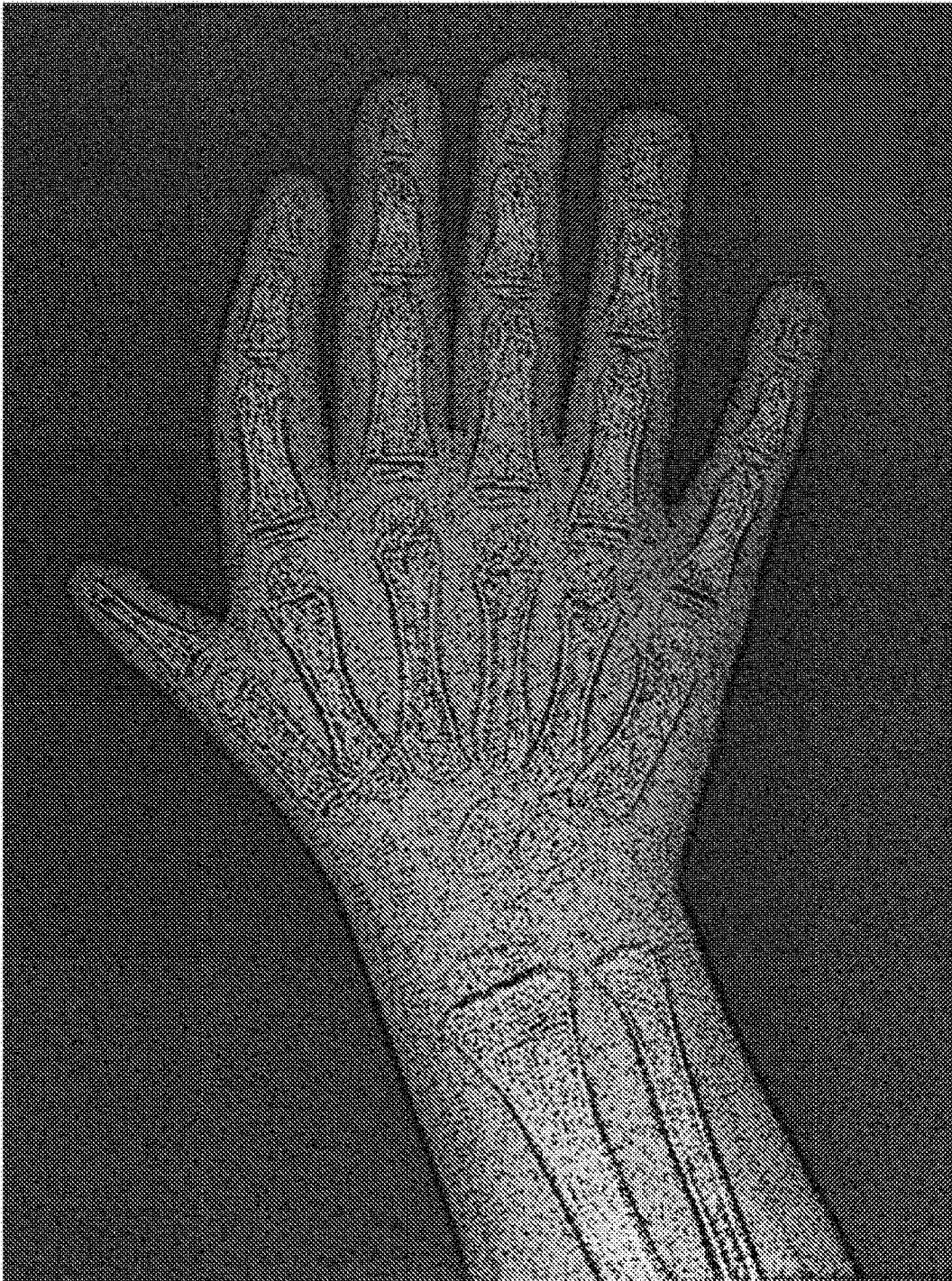


图1D

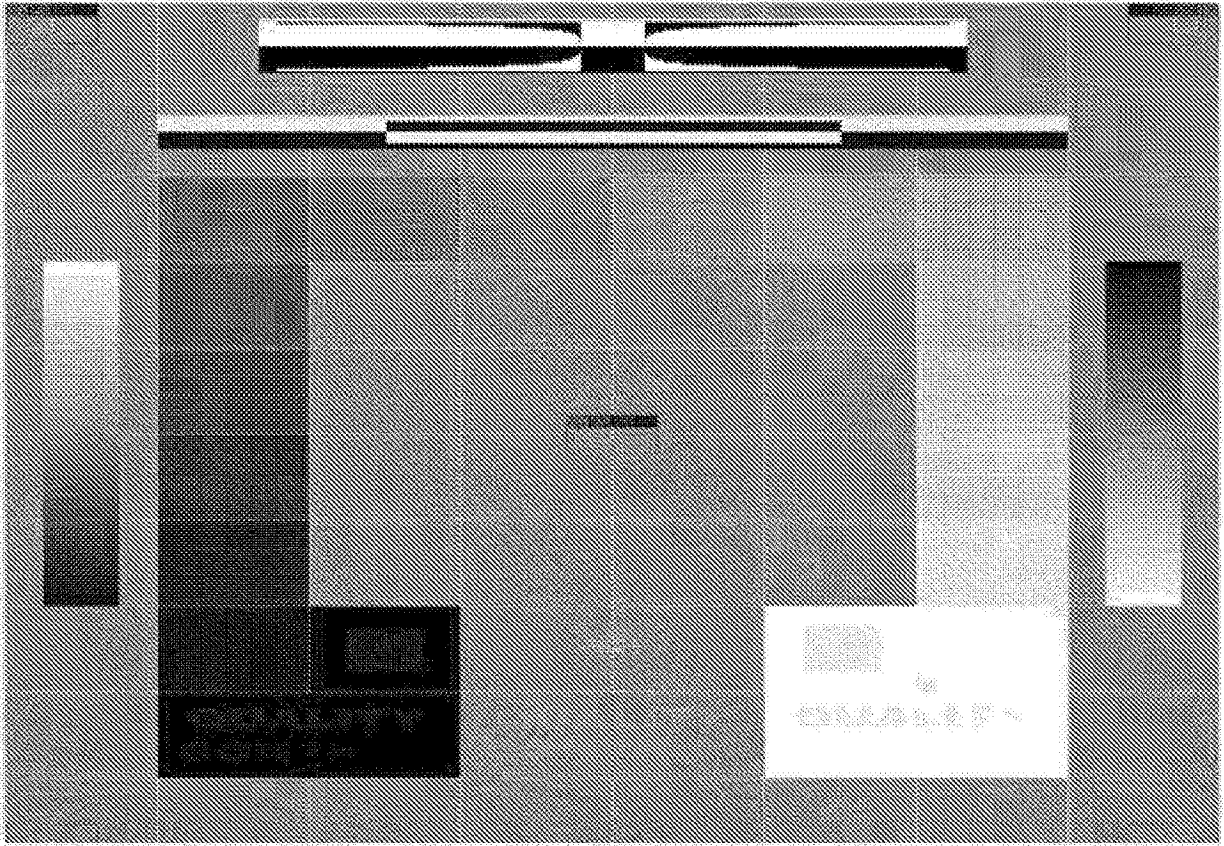


图2A

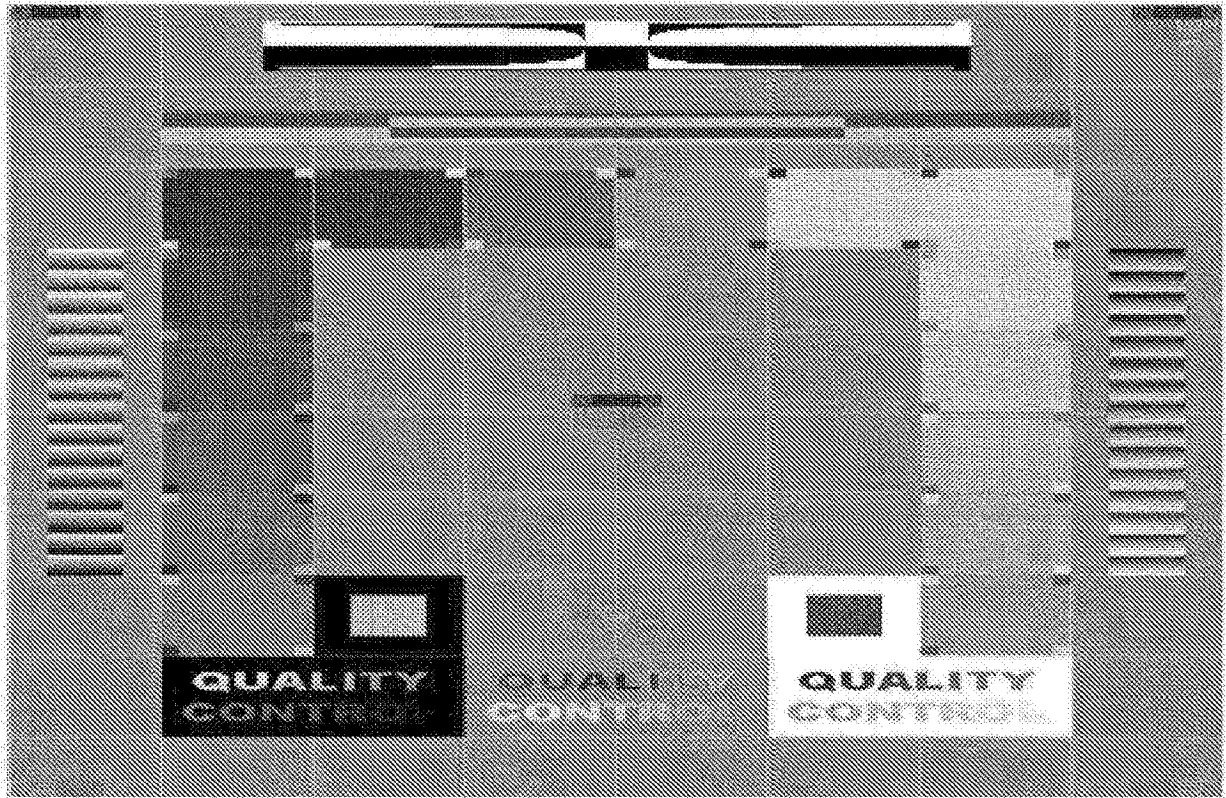


图2B

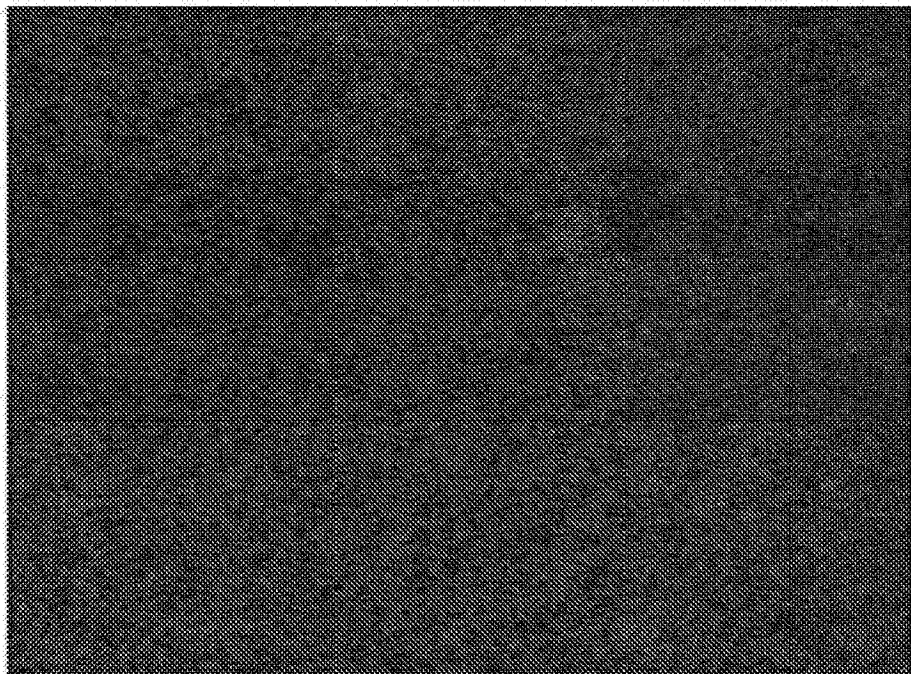


图3A

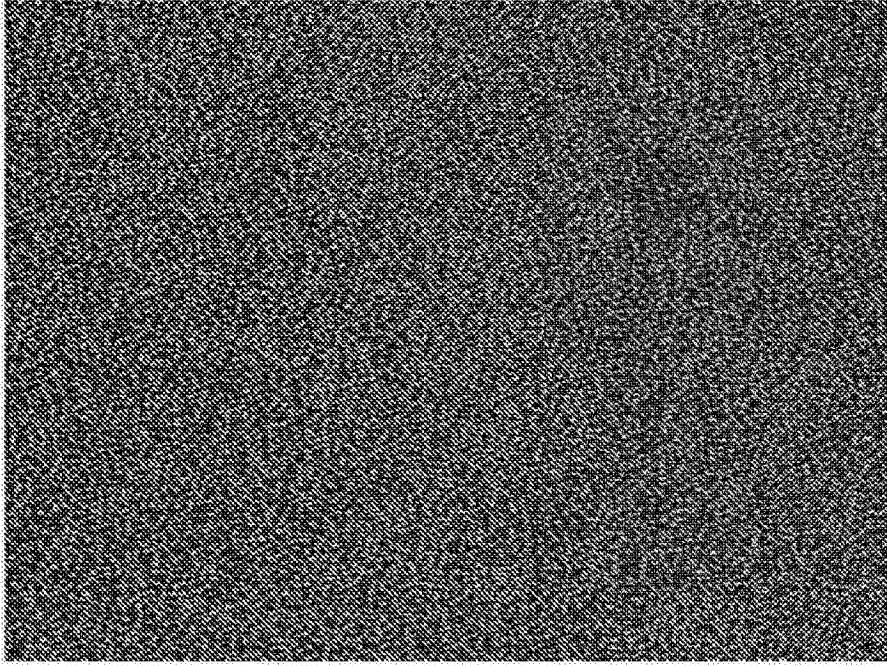


图3B

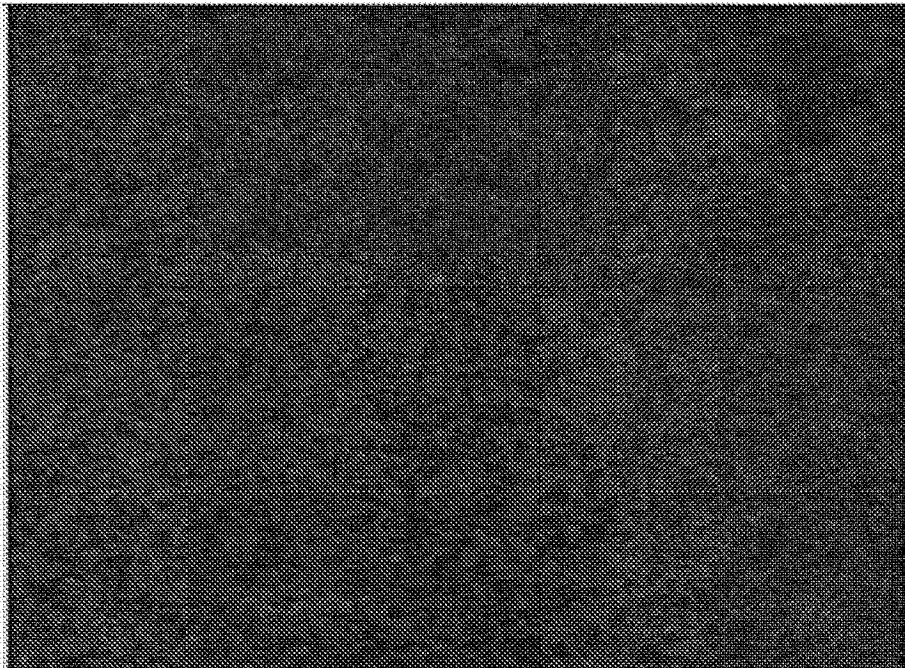


图3C

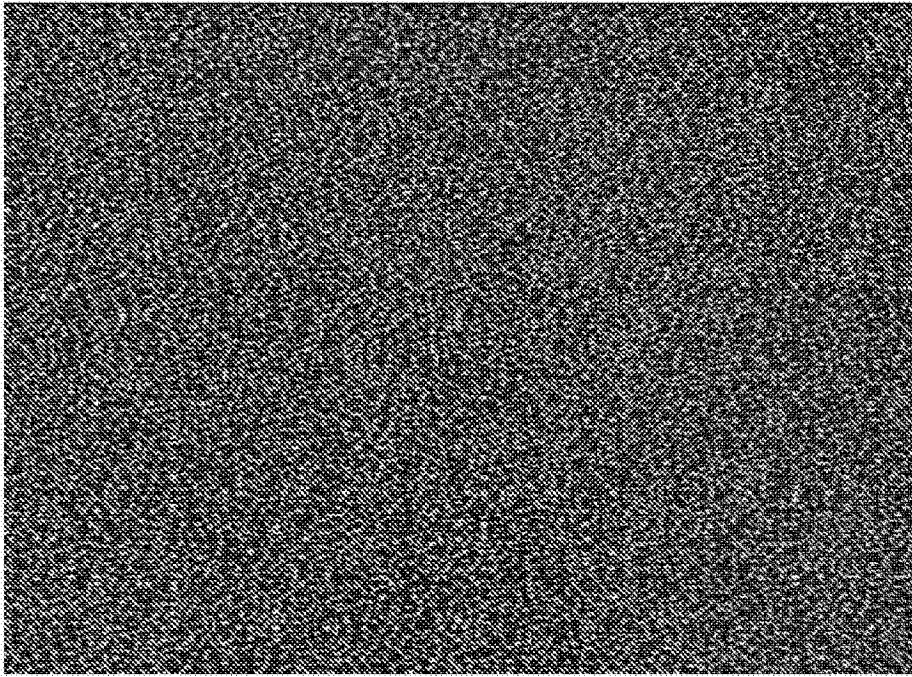


图3D



图4A



图4B



图4C

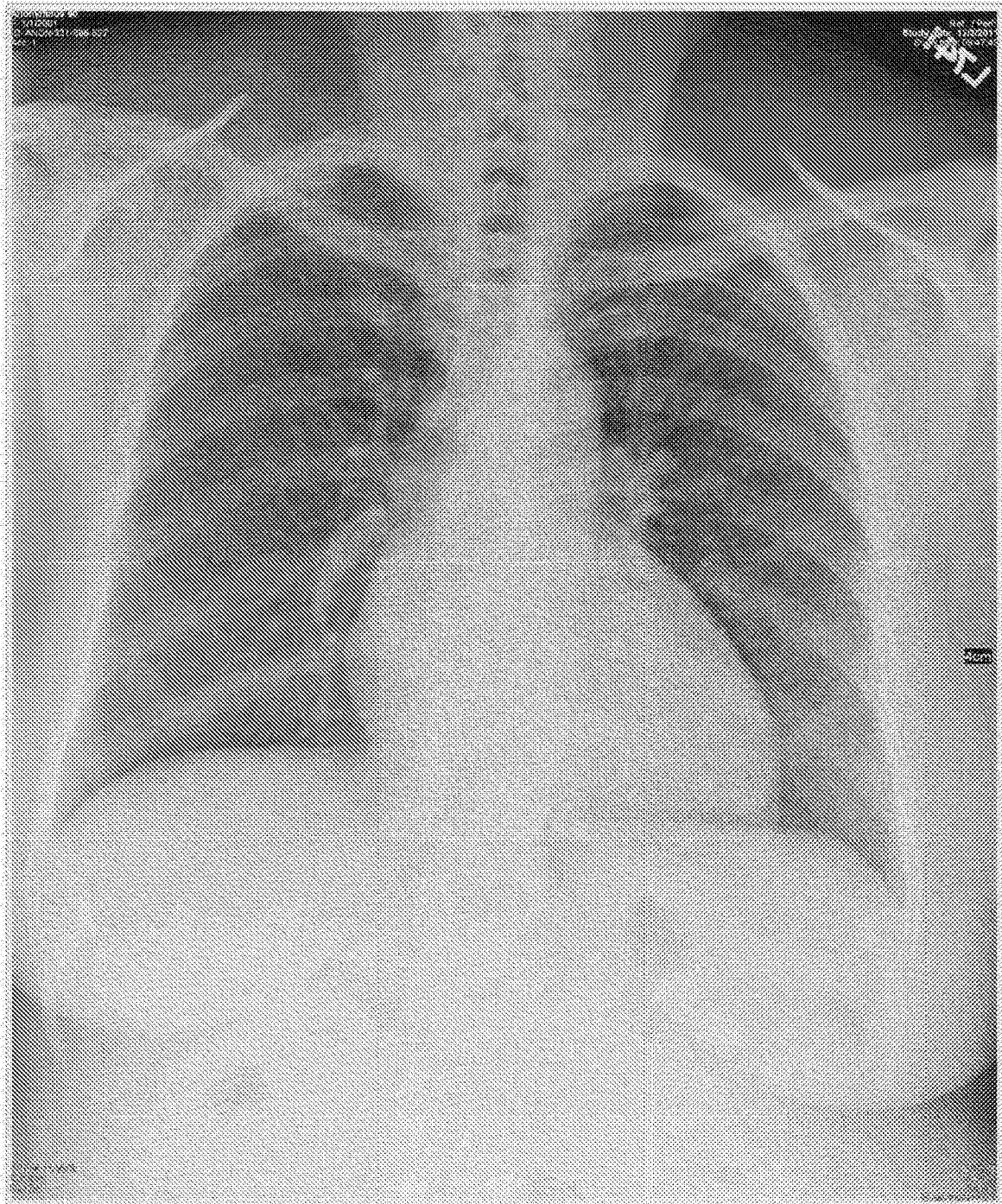


图4D

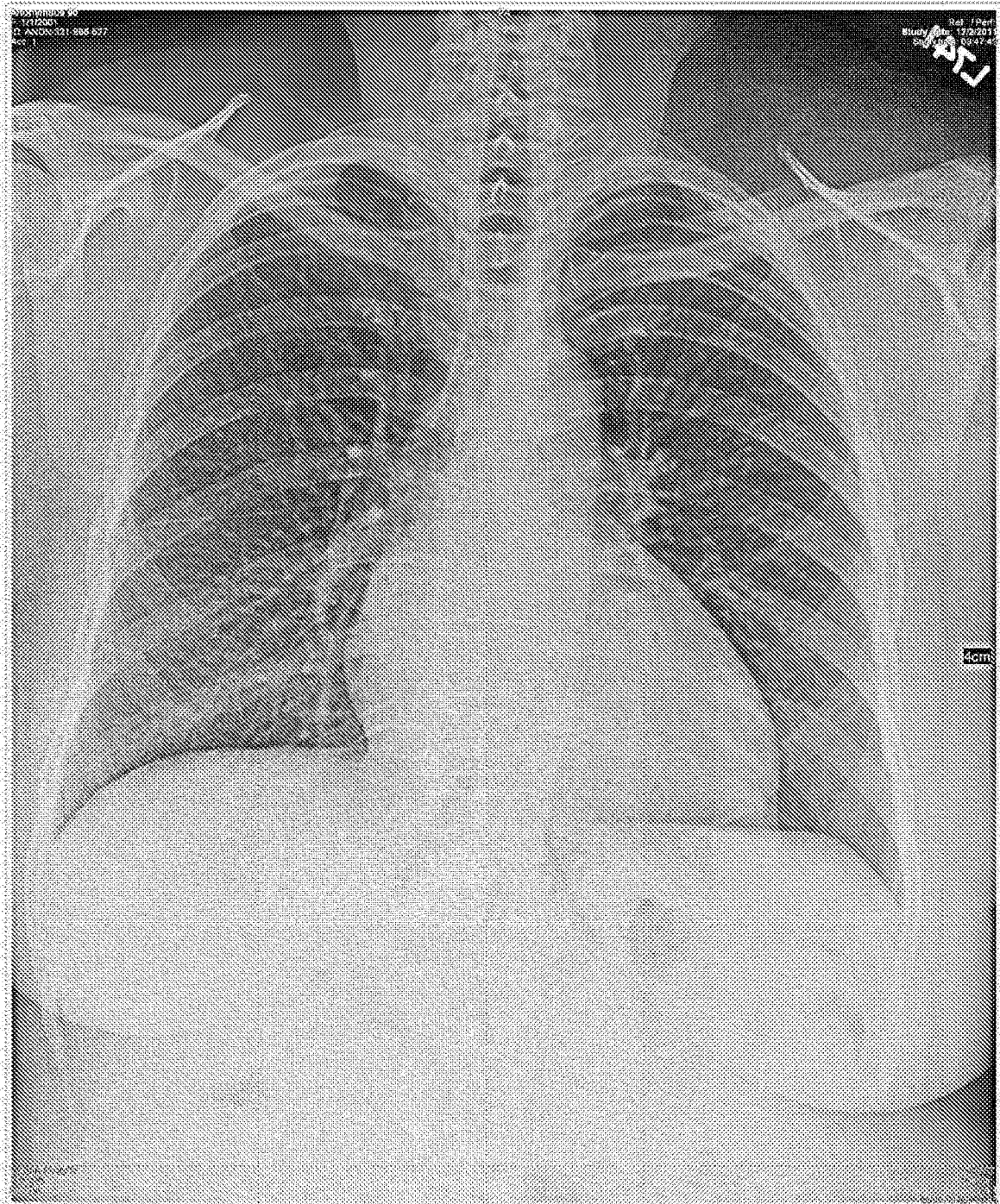


图4E

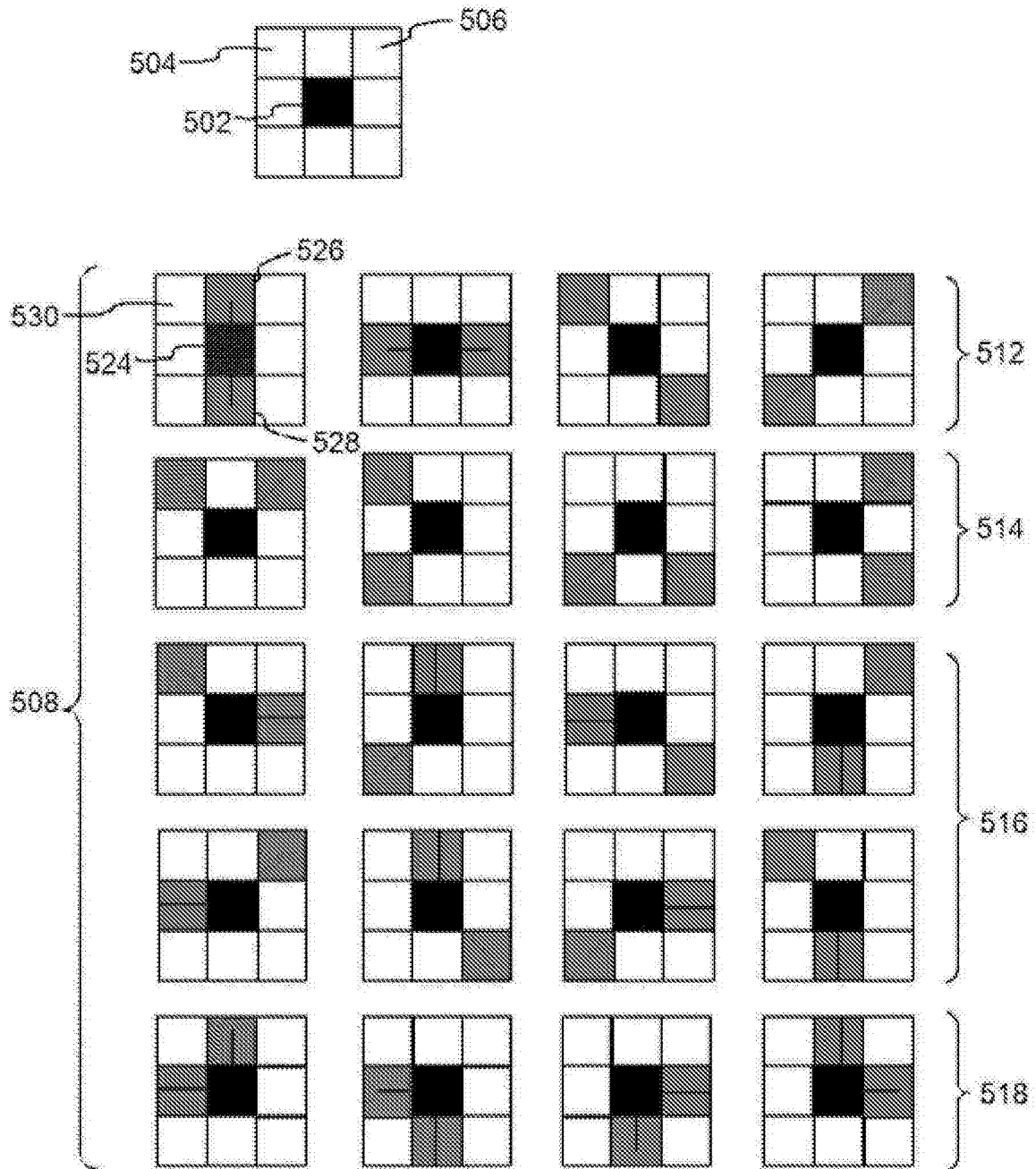


图5

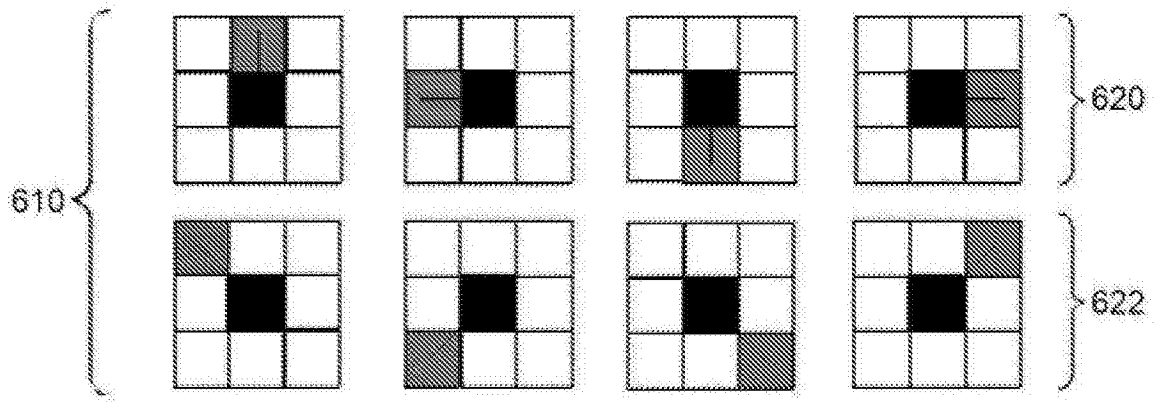


图6

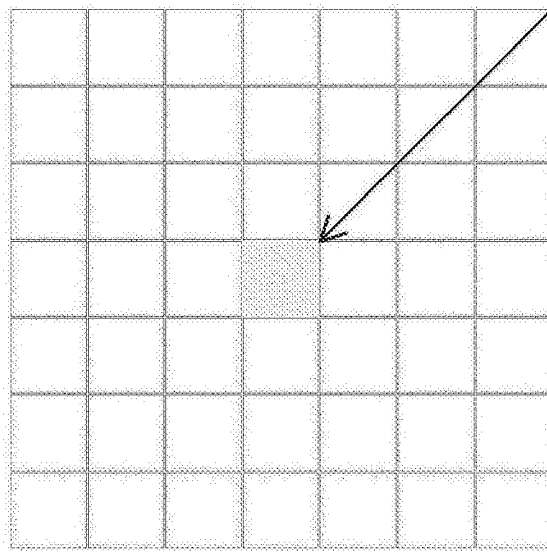


图7A

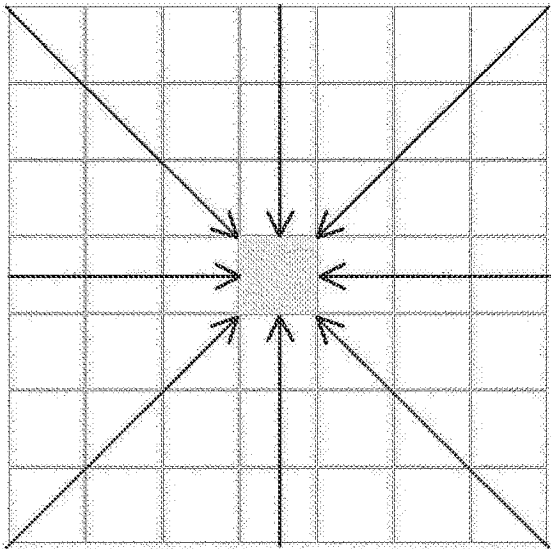


图7B

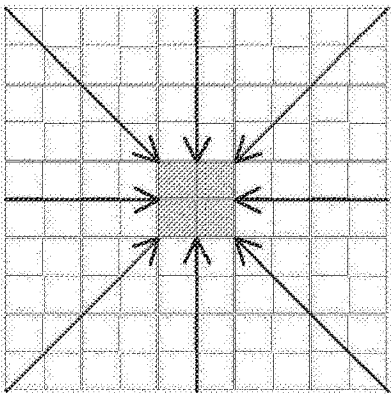


图7C

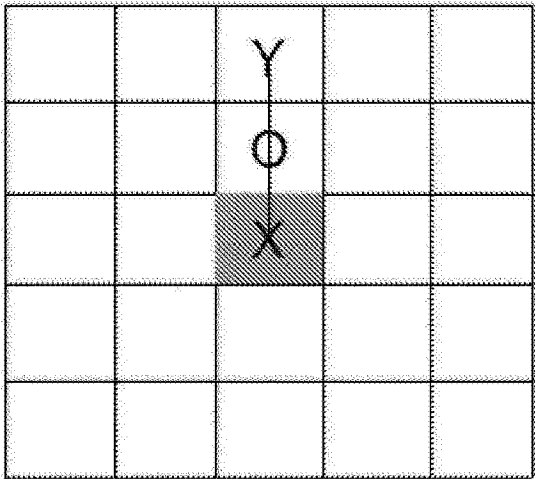


图8A

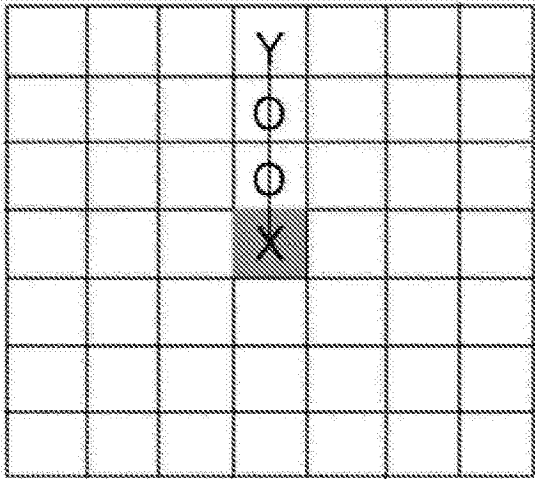


图8B

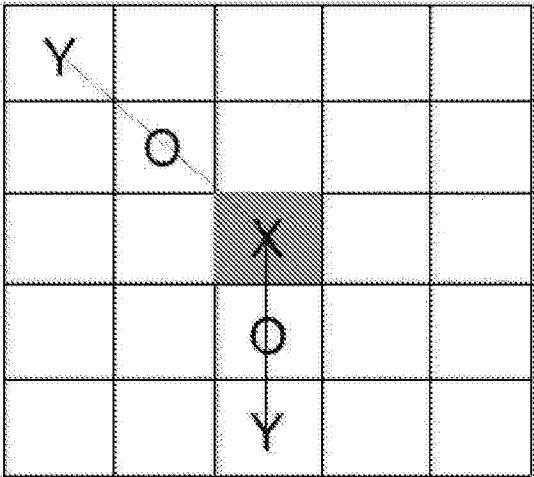


图8C

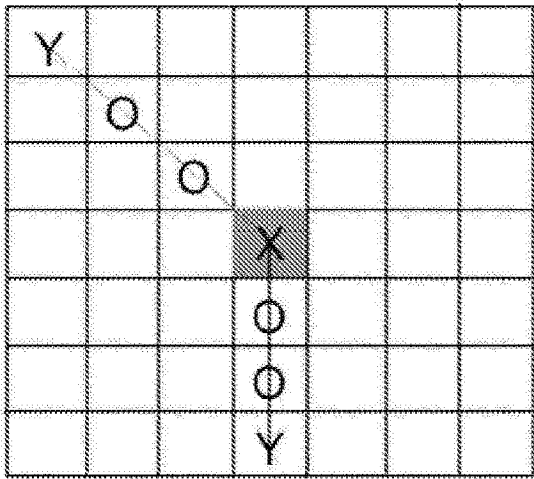


图8D

Y	O	Y	O	Y
O	O	O	O	O
Y	O	X	O	Y
O	O	O	O	O
Y	O	Y	O	Y

图8E

								Y	Y
								Y	Y
						O	O		
						O	O		
			X	X					
			X	X					

图8F

802

图8G

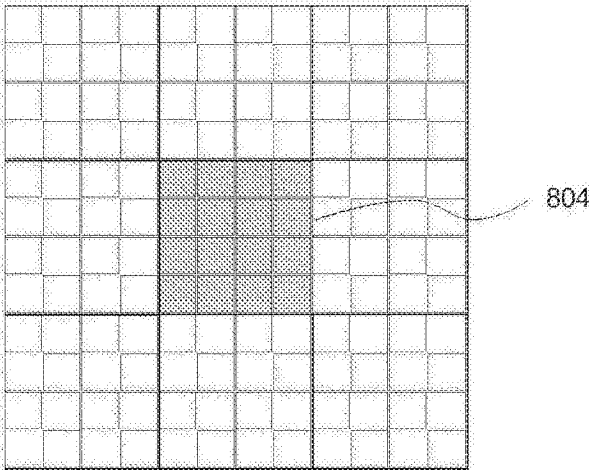


图8H

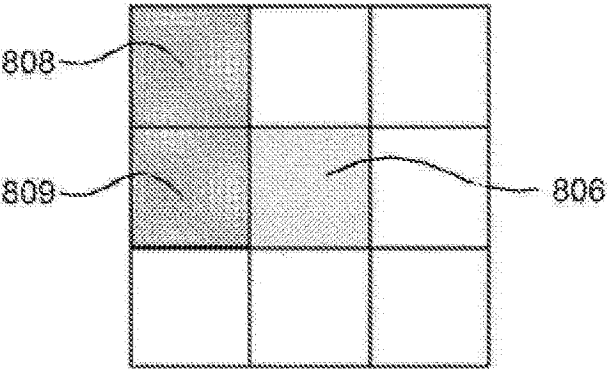


图8I

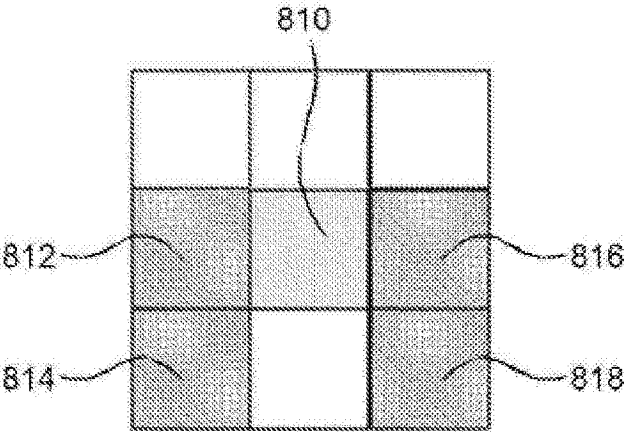


图8J

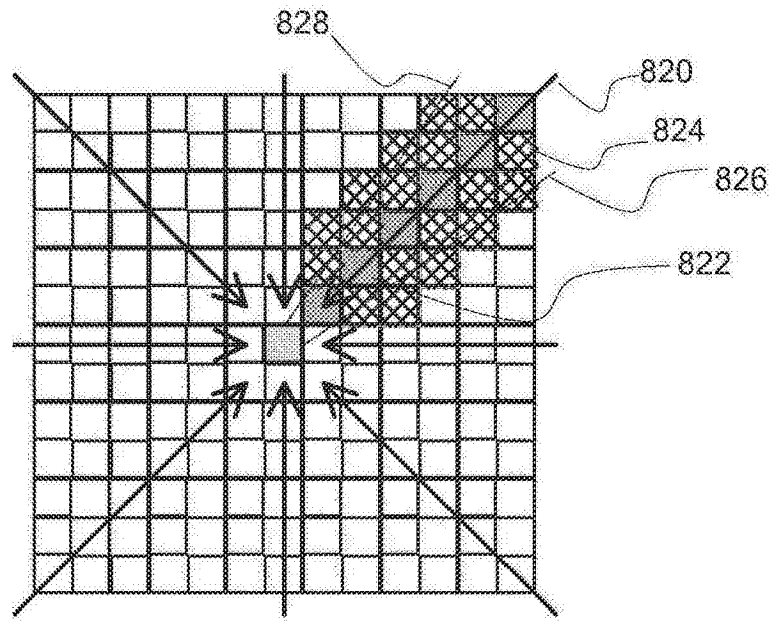


图8K

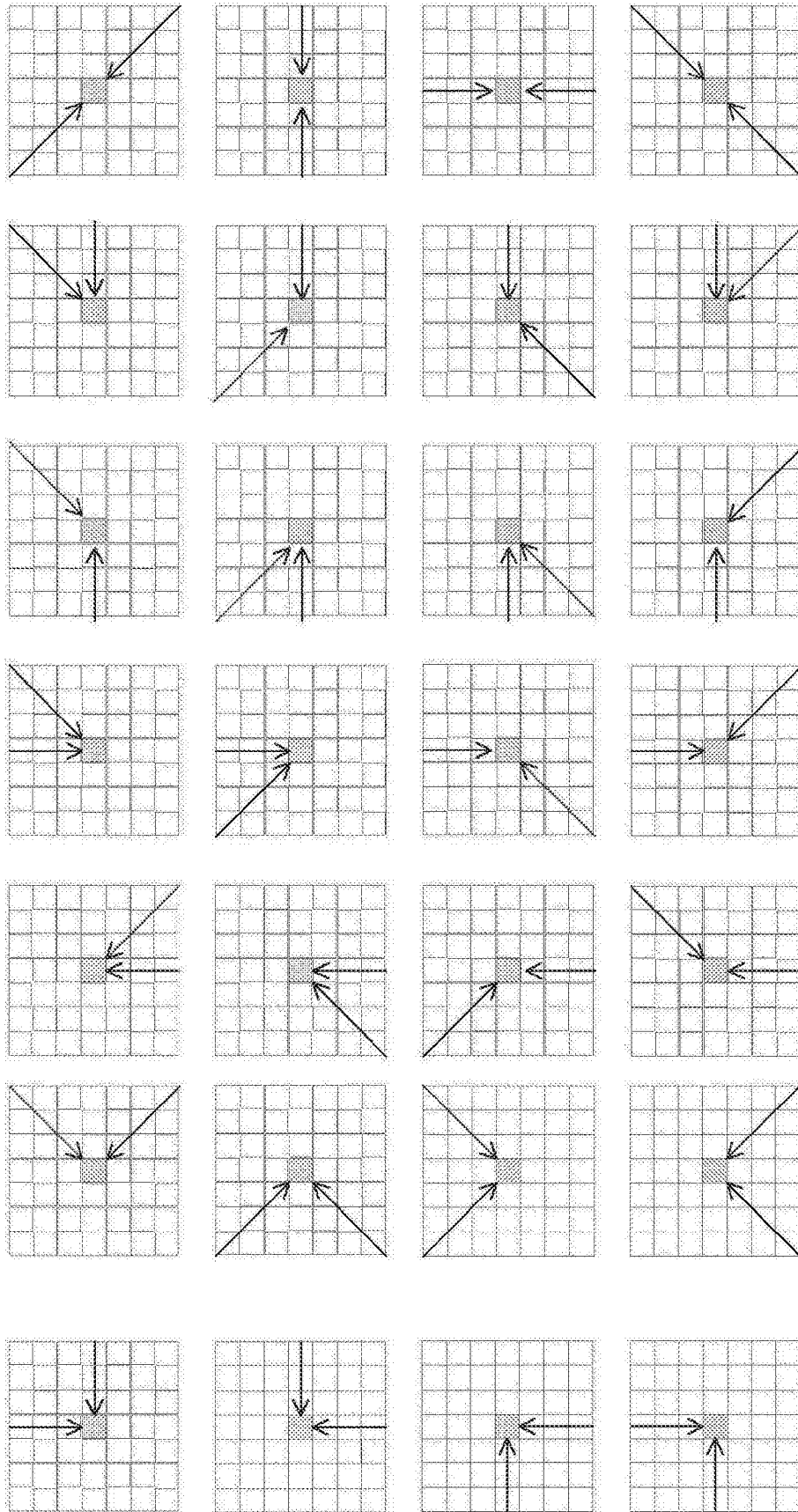


图8L

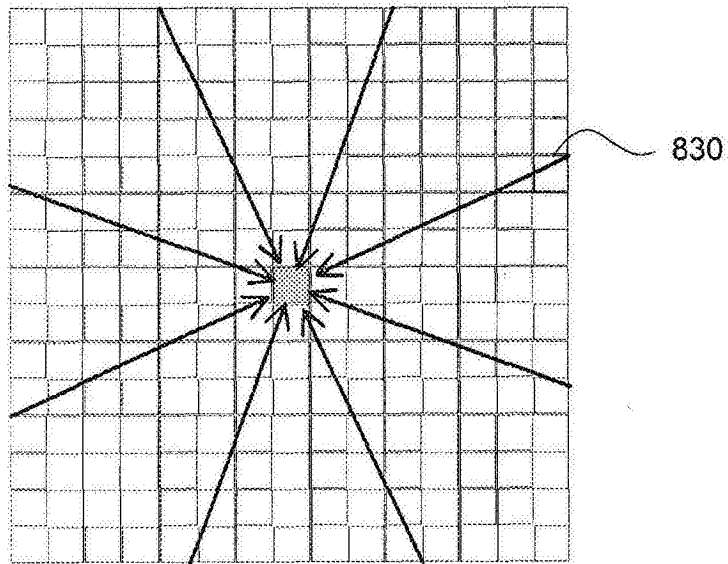


图8M

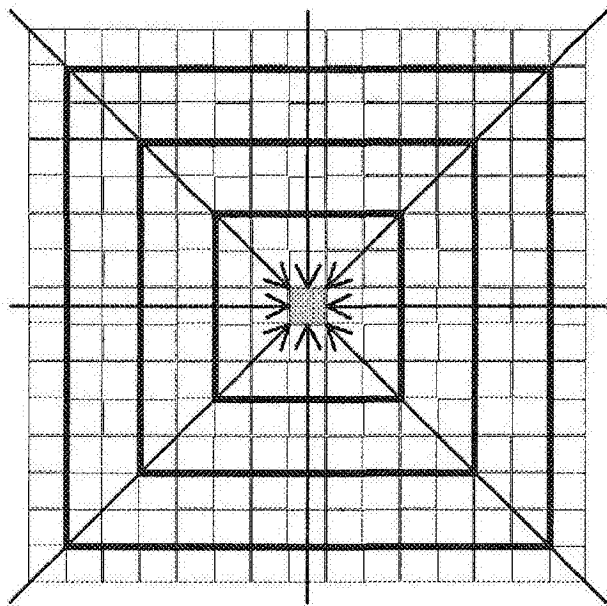


图8N

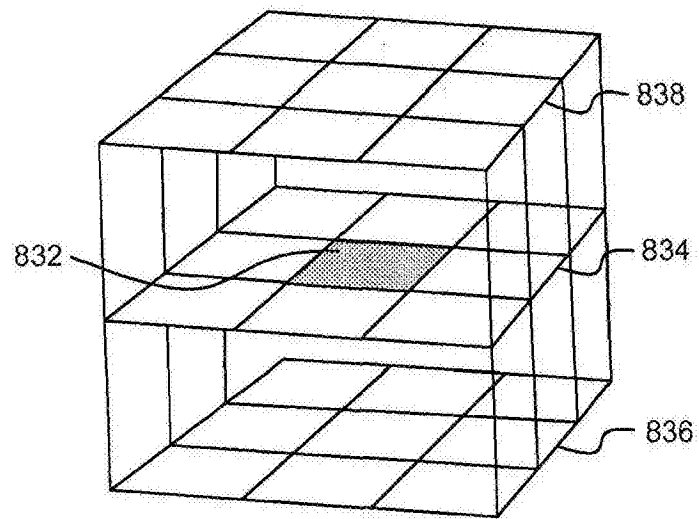


图80

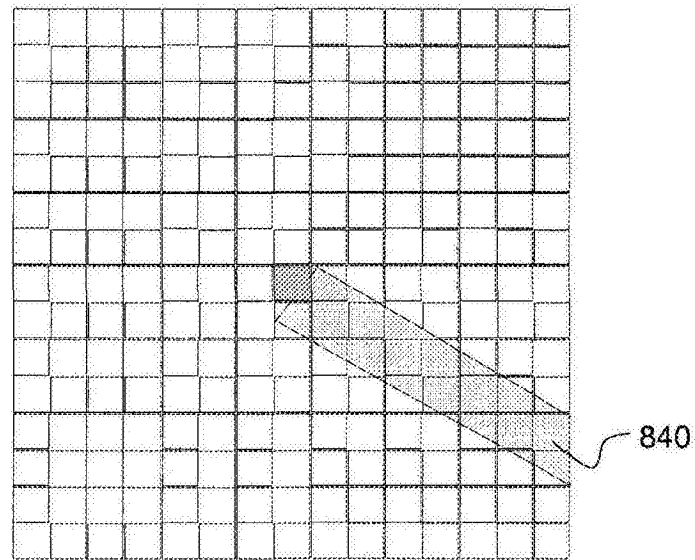


图8P

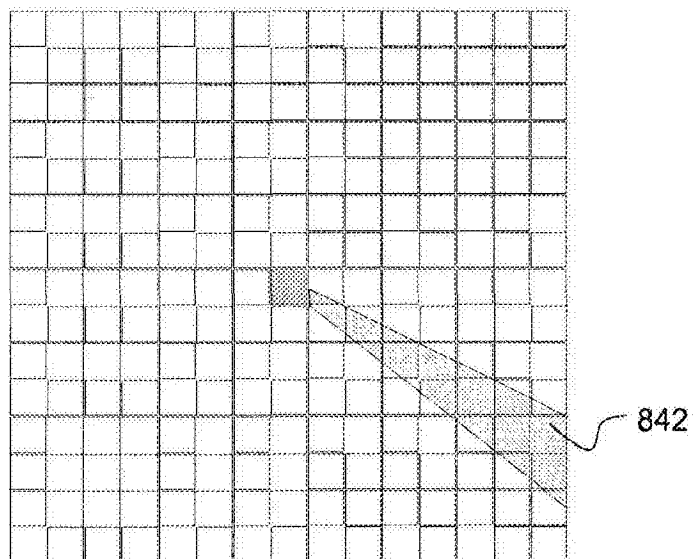


图8Q

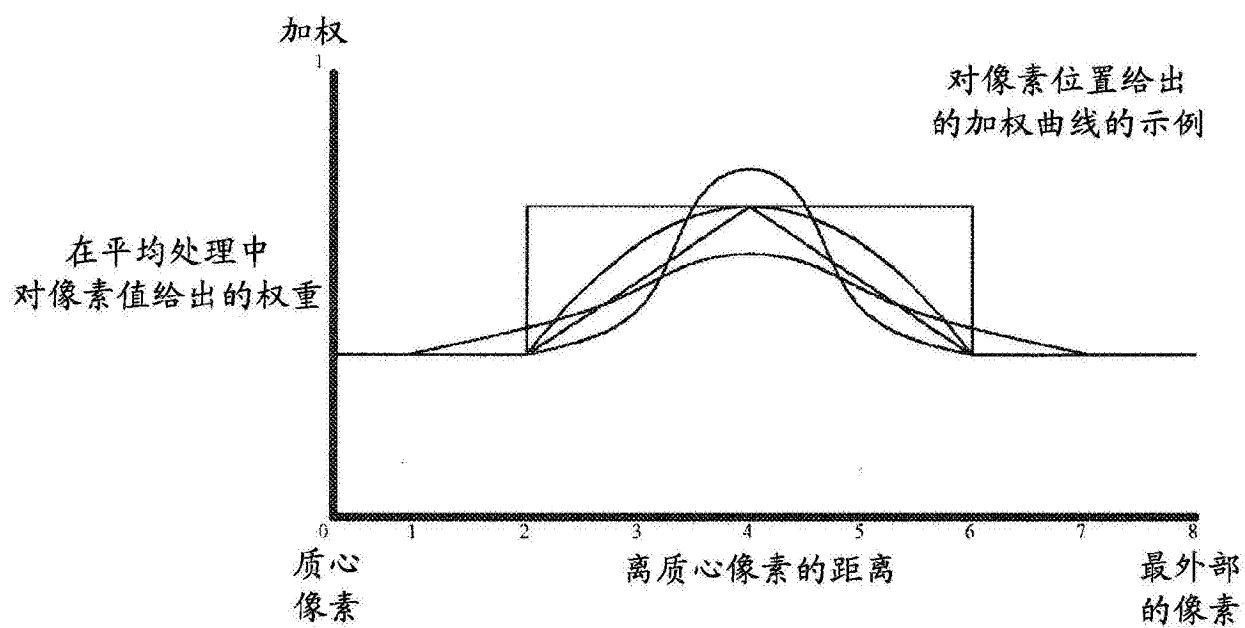
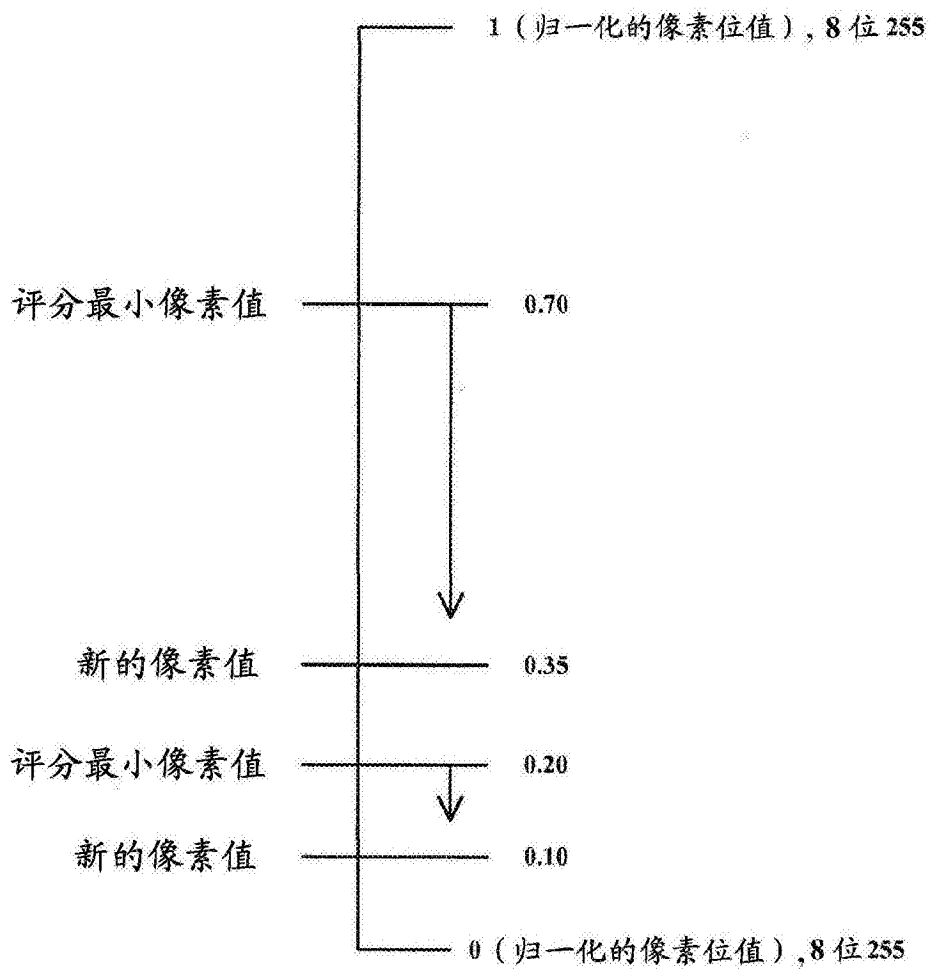
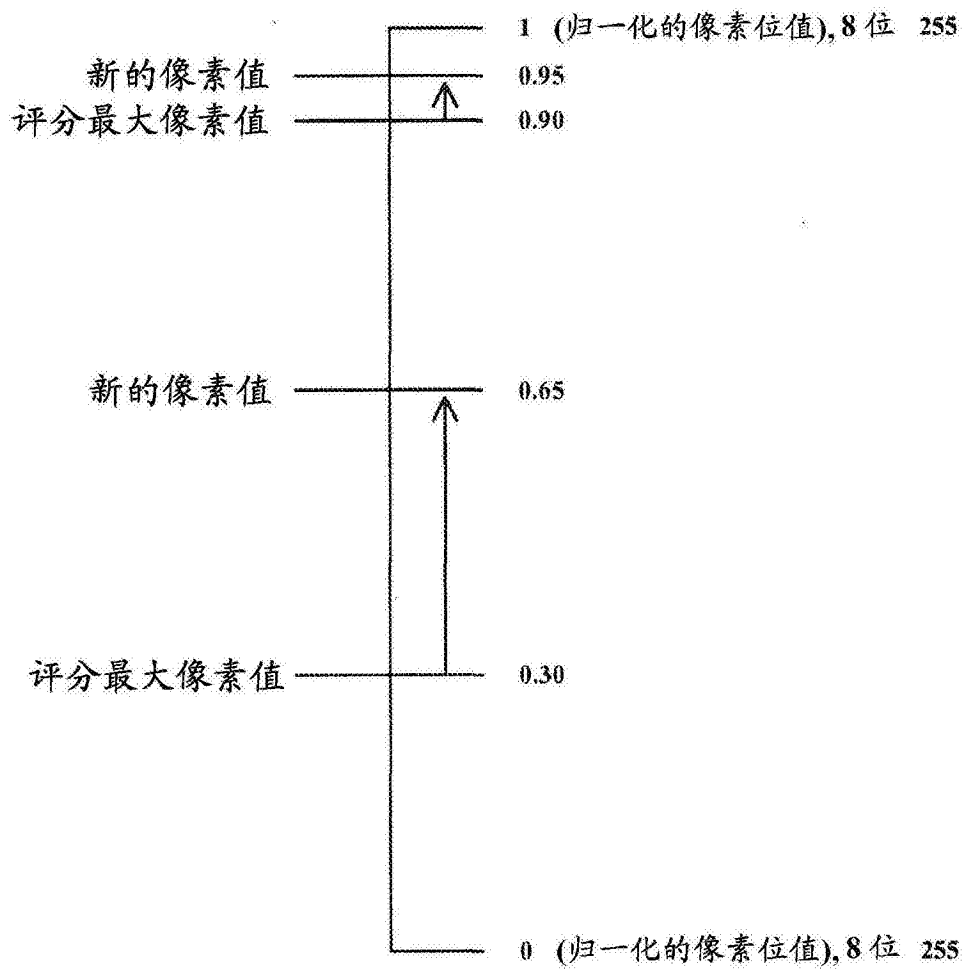


图9



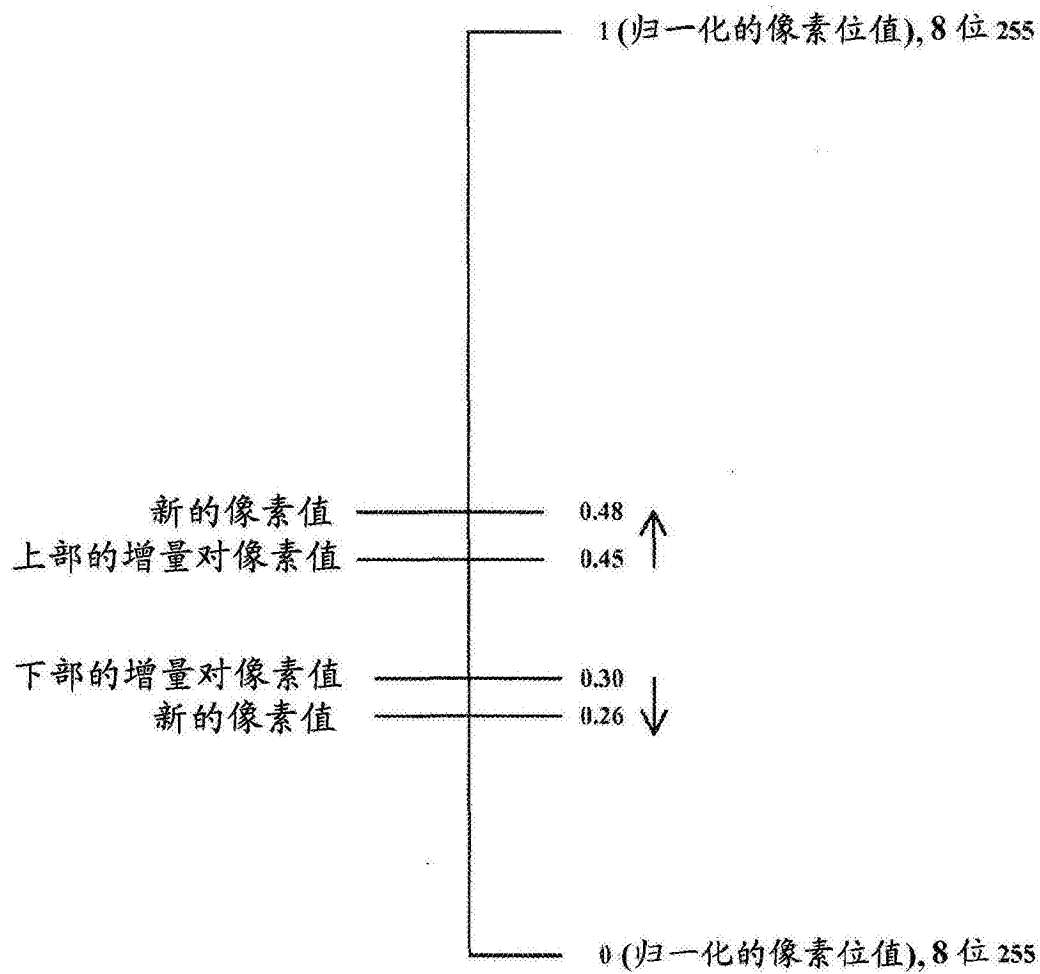
50%最小像素变化示例

图10A



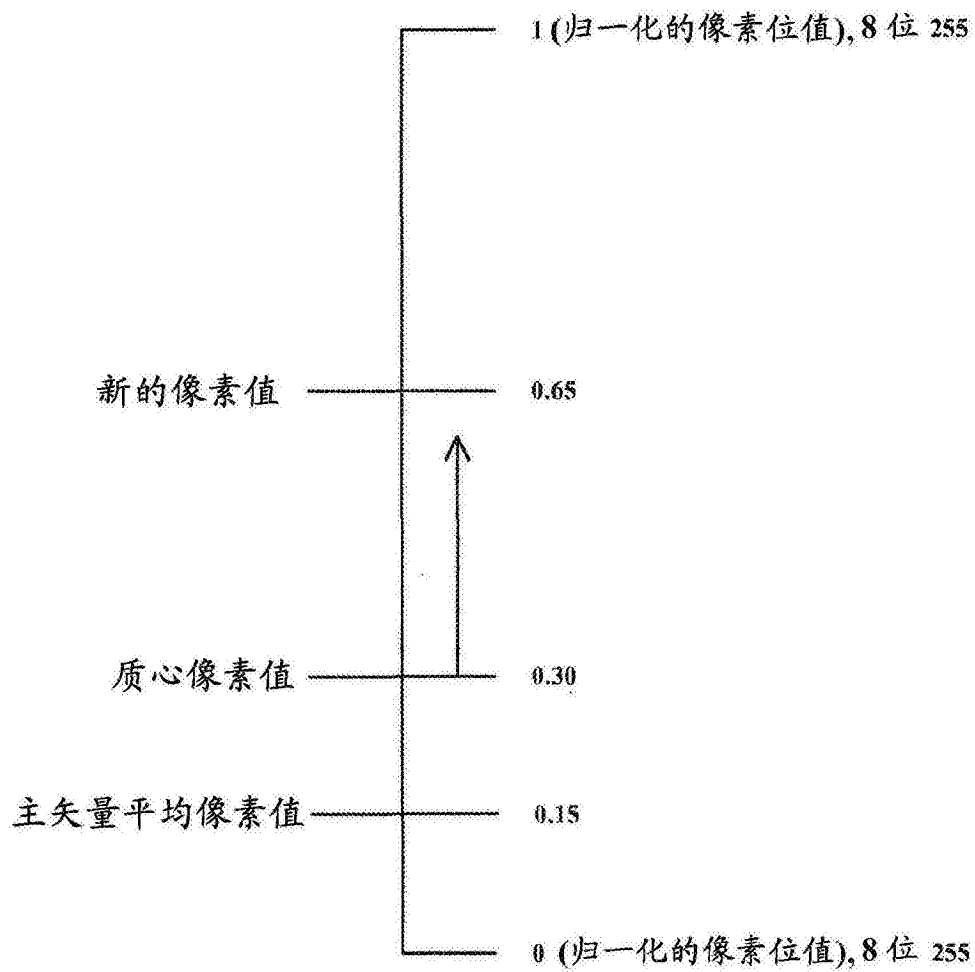
50%最大像素变化示例

图10B



50%增量对变化示例
0.15 增量对阈值

图10C



50%矢量增大变化示例

图10D

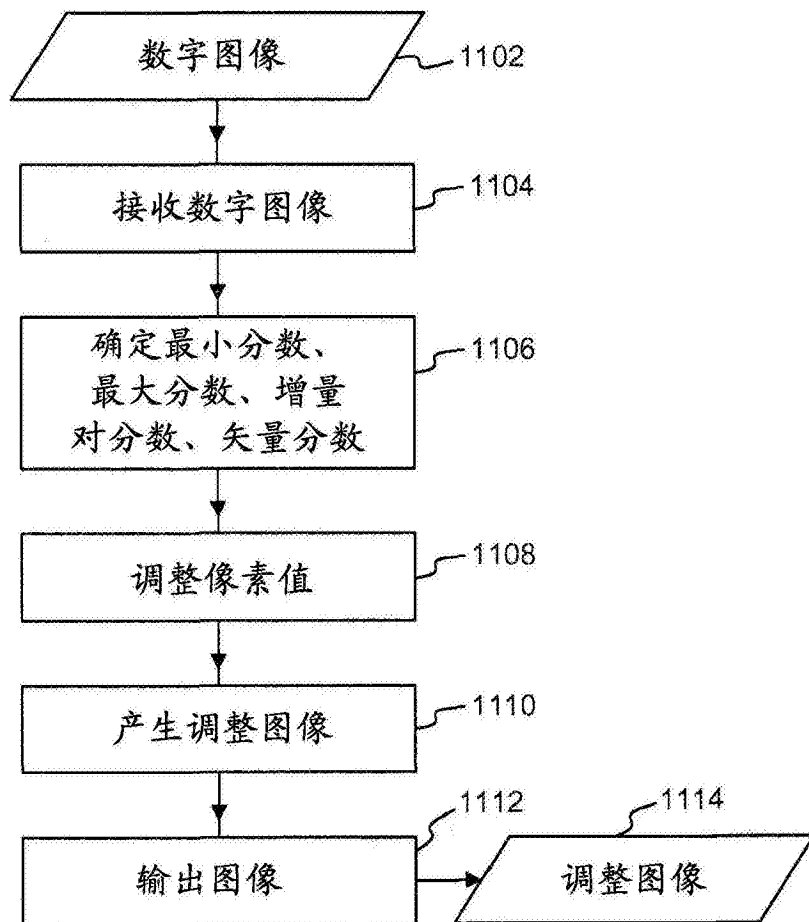


图11

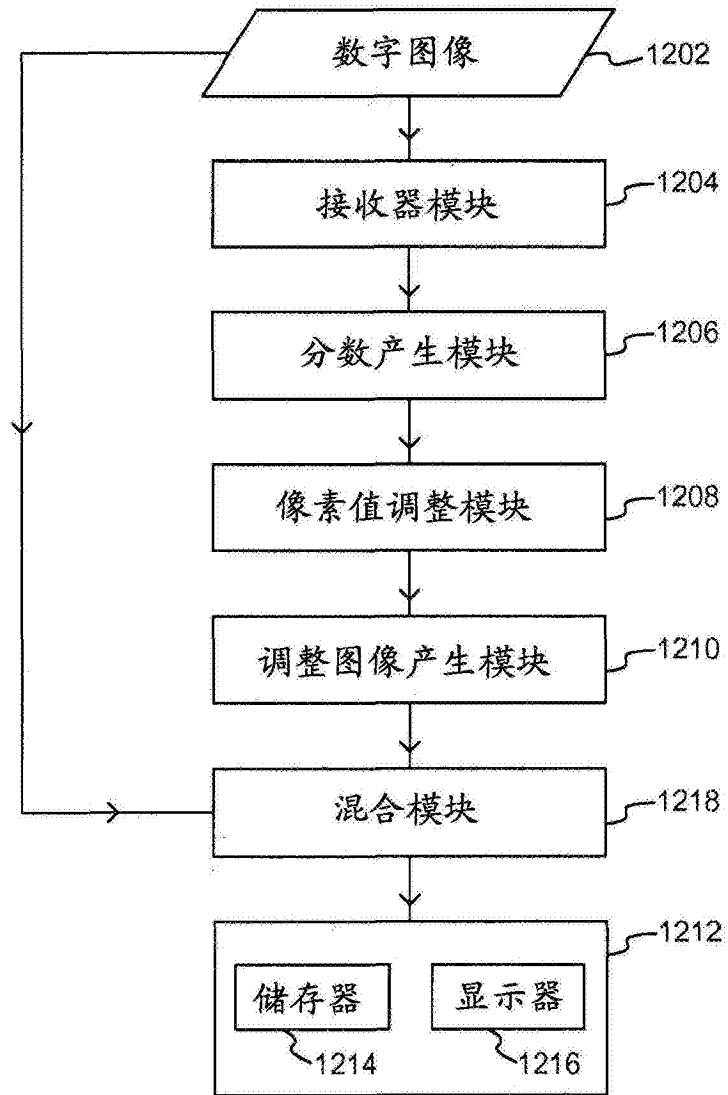


图12

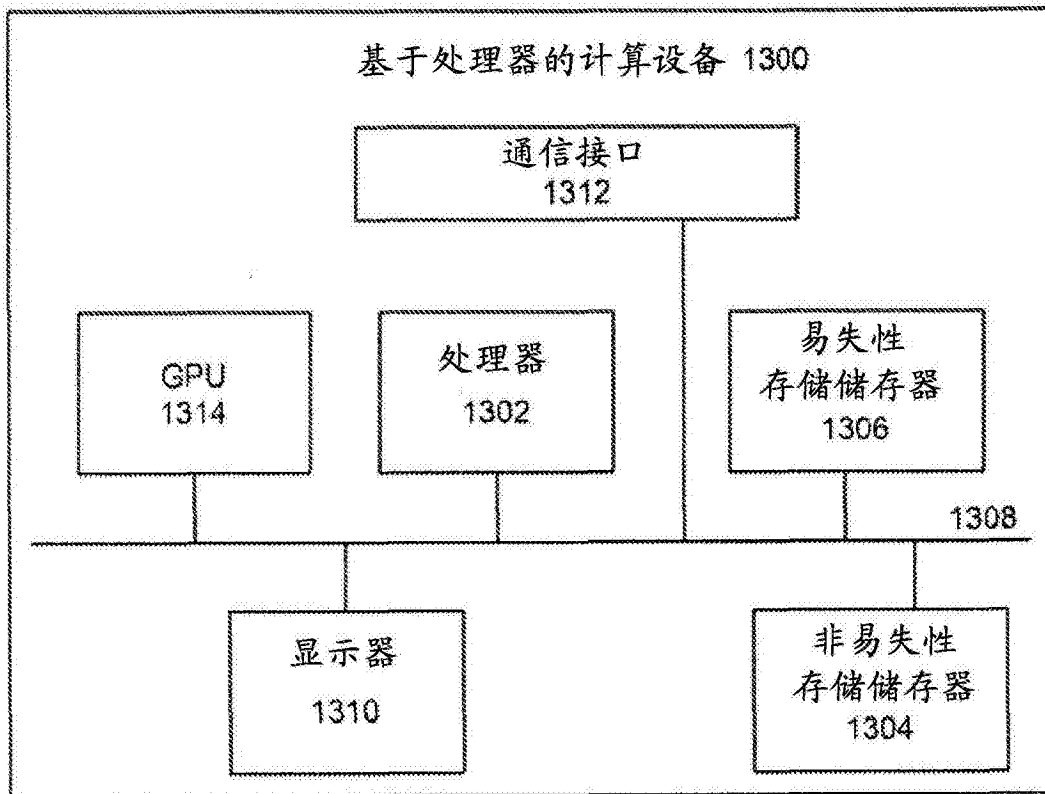


图13

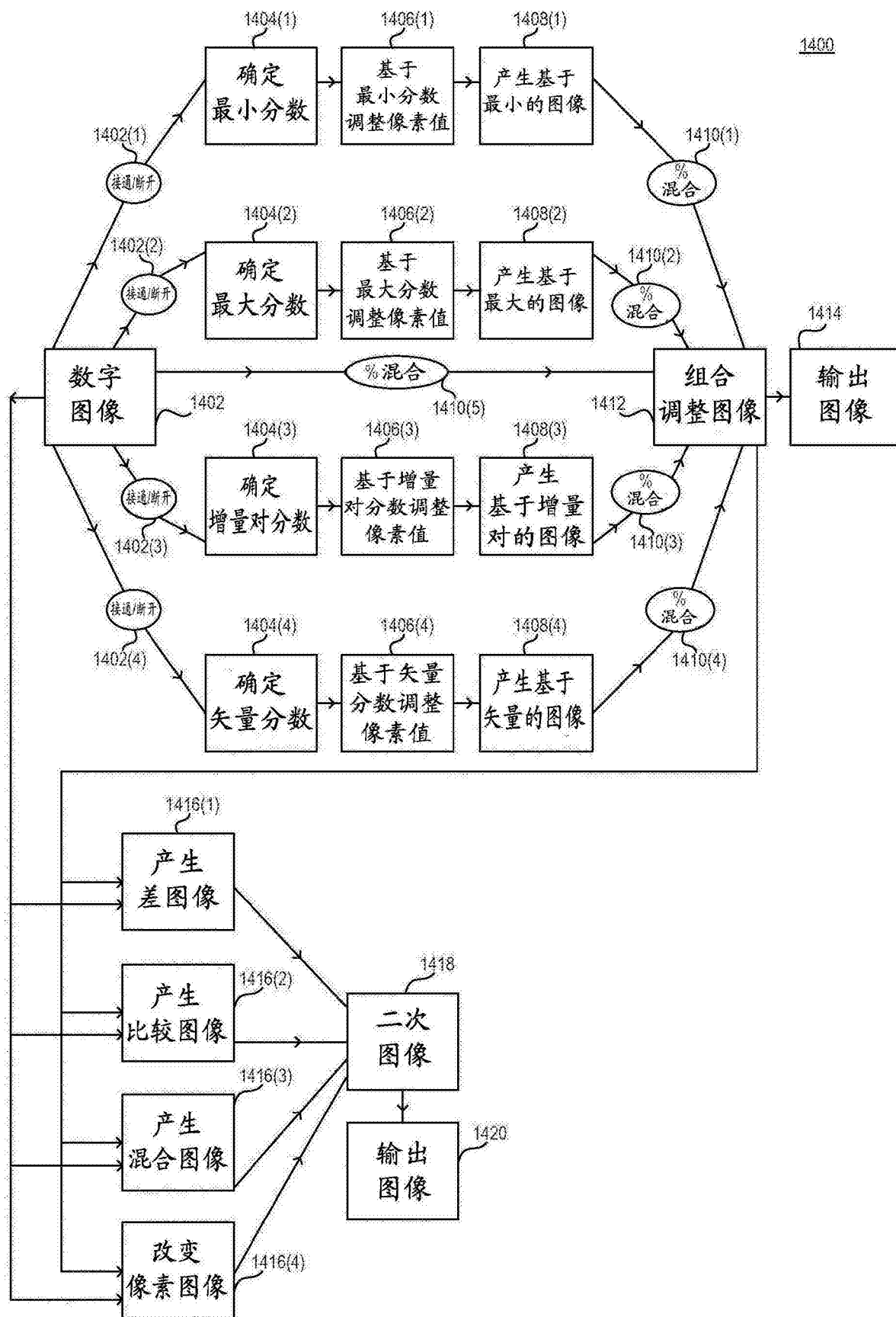


图14