



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117321628 A

(43) 申请公布日 2023. 12. 29

(21) 申请号 202280034140.3

(22) 申请日 2022.05.09

(30) 优先权数据

P2100190 2021.05.10 HU

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.11.09

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/HU2022/050043 2022.05.09

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/238724 EN 2022.11.17

(71) 申请人 智动科技有限公司

地址 匈牙利布达佩斯

(72) 发明人 P·D·科兹马 M·勒伦特-尼斯特

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

司 31100

专利代理师 亓云 蔡悦

(51) Int.Cl.

G06T 7/00 (2017.01)

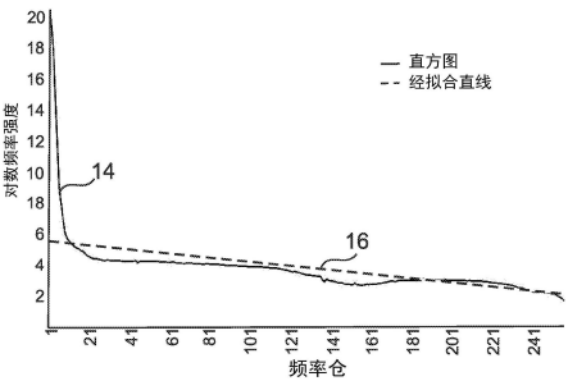
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

用于确定图像清晰度的方法、数据处理系统、计算机程序产品和计算机可读介质

(57) 摘要

本发明是一种用于确定输入图像是否足够清晰的方法,该方法包括以下步骤:-提供模糊得分阈值,-将输入图像输入至图像处理系统,-由图像处理系统生成输入图像的二维频谱,-从二维频谱生成一维频谱(14),-在一维频谱(14)上拟合直线(16),以及-基于该拟合的残差来确定模糊得分值,并且基于模糊得分值与模糊得分阈值的比较来认为输入图像足够清晰。本发明还涉及执行上述方法的数据处理系统、计算机程序产品和计算机可读介质。



1. 一种用于确定输入图像 (10) 是否足够清晰的方法,所述方法包括以下步骤:
 - 提供模糊得分阈值,
 - 将所述输入图像 (10) 输入至图像处理系统,
 - 由所述图像处理系统生成所述输入图像 (10) 的二维频谱 (12),
 - 从所述二维频谱 (12) 生成一维频谱 (14),
 - 在所述一维频谱 (14) 上拟合直线 (16),以及
 - 基于所述拟合的残差来确定模糊得分值,并且基于所述模糊得分值与所述模糊得分阈值的比较来认为所述输入图像 (10) 足够清晰。
2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述一维频谱 (14) 是从所述二维频谱 (12) 的二维振幅谱生成的。
3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,计算所述二维振幅谱的直方图,其中所述一维频谱 (14) 是从所述二维振幅谱的直方图生成的。
4. 如权利要求2或权利要求3所述的方法,其特征在于,所述一维频谱 (14) 是具有与所述二维频谱 (12) 的频率范围对应的仓和每个仓的直方图值的直方图,其中每个直方图值是对应频率范围内的平均振幅或积分振幅。
5. 如权利要求1到3中任一项所述的方法,其特征在于,所述二维频谱 (12) 是集中式的,并且所述一维频谱 (14) 是通过径向平均来生成的。
6. 如权利要求1到5中任一项所述的方法,其特征在于,所述输入图像 (10) 的所述二维频谱 (12) 是通过二维傅里叶变换或二维小波变换生成的。
7. 如权利要求1到6中任一项所述的方法,其特征在于,所述直线 (16) 是通过线性回归方法拟合的。
8. 如权利要求1到7中任一项所述的方法,其特征在于,提供所述模糊得分阈值的步骤包括基于所述第一场景与第二场景之间的经验数据来做出决定,其中在所述第一场景中,所述模糊得分阈值是预定值,以及
在所述第二场景中,所述模糊得分阈值是通过以下步骤确定的:
 - 从所述输入图像 (10) 生成经模糊图像 (20),
 - 由所述图像处理系统生成所述经模糊图像 (20) 的另一二维频谱 (22),
 - 从所述另一二维频谱 (22) 生成另一一维频谱 (24),以及
 - 在所述另一一维频谱 (24) 上拟合另一直线 (26),其中所述模糊得分阈值基于所述拟合的残差。
9. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,在所述第二场景中,所述经模糊图像 (20) 是通过具有模糊参数的模糊化来生成的,并且所述模糊参数是通过以下步骤确定的:
 - 拍摄清晰图像,
 - 基于所述清晰图像通过应用一系列随后模糊化来生成一系列经模糊图像20,
 - 针对所述一系列经模糊图像20中的每一者计算模糊得分值,以及
 - 选择与所述一系列经模糊图像20的所述模糊得分值的最小值相对应的所述模糊参数。
10. 如权利要求9所述的方法,其特征在于,所述经模糊图像 (20) 是通过高斯模糊化来生成的。
11. 如权利要求9或权利要求10所述的方法,其特征在于,所述另一二维频谱 (22) 是以

与所述二维频谱(12)相同的方式生成的,所述另一一维频谱(24)是以与所述一维频谱(14)相同的方式生成的,并且所述另一直线(26)是以与所述直线(16)相同的方式拟合的。

12.如权利要求1到11中任一项所述的方法,其特征在于,所述模糊得分值与所述模糊得分阈值的比较是通过从所述模糊得分值中减去所述模糊得分阈值而生成差值得分值来实现的,其中具有正值或非负值的差值得分值指示所述输入图像(10)足够清晰。

13.如权利要求1到11中任一项所述的方法,其特征在于,所述模糊得分值与所述模糊得分阈值的比较是通过将所述模糊得分值除以所述模糊得分阈值来生成得分比率来实现的,其中具有大于1或不小于1的得分比率指示所述输入图像(10)足够清晰。

14.一种数据处理系统,包括一种用于执行如权利要求1到13中任一项所述的方法的各步骤的装置。

15.一种包括指令的非瞬态计算机程序产品,当所述程序由计算机执行时,使得所述计算机执行如权利要求1到13中任一项所述的方法。

16.一种包括指令的非瞬态计算机可读介质,当所述指令由计算机执行时,使得所述计算机执行如权利要求1到13中任一项所述的方法。

用于确定图像清晰度的方法、数据处理系统、计算机程序产品和计算机可读介质

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于确定输入图像是否足够清晰,例如以确保该输入图像包括用于所计划的应用或进一步图像处理的足够细节或信息。本发明还涉及实现该方法的数据处理系统、计算机程序产品和计算机可读介质。

背景技术

[0002] 测量或确定图像的清晰度 (sharpness) 被用在不同应用中。诸如医疗应用或与自动驾驶相关的应用之类的应用通常需要较高水平的清晰度,因为不够清晰的图像可能导致错误决定并且导致健康风险或事故。模糊图像 (具有模糊的图像),即缺乏清晰度的图像通常具有不良定义的边缘、不清楚的明亮和阴影区域等。在CA2562480A1中概述了模糊图像的可能原因,并且所述原因包括相机失焦,或错误地聚焦在前景或背景上,或者对于特定距离设置最佳焦点,因此其他距离处的对象失焦;当拍摄图像时相机或对象的移动 (运动模糊)、图像的数字化或后处理。模糊图像可使得边缘检测任务或分割任务更难以执行,因为模糊也增加了结果的不确定性。

[0003] US2004/0120598A1公开了一种用于估计和降低数字图像中的图像模糊的模糊检测系统。数字图像通常由正向离散余弦变换 (DCT) 进行编码来存储。使用单个DCT系数、一组DCT系数或一个或多个DCT系数与其他DCT系数的比较作为模糊指示符。每个DCT系数与其相应的频率分量相关联,并以此方式生成二维直方图。然后,二维 (2D) 直方图被降为一维 (1D) 直方图,类似于径向频谱。例如,通过使用图像区域中的最大DCT系数,或通过使用第一区域的标准偏差与另一区域的标准偏差的比率,从1D直方图确定模糊指示符,其中高比率指示模糊的图像,低比率指示聚焦的图像。

[0004] US2004/0156559 A1公开了一种在不使用参考的情况下用于测量经压缩视频序列的质量的方法和装置,因此质量信息是从个体图像帧直接导出的。图像帧通过快速傅里叶变换 (FFT) 来被变换,并且确定累积的中频到高频振幅与累积的低频振幅之间的比率。该比率被用于确定图像清晰度,因为低比率指示图像中存在较多低频分量,因此图像可能看起来模糊。

[0005] US2014/0003734 A1公开了一种用于基于输入图像内检测到的边缘和输入图像在频域中的频谱能量信息估计模糊值的系统。图像被从空间域变换到频域,且基于用于对模糊和非模糊 (清晰) 图像进行分类的模型来分析频率分量。计算输入图像的2D功率谱,由此计算方向无关的1D谱。2D谱被划分成对应于低频区域、中频区域和高频区域的圆形区域,并且基于每个区域中的计数来确定模糊值。替换地,使用边缘检测来确定模糊值。

[0006] KR 10-1570602B1公开了一种用于测量图像清晰度的方法,其中图像是否清晰的判定是基于由离散傅立叶变换生成的2D频谱的。方向信息也被用于确定图像的清晰度。

[0007] 鉴于已知办法,需要一种方法,借助于该方法可以对图像的清晰度做出决定,而不管图像的内容、对象如何。使用边缘检测来补充图像是否足够清晰的确定的已知办法高度

取决于图像的内容,因此内容可影响对清晰度的决定。如果同样清晰的图像捕获不同的场景,例如仅具有几个对象的一个场景和具有多个对象的另一个场景,那么将导致检测到不同量的边缘,因此,基于检测到的边缘的决定也可能不同。为此,基于边缘检测的方法不能直接用于未知的或动态改变的场景。此外,对于动态改变的场景,需要允许实时清晰度确定的可靠方法。

[0008] 其他已知办法中的一些使用机器学习工具来确定图像是否足够清晰。机器学习工具的使用需要大量的训练数据,并且还需要训练数据的单独分类,这需要大量的时间和精力。出于以上原因,强烈需要一种更容易且快速地给出准确且客观的决定的解决方案。

[0009] 发明描述

[0010] 本发明的主要目的是提供一种用于确定图像是否清晰的方法,该方法尽可能没有现有技术办法的缺点。

[0011] 本发明的目的是提供一种方法,借助于该方法,无论图像内容如何,都可以以比现有技术办法更高效的方式做出对图像清晰度的决定。因此,本发明的目的是提供一种能够确定图像是否足够清晰的可靠方法。

[0012] 本发明的另一目的是提供一种数据处理系统,该数据处理系统包括用于执行根据本发明的方法的各步骤的装置。

[0013] 此外,本发明的目的是提供一种用于在一个或多个计算机上实现根据本发明的方法的步骤的非暂态计算机程序产品和一种包括用于在一个或多个计算机上执行该方法的步骤的指令的非暂态计算机可读介质。

[0014] 本发明的目的可通过如权利要求1所述的方法来达成。本发明的目的还可以通过根据权利要求14所述的数据处理系统、通过根据权利要求15所述的非暂态计算机程序产品、以及通过根据权利要求16所述的非暂态计算机可读介质来实现。本发明的优选实施例在从属权利要求中定义。

[0015] 与现有技术办法相比,根据本发明的方法的主要优点来自以下事实:该方法可以按快速且容易的方式决定图像是否足够清晰,这还可以允许实时决定。这样的快速决定一方面允许对源自相机流的图像的持续分析,或者另一方面它还允许对相机或其设置的重新调整以便捕获足够清晰的图像。

[0016] 已经认识到,从图像的二维频谱生成的一维频谱(尤其是一维频谱的形状或包络)对应于图像的清晰度。已经发现,足够清晰的图像导致具有平滑包络的一维频谱,而模糊图像往往导致具有不太平滑的包络的一维频谱,即包络包括一些结构。为此,当直线被拟合在一维频谱上时,清晰的图像具有相对良好的拟合,这与具有较差的拟合的模糊图像相反。拟合的残差可以表征拟合的质量,因此它可被用作关于图像的清晰度的决定可以基于的参数。该参数例如可以与对应于清晰度范围的阈值或一系列阈值进行比较。

[0017] 根据本发明的方法的某些实施例能够基于图像本身生成这样的阈值。

[0018] 根据本发明的方法的另一优点在于,该方法具有有限的计算需求,其允许对图像的清晰度进行实时决定。由于有限的计算需求,根据本发明的方法可以针对每个输入图像运行两次,一次针对原始输入图像并且一次针对输入图像的经模糊版本(经模糊图像),而仍然允许实时决定。有利地,根据本发明的方法不依赖于图像的内容,即,它是场景无关的,并且因此,该方法可以被用于捕获任何种类的场景的图像。

[0019] 因此,根据本发明的方法可以被用在任何基于视觉的场景理解系统,包括医疗应用(医疗图像处理)或改进自动驾驶车辆或自主车辆的视觉。

[0020] 附图的简要说明

[0021] 下面参考附图通过示例来描述本发明的优选实施例,其中:

[0022] 图1是输入图像的示例,

[0023] 图2是从图1的输入图像生成的经模糊图像的示例,

[0024] 图3A和图3B分别是图1和图2的放大细节,

[0025] 图4是图1的输入图像的示例性二维谱,

[0026] 图5是图2的经模糊图像的示例性二维谱,

[0027] 图6是从图4生成的示例性一维谱(直方图)以及在该直方图上拟合的直线,

[0028] 图7是从图5生成的示例性一维谱(直方图)以及在该直方图上拟合的直线,以及

[0029] 图8是作为指示输入图像的模糊程度的模糊参数的函数的模糊得分值的演变。

[0030] 用于实现发明的模式

[0031] 本发明涉及一种用于确定输入图像10是否足够清晰的方法。足够清晰度的水平可取决于该方法的特定应用,例如医疗应用或与自动驾驶相关的应用可能需要较高清晰度水平,因为图像清晰度可直接影响基于输入图像10的决定,并且因此不足够清晰的图像可导致健康风险或事故。基于该决定,可以对某些应用相应地标记(标志)或者甚至忽略具有不足清晰度的输入图像10,或者可以生成警告信号。此外,可为每个应用独立地设置足够清晰度的水平。

[0032] 根据本发明,用于确定输入图像10是否足够清晰的方法包括为输入图像10提供模糊得分阈值的步骤。模糊得分阈值优选地是区分输入图像10是足够清晰还是其清晰度对于所计划的应用是不够的。提供模糊得分阈值的步骤优选地包括基于第一场景和第二场景之间的经验数据做出的决定。在所述第一场景中,模糊得分阈值是预定值,并且在所述第二场景中,基于输入图像10本身,通过进一步的步骤确定模糊得分阈值。

[0033] 在其中模糊得分阈值是预定值的第一场景中,优选地基于经验数据来确定模糊得分阈值,诸如记录输入图像10的相机的相机类型或相机设置、记录输入图像10时的照明条件、输入图像10的内容或预期内容。在第二场景中,可以基于输入图像10本身直接确定模糊得分阈值。

[0034] 第一场景优选地对应于应用,其中预期在输入图像10上只有有限量的模糊(即,其中输入图像10的模糊度对应于高达图8的0.95的范围内的模糊参数)。因此,在第一场景中,可以使用经验确定的(预定的)模糊得分阈值。第一场景例如涉及如下情况:输入图像10在白天在良好的天气条件下由自动驾驶车辆的相机记录,因此由相机记录的输入图像10预期具有相似的清晰度。在这种情况下,优选地基于相机类型和相机设置,可为输入图像10提供经验上预定的模糊得分阈值。在优选实施例中,在第一场景中,可为所有输入图像10提供相同的模糊得分阈值。

[0035] 优选地,基于与输入图像10的噪声相关的相机的增益来确定预定模糊得分阈值。在优选实施例中,为不同的照相机设置或成像条件提供一组预定义的模糊得分阈值,并且为每个输入图像10或者每组输入图像10选择合适的模糊得分阈值。通过使用预定模糊得分阈值,具有与高达0.3或0.4的范围内的模糊参数(即,肉眼看不到的非常轻微的模糊)对应

的模糊度的输入图像10优选地被分类为足够清晰。然而,甚至当通过根据本发明的方法来区分这些输入图像10时,可以选择第二场景。

[0036] 第二场景优选地与输入图像10的模糊度可以在较宽范围内变化的应用相对应,因此优选地基于输入图像10本身来确定模糊得分阈值。第二场景例如涉及如下情况:输入图像10可由自动驾驶车辆的相机在夜间或在恶劣天气条件下(例如,在雨中)记录,或其中不存在关于输入图像10的质量的先验知识,因此所记录的输入图像10的清晰度或模糊度可在更宽的范围内变化,因此需要更稳健的分类方法。在这种情况下,优选地,基于输入图像10本身,单独地为每个输入图像10提供模糊得分阈值。因此,基于输入图像10本身计算模糊得分阈值的第二场景还可以被用于任何种类的输入图像10,即,用于在任何天气或图像条件(包括好和坏条件)下记录的输入图像10。

[0037] 根据本发明的方法还包括将输入图像10输入至图像处理系统的步骤。图1示出了示例性输入图像10。图3A中示出了图1的输入图像10的放大细节10'。输入图像10可以是由数码相机拍摄的图像,或者它还可以是数字化的(例如,扫描的)照片,此外输入图像10可以是相机流的帧,并且输入图像10也可以是原始图像或经预处理的图像。

[0038] 根据本发明的方法还包括生成输入图像10的二维频谱12(例如参见图4)的步骤,其中该二维频谱12是由图像处理系统生成的。输入图像10的该二维频谱12优选地通过对输入图像10应用二维傅里叶变换(诸如快速傅里叶变换)或者通过二维小波变换(诸如离散余弦变换)来生成。

[0039] 由于所应用的二维傅里叶变换,根据本发明的方法还可以处置输入图像10,其中输入图像10的至少一部分是模糊的(例如,当并非输入图像10的预期内容的近距离对象被捕获在输入图像10上时)。即使在这种情况下,输入图像10的其余部分仍可以包含高频分量、中频分量和低频分量,因此根据本发明的方法能够确定输入图像10的大部分是否足够清晰。在一些情况下,当输入图像10的最大部分被模糊对象覆盖时,那么该方法可能将输入图像分类为不足够清晰,且因此可能建议没有从所述输入图像10得出有意义的结论。该特征也与根据本发明的方法的预期用途和应用很好地匹配,在不清楚的情况下,可以避免模糊图像。在其中不考虑输入图像10的总清晰度而避免进一步使用具有清晰部分和不清晰(模糊)部分的输入图像10的情况下,则在此类情况下,可以通过其他方法(例如,通过对输入图像10应用边缘检测)对输入图像10进行过滤。

[0040] 如下所述从二维频谱12中生成一维频谱14,并且将直线16拟合在一维频谱14上(例如,见图6)。优选通过线性回归方法拟合直线16,并且基于拟合的残差来确定模糊得分值。残差优选地是一维频谱14的数据点与经拟合的直线16的距离,其中该距离优选地以任何已知的度量来确定,例如该距离是欧几里得距离或平方欧几里得距离。发现模糊得分值对于模糊图像比对于清晰图像而言是更高的,因此,如果模糊得分值低于模糊得分阈值,则认为输入图像10足够清晰。模糊得分值与输入图像10的实际场景无关,因此,根据本发明的方法可以用于持续清晰度监测,即,用于源自相机流的输入图像10,即使在相机流捕获动态改变的场景的情况下。

[0041] 二维频谱12通常包括二维振幅谱和二维相位谱,这两者共同用于描述输入图像10。优选地,一维频谱14是由二维频谱12的二维振幅谱生成的,其中,二维振幅谱包括空间频率的振幅。对于确定一维频谱14,二维相位谱优选地可以被省略。

[0042] 一维频谱14可以由二维频谱12或二维振幅谱通过任意二维到一维的二进制关系生成,其中所得到的一维频谱14是按频率排序的。作为示例,一维频谱14是通过频率映射生成的,或者通过对二维频谱12或二维振幅谱取一个或多个切片生成的。

[0043] 优选地,计算所述二维振幅谱的对数,由该二维振幅谱的对数生成所述一维频谱14。通过计算二维振幅谱的对数,具有更低振幅和更高振幅的频率更均等地表示在一维频谱14中。

[0044] 一维频谱14可替换地是具有与二维频谱12的频率范围对应的仓(bin)和针对每个仓的直方图值的直方图,其中每个直方图值优选地是对应频率范围内的平均振幅或积分振幅。

[0045] 优选地,二维频谱12是集中式的,即,对应于零频率的频率被布置在频谱的中心,并且频率从中心径向向外增加(正如图4和图5中那样)。在这种情况下,优选地,通过径向平均或通过对二维频谱12或二维振幅谱的径向切片来生成一维频谱14。

[0046] 除了基于经验数据确定模糊得分阈值(在第一场景中),还可以基于输入图像10本身通过以下步骤(在第二场景中)确定模糊得分阈值。优选地,从输入图像10生成经模糊图像20(例如,见图2),优选地通过高斯模糊化,其中高斯函数具有在0.01-2范围内的标准偏差。通过使用图像处理系统,产生经模糊图像20的另一二维频谱22(例如,见图5),并且优选地,以与二维频谱12相同的方式,即,通过使用相同的变换(即,相同的二维傅里叶变换或相同的二维小波变换),产生另一二维频谱22。从另一二维频谱22中生成另一一维频谱24(例如,见图7),并且在另一一维频谱24上拟合另一直线26(例如,见图7)。优选地,另一一维频谱24是以与一维频谱14相同的方式生成的,并且另一直线26是以与直线16相同的方式拟合的,即,通过应用相同的拟合方法,例如,相同的线性回归方法。计算另一直线26的拟合的残差,其中残差是模糊得分阈值。再次,该残差优选地用与直线16的拟合相同的度量来计算。通过使用相同方法和参数来用于生成输入图像10的模糊得分值和来自经模糊图像20的模糊得分阈值,可以容易地比较模糊得分值和模糊得分阈值。

[0047] 可以优选地基于通过从模糊得分值中减去模糊得分阈值生成的差值得分值来实现模糊得分值与模糊得分阈值之间的比较,其中具有正值或者非负值的差值得分值指示输入图像10足够清晰,并且具有负值的差值得分值指示输入图像10不够清晰,即模糊。

[0048] 将模糊得分值与模糊得分阈值进行比较的另一种方式是生成得分比,其中,通过模糊得分值除以模糊得分阈值来生成得分比,并且具有大于1或者不小于1的值的得分比指示输入图像10足够清晰,并且具有小于1的值的得分比指示输入图像10模糊。

[0049] 下面结合图1至图7描述根据本发明的方法的详细示例。

[0050] 图1解说了输入图像10,该输入图像由车辆(优选地,自主车辆)的相机拍摄。二维傅里叶变换(在此示例中是二维快速傅里叶变换(FFT))已经被用于从输入图像10生成二维频谱12。二维频谱12如图3中所示,其中二维频谱12是集中式的,即,二维频谱12的中心对应于零频率,频率从该零频率径向向外增加。输入图像10的清晰细节对应于较高频率处的较高频谱值;输入图像10的模糊抑制了较高频率处的频谱值。

[0051] 图2解说了由高斯模糊化从图1的输入图像10生成的经模糊图像20,其中高斯模糊化的标准偏差被选择成0.7。图3A和图3B分别示出了图1和图2的放大细节10'、20',从中可以清晰地看出,图1和图2中示出的输入图像10比经模糊图像20更清晰,即图2和图3B上的对

象的边缘较不清晰。

[0052] 图4是基于图1的输入图像10通过图像处理系统生成的二维频谱12,并且图5是基于图2的经模糊图像20通过图像处理系统生成的另一二维频谱22。

[0053] 二维频谱12和另一二维频谱22都是分别由应用于输入图像10和模经糊图像20上的二维FFT变换生成的集中式频谱。从图4和图5的比较中可以看出,从经模糊图像20生成的另一二维频谱22包含较少的高频分量,这是由于清晰的细节导致高频分量(其通过模糊而减少)的事实,因此,另一二维频谱22比二维频谱12朝向更高的频率(即,朝向另一二维频谱22的外围)衰减得更快。

[0054] 图6和7分别示出了一维频谱14和另一一维频谱24的示例。根据图6的一维频谱14和根据图7的另一一维频谱24分别是根据图4的二维频谱12和根据图5的另一二维频谱22生成的直方图。每个直方图具有对应于频率范围(优选地,一致的、单一大小的频率范围)的区间(在当前情况下是频率区间)。频率仓可被解释成绕二维频谱12和另一二维频谱22的中心的同心环,根据图6和7的直方图具有与具有一个像素的宽度的同心环对应的频率仓,因此,根据图6和7的每个直方图具有256个频率仓。因此,频率仓的数量分别对应于二维频谱12和另一二维频谱22的大小。

[0055] 以下面的方式确定图6和图7的直方图的直方图值。首先,分别基于二维频谱12和另一二维频谱22来生成相应的二维振幅谱。其次,计算相应二维振幅谱的对数,然后通过径向平均从各二维振幅谱的对数生成直方图值,即对于每个频率仓,对应的直方图值为频率范围(同心环)内的平均振幅(强度),因此直方图值为对数性频率强度(对数频率强度)。

[0056] 在图6和图7中,频率仓由距二维频谱12和另一二维频谱22的中心的距离(优选以像素为单位)表示。

[0057] 在图6中,通过线性回归,例如通过本领域已知的任何线性回归方法,在一维频谱14(直方图)上拟合直线16。针对该拟合,计算表征拟合质量的残差,其中具有较低值的残差表示直线16很好地拟合到一维频谱14上,并且具有较高值的残差表示直线16不能很好地拟合到一维频谱14上。残差优选地除以输入图像10的尺寸,例如除以频率仓的数量,即独立于输入图像10的尺寸生成模糊得分值。如果输入图像10具有清晰的细节,那么直方图(一维频谱14)是相当平衡的,即,其包络是平坦的,因此,其产生良好的线性拟合以及具有低值的残差和模糊得分值。在模糊图像的情况下,直方图的包络具有特征,这通常降低线性拟合的质量,即其导致更高的残差和更高的模糊得分值。已经发现了包络的平坦度和输入图像10的清晰度之间的清晰相关。对于图6,基于拟合的残差来计算的模糊得分值是105。在残差除以仓数(其取决于输入图像10的尺寸)的情况下,可以生成独立于输入图像10的尺寸并且还独立于直方图仓数量的归一化的模糊得分值。对于图6,归一化的模糊得分值是0.41,其是模糊得分值除以频率仓的数量;图6的直方图包含256个频率仓。模糊得分值和归一化的模糊得分值均与输入图像10的实际场景(即,输入图像10的内容)无关。

[0058] 在图7中,通过线性回归将另一直线26拟合在另一一维频谱24(直方图)上,并且计算拟合的残差。在图7中示出的示例中,用于在另一一维频谱24上拟合另一直线26的线性回归方法与用于在图6中的一维频谱14上拟合直线16的线性回归方法相同。还可为图2的经模糊图像20计算模糊得分值。图7的模糊得分值是116,其导致0.45的归一化模糊得分值,其中该模糊得分值和归一化的模糊得分值两者都以与图6相同的方式来计算。因为输入图像10

和经模糊图像20具有相同尺寸,因此图7的直方图也具有256个仓。

[0059] 基于图6和7的比较可以看出,针对较模糊的图像(例如,经模糊图像20)计算的模糊得分值高于清晰图像(例如,输入图像10)的模糊得分值,因此,模糊得分值可以用于指示输入图像10是否足够清晰。

[0060] 图8示出了作为指示输入图像10的模糊程度的模糊参数的函数的模糊得分值的演变。通过模糊化(例如,通过对输入图像10应用具有增加的模糊参数的高斯模糊化)从输入图像10生成一系列经模糊图像20。模糊参数优选地是用于高斯模糊化的高斯函数的标准偏差。

[0061] 令人惊奇地,经模糊图像20的模糊得分值首先中等地降低,然后在0.4的模糊参数(标准偏差)附近,开始更急剧地降低,并且在0.75的模糊参数(标准偏差)之后观察到快速增大。要注意的是,由于人眼几乎不能看到这种低水平的模糊,所以由低于0.4的模糊参数模糊的清晰图像仍然可以被视为清晰。所观察到的不同的模糊效果(即,模糊得分值的急剧降低和增大)也可以用于指示输入图像10的清晰度或模糊度。例如,如果输入图像10足够清晰,即,其具有大约0.4的模糊得分值,则通过对输入图像10的模糊化(例如,利用具有0.7的标准偏差的高斯模糊化)而生成的经模糊图像20具有0.32的模糊得分值。通过从输入图像10的模糊得分值中减去经模糊图像20的模糊得分值而生成的、这两个模糊得分值的差是正(非负)数(0.8)。

[0062] 然而,在输入图像10模糊的情况下,例如,其模糊与具有0.4或更大的标准偏差的高斯模糊化的效果相当,则其模糊得分值近似低于0.39。当该输入图像10通过具有0.7的标准偏差的高斯模糊化而进一步模糊时,其产生具有与具有1.1或更大的标准偏差的高斯模糊化的效果相当的模糊的经模糊图像20。通过这样的经模糊图像20,可以关联0.44(或更高)的模糊得分值。在该情形中,通过从输入图像10的模糊得分值中减去经模糊图像20的模糊得分值而生成的、这两个模糊得分值的差是负数(-0.05)。

[0063] 基于以上观察,可以使用经模糊图像20以便确定模糊得分阈值,即,可以使用通过输入图像10的模糊生成的经模糊图像20的模糊得分值作为模糊得分阈值。输入图像10的模糊得分值与从经模糊图像20确定的模糊得分阈值的比较因此清晰地指示输入图像10是否足够清晰。

[0064] 优选地,通过生成经模糊图像20,选择适当的模糊参数,即,导致输入图像10的显著的可见模糊的模糊参数。

[0065] 在优选实施例中,拍摄清晰图像并且通过模糊化来生成一系列经模糊图像20,其中通过应用一系列随后模糊化来生成一系列经模糊图像20中的每一个,优选地相同类型的一系列经模糊图像。优选地,通过应用均匀分布在预定范围内的不同模糊参数来执行一系列随后模糊。例如,高斯模糊化用于生成一系列经模糊图像20,并且利用具有不同标准偏差的高斯模糊化来生成一系列经模糊图像20中的每一个,优选地,标准偏差均匀分布在0.1至1.2的范围内。优选地,针对根据本发明的一系列经模糊图像20中的每一个计算模糊得分值,即,通过生成每个经模糊图像20的另一二维频谱22,通过生成另一二维频谱22的另一维频谱24,并且通过在另一维频谱24上拟合另一直线26,其中,基于拟合的残差确定模糊得分值。在为每个经模糊图像20计算模糊得分值之后,选择与一系列经模糊图像20的模糊得分值的最小值相对应的模糊参数(高斯模糊化的标准偏差)。因此,图8还可以被解释为用

于在第二场景中确定合适的模糊参数的工具。

[0066] 根据图8,在高斯模糊化的情况下,最小(最低)模糊得分值属于0.75的标准偏差,因此这可以被选择成用于从输入图像10生成经模糊图像20的适当的模糊参数。显然,根据用于生成一系列经模糊图像20的不同模糊参数的数量,可以选择不同的模糊参数。例如,如果图8已经由0.1或0.2模糊参数增量而不是0.05模糊参数增量构建,那么最小模糊得分值将分别属于0.7或0.8的标准偏差,并且该模糊参数将用于生成经模糊图像20以确定模糊得分阈值。然而,这对确定输入图像10是否足够清晰的方法的最终结论没有影响。

[0067] 本发明还涉及一种数据处理系统,该数据处理系统包括用于执行根据本发明的方法的步骤的装置。数据处理系统优选地具有用于输入输入图像10的输入端。此外,数据处理系统优选地包括从输入图像10生成二维频谱12的图像处理系统。数据处理系统优选地包括用于从二维频谱12生成一维频谱14的装置,该装置优选地是图像处理系统的一部分。

[0068] 数据处理系统优选地进一步包括用于在一维频谱14上拟合直线16的拟合单元。该拟合单元优选地被配置成确定该拟合的残差。数据处理系统优选地还包括用于基于拟合的残差来确定模糊得分值的装置。

[0069] 此外,数据处理系统优选地进一步包括用于将模糊得分值与模糊得分阈值相比较的比较单元。

[0070] 数据处理系统优选地进一步包括优选地作为图像处理系统的一部分的模糊单元,其中模糊单元优选地应用高斯模糊化或本领域中已知的任何其他模糊化方法以从输入图像10生成经模糊图像20。优选地,模糊单元具有用于表征模糊程度的模糊参数的输入端。

[0071] 此外,本发明涉及一种计算机程序产品,其包括当程序由计算机执行时使计算机执行根据本发明的方法的实施例的指令。

[0072] 该计算机程序产品可由一台或多台计算机执行。

[0073] 本发明还涉及一种计算机可读介质,其包括当由计算机执行时使计算机执行根据本发明的方法的实施例的指令。

[0074] 计算机可读介质可以是单个介质,或者可以包括多个单独件。

[0075] 本发明当然不限于以上详细描述的首选实施例,而是附加变体、修改和开发在权利要求书所确定的保护范围内是可能的。此外,可由任一任意从属权利要求组合限定的所有实施例属于本发明。

[0076] 附图标记列表

- | | | |
|--------|-----|--------|
| [0077] | 10 | 输入图像 |
| [0078] | 10' | 放大细节 |
| [0079] | 12 | 二维频谱 |
| [0080] | 14 | 一维频谱 |
| [0081] | 16 | 直线 |
| [0082] | 20 | 经模糊图像 |
| [0083] | 20' | 放大细节 |
| [0084] | 22 | 另一二维频谱 |
| [0085] | 24 | 另一一维频谱 |
| [0086] | 26 | 另一直线。 |



图1



图2

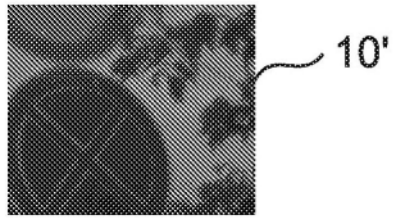


图3A

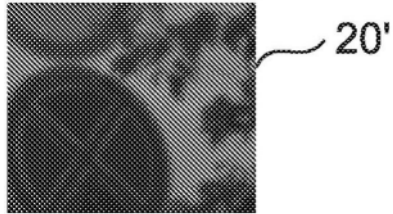


图3B

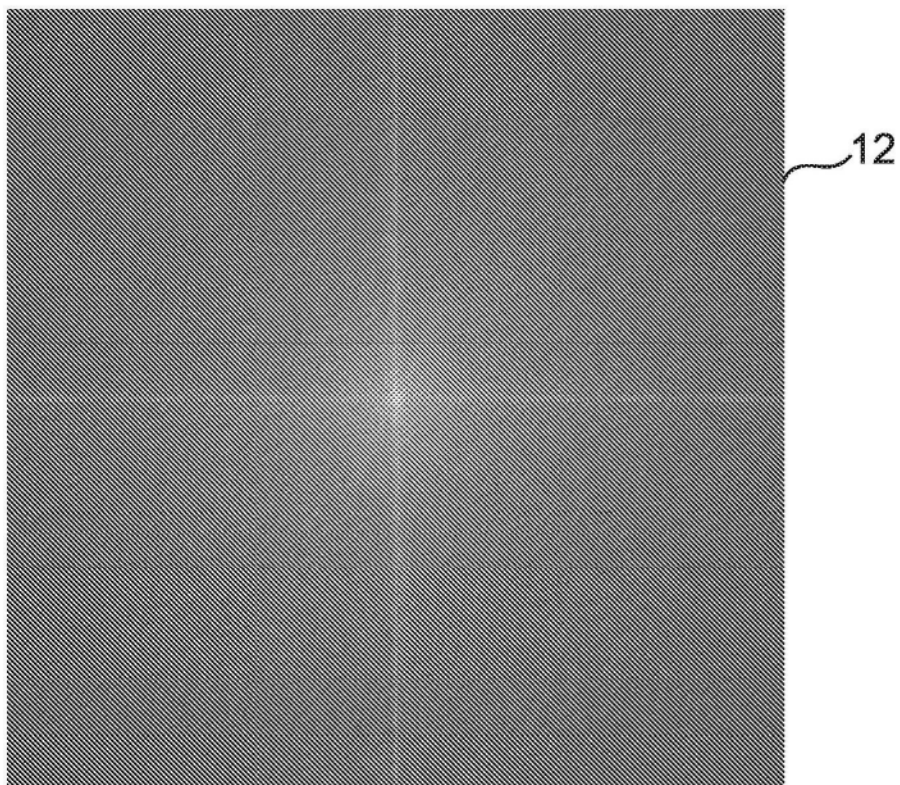


图4

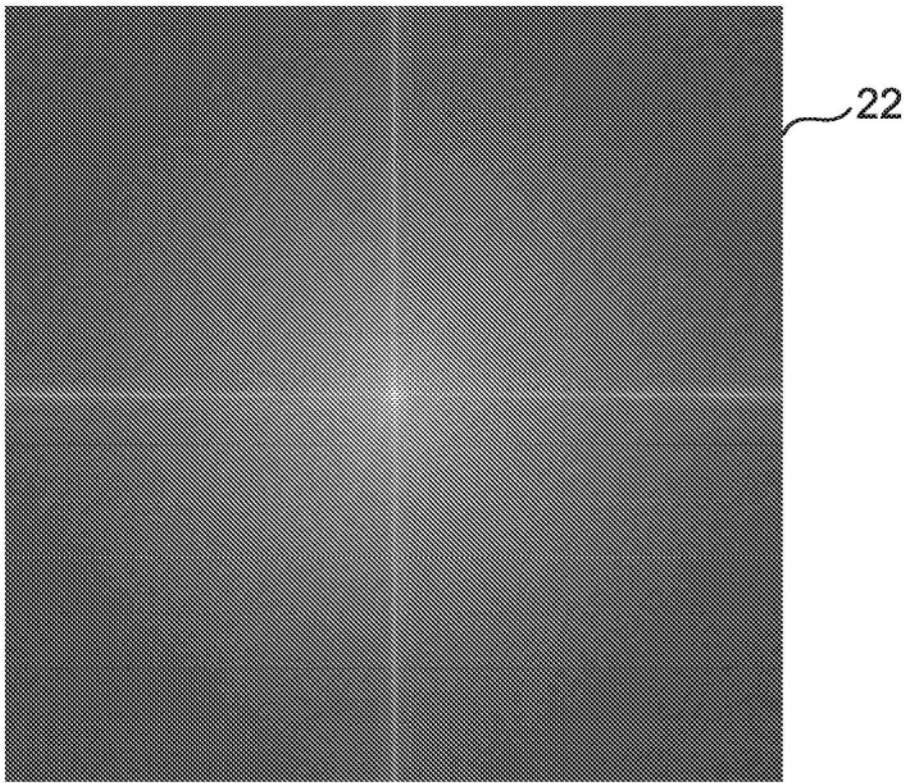


图5

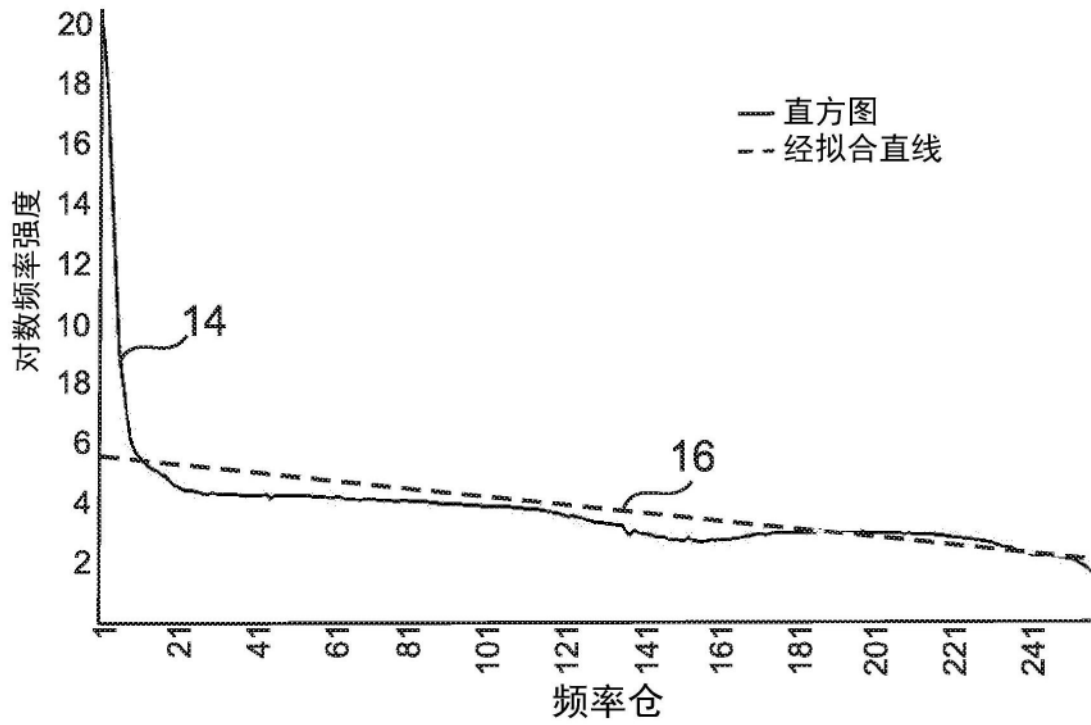


图6

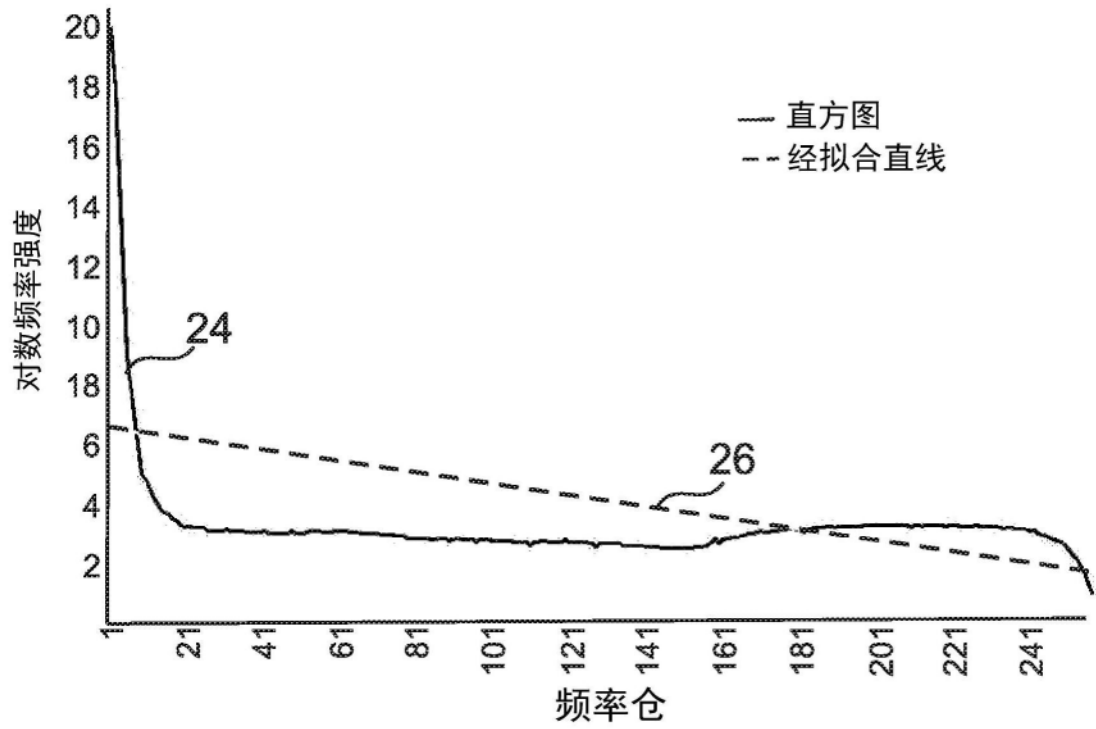


图7

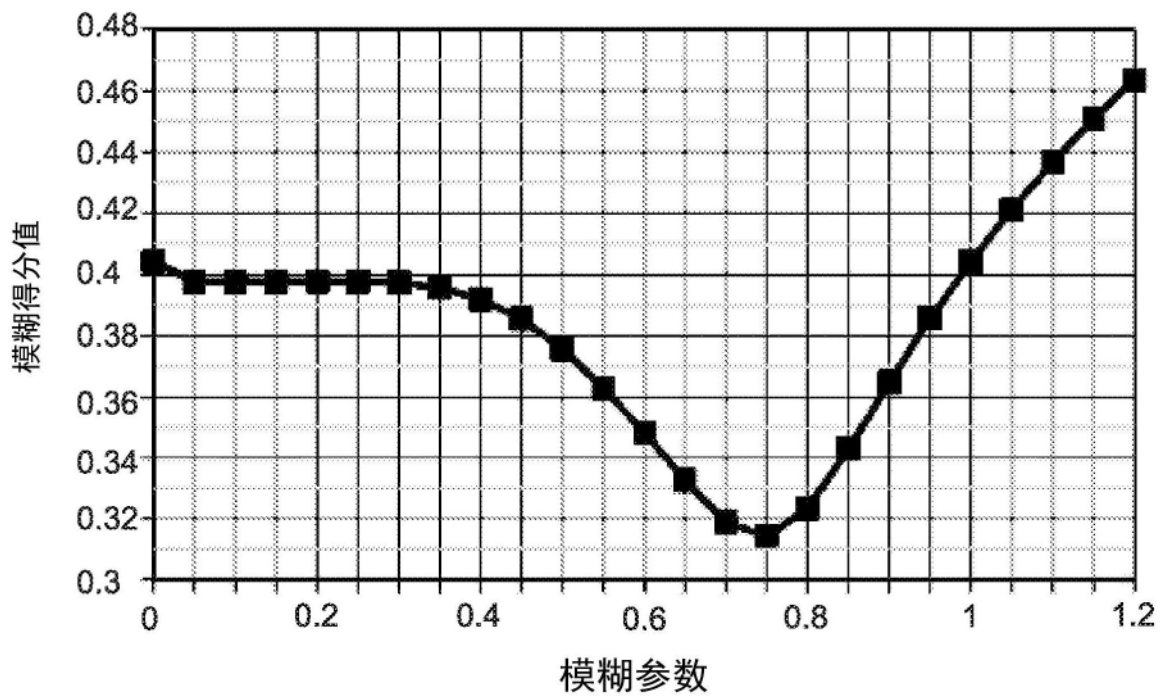


图8