



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102346912 A

(43) 申请公布日 2012. 02. 08

(21) 申请号 201110204634. 5

(22) 申请日 2011. 07. 15

(30) 优先权数据

2010-166195 2010. 07. 23 JP

(71) 申请人 索尼公司

地址 日本东京都

(72) 发明人 山田英史

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 朱胜 江河清

(51) Int. Cl.

G06T 7/00 (2006. 01)

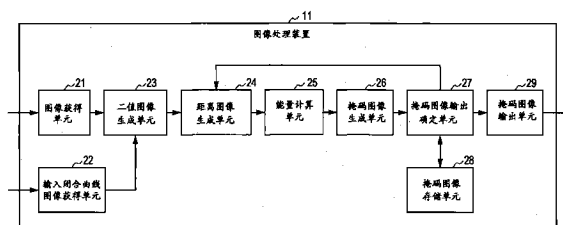
权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图 11 页

(54) 发明名称

图像处理装置、图像处理方法和程序

(57) 摘要

一种图像处理装置,包括:获得单元,获得包括输入的闭合曲线的图像,所述闭合曲线包围输入图像中的对象;生成单元,根据曲线的形状,生成具有对应于到输入的闭合曲线的距离的各个像素的像素值的距离图像;计算单元,计算输入图像的输入图像能量,所述输入图像能量包括基于像素的距离而改变的距离能量或者基于像素的似然性而改变的似然性能量以及根据距离图像中相邻像素之间的色差而改变的色差能量,所述似然性能量基于距离图像中的对象区域和非对象区域的颜色分布模型;以及生成单元,通过最小化输入图像能量来并且分配表示对象区域的属性或者表示非对象区域的属性来生成掩码图像。



1. 一种图像处理装置,包括:

输入闭合曲线获得单元,获得包括闭合曲线的图像,所述闭合曲线是为了包围包括在输入图像中的对象而输入;

距离图像生成单元,根据输入的闭合曲线的形状,对应于到所述输入的闭合曲线的距离来生成具有针对各个像素设置的像素值的距离图像;

能量计算单元,计算所述输入图像的输入图像能量,所述输入图像能量包括根据所述各个像素的距离而改变的距离能量或者根据所述各个像素的似然性而改变的似然性能量以及根据所述距离图像中相邻像素之间的色差而改变的色差能量,其中所述各个像素的似然性基于所述距离图像中对应于所述对象的区域的颜色分布模型和除了所述对象区域之外区域的颜色分布模型来获得;以及

掩码图像生成单元,通过执行使得所述输入图像能量被最小化的计算并且根据最小化的输入图像能量分配表示所述输入图像的对象区域的属性或者表示除了所述对象区域之外的区域的属性,来生成掩码图像。

2. 根据权利要求1所述的图像处理装置,其中:

所述距离图像生成单元通过计算来获得在相对于所述输入的闭合曲线内部中的中间轴,通过对计算出的所述中间轴和所述输入的闭合曲线之间的相对于像素位置的距离执行内部分割来获得所述像素的距离,并且根据所述距离生成具有设置给各个像素的像素值的距离图像。

3. 根据权利要求2所述的图像处理装置,

其中所述距离图像生成单元通过对二值图像中的所述输入的闭合曲线内部部分的形状执行细线化处理,来计算所述中间轴,所述二值图像通过对所述输入的闭合曲线执行二值化以获得内部部分和外部部分而获得。

4. 根据权利要求1所述的图像处理装置,

其中所述距离图像生成单元对相对于所述输入的闭合曲线的内部部分执行变形操作,使得所述输入的闭合曲线的形状变成圆形,根据从变形操作后所述像素移动到的位置到变形的输入的闭合曲线的距离来获得所述像素的距离,并且根据所述距离生成具有针对各个像素设置的像素值的距离图像。

5. 根据权利要求2所述的图像处理装置,

其中包括在所述距离图像中的像素的距离通过对与所述像素相关联的特征值的差进行积分而获得,所述特征值包括亮度差和颜色 R、G 和 B 的差以及似然性的差。

6. 根据权利要求2所述的图像处理装置,

其中包括在所述距离图像中的像素的距离是在位于参考位置的像素和位于包括在所述输入的闭合曲线中的位置的像素之间设置的路径上的空间距离。

7. 根据权利要求1所述的图像处理装置,

其中所述能量计算单元通过根据包括在所述距离图像中的像素的距离对像素的颜色进行加权来计算颜色分布模型,并且根据所述颜色分布模型来计算所述能量。

8. 根据权利要求1所述的图像处理装置,

其中所述能量计算单元根据包括在所述距离图像中的像素的距离的值来增加或者减少使用所述像素的颜色计算的能量。

9. 根据权利要求 1 所述的图像处理装置，

其中所述能量计算单元根据包括在所述距离图像中的像素的距离的值来增加或者减少使用所述像素之中的色差计算的能量。

10. 根据权利要求 1 所述的图像处理装置，

其中所述能量计算单元计算包括在所述距离图像中的像素的距离的梯度方向，并且根据所述梯度方向和所述像素的连接的方向之间的角度差来增加或者减少能量。

11. 一种图像处理装置的图像处理方法，所述图像处理装置包括：

输入闭合曲线获得单元，获得包括闭合曲线的图像，所述闭合曲线是为了包围包括在输入图像中的对象而输入；

距离图像生成单元，根据输入的闭合曲线的形状，对应于到所述输入的闭合曲线的距离来生成具有针对各个像素设置的像素值的距离图像；

能量计算单元，计算所述输入图像的输入图像能量，所述输入图像能量包括根据所述各个像素的距离而改变的距离能量或者根据所述各个像素的似然性而改变的似然性能量以及根据所述距离图像中相邻像素之间的色差而改变的色差能量，其中所述各个像素的似然性基于所述距离图像中对应于所述对象的区域的颜色分布模型和除了所述对象区域之外区域的颜色分布模型来获得；以及

掩码图像生成单元，通过执行使得所述输入图像能量被最小化的计算并且根据最小化的输入图像能量分配表示所述输入图像的对象区域的属性或者表示除了所述对象区域之外的区域的属性，来生成掩码图像，

所述图像处理方法包括：

使用所述输入闭合曲线获得单元来获得包括闭合曲线的图像，所述闭合曲线是为了包围包括在输入图像中的对象而输入；

使用距离图像生成单元来根据输入的闭合曲线的形状，对应于到所述输入的闭合曲线的距离来生成具有针对各个像素设置的像素值的距离图像；

使用能量计算单元来计算所述输入图像的输入图像能量，所述输入图像能量包括根据所述各个像素的距离而改变的距离能量或者根据所述各个像素的似然性而改变的似然性能量以及根据所述距离图像中相邻像素之间的色差而改变的色差能量，其中所述各个像素的似然性基于所述距离图像中对应于所述对象的区域的颜色分布模型和除了所述对象区域之外区域的颜色分布模型来获得；以及

使用掩码图像生成单元来通过执行使得所述输入图像能量被最小化的计算并且根据最小化的输入图像能量分配表示所述输入图像的对象区域的属性或者表示除了所述对象区域之外的区域的属性，来生成掩码图像。

12. 一种使得计算机控制图像处理装置执行如下处理的程序，所述图像处理装置包括：

输入闭合曲线获得单元，获得包括闭合曲线的图像，所述闭合曲线是为了包围包括在输入图像中的对象而输入；

距离图像生成单元，根据输入的闭合曲线的形状，对应于到所述输入的闭合曲线的距离来生成具有针对各个像素设置的像素值的距离图像；

能量计算单元，计算所述输入图像的输入图像能量，所述输入图像能量包括根据所述

各个像素的距离而改变的距离能量或者根据所述各个像素的似然性而改变的似然性能量以及根据所述距离图像中相邻像素之间的色差而改变的色差能量,其中所述各个像素的似然性基于所述距离图像中对应于所述对象的区域的颜色分布模型和除了所述对象区域之外区域的颜色分布模型来获得;以及

掩码图像生成单元,通过执行使得所述输入图像能量被最小化的计算并且根据最小化的输入图像能量分配表示所述输入图像的对象区域的属性或者表示除了所述对象区域之外的区域的属性,来生成掩码图像,

所述处理包括:

使用所述输入闭合曲线获得单元来获得包括闭合曲线的图像,所述闭合曲线是为了包围包括在输入图像中的对象而输入;

使用距离图像生成单元来根据输入的闭合曲线的形状,对应于到所述输入的闭合曲线的距离来生成具有针对各个像素设置的像素值的距离图像;

使用能量计算单元来计算所述输入图像的输入图像能量,所述输入图像能量包括根据所述各个像素的距离而改变的距离能量或者根据所述各个像素的似然性而改变的似然性能量以及根据所述距离图像中相邻像素之间的色差而改变的色差能量,其中所述各个像素的似然性基于所述距离图像中对应于所述对象的区域的颜色分布模型和除了所述对象区域之外区域的颜色分布模型来获得;以及

使用掩码图像生成单元来通过执行使得所述输入图像能量被最小化的计算并且根据最小化的输入图像能量分配表示所述输入图像的对象区域的属性或者表示除了所述对象区域之外的区域的属性,来生成掩码图像。

图像处理装置、图像处理方法和程序

技术领域

[0001] 本公开涉及图像处理装置、图像处理方法和程序,尤其涉及一种能够根据被输入以包围对象的闭合曲线的形状来生成距离图像并计算能量,由此来提高分配用于区分属于该对象的像素和不属于该对象的像素的特征的功能的性能的图像处理装置、图像处理方法和程序。

背景技术

[0002] 在图像处理领域中,已经认为将图像分离为对象(前景)和背景的分割处理是一种重要的功能,并进行了很多研究。

[0003] 这种分割处理实现了选择要进行特定处理的图像的的部分的处理和提取图像的的部分作为要与其它图像进行合成的对象的处理。

[0004] 有效的分割处理(其中,给图像的每个像素分配两个属性(标签),即,对象和背景中的一个)的例子包括 grabcut 方法(参考 2004 年 8 月,ACM Transactions on Graphics, 23(3),第 309-314 页,Carsten Rother, Vladimir Kolmogorov, Andrew Blake 的标题为“GrabCut:interactive foreground extraction using iterated graphcuts”和美国专利第 7660463 号)。

[0005] 在这种方法中,首先,用户指定围绕要提取的对象的矩形线或者闭合曲线。作为一种算法,在初始状态,确定矩形线的外部以包括背景的像素,并确定内部以包括对象的像素和背景的像素的混合。

[0006] 参考对象的颜色分布模型和背景的颜色分布模型使用包括各个像素的似然性和由像素之间的色差获得的连续性这两个信息项来重复执行分割处理,同时更新颜色分布模型,以确定表示对象的像素。

[0007] 获得各个像素的似然性和像素之间的色差作为表示能量的图形数据,该能量将要进行能量最小化计算,从而获得对象的像素集合。

[0008] 用于最小化计算的能量对应于各个像素的似然性和像素之间的色差,并且输入的闭合曲线仅用于对像素进行属性分类,其中像素在初始状态被分类为前景和背景。

[0009] 由于输入闭合曲线以围绕对象的外围,因此很可能闭合曲线与对象的最终形状相似,因此闭合曲线是要被积极利用的重要信息。

[0010] 作为解决这种问题的简单方法,已经考虑了如下方法:将输入的闭合曲线向内收缩预定宽度,使得对象和背景之间的边界被包括在由输入的闭合曲线和收缩的闭合曲线限定的带区域内。

[0011] 一般来说,执行收缩期望宽度的操作被称为“侵蚀”(Erosion),并且已经提出使用这种方法来执行分割的方法(参考美国专利第 7400767 号)。

发明内容

[0012] 然而,在这种方法中,是统一地执收缩处理,而不考虑形状和位置。

[0013] 因此,为了最终获得包括在带区域中的边界,应该保证对于吸收 (absorb) 输入闭合曲线和轮廓形状之间的距离的变化有效的宽的宽度,或者重复执行处理以获得轮廓,并且因而这种方法是没效率的。

[0014] 因此,期望通过使用关于输入闭合曲线的信息获得对应于输入闭合曲线的形状的距离图像使得使用关于输入形状的信息附加地执行分割处理中的能量计算来提高分割处理的结果的精确度。

[0015] 根据本公开的一个实施例,提供一种图像处理装置,包括输入闭合曲线获得单元,获得包括闭合曲线的图像,闭合曲线是为了包围包括在输入图像中的对象而输入;距离图像生成单元,根据输入的闭合曲线的形状,对应于到输入的闭合曲线的距离来生成具有针对各个像素设置的像素值的距离图像;能量计算单元,计算输入图像的输入图像能量,输入图像能量包括根据各个像素的距离而改变的距离能量或者根据各个像素的似然性而改变的似然性能量以及根据距离图像中相邻像素之间的色差而改变的色差能量,其中各个像素的似然性基于距离图像中对应于对象的区域的颜色分布模型和除了对象区域之外区域的颜色分布模型来获得;以及掩码图像生成单元,通过执行使得输入图像能量被最小化的计算并且根据最小化的输入图像能量分配表示输入图像的对象区域的属性或者表示除了对象区域之外的区域的属性,来生成掩码图像。

[0016] 距离图像生成单元可以通过计算来获得在相对于输入的闭合曲线内部中的中间轴,通过对计算出的中间轴和输入的闭合曲线之间的相对于像素位置的距离执行内部分割来获得像素的距离,并且根据距离生成具有设置给各个像素的像素值的距离图像。

[0017] 距离图像生成单元可以通过对二值图像中的输入的闭合曲线的内部部分的形状执行细线化处理,来计算中间轴,所述二值图像通过对输入的闭合曲线执行二值化以获得内部部分和外部部分而获得。

[0018] 距离图像生成单元可以对相对于输入的闭合曲线的内部部分执行变形操作,使得输入的闭合曲线的形状变成圆形,根据从变形操作后像素移动到的位置到变形的输入的闭合曲线的距离来获得像素的距离,并且根据该距离生成具有针对各个像素设置的像素值的距离图像。

[0019] 包括在距离图像中的像素的距离可以通过对与像素相关联的特征值的差进行积分而获得,特征值包括亮度差和颜色 R、G 和 B 的差以及似然性的差。

[0020] 包括在距离图像中的像素的距离可以是在位于参考位置的像素和位于包括在输入的闭合曲线中的位置的像素之间设置的路径上的空间距离。

[0021] 能量计算单元可以通过根据包括在距离图像中的像素的距离对像素的颜色进行加权来计算颜色分布模型,并且根据颜色分布模型来计算能量。

[0022] 能量计算单元可以根据包括在距离图像中的像素的距离的值来增加或者减少使用像素的颜色计算的能量。

[0023] 能量计算单元可以根据包括在距离图像中的像素的距离的值来增加或者减少使用像素之中的色差计算的能量。

[0024] 能量计算单元可以计算包括在距离图像中的像素的距离的梯度方向,并且根据梯度方向和像素的连接的方向之间的角度差来增加或者减少能量。

[0025] 根据本公开的一个实施例,提供一种图像处理装置的图像处理方法,图像处理装

置包括：输入闭合曲线获得单元，获得包括闭合曲线的图像，闭合曲线是为了包围包括在输入图像中的对象而输入；距离图像生成单元，根据输入的闭合曲线的形状，对应于到输入的闭合曲线的距离来生成具有针对各个像素设置的像素值的距离图像；能量计算单元，计算输入图像的输入图像能量，输入图像能量包括根据各个像素的距离而改变的距离能量或者根据各个像素的似然性而改变的似然性能量以及根据距离图像中相邻像素之间的色差而改变的色差能量，其中各个像素的似然性基于距离图像中对应于对象的区域的颜色分布模型和除了对象区域之外区域的颜色分布模型来获得；以及掩码图像生成单元，通过执行使得输入图像能量被最小化的计算并且根据最小化的输入图像能量分配表示输入图像的对象区域的属性或者表示除了对象区域之外的区域的属性，来生成掩码图像，该图像处理方法包括：使用输入闭合曲线获得单元来获得包括闭合曲线的图像，闭合曲线是为了包围包括在输入图像中的对象而输入；使用距离图像生成单元来根据输入的闭合曲线的形状，对应于到输入的闭合曲线的距离来生成具有针对各个像素设置的像素值的距离图像；使用能量计算单元来计算输入图像的输入图像能量，输入图像能量包括根据各个像素的距离而改变的距离能量或者根据各个像素的似然性而改变的似然性能量以及根据距离图像中相邻像素之间的色差而改变的色差能量，其中各个像素的似然性基于距离图像中对应于对象的区域的颜色分布模型和除了对象区域之外区域的颜色分布模型来获得；以及使用掩码图像生成单元来通过执行使得所述输入图像能量被最小化的计算并且根据最小化的输入图像能量来分配表示输入图像的对象区域的属性或者表示除了对象区域之外的区域的属性，来生成掩码图像。

[0026] 根据本公开的再一个实施例，提供一种使得计算机控制图像处理装置执行如下处理的程序，图像处理装置包括：输入闭合曲线获得单元，获得包括闭合曲线的图像，闭合曲线是为了包围包括在输入图像中的对象而输入；距离图像生成单元，根据输入的闭合曲线的形状，对应于到输入的闭合曲线的距离来生成具有针对各个像素设置的像素值的距离图像；能量计算单元，计算输入图像的输入图像能量，输入图像能量包括根据各个像素的距离而改变的距离能量或者根据各个像素的似然性而改变的似然性能量以及根据距离图像中相邻像素之间的色差而改变的色差能量，其中各个像素的似然性基于距离图像中对应于对象的区域的颜色分布模型和除了对象区域之外区域的颜色分布模型来获得；以及掩码图像生成单元，通过执行使得输入图像能量被最小化的计算并且根据最小化的输入图像能量分配表示输入图像的对象区域的属性或者表示除了对象区域之外的区域的属性，来生成掩码图像，所述处理包括：使用输入闭合曲线获得单元来获得包括闭合曲线的图像，闭合曲线是为了包围包括在输入图像中的对象而输入；使用距离图像生成单元来根据输入的闭合曲线的形状，对应于到输入的闭合曲线的距离来生成具有针对各个像素设置的像素值的距离图像；使用能量计算单元来计算输入图像的输入图像能量，输入图像能量包括根据各个像素的距离而改变的距离能量或者根据各个像素的似然性而改变的似然性能量以及根据距离图像中相邻像素之间的色差而改变的色差能量，其中各个像素的似然性基于距离图像中对应于对象的区域的颜色分布模型和除了对象区域之外区域的颜色分布模型来获得；以及使用掩码图像生成单元来通过执行使得输入图像能量被最小化的计算并且根据最小化的输入图像能量分配表示输入图像的对象区域的属性或者表示除了对象区域之外的区域的属性，来生成掩码图像。

[0027] 根据本公开的又一个实施例,提供一种图像处理装置,包括获得包括闭合曲线的图像,闭合曲线是为了包围包括在输入图像中的对象而输入;根据输入的闭合曲线的形状,对应于到输入的闭合曲线的距离来生成具有针对各个像素设置的像素值的距离图像;计算输入图像的输入图像能量,输入图像能量包括根据各个像素的距离而改变的距离能量或者根据各个像素的似然性而改变的似然性能量以及根据距离图像中相邻像素之间的色差而改变的色差能量,其中各个像素的似然性基于距离图像中对应于对象的区域的颜色分布模型和除了对象区域之外区域的颜色分布模型来获得;以及通过执行使得输入图像能量被最小化的计算并且根据最小化的输入图像能量分配表示输入图像的对象区域的属性或者表示除了对象区域之外的区域的属性,来生成掩码图像。

[0028] 本公开的图像处理装置可以独立地提供,也可以是执行图像处理的块。

[0029] 因此,可以获得极好的分割结果。

附图说明

[0030] 图 1 是图示了根据本公开的实施例的图像处理装置的配置的框图;

[0031] 图 2 包括图示了由图 1 中所示图像处理装置执行的处理的示意图;

[0032] 图 3 是图示了距离图像生成单元的配置的示意图;

[0033] 图 4 是图示了分割处理的流程图;

[0034] 图 5 包括图示了分割处理的示意图;

[0035] 图 6 是图示了由距离图像生成单元执行的距离图像生成处理的流程图;

[0036] 图 7 是图示了距离图像生成单元的另一配置的示意图;

[0037] 图 8 是图示了由图 7 中所示的距离图像生成单元执行的距离图像生成处理的流程图;

[0038] 图 9 包括图示了由图 7 中所示的距离图像生成单元执行的距离图像生成处理的示意图;

[0039] 图 10 是图示了由图 7 中所示的距离图像生成单元执行的距离图像生成处理的示意图;以及

[0040] 图 11 是图示了通用个人计算机的配置的示意图。

具体实施方式

[0041] 一种图像处理装置,包括:

[0042] 输入闭合曲线获得单元,获得包括闭合曲线的图像,所述闭合曲线是为了包围包括在输入图像中的对象而输入;

[0043] 距离图像生成单元,根据输入的闭合曲线的形状,对应于到所述输入的闭合曲线的距离来生成具有针对各个像素设置的像素值的距离图像;

[0044] 能量计算单元,计算所述输入图像的输入图像能量,所述输入图像能量包括根据所述各个像素的距离而改变的距离能量或者根据所述各个像素的似然性而改变的似然性能量以及根据所述距离图像中相邻像素之间的色差而改变的色差能量,其中所述各个像素的似然性基于所述距离图像中对应于所述对象的区域的颜色分布模型和除了所述对象区域之外区域的颜色分布模型来获得;以及

[0045] 掩码图像生成单元,通过执行使得所述输入图像能量被最小化的计算并且根据最小化的输入图像能量分配表示所述输入图像的对象区域的属性或者表示除了所述对象区域之外的区域的属性,来生成掩码图像。

[0046] 一种图像处理装置的图像处理方法,所述图像处理装置包括:

[0047] 输入闭合曲线获得单元,获得包括闭合曲线的图像,所述闭合曲线是为了包围包括在输入图像中的对象而输入;

[0048] 距离图像生成单元,根据输入的闭合曲线的形状,对应于到所述输入的闭合曲线的距离来生成具有针对各个像素设置的像素值的距离图像;

[0049] 能量计算单元,计算所述输入图像的输入图像能量,所述输入图像能量包括根据所述各个像素的距离而改变的距离能量或者根据所述各个像素的似然性而改变的似然性能量以及根据所述距离图像中相邻像素之间的色差而改变的色差能量,其中所述各个像素的似然性基于所述距离图像中对应于所述对象的区域的颜色分布模型和除了所述对象区域之外区域的颜色分布模型来获得;以及

[0050] 掩码图像生成单元,通过执行使得所述输入图像能量被最小化的计算并且根据最小化的输入图像能量分配表示所述输入图像的对象区域的属性或者表示除了所述对象区域之外的区域的属性,来生成掩码图像,

[0051] 所述图像处理方法包括:

[0052] 使用所述输入闭合曲线获得单元来获得包括闭合曲线的图像,所述闭合曲线是为了包围包括在输入图像中的对象而输入;

[0053] 使用距离图像生成单元来根据输入的闭合曲线的形状,对应于到所述输入的闭合曲线的距离来生成具有针对各个像素设置的像素值的距离图像;

[0054] 使用能量计算单元来计算所述输入图像的输入图像能量,所述输入图像能量包括根据所述各个像素的距离而改变的距离能量或者根据所述各个像素的似然性而改变的似然性能量以及根据所述距离图像中相邻像素之间的色差而改变的色差能量,其中所述各个像素的似然性基于所述距离图像中对应于所述对象的区域的颜色分布模型和除了所述对象区域之外区域的颜色分布模型来获得;以及

[0055] 使用掩码图像生成单元来通过执行使得所述输入图像能量被最小化的计算并且根据最小化的输入图像能量分配表示所述输入图像的对象区域的属性或者表示除了所述对象区域之外的区域的属性,来生成掩码图像。

[0056] 在下文中将描述本公开的实施例。注意将以以下顺序进行描述。

[0057] 1. 第一实施例

[0058] 2. 第二实施例

[0059] 1. 第一实施例

[0060] 图像处理装置的配置的例子

[0061] 图 1 示出了根据本公开的实施例的图像处理装置的硬件配置。比如,图 1 中所示的图像处理装置 11 使用图 2 中所示的输入图像 P1 以及沿着作为输入图像 P1 的前景的对象(天鹅的图像)的轮廓输入的闭合曲线 L1 的图像来生成图 2 中所示的掩码图像 P2。掩码图像 P2 中包括的像素具有向其分配的表示各个像素是属于对象区域(前景区域)还是非对象区域(背景区域)的属性。在图 2 中所示的掩码图像 P2 中,属于对象区域的像素用

白色来表示,而属于背景区域的像素用黑色来表示。也就是说,图像处理装置 11 使用输入图像和沿着包括在输入图像中的对象的轮廓输入的闭合曲线的图像,来获得表示像素是属于对象区域还是其他区域的各个像素的属性,并输出这些属性作为掩码图像。

[0062] 图像处理装置 11 包括图像获得单元 21、输入闭合曲线图像获得单元 22、二值图像生成单元 23、距离图像生成单元 24、能量计算单元 25、掩码图像生成单元 26、掩码图像输出确定单元 27、掩码图像存储单元 28、和掩码图像输出单元 29。

[0063] 图像获得单元 21 获得 RGB(红色,绿色和蓝色)的输入图像,并且将该输入图像提供给二值图像生成单元 23。

[0064] 输入闭合曲线图像获得单元 22 获得由沿着包括在输入图像中的对象的轮廓输入的闭合曲线所形成的图像。闭合曲线可以由用户通过在查看输入图像时对操作单元(未示出)进行操作来输入。可替换地,可以根据使用被建议作为对象识别技术的技术所识别的信息来输入闭合曲线。注意,作为识别输入图像中的对象的技术的例子,在 2007 年 Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR' 07, IEEE 会议,作者为 Tie Liu、Jian Sun、Nan-Ning Zheng、Xiaoou Tang 和 Heung-Yeung Shum,公开日为 2007 年 6 月 17-22 日的“Learning to Detect A Salient Object”中提出。

[0065] 二值图像生成单元 23 生成二值图像,并将该二值图像提供给距离图像生成单元 24,二值图像包括位于输入闭合曲线外部且包括输入闭合曲线图像中的输入闭合曲线的外部区域,以及位于输入闭合曲线内部且不包括输入闭合曲线的内部区域,内部和外部区域由二值像素表示。

[0066] 距离图像生成单元 24 获得从二值图像生成单元 23 或者掩码图像输出确定单元 27 提供的二值图像的输入闭合曲线中包括的像素的值,该值对应于从输入闭合曲线到像素的距离,生成具有与所获得的值成比例的像素值的距离,并且将距离图像提供给能量计算单元 25。注意,距离图像生成单元 24 的配置将在下文中参考图 3 详细描述。

[0067] 能量计算单元 25 基于距离图像、使用各个像素的似然性和像素之间的色差来获得输入图像的能量,并且将能量提供给掩码图像生成单元 26。注意,像素之间的色差包括亮度差、颜色 R, G, B 的差和似然性的差。

[0068] 掩码图像生成单元 26 根据输入图像的能量生成加权的图形,并且对该加权的图形进行优化,然后根据优化的结果生成掩码图像以提供给掩码图像输出确定单元 27。

[0069] 掩码图像输出确定单元 27 使掩码图像存储单元 28 存储当前提供的掩码图像,获得先前处理中存储的掩码图像和当前提供的掩码图像之间的差,并且当该差大于预定值的时候,将提供的掩码图像返回给距离图像生成单元 24。另一方面,当先前处理中存储的掩码图像和当前提供的掩码图像之间的差小于预定值的时候,掩码图像输出确定单元 27 将输入图像提供给输出掩码图像的掩码图像输出单元 29。

[0070] 距离图像生成单元的配置

[0071] 现在将参考图 3 来描述距离图像生成单元的配置。

[0072] 距离图像生成单元 24 包括中间轴图像生成单元 51、第一距离图像生成单元 52、第二距离图像生成单元 53、归一化距离图像生成单元 54、和距离图像输出单元 55。

[0073] 中间轴图像生成单元 51 对从二值图像生成单元 23 提供的二值图像中的输入闭合曲线中包括的形状(shape)执行细线化(thinning)处理,并且生成中间轴图像,以提供给

第一距离图像生成单元 52 和第二距离图像生成单元 53。

[0074] 第一距离图像生成单元 52 继而设置从对应于输入闭合曲线的边界上的像素到包括在中间轴图像中的像素的最短路径。然后,第一距离图像生成单元 52 将位于边界上的像素和位于路径上的像素距离设置为 0,并且继续地为各个像素获得在朝着中间轴方向上到包括在中间轴中的像素的最短距离,这样,给彼此垂直邻近的像素加 1,并且给彼此对角邻近的像素加 $\sqrt{2}$ 。此外,第一距离图像生成单元 52 生成具有与如上所述为各个像素获得的距离相对应的像素值的第一距离图像,并且将第一距离图像提供给归一化距离图像生成单元 54。

[0075] 第二距离图像生成单元 53 设置从包括在中间轴中的像素到位于对应于输入闭合曲线的边界上的像素的最短路径。然后,第二距离图像生成单元 53 将位于边界上的像素和位于路径上的像素距离设置为 0,并且继续地为各个像素获得在朝着作为边界的输入闭合曲线方向上到包括在中间轴中的像素的最短距离,这样,给彼此垂直邻近的像素加 1,并且给彼此对角邻近的像素加 $\sqrt{2}$ 。此外,第二距离图像生成单元 53 生成具有与如上所述为各个像素获得的距离相对应的像素值的第二距离图像,并且将第二距离图像提供给归一化距离图像生成单元 54。

[0076] 归一化距离图像生成单元 54 对从第一距离图像生成单元 52 提供的第一距离图像和从第二距离图像生成单元 53 提供的第二距离图像执行内部分割作为结果,对距离进行归一化,并且生成归一化的距离图像以输出给距离图像生成单元 55。

[0077] 距离图像输出单元 55 输出从归一化距离图像生成单元 54 提供的归一化距离图像作为由距离图像生成单元 24 生成的距离图像。

[0078] 分割处理

[0079] 接下来,将参考图 4 中所示的流程图描述作为由图 1 中所示的图像处理装置 11 执行的图像处理的分割处理。注意,在该分割处理中,假设输入闭合曲线连同输入图像一起提供,输入闭合曲线是通过在通过未示出的对象搜索处理从输入图像获得的对象的外围部分中输入闭合曲线来获得,或者通过输入闭合曲线使得用户使用未示出的操作单元的操作跟踪包括在输入图像中的对象的外围部分的来获得。

[0080] 在步骤 S11 中,图像获得单元 21 获得输入图像,并且输入闭合曲线图像获得单元 22 获得输入闭合曲线图像。然后,图像获得单元 21 将所获得的输入图像提供给二值图像生成单元 23。而且,输入闭合曲线图像获得单元 22 将所获得的输入闭合曲线图像提供给二值图像生成单元 23。

[0081] 在步骤 S12 中,二值图像生成单元 23 根据提供的输入图像和提供的输入闭合曲线图像生成二值图像,该二值图像包括:包括在包括对象的输入闭合曲线图像中的第一像素值和包括在其他区域中的第二像素值,并且将二值图像提供给距离图像生成单元 24。例如,假设当输入由图 5 中所示的图像 P11 表示的闭合曲线图像时,二值图像生成单元 23 生成由图像 P12 表示的二值图像。注意,当像素值在 0 到 255 的范围内时,图 5 中所示的图像 P11 包括具有像素值 0 的输入闭合曲线 L1(图 2 中所示)和具有像素值 128 的其他区域。另一方面,二值图像具有包括闭合曲线 L1 并且闭合曲线 L1 内部具有像素值 128 的区域和具有像素值 0 的其他区域。

[0082] 在步骤 S13 中,距离图像生成单元 24 执行距离图像生成处理以从二值图像生成距

离图像,并且将距离图像相提供给能量计算单元 25。具体地,距离图像生成单元 24 通过对图 5 中所示的二值图像 P12 执行的距离图像生成处理来生成由图 5 中所示的 P14 所表示的距离图像。注意,下文中将参考图 6 中所示的流程图详细描述距离图像生成处理。

[0083] 在步骤 S14 中,能量计算单元 25 使用距离图像计算输入图像的能量。这里,能量计算单元 25 计算由下面的表达式 (1) 所表示的能量 $E(X)$,并且将能量 $E(X)$ 提供给掩码图像生成单元 26。注意,表达式 (1) 所表示的能量 $E(X)$ 是通过对第 7660463 号美国专利中公开的能量计算公式进行扩展而得到。

$$[0084] \quad E(X) = \sum E_1(x_i) + \lambda \sum E_2(x_i, x_j) \quad (1)$$

[0085] 这里, X 表示像素值 x 的集合。此外,表达式 (1) 中的 $E_1(x_i)$ 和 $E_2(x_i, x_j)$ 分别由下面的表达式 (2) 和 (3) 定义。

$$[0086] \quad E_1(x_i) = S(x_i) + M(x_i) + D(x_i) \quad (2)$$

$$[0087] \quad E_2(x_i, x_j) = T(x_i, x_j) \quad (3)$$

[0088] 此外,表达式 (2) 中包括的 $S(x_i)$ 表示对应于输入种子 1 施加给像素 x_i 的能量,并且如下面的表达式 (4) 所定义。

$$[0089] \quad S(x_i) = +\infty \text{ 或者 } -\infty \text{ 或者 } 0 \quad (4)$$

[0090] 具体地, $S(x_i)$ 是在输入种子位置施加给像素 x_i 的能量, $-\infty$ 施加给像素值为 0 的像素, $+\infty$ 施加给像素值为 255 的像素,并且 0 施加给二值图像中的其他像素。这里,输入种子是对于分割处理的限制条件,并且为各个像素清楚地指定表示背景或者对象的属性。比如,像素值 0 表示二值图像中的背景区域,像素值 255 表示二值图像中的对象区域,而其他区域被确定为要进行自动属性计算的未确定区域。

[0091] 此外,表示基于颜色分布模型获得的各个像素的似然性的能量的表达式 (2) 中的 $M(x_i)$,由下面的表达式 (5) 来定义,并且 $M(x_i)$ 的范围在从 -1.0 到 1.0。

$$[0092] \quad M(x_i) = (P_f(C(x_i)) - P_b(C(x_i))) / (P_f(C(x_i)) + P_b(C(x_i))) \times \lambda_m \quad (5)$$

[0093] 此外,下面由表达式 (6) 定义的 $D(x_i)$ 表示在中间轴图像中的像素 x_i 的距离值,并且下面由表达式 (7) 定义的 $T(x_i, x_j)$ 表示和相邻像素 (x_i, x_j) 的色差成比例的能量。

$$[0094] \quad D(x_i) = \text{dist}(x_i) \times \lambda_d \quad (6)$$

$$[0095] \quad T(x_i, x_j) = \exp(-|C(x_i) - C(x_j)|^2) \times \lambda_t \quad (7)$$

[0096] 这里表达式 (5) 中的 $P_f(C)$ 表示根据对象的颜色分布模型假设的颜色 C 的似然性。颜色分布模型 $P_f(C)$ 例如使用高斯混合模型或者内核密度估算来获得。在二值图像中具有 0 以外的值的对象候选像素被采样以构成对象颜色分布 $P_f(C)$ 。 $P_b(C)$ 表示根据背景颜色分布模型假设的颜色 C 的似然性。和对象模型 $P_f(C)$ 类似,颜色分布模型 $P_b(C)$ 使用高斯混合模型或者利用内核密度估算来获得。在二值图像中具有 0 值的背景像素被采样以构成背景颜色分布 $P_b(C)$ 。

[0097] 对象候选像素通过乘以各个像素的权重 $W(x_i)$ 用于颜色分布模型计算。比如,当颜色分布模型 $P_f(C)$ 是高斯混合模型时,加权平均和加权离散定义该高斯混合模型。当像素的所有权重 $W(x_i)$ 是 1 时,所有的采样被均匀的估计,并且因此获得正态平均和正态离散。

[0098] 这里,表达式 5 中的 $P_f(x_i)$ 表示通过用权重 $W(x_i)$ 对像素颜色 $C(x_i)$ 进行加权获得的概率分布模型。使用作为包括在距离图像中的像素值的距离 $\text{dist}(x_i)$ 来获得各

个像素的权重 $W(x_i)$ 。例如,权重 $W(x_i)$ 可以直接用作为由下面表达式 (8) 所表示的距离 $\text{dist}(x_i)$,或者可以在进行 $\text{dist}(x_i)$ 阈值处理后使用。此外,在执行阈值处理时,当距离 $\text{dist}(x_i)$ 大于阈值 Th 时权重 $W(x_i)$ 是 1,否则权重 $W(x_i)$ 是 0。例如,当阈值 Th 是 0.9 的时候,只有中间轴图像的轴附近的像素的权重是 1,并且在构成对象的颜色分布模型时,防止对背景像素进行采样。

[0099] $W(x_i) = \text{dist}(x_i)$

[0100] 或者

[0101] $W(x_i) = 1(\text{dist}(x_i) \geq Th)$

[0102] $0(\text{dist}(x_i) < Th)$ (8)

[0103] 注意 λ_m , λ_d 和 λ_t 是用于控制元素的强度等级的混合参数,并且其范围从 0.0 到 1.0。

[0104] 在步骤 S15 中,掩码图像生成单元 26 使用从能量计算单元 25 提供的输入图像的能量 $E(X)$ 生成加权图形,通过优化计算生成掩码图像,并且向掩码图像输出确定单元 27 输出掩码图像。作为优化计算,可以使用第 7660463 号美国专利中公开的图形切割方法。此外,为生成加权图形,使用表达式 (2) 中示出的项 $E_1(x_i)$ 来设置图形的节点,并使用表达式 (3) 中示出的项 $E_2(x_i)$ 来设置图形的边界。注意,使用图形切割方法来构成图形和能量最小化计算的方法在第 7660463 号美国专利中详细描述。

[0105] 在步骤 S16 中,掩码图像输出确定单元 27 根据提供的掩码图像确定是否再次执行获得掩码图像的处理。更具体地,掩码图像输出确定单元 27 使掩码图像存储单元 28 存储提供的掩码图像,读取已经存储的先前掩码图像,并且对先前掩码图像和当前提供的掩码图像进行比较以获得匹配度。当匹配度低于预定阈值时,确定再次执行获得掩码图像的处理,并且处理进行到步骤 S17。这里,匹配度对应于具有与两个掩码图像中的相应像素值匹配的像素值的像素的数量和所有像素的数量的比率。

[0106] 在步骤 S17 中,掩码图像输出确定单元 27 将提供的掩码图像发送到距离图像生成单元 24,来代替从二值图像生成单元 23 提供的二值图像。具体地,重复执行从步骤 S13 到步骤 S17 的处理,直到确定当前提供的掩码图像和之前存储的掩码图像之间的匹配度高。然后,在步骤 S16 中,当确定匹配度足够高时,因此不再执行处理,处理进行到步骤 S18。

[0107] 在步骤 S18 中,掩码图像输出确定单元 27 将从掩码图像生成单元 26 提供的掩码图像发送到掩码图像输出单元 29,在掩码图像输出单元 29 中,掩码图像被输出作为分割处理的结果。

[0108] 注意,虽然在前面的描述中已经描述了通过比较当前提供的掩码图像和之前存储的掩码图像来重复执行处理直到匹配度变得大于预定阈值这种情况,也可以使用其他方法来进行是否再次执行处理的确定。例如,可以重复执行处理预定次数或者可以不重复执行处理,也就是说,只执行一次处理。

[0109] 距离图像生成处理

[0110] 接下来,将描述图 3 中示出的距离图像生成单元 24 执行的距离图像生成处理。

[0111] 在步骤 S21 中,包括在距离图像生成单元 24 中的中间轴图像生成单元 51 使用输入二值图像生成具有包括在由输入闭合曲线包围的范围中的中间轴的中间轴图像,并且将该中间轴图像提供给第一距离图像生成单元 52 和第二距离图像生成单元 53。更具体地,

例如,中间轴图像生成单元 51 对由图 5 中所示的图像 P12 表示的二值图像中的包括值为 128 的像素并且由输入闭合曲线所包围的区域上执行细线化处理,以生成具有图 5 中所示的图像 P13 所表示的中间轴的图像。作为用于细线化处理的方法,例如可以使用在“2009 年 Research Publishing 的 Progress in Combinatorial Image Analysis 中第 183-194 页, Fully Parallel Thinning Algorithms Based on Ronse' s Sufficient Conditions for Topology Preservation”中建议的方法。在该方法中,执行细线化处理使得确定包括在二值图像中并且要进行细线化处理的像素附近的区域的状态是否满足预定条件、阶段和像素被删除时保留的形状的特征。在图 5 中所示的图像 P12 进行细线化处理后,得到作为中间轴图像的图像 P13,该中间轴图像包括表示被输入闭合曲线 L1 包围的区域的形状特征的细线。作为中间轴图像的图像 P13 将包括在作为二值图像的图像 P12 中的输入闭合曲线 L1 的形状表示为多条多边形线。

[0112] 在步骤 S22 中,第一距离图像生成单元 52 使用中间轴图像对例如各个像素执行累加以获得路径上成对的相邻像素的距离,该路径是将作为输入闭合曲线的边界中的像素和包括在作为参考的中间轴中的像素连接至彼此的最短路径。然后,第一距离图像生成单元 52 将具有对应于获得的像素的距离的像素值的图像作为第一距离图像提供给归一化距离图像生成单元 54。

[0113] 更具体地,第一距离图像生成单元 52 使用快速行进 (fast marching) 方法等来计算到像素的距离。可以根据以下来获得为获得距离要累加的值:其中当像素从一个移到另一个时加 1 的固定值距离、其中考虑了邻近关系使得在垂直方向加 1 并且在对角方向加 $\sqrt{2}$ 的邻近距离、或者基于特定位置的像素和邻近像素之间的颜色和亮度差的色差距离。

[0114] 此外,作为详细的距离计算方法,可以用通过对似然性的差进行积分所获得的值作为距离。此外,例如,距离计算方法可以基于上面描述的表达式 (5) 中表示的像素的颜色通过使用似然性 $M(x_i)$ 来实现。在这种情况下,由于预期似然性在对象和背景之间的边界中相当大地改变,因此在对应于边界的部分中距离也相当大地改变,并且预期对象和背景可以容易地彼此适当分开。

[0115] 此外,作为更可靠的方法,提议了一种如下方法:获得具有像素值 0 的像素,该像素空间上位于距离包括在二值图像中具有像素值 128 的像素最短距离处,继续计算欧几里得距离,并且提供距离。

[0116] 在步骤 S23 中,第二距离图像生成单元 53 使用中间轴图像对例如各个像素执行累加以获得路径上成对的相邻像素的距离,该路径是将包括在作为参考的中间轴中的像素和作为输入闭合曲线的边界中的像素连接至彼此的最短路径。然后,第二距离图像生成单元 53 将具有对应于获得的像素的距离的像素值的图像作为第二距离图像提供给归一化距离图像生成单元 54。具体地,第二距离图像生成单元 53 通过基本上和第一距离图像生成单元 52 执行的相同的方法来获得像素的距离,只是交换了距离积分中作为起始点和结束点的像素。

[0117] 在步骤 S24 中,归一化距离图像生成单元 54 根据第一和第二距离图像、通过对关于像素的距离的信息进行归一化来生成归一化距离图像,并且使得距离图像输出单元 55 输出归一化距离图像,例如像图 5 中示出的图像 P14 表示的距离图像。更具体地,归一化距离图像生成单元 54 使用关于包括在第一和第二距离图像中的像素的像素值的信息来计算

下面的表达式 (9) 从而对距离进行归一化以生成归一化距离图像。

$$[0118] \quad \text{dist}(xi) = d_1(xi) / (d_1(xi) + d_2(xi)) \quad (9)$$

[0119] 这里 $\text{dist}(xi)$ 表示在像素 xi 中的中间轴距离, $d_1(xi)$ 表示代表了包括在第一距离图像中的像素 xi 的距离的像素值, 而 $d_2(xi)$ 表示代表了包括在第二距离图像中的像素 xi 的距离的像素值。

[0120] 通过执行上面描述的处理, 由于可以考虑输入闭合曲线的形状来计算距离图像, 根据距离图像获得能量, 并且根据关于优化的能量的信息获得掩码图像, 因而可以控制作为分隔处理的结果而获得的对象的形状使其与输入闭合曲线的形状相似, 并且可以除了关于包括在图像中的对象的信息之外还考虑输入闭合曲线的形状来获得对象的形状。从而, 表示各个像素是属于对象 (前景) 还是背景的属性被可靠地分配给分割处理中的像素。

[0121] 这里, 通过图 6 中示出的距离图像生成处理所获得的距离图像可以应用于在上面表达式 (7) 中所示的平滑项 $T(xi, xj)$ 的能量计算。具体地, 在第 7660463 号美国专利公开的方法中, 只有邻近颜色的差被考虑作为能量。然而, 使用通过图 6 中示出的距离图像生成处理计算的距离图像, 可以在能量中反映距离成分。

[0122] 作为第一种方法, 可以使用根据距离图像的距离值 $\text{dist}(xi)$ 改变平滑项的能量的方法。具体地, 根据下面的表达式 (10) 来计算能量。

$$[0123] \quad T(xi, xj) = \exp(\text{MIN}(-|C(xi) - C(xj)|^2 + \alpha \times \text{dist}(xi), 0.0)) \times \lambda t \quad (10)$$

[0124] 这里 $\text{MIN}(a, b)$ 表示选择值 a 和 b 之间的最小值的运算符。此外, α 表示用来控制距离成分 $\text{dist}(xi)$ 的影响度的参数。

[0125] 在表达式 (10) 中, 由于距离 $\text{dist}(xi)$ 较大并且接近中间轴, 因此能量变大, 并且因此, 由于增长的成本而难以形成轮廓。也就是说, 防止了估计要被包括在对象中的中间轴的附近区域被切割, 并且通过这样, 防止了对象的正确轮廓被相当大地向内收缩。

[0126] 此外, 作为距离成分应用到平滑项能量计算的第二种方法, 可以使用利用距离图像的等高线方向的方法。更具体地, 设计能量, 使得沿着通过将距离图像中有具有相同距离的像素彼此连接而设置的等高线的方向, 也就是在像素中的位置之中距离 $\text{dist}(xi)$ 改变较少的方向, 可以根据下面的表达式 (11) 来获得, 并且在该方向上分割更容易地执行。

$$[0127] \quad T(xi, xj) = \exp(-|C(xi) - C(xj)|^2 \times (\beta \times |V(xi, xj) \cdot \Delta \text{dist}(xi)|) + \epsilon) \times \lambda t \quad (11)$$

[0129] 这里, β 和 ϵ 表示用于控制方向距离成分 $\text{dist}(xi)$ 的影响度的参数。此外, $V(xi, xj)$ 表示代表通过彼此邻近的像素 xi 和像素 xj 的空间位置的差所获得的方向的单位矢量。 $\Delta \text{dist}(xi)$ 表示代表距离图像中的差分方向的单位矢量。例如, 这通过 Sobel 滤波器来获得。当 $|V(xi, xj) \cdot \Delta \text{dist}(xi)|$ 的内积的绝对值小时, 也就是当边缘定向距离图像的等高线的方向时, 能量变小以执行控制, 使得容易形成轮廓。通过这样, 就可以输出具有与输入闭合曲线相同的轮廓方向的分割结果。

[0130] 第二实施例

[0131] 另一种距离图像生成单元的配置

[0132] 在前面的描述中, 已经描述了距离图像生成单元 24 获得输入闭合曲线上的像素和包括在各个像素的中间轴中的像素之间的距离, 根据具有对应于该距离的像素值的距离图像计算能量, 并且通过优化处理生成掩码图像的情况作为示例。然而, 具有对应于各个像

素的距离的像素值的距离图像应该在定义了从参考位置比如中间轴的像素到输入闭合曲线上的像素的距离之后获得,并且因此,距离图像可以通过用其他方式定义各个像素的距离来获得。例如,作为定义各个像素的距离的另一种方法,可以通过使输入闭合曲线的形状变形到通过变形将特定位置作为中心的圆中,并将从中心到通过变形获得的像素的位置的距离确定为归一化距离,来生成距离图像。

[0133] 图 7 示出了距离图像生成单元 24 的配置的示例,距离图像生成单元 24 生成包括由距离参考位置的距离限定的像素值的距离图像,该参考位置是通过变形从输入闭合曲线的形状所获得的圆的中心。

[0134] 图 7 中所示的距离图像生成单元 24 包括顶点线 (vertex-line) 计算单元 71, Delaunay 三角测量计算单元 72, 附加顶点均值坐标计算单元 73, 圆周顶点线计算单元 74, 圆周附加顶点位置计算单元 75, 距离计算单元 76, 和距离图像输出单元 77。

[0135] 顶点线计算单元 71 在输入闭合曲线上设置用作为顶点的像素并将关于设置的像素的信息提供给 Delaunay 三角测量计算单元 72。更具体地,顶点线计算单元 71 使用输入闭合曲线上的一个特定像素作为基点顺次搜索彼此邻近并且有相同像素值 (例如,当采用包括在图 5 中所示的图像 P11 中的输入闭合曲线 L1 做例子时像素值为 0 的像素) 的像素,以基本上均匀的间隔每隔预定数量的像素对像素进行细线化。

[0136] Delaunay 三角测量计算单元 72 使用关于设置为顶点的像素的位置的信息来设置 Delaunay 三角形,顶点以在输入闭合曲线上的顶点线中的指定顶点对顺次连接到彼此使得由顶点对限定的线对应于三角形的边的约束方式来提供,并且将关于 Delaunay 三角形的信息给附加顶点均值坐标计算单元 73 和圆周顶点线计算单元 74。这里, Delaunay 三角测量计算单元 72 在适当的情况下设置附加的顶点。

[0137] 附加顶点均值坐标计算单元 73 根据从 Delaunay 三角测量计算单元 72 提供的顶点信息执行计算,使得通过对顶点的位置坐标进行加权获得附加顶点的平均值坐标位置,并且将得到值提供给圆周顶点线计算单元 74 和圆周附加顶点位置计算单元 75。

[0138] 圆周顶点线计算单元 74 根据从 Delaunay 三角测量计算单元 72 提供的顶点信息和关于附加顶点的平均值坐标位置的信息计算当输入闭合曲线受到变形时获得的位置以获得圆形,并且将关于位置的信息提供给圆周附加顶点位置计算单元 75 和距离计算单元 76。

[0139] 圆周附加顶点位置计算单元 75 根据从圆周顶点线计算单元 74 提供的关于圆周顶点线的坐标的信息和从附加顶点均值坐标计算单元 73 提供的附加顶点的平均值坐标的信息来计算与在顶点受到变形时移动的附加顶点的平均值坐标相对应的坐标以获得圆形,并且将该坐标提供给距离计算单元 76。

[0140] 距离计算单元 76 计算从圆形的中心到包括在输入闭合曲线中在变形时被移动的坐标的距离,生成具有对应于计算的结果并且包括在未受到变形的像素的输入闭合曲线中的像素值的距离图像,并且将生成的距离图像提供给输出距离图像的距离图像输出单元 77。

[0141] 由图 7 中的距离图像生成单元执行的距离图像生成处理

[0142] 现在参考图 8 中示出的流程图,将描述由图 7 示出的距离图像生成单元 24 执行的距离图像生成处理。

[0143] 在步骤 S31 中, 顶点线计算单元 71 计算当包括在输入闭合曲线图像中的闭合曲线用多边形线近似时获得的闭合曲线顶点线。更具体地, 例如, 当输入闭合曲线图像对应于图 5 中所示出的图像 P11 时, 顶点线计算单元 71 提取位于输入闭合曲线 L1 上的像素, 以预定的间隔对一些像素进行细化, 并且设置顶点线。例如, 当获得图 9 中所示的图像 P31 时, 由实线表示的星形代表对象, 而输入闭合曲线被设置为由虚线表示, 顶点线计算单元 71 使用由黑色圆点表示的顶点 C1 作为基设置顶点线使得顶点 C1 到 C10 点构成圆, 如图 9 中所示的图像 P33 所表示的。

[0144] 在步骤 S32 中, Delaunay 三角测量计算单元 72 使用根据输入闭合曲线计算的关于顶点线的信息执行 Delaunay 三角测量处理, 通过计算生成 Delaunay 三角形集合, 并且将 Delaunay 三角形集合提供给附加顶点均值坐标计算单元 73 和圆周顶点线计算单元 74。获得 Delaunay 三角形使得在三角形周围画的线不包括其他顶点。Delaunay 三角测量计算单元 72 例如使用其中位于输入闭合曲线上的顶点线应该彼此连接的 Delaunay 三角形算法作为约束条件获得如图 9 中所示的图像 P34 表示的 Delaunay 三角形集合。这里, 当根据有限制的 Delaunay 三角算法仅使用设置的顶点线通过分割没有获得 Delaunay 三角形时, Delaunay 三角测量计算单元 72 在适当的地方添加如由图 9 的图像 P34 中的白色圆点所表示的附加顶点 d1 表示的顶点, 并且通过分割获得约束条件的 Delaunay 三角形。

[0145] 例如, 当取图 9 中示出的图像 P34 作为例子, 通过分割获得具有顶点 c1、c2 和 c10 的三角形, 具有顶点 c10、c2 和 c9 的三角形, 具有顶点 c9、c8 和 c2 的三角形, 具有顶点 c2、d1 和 c8 的三角形, 具有顶点 c6、c7 和 c8 的三角形, 具有顶点 c4、c5 和 c6 的三角形, 具有顶点 c2、c3 和 c4 的三角形, 具有附加顶点 d1 和顶点 c2 和 c8 的三角形, 具有附加顶点 d1 和顶点 c2 和 c4 的三角形, 具有附加顶点 d1 和顶点 c4 和 c6 的三角形, 以及具有附加顶点 d1 和顶点 c6 和 c8 的三角形。

[0146] 在步骤 S33 中, 附加顶点均值坐标计算单元 73 获得在步骤 S32 的处理中添加的 Delaunay 三角形的附加顶点的平均值坐标, 并且将该平均值坐标提供给圆周顶点线计算单元 74 和圆周附加顶点位置计算单元 75。更具体地, 附加顶点均值坐标计算单元 73 通过对输入闭合曲线上的顶点线的位置进行加权平均, 计算附加顶点的平均值坐标作为位置。这里, 为获得附加顶点的平均值坐标, 根据平均值坐标算法计算输入闭合曲线上的顶点线的权重。附加顶点均值坐标计算单元 73 使用将要获得其平均值坐标的顶点 v_x 和参考顶点线 v_i 之间的位置关系来计算平均值坐标。

[0147] 更具体地, 附加顶点均值坐标计算单元 73 通过使用如图 10 中所示出的附加顶点 v_x 和参考顶点 v_i 之间的方向和角度以及顶点 v_i 的权重计算下面的表达式 (12) 来获得平均值坐标。

$$[0148] \quad v_x = \sum \lambda_i \times v_i \quad (12)$$

[0149] 这里 λ_i 通过下面的表达式 (13) 定义, 而包括在表达式 (13) 中的 w_i 通过表达式 (14) 来定义。

$$[0150] \quad \lambda_i = \frac{\omega_i}{\sum_{j=1}^k \omega_j} \quad (13)$$

$$[0151] \quad \omega_i = \frac{\tan(\alpha_{i-1}/2) + \tan(\alpha_i/2)}{\|v_i - v_x\|} \quad (14)$$

[0152] 这里, α_i 表示由用作顶点的附加顶点 v_x 和参考顶点形成的角度。具体地, 如表达式 (13) 和 (14) 所表示的, 权重 w_i 的和被设置为 1 并且被归一化。

[0153] 注意, 计算平均值坐标的方法在 "FLOATER, M. S., KLOS, G., AND REIMERS, M. 2005. Mean value coordinates in 3d. Comput. Aided Geom. Des. 22, 7, 623. 631" 中详细公开。

[0154] 在步骤 S34 中, 圆周顶点线计算单元 74 将输入闭合曲线上的顶点线变形成圆形以获得圆周顶点线, 并且将圆周顶点线提供给圆周附加顶点位置计算单元 75 和距离计算单元 76。更具体地, 圆周顶点线计算单元 74 虚拟地设置如图 9 中示出的图像 P35 所表示的半径为 1.0 的圆形, 并且在圆周上等间隔地布置输入闭合曲线的 $C1'$ 到 $C10'$, 由此获得圆周顶点线。也就是说, 这里, 由于输入闭合曲线的形状受到变形使得获得半径为 1.0 的圆形, 因此包括在输入闭合曲线中图像的坐标也通过变形而移动。

[0155] 在步骤 S35 中, 圆周附加顶点位置计算单元 75 使用从圆周顶点线计算单元 74 提供的圆周顶点线的坐标和由附加顶点均值坐标计算单元 73 计算的附加顶点的平均值坐标计算变形后获得的圆形上的附加顶点的位置。这里, 通过使用平均值坐标的权重, 对圆周顶点线执行加权平均来计算附加顶点的位置, 其中圆周顶点线对应于通过变形获得的圆形。注意, 显然保留了关于 Delaunay 三角形的连接的信息。通过上面所述的处理, 获得了变形后获得的圆形上的圆周顶点线, Delaunay 三角形的附加顶点的位置和平均值坐标。

[0156] 在步骤 S36 中, 距离计算单元 76 根据关于圆周顶点线的信息和关于圆周附加顶点的位置的信息获得变形后获得的圆形上的包括在输入闭合曲线中的像素的位置, 生成具有对应于关于变形后获得的像素的距离的信息的像素值的距离图像, 并且使得距离图像输出单元 77 输出距离图像。这里, 当确定, 如定义, 圆形的外部圆周是 0,0 并且其中心是 1.0 时, 作为距离图像的像素值的像素的距离对应于变形前获得的形状的像素的值。通过这种操作, 受到变形之前的像素和变形后获得的圆形的位置一对一关联, 根据圆形的位置设置到作为参考的中心的距离, 并且将距离设置为受到变形前获得的像素的值。

[0157] 更具体地, 当待处理的像素对应于像素 $g1$, 距离计算单元 76 执行计算使得获得包括像素 $g1$ 的获得的 Delaunay 三角形集合中的一个, 由此获得三角形 t 。接下来, 距离计算单元 76 使用三角形 t 的三个顶点的位置获得像素位置 $g1$ 的重心坐标。此外, 在距离计算单元 76 中, 当位置 $g1$ 由三个顶点的加权平均来表示时, 通过获得这三个顶点的权重 w 来获得重心坐标。然后, 距离计算单元 76 获得包括在对三角形 t 进行变形所获得圆形中的三角形 t' 顶点的坐标并且使用三个权重 w 计算对应于位置 $g1$ 的圆形的的位置 $g1'$ 。最后, 距离计算单元 76 计算从圆形的中心到变形后获得的位置 $g1'$ 的距离以获得像素 $g1$ 的距离 $\text{dist}(g1)$ 。

[0158] 通过执行前面所述的处理, 距离图像的像素值对应于从通过转换输入闭合曲线的形状所获得的圆形的中心到包括在该圆形中的像素的距离。

[0159] 注意, 使用通过变形获得的距离图像所执行的分割处理和参考图 4 中示出的流程

图所描述的相同,因此这里省略对其的描述。

[0160] 如上所述,通过根据被输入以包围对象的闭合曲线的形状,生成具有对应于到包括在输入闭合曲线中的参考位置(变形后获得的圆形的中间轴或中心位置)的距离的像素值的距离图像,并且基于距离图像计算能量,从而为各个像素适当地分配了表示各个像素是属于对象还是属于除了对象之外的区域的像素属性。作为结果,可以实现除了包括在输入图像中的对象的图像特征,还考虑了关于输入闭合曲线的形状的信息来执行的分割处理,并且提高了在分割处理中指定对象的处理的准确度。

[0161] 这里,上面描述的一系列处理可以通过硬件或者软件来执行。在通过软件执行一系列处理时,软件中包括的程序从记录介质中安装到合并专用硬件中的计算机中或者通过安装多种程序可以执行多种功能的通用个人计算机中。

[0162] 图 11 示出了通用个人计算机的配置的例子。个人计算机包括 CPU(中央处理单元)1001。输入/输出接口 1005 通过总线 1004 连接到 CPU 1001 上。ROM(只读存储器)1002 和 RAM(随机存取存储器)1003 连接到总线 1004。

[0163] 包括比如用户用来输入操作命令的键盘和鼠标的输入设备的输入单元 1006、将处理操作屏幕和作为处理结果的图像输出到显示设备的输出单元 1007、包括存储程序和各种数据的硬盘驱动器的存储单元 1008、以及包括 LAN(局域网)适配器并通过比如因特网执行通信处理的通信单元 1009,都连接在输入/输出接口 1005 上。此外,从可拆卸介质 1011 读取数据或者将数据写入可拆卸介质 1011 的驱动器 1010 连接到输入/输出接口 1005,可拆卸介质 1011 比如磁盘(包括软盘)、光盘(包括 CD-ROM(压缩盘-只读存储器)和 DVD(数字通用盘))、磁光盘(包括 MD(微小盘))或者半导体存储器。

[0164] CPU 1001 根据存储在 ROM 1002 中的程序或者从比如磁盘、光盘、磁光盘或者半导体存储器的可拆卸介质 1011 读取的程序来执行各种处理,该程序安装在存储单元 1008 中并且从存储单元 1008 加载到 RAM1003 中。RAM 1003 进而在适当的情况下存储 CPU 1001 执行各种处理时使用的数据。

[0165] 注意,在本说明书中,描述记录在记录介质中的程序的步骤显然包括按照描述的顺序以时间序列方式执行的处理,以及除了以时间序列方式执行的处理之外并行执行的处理或者以独立执行的处理。

[0166] 本公开包含与在 2010 年 7 月 23 日提交到日本专利局的日本优先权专利申请 JP 2010-166195 中公开的主题内容有关的主题内容,通过引用将其全部内容结合于此。

[0167] 本领域技术人员应当理解,可以根据设计要求和其它因素的范围,出现各种修改、组合、再组合和变更,只要它们在所附权利要求或者其等效方案的范围内。

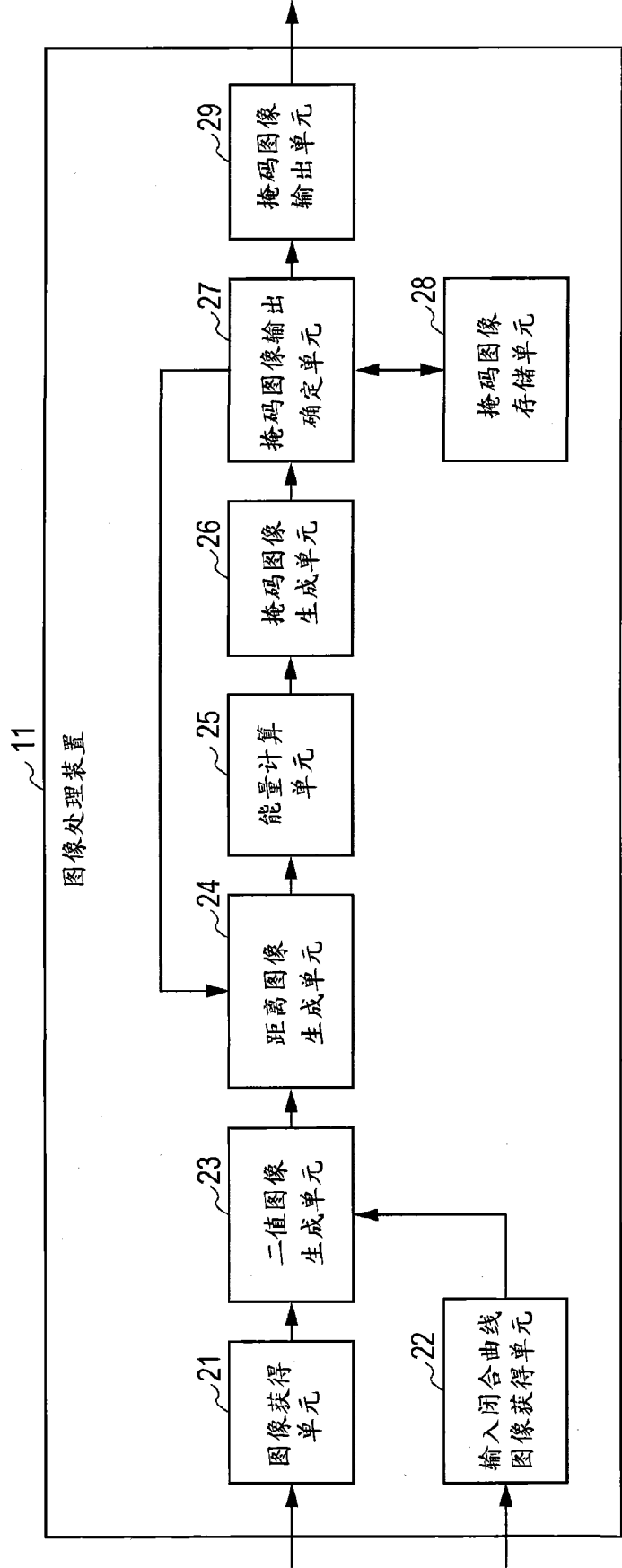


图 1

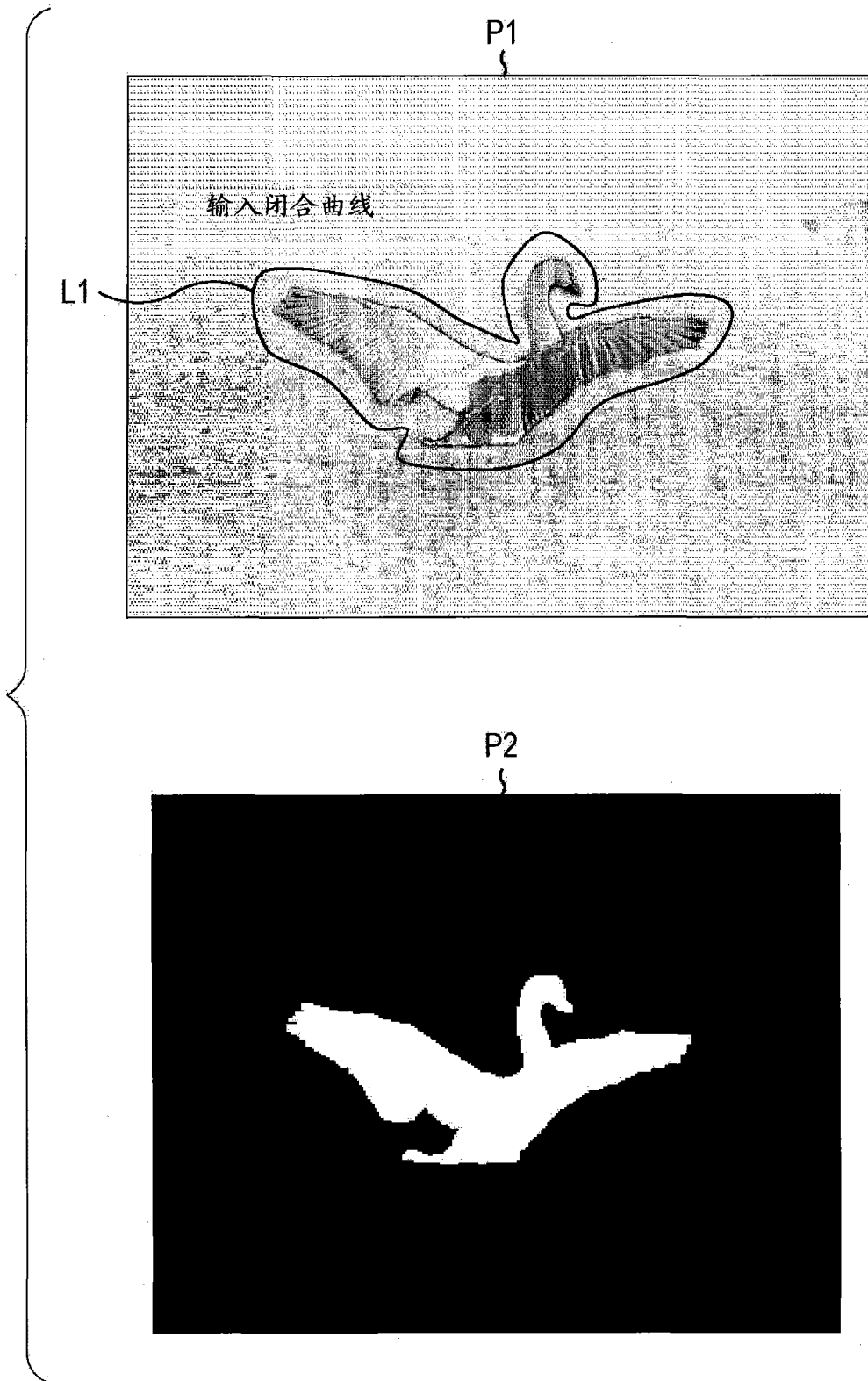


图 2

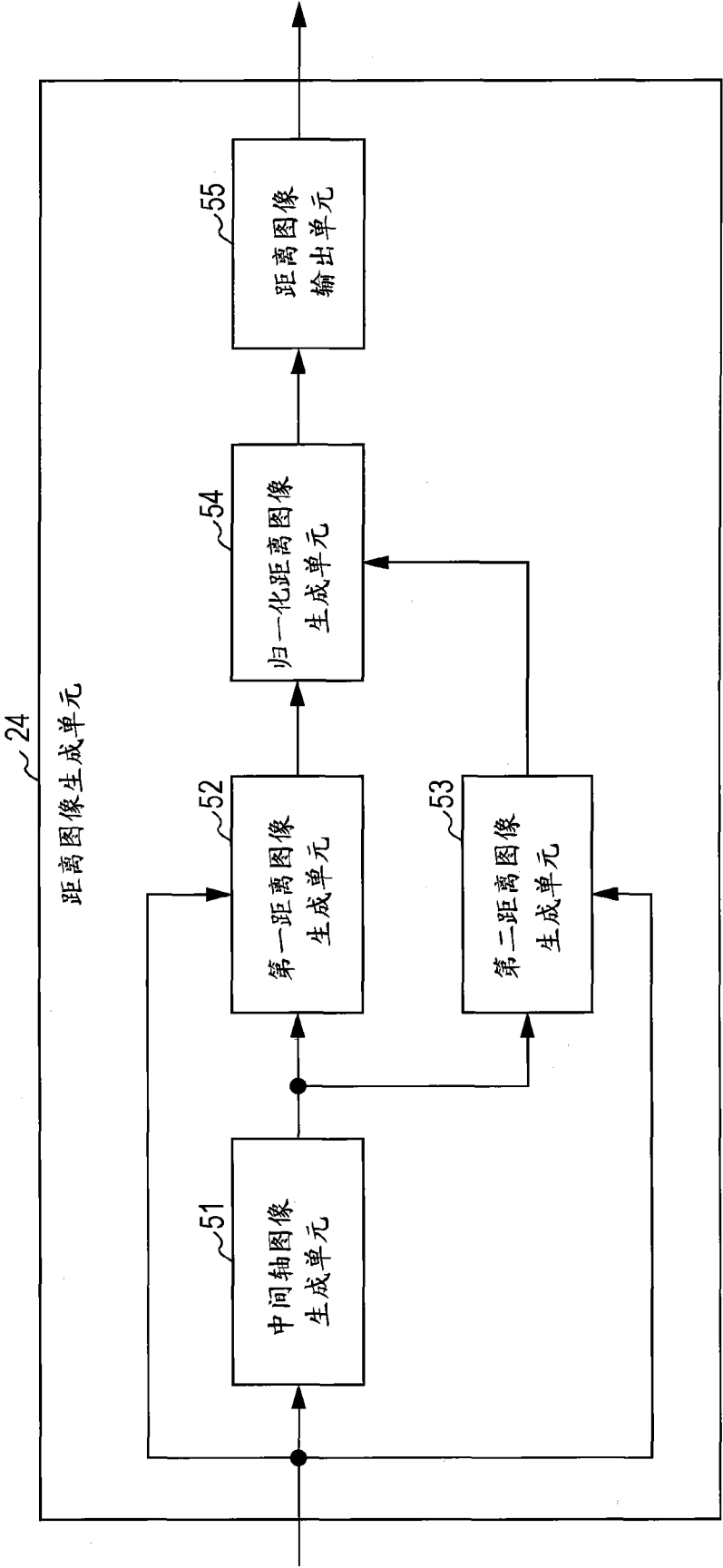


图 3

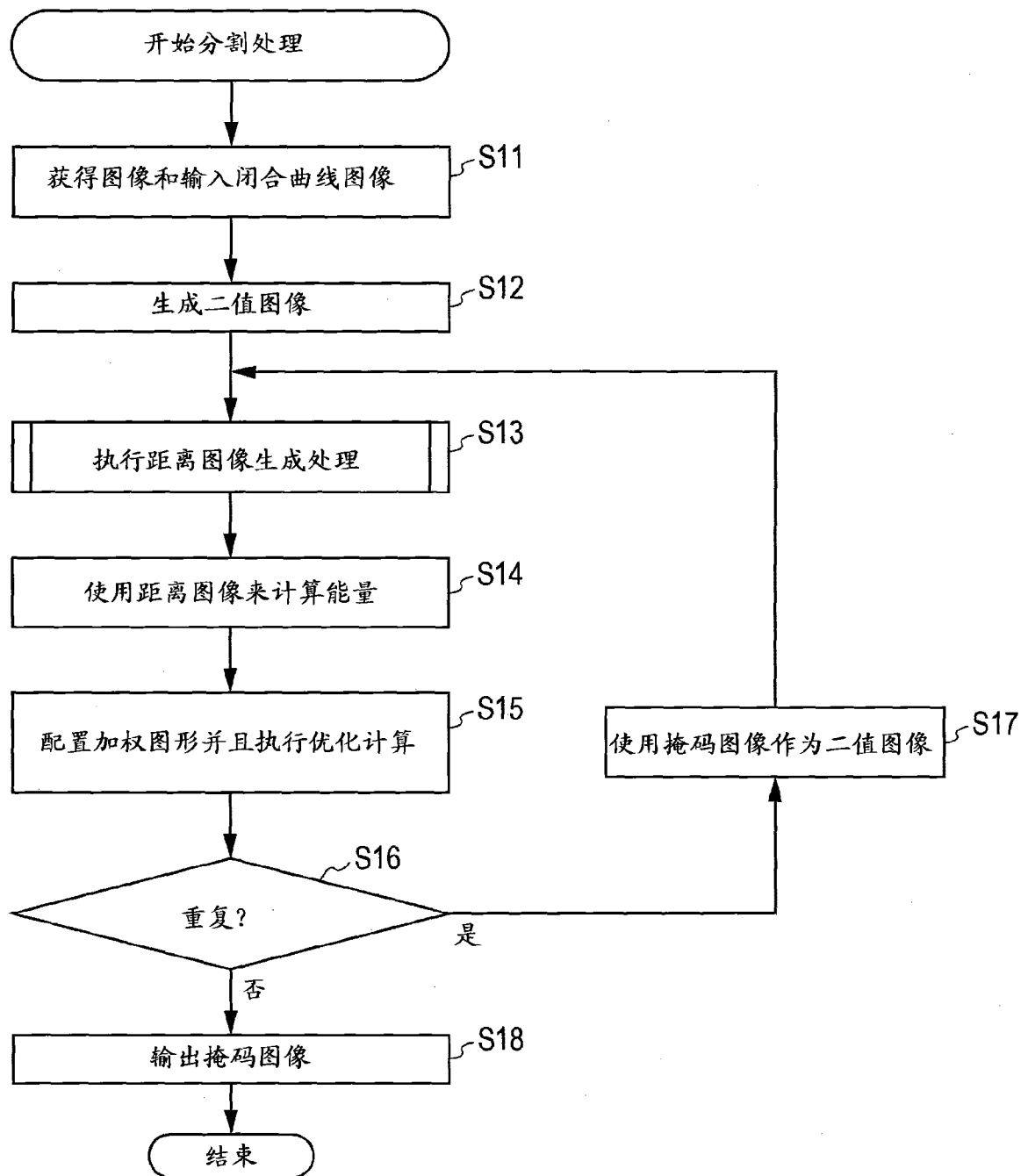


图 4

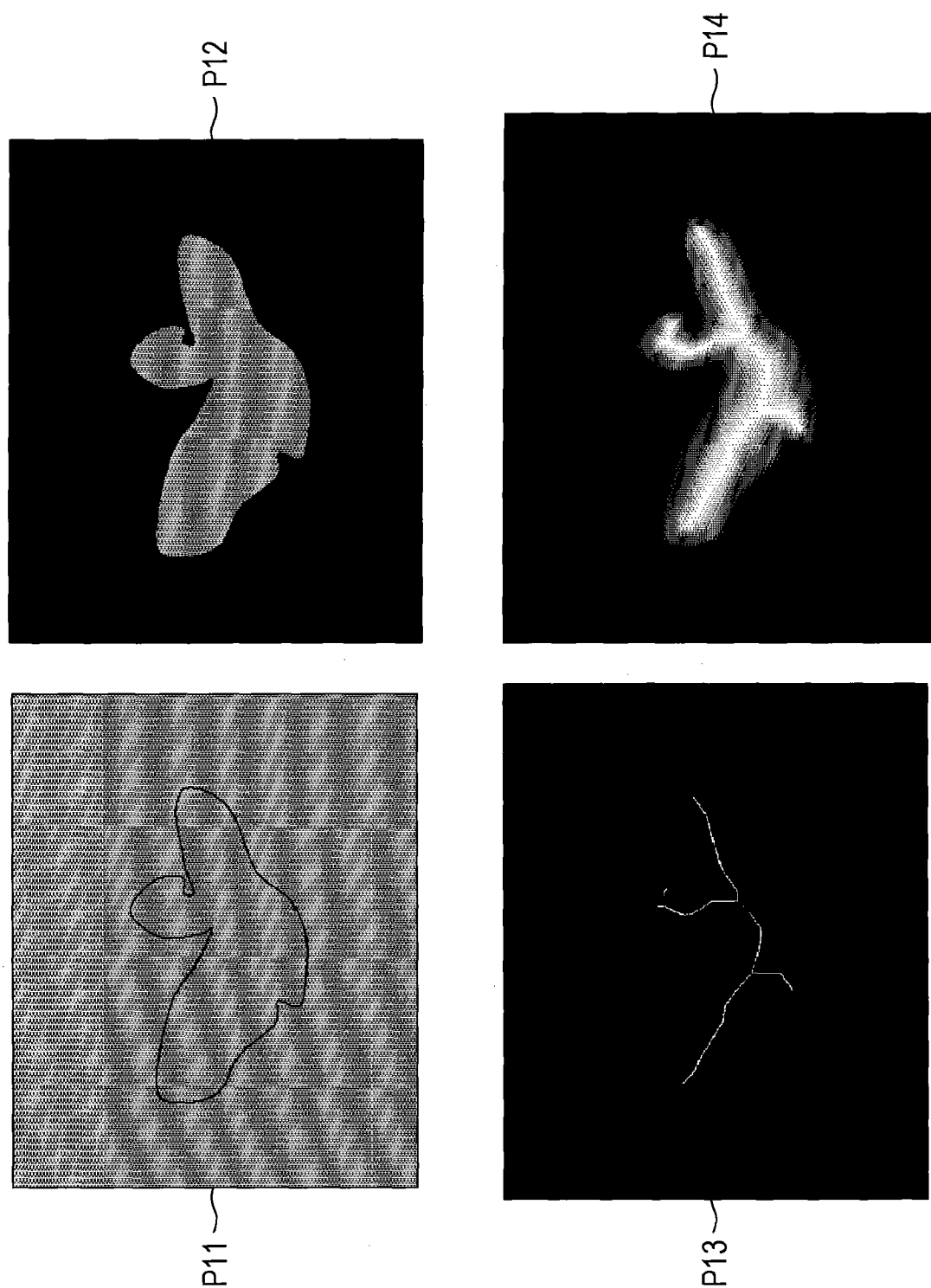


图 5

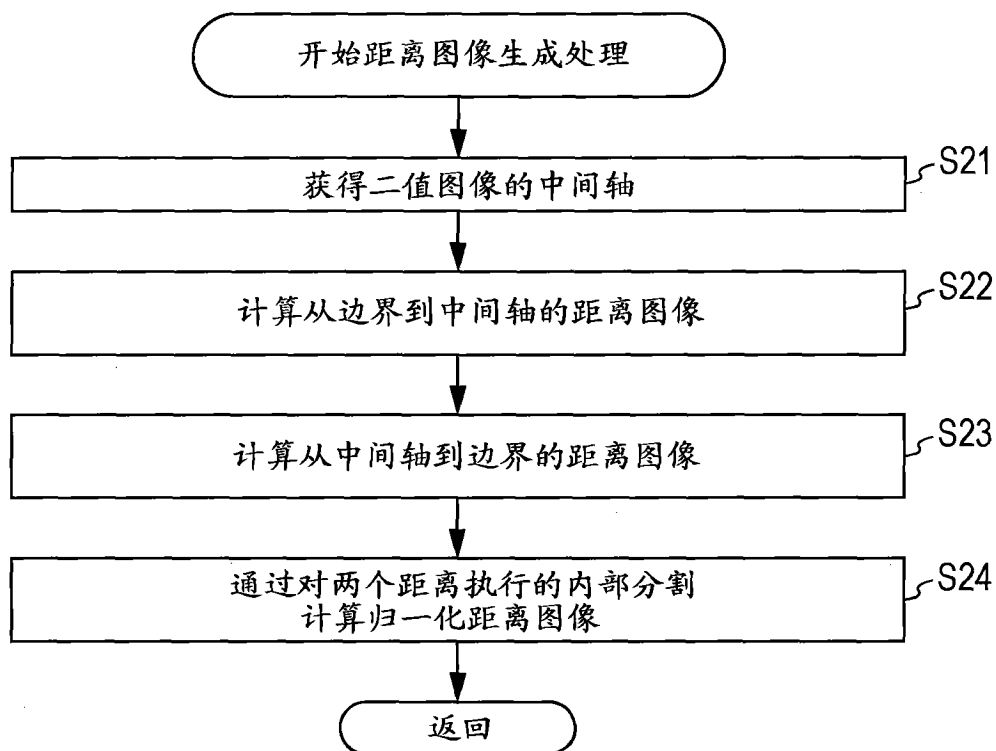


图 6

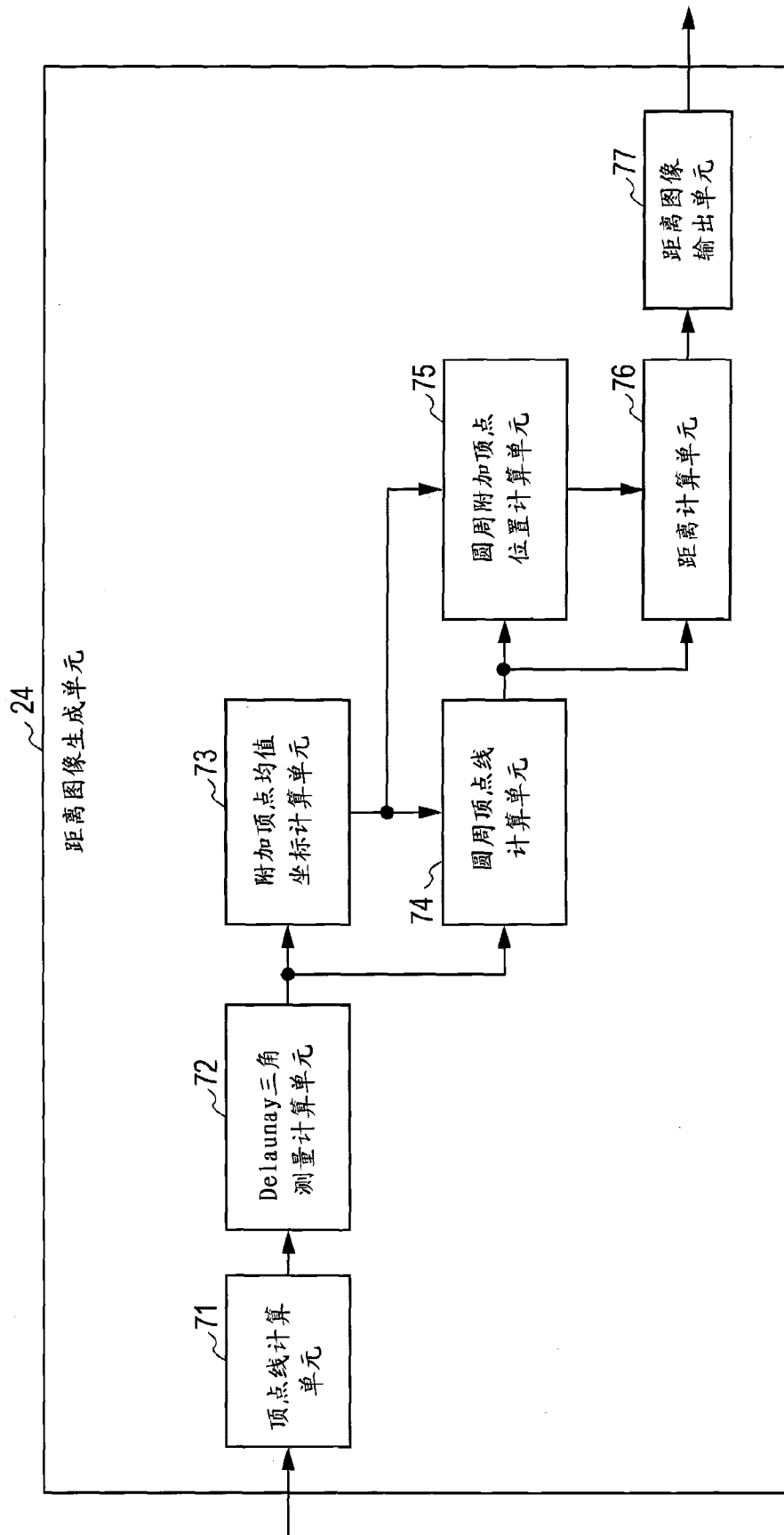


图 7

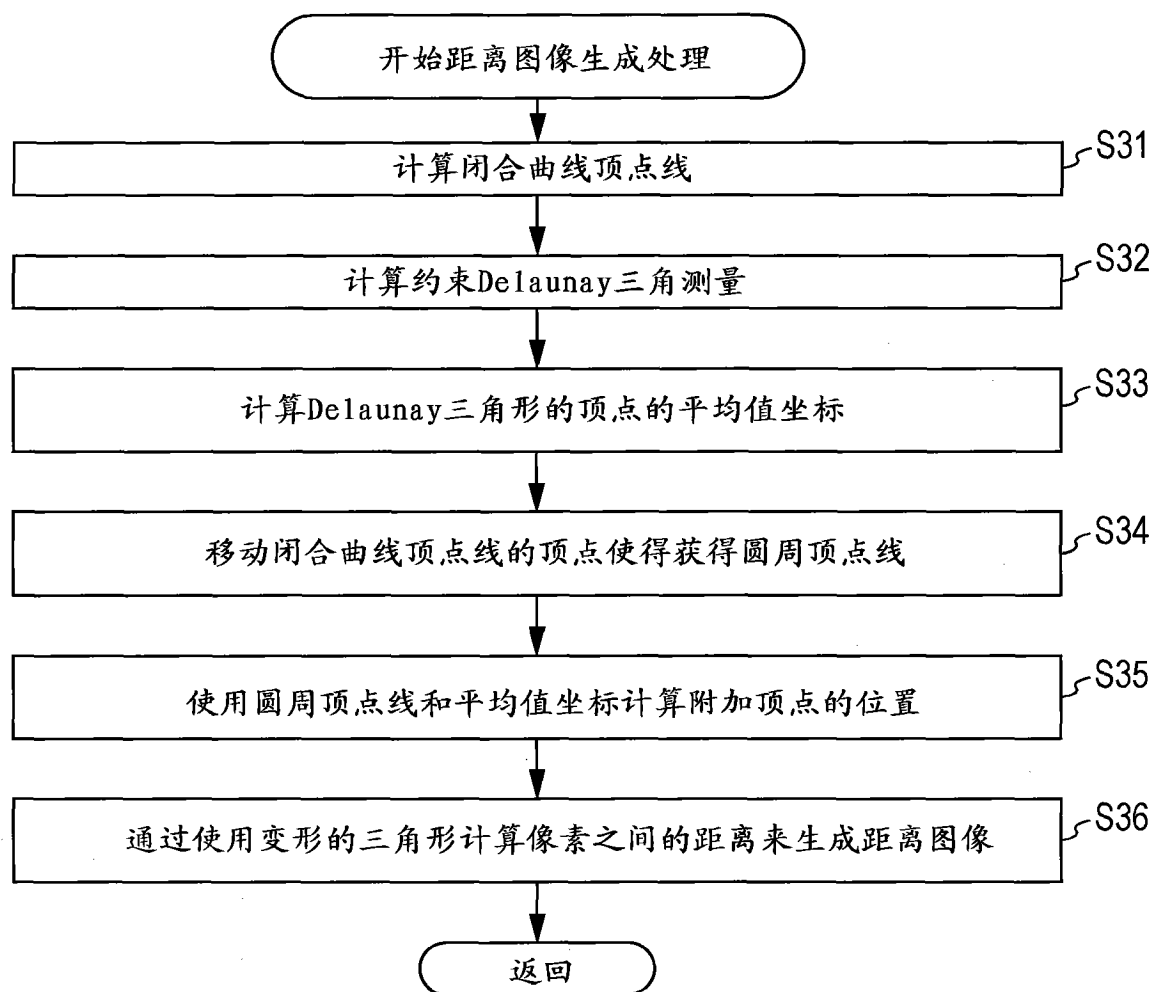


图 8

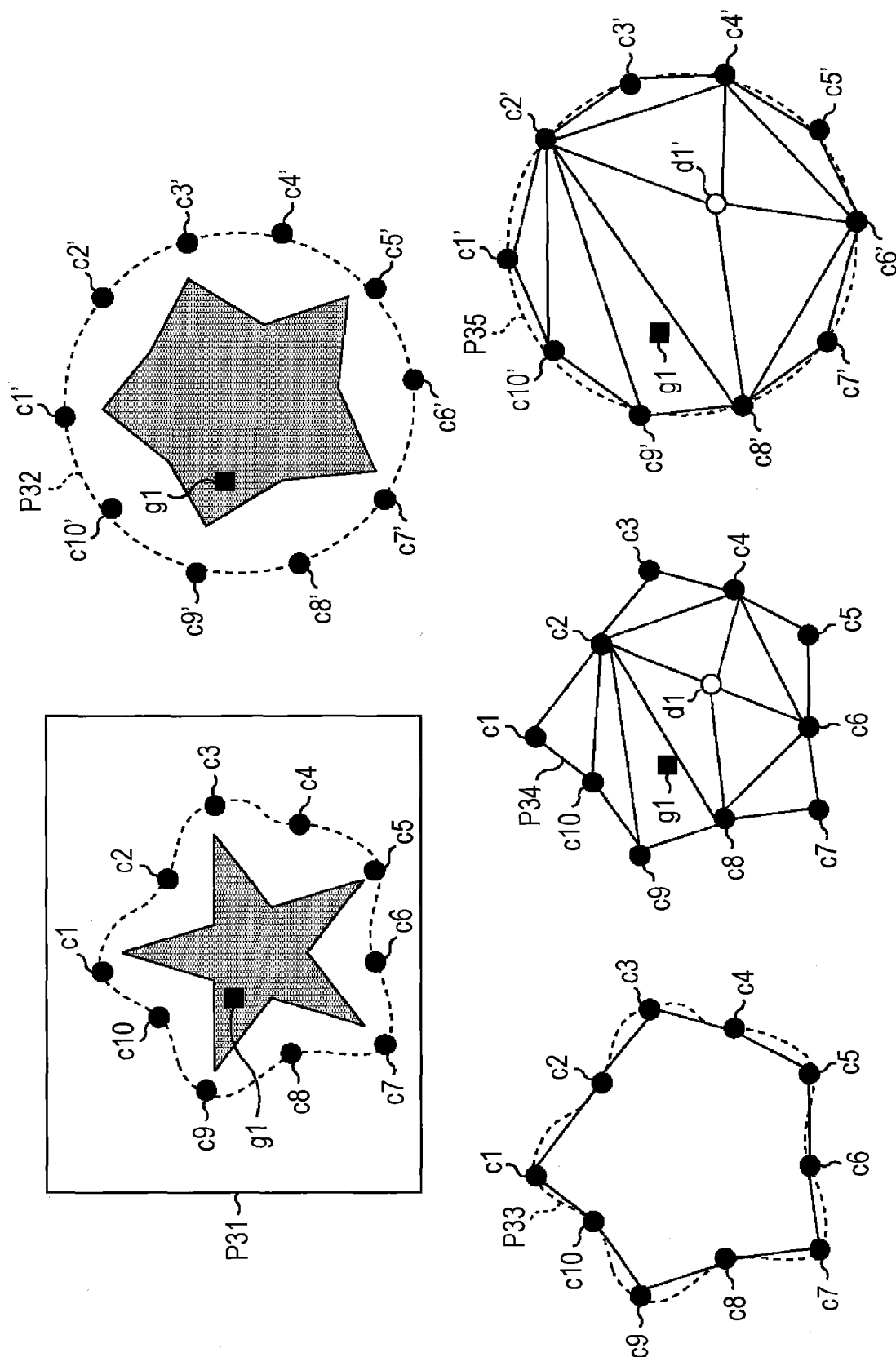


图 9

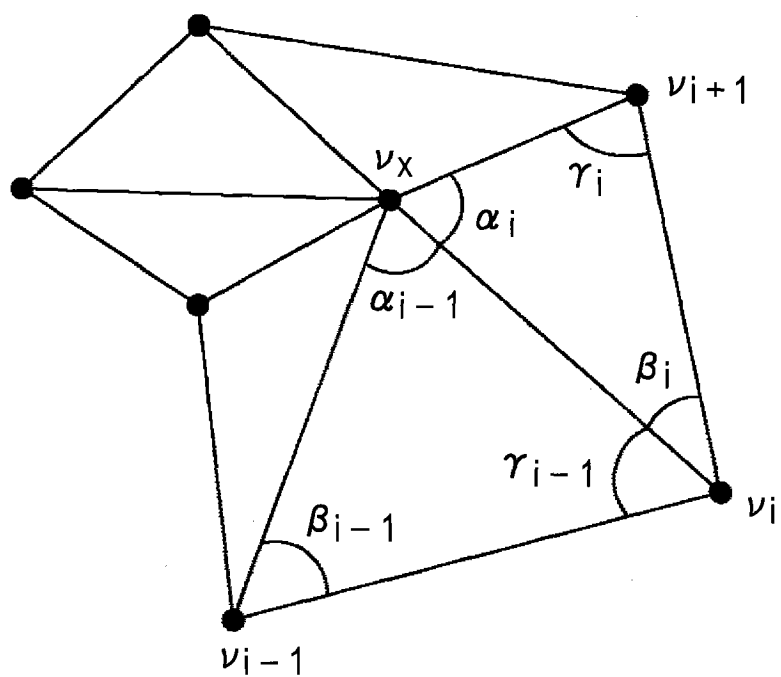


图 10

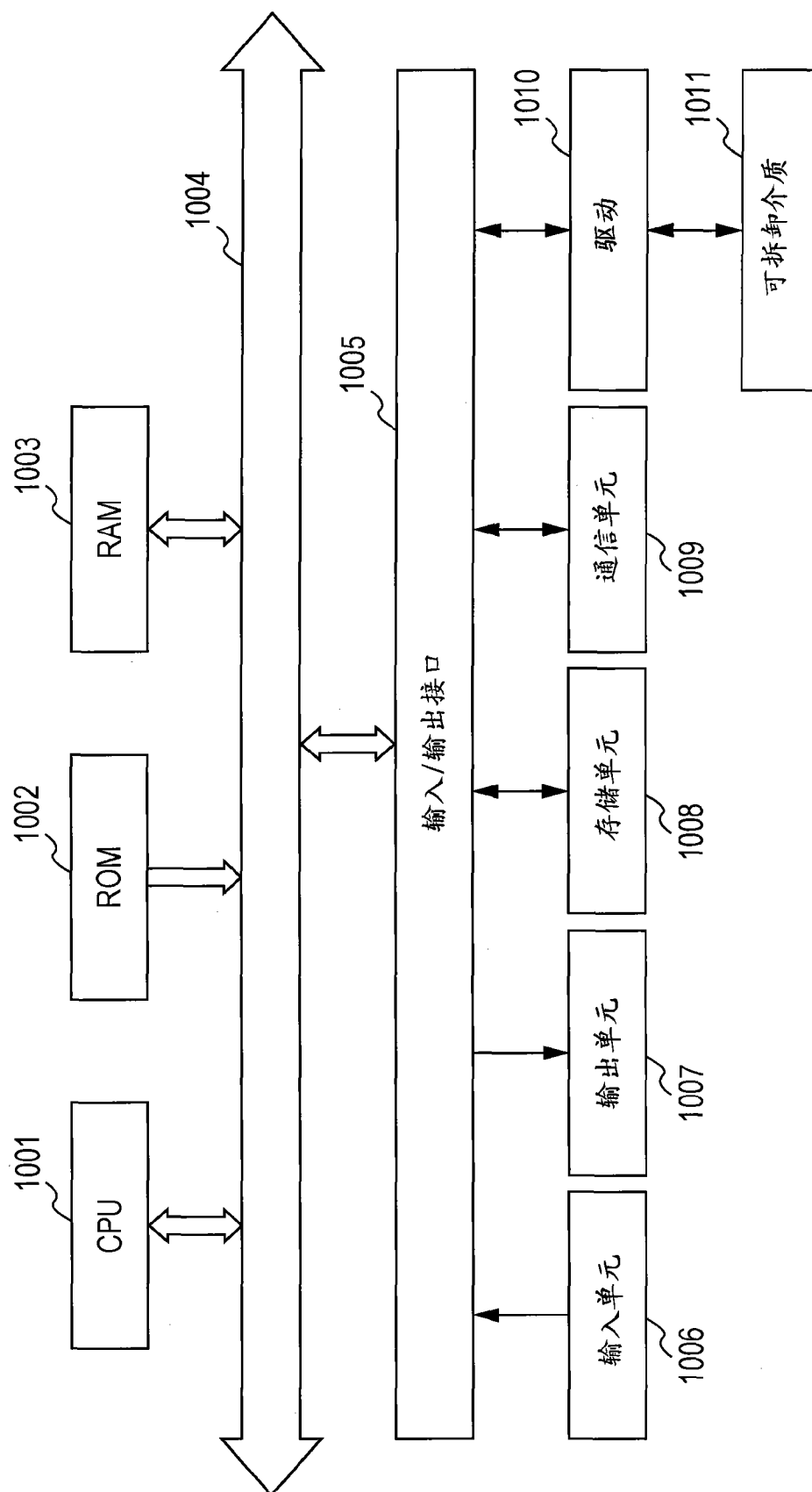


图 11