



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107578418 B

(45)授权公告日 2020.05.19

(21)申请号 201710807970.6

(22)申请日 2017.09.08

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107578418 A

(43)申请公布日 2018.01.12

(73)专利权人 华中科技大学
地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037号

(72)发明人 郭红星 潘澧 卢涛 夏涛
孙伟平 范晔斌

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201
代理人 廖盈春 李智

(51)Int.Cl.
G06T 7/13(2017.01)
G06T 7/50(2017.01)
G06T 7/90(2017.01)
G06K 9/46(2006.01)

(56)对比文件

CN 105354812 A,2016.02.24,
王江明 等.多梯度融合的RGBD图像边缘检测.《电子测量与仪器学报》.2017,第31卷(第3期),第436-442页.

刘芳 等.基于自适应小波阈值和双边滤波器的去噪算法.《系统仿真学报》.2014,第26卷(第12期),第2934-2938页.

Haosong Yue et al.Combining color and depth data for edge detection.《IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics》.2013,第928-933页.

关芳芳 等.基于Canny理论的自适应阈值彩色图像边缘检测.《机电产品开发与创新》.2013,第26卷(第6期),第101-102,114页.

李建林 等.基于梯度金字塔图像融合的研究.《科学技术与工程》.2007,第7卷(第22期),第5818-5822页.

审查员 李富贵

权利要求书3页 说明书7页 附图3页

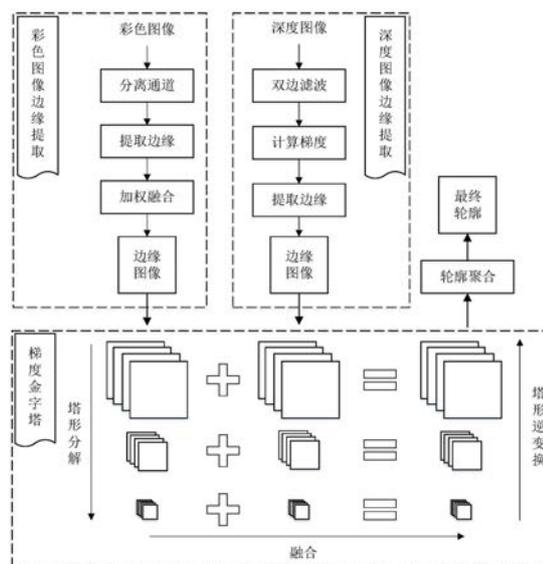
(54)发明名称

一种融合色彩和深度信息的室内场景轮廓检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种融合色彩和深度信息的室内场景轮廓检测方法,属于机器视觉技术领域。本发明包括以下关键技术:1、分离彩色图像为R、G和B,在每个通道上利用图像边缘检测算子分别提取边缘信息,然后通过加权融合,得到彩色图像边缘检测的整体结果;2、利用深度图像提取边缘信息,修正仅根据彩色图像进行检测时,因丢失场景三维信息而导致的伪边缘,同时加强真实边缘检测结果的置信度;3、构建梯度金字塔,多尺度多层次融合彩色图像边缘和深度图像边缘,得到边缘检测结果,进而执行边缘聚合得到最终轮廓。本发明充分发掘深度图像梯度信息,利用深度图像轮廓检测结果修正并增强彩色图像轮廓检测结果,得到更为鲁棒和精确的场景

轮廓。



CN 107578418 B

1. 一种融合色彩和深度信息的室内场景轮廓检测方法,其特征在于,具体包括以下步骤:

(1) 将被测场景的彩色图像按颜色通道分离后分别进行边缘检测,并将检测结果进行融合处理后获得彩色图像的边缘检测结果;所述步骤(1)包括以下子步骤:

(11) 将被测场景的彩色图像分离成R、G和B三个通道;

(12) 提取每个通道图像的边缘信息;

(13) 对三个通道图像的边缘进行加权融合,得到彩色图像边缘检测结果;对步骤(12)中得到的三个通道的边缘进行加权融合,得到彩色图像的整体边缘检测结果,红色、绿色和蓝色三个通道的加权系数分别为0.3、0.6、0.1;

(2) 提取被测场景深度图像的梯度信息,根据梯度信息对图像边缘进行检测,获得深度图像边缘检测结果;所述步骤(2)包括以下子步骤:

(21) 修复被测场景深度图像中的空洞并去除噪声,得到修复后深度图像;对深度图像进行修复,双边滤波是一种非线性的滤波方法,是结合图像的空间邻近度和像素值相似度的一种处理方法,同时考虑空域信息和灰度相似性,达到保边去噪的目的,双边滤波器用公式(21-1)表示,定义域核用公式(21-2)表示,值域核用公式(21-3)表示,权重系数为定义域核与值域核的乘积,用公式(21-4)表示;

$$g(i, j) = \frac{\sum_{k,l} f(k, l) w(i, j, k, l)}{\sum_{k,l} w(i, j, k, l)} \quad (21-1)$$

上式中, $g(i, j)$ 表示位置 (i, j) 处像素点的双边滤波输出值,依赖于其邻域像素值 $f(k, l)$ 的加权组合;其中, (k, l) 表示邻域像素的坐标位置, $w(i, j, k, l)$ 表示 (k, l) 处像素的权重系数;

公式(21-2)定义了一个标准差为 σ_d 的高斯核 $d(i, j, k, l)$, 取值为3, 表征位置 (i, j) 处像素点与其邻域 (k, l) 处像素点间的空间高斯距离, 空间高斯距离越近, 其值越大, 反之越小; 同样的, 公式(21-3)定义了一个标准差为 σ_r 的高斯核 $r(i, j, k, l)$, 取值为50, 表征位置 (i, j) 处像素点与其邻域 (k, l) 处像素点在像素值空间的高斯距离, 像素值差异越小, 其值越大, 反之越小;

$$d(i, j, k, l) = \exp\left(-\frac{(i-k)^2 + (j-l)^2}{2\sigma_d^2}\right) \quad (21-2)$$

$$r(i, j, k, l) = \exp\left(-\frac{\|f(i, j) - f(k, l)\|^2}{2\sigma_r^2}\right) \quad (21-3)$$

结合像素点与其邻域像素点在空域和值域的相似性度量, 得到双边滤波器中的邻域像素权重系数 $w(i, j, k, l)$, 表示如下:

$$w(i, j, k, l) = \exp\left(-\frac{(i-k)^2 + (j-l)^2}{2\sigma_d^2} - \frac{\|f(i, j) - f(k, l)\|^2}{2\sigma_r^2}\right) \quad (21-4)$$

(22) 对修复后深度图像提取梯度信息;

(23) 利用梯度信息提取深度图像边缘检测结果;

(3) 根据所述彩色图像边缘检测结果和所述深度图像边缘检测结果构建梯度金字塔, 根据所述梯度金字塔对彩色图像边缘和深度图像边缘进行多尺度多层级融合获得边缘检测结果, 并将所述边缘检测结果进行边缘聚合操作获得被测场景的最终轮廓; 所述步骤(3) 包括以下子步骤:

(31) 根据所述彩色图像边缘检测结果和所述深度图像边缘检测结果构建高斯金字塔, 得到尺度逐级递减的边缘图像组;

(32) 对边缘图像组中每幅图像分别用水平、垂直和两个对角线共四个方向的梯度算子进行运算, 得到四幅分别包含各个方向梯度信息的图像;

(33) 对步骤(32)中得到的图像进行重构, 将梯度金字塔转换为拉普拉斯金字塔;

(34) 对重构后的高尺度图像进行区域融合, 得到融合后的边缘图像;

(35) 对所述边缘图像执行边缘聚合操作, 得到最终图像轮廓; 边缘聚合操作采用轮廓树算法实现, 利用树的结构对轮廓间的包含关系进行分层, 将边缘按照颜色、纹理特性差异分层, 得到不同物体的轮廓。

2. 根据权利要求1所述的室内场景轮廓检测方法, 其特征在于, 所述子步骤(12) 具体为: 先对单通道图像进行高斯滤波, 平滑图像, 抑制噪声; 再用Canny算子计算梯度, 得到梯度幅值与方向; 再对梯度幅值进行非极大值抑制, 剔除大部分非边缘像素点; 最后使用双阈值算法检测和连接边缘像素点得到图像的边缘信息。

3. 根据权利要求1所述的室内场景轮廓检测方法, 其特征在于, 所述子步骤(22) 中梯度信息为深度梯度、凸法矢梯度或凹法矢梯度。

4. 根据权利要求1所述的室内场景轮廓检测方法, 其特征在于, 所述子步骤(31) 具体为: 设边缘图像组中第k层图像 G_k 为

$$G_k(i, j) = \sum_{m=-2}^2 \sum_{n=-2}^2 W(m, n) G_{k-1}(2i+m, 2j+n) ;$$

其中, $G_k(i, j)$ 表示第k层图像在坐标 (i, j) 处的像素值; k为高斯金字塔层数, $k=1, 2, 3$; G_0 表示彩色图像边缘或深度图像边缘; $W(m, n)$ 为 5×5 窗口矩阵, m、n为窗口元素坐标, 窗口矩阵为:

$$W = \frac{1}{256} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 6 & 24 & 36 & 24 & 6 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{bmatrix} .$$

5. 根据权利要求1所述的室内场景轮廓检测方法, 其特征在于, 所述子步骤(32) 具体为: 对每层图像用水平、垂直和两个对角线共四个方向的梯度算子进行运算, 得到四幅分别包含各个方向梯度信息的图像 D_{1k} 为

$$D_{1k} = d_1 \cdot (G_k + w_0 \cdot G_k) ;$$

其中, G_k 为第k层图像, $k=1, 2, 3$; d_1 为滤波算子, $1=1, 2, 3, 4$; w_0 为 3×3 卷积核; d_1 为

$$d_1 = [1 \quad -1], d_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}, d_3 = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix}, d_4 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$w_0 = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}; \text{经过 } d_1, d_2, d_3, d_4 \text{ 对高斯金字塔隔层进行方向梯度滤波, 在每一分}$$

解层上均可得到包含水平、垂直和两个对角线方向细节信息的四个分解图象。

6. 根据权利要求1所述的室内场景轮廓检测方法, 其特征在于, 所述子步骤(33)具体为: 设方向拉普拉斯金字塔的第k层图像 L_k 为

$$L_k = \sum_{l=1}^4 -\frac{1}{8} d_l \cdot D_{lk};$$

其中, d_l 为滤波算子; D_{lk} 为第k层包含l方向梯度信息的高斯金字塔图像; 再将方向拉普拉斯金字塔图像 L_k 转换为拉普拉斯金字塔图像 LP_l ,

$$LP_l = (\bar{I} + w) \cdot L_k;$$

其中, \bar{I} 是中心元素为1其余为0的矩阵; w 为权值矩阵。

一种融合色彩和深度信息的室内场景轮廓检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于机器视觉技术领域,更具体地,涉及一种融合色彩和深度信息的室内场景轮廓检测方法。

背景技术

[0002] 近年来,智能机器人、虚拟现实、无人机等技术或应用愈加成熟,正快速融入人们的日常生产与生活。这些应用依赖于机器视觉领域中的各项技术,包括物体检测与识别、场景分类等,而其中较为基础的,就是提取图像边缘信息,进而构成轮廓,这是智能设备理解场景的前提之一。如何从传感设备获取的二维图像中得到更加精确且符合人类感知的物体轮廓是目前学术界和工业界的研究热点。其中,与人类生活更为密切相关的室内机器人,其应用场景为室内环境,具有场景相对复杂、物体种类繁多和光照分布不均匀等特点,这对算法提出了更大的挑战。新兴的诸如Kinect的消费级深度相机使研究者们可以快速、便捷地获取场景的彩色图像与深度图像,深度图像保留了彩色图像丢失的场景三维信息,基于二维彩色图像的轮廓检测方法难以解决由于遮挡、纹理相似、亮度变化等导致的伪边缘检测问题,而基于深度图像的轮廓检测方法正好弥补了这一缺陷。近年来,针对彩色图像和深度图像(合称RGBD图像)的轮廓检测的研究工作有很多,如何有效利用深度信息,设计更具鲁棒性的轮廓检测算法,融合彩色图像轮廓检测结果,是一个重要的研究方向。

[0003] 在此方面,有许多算法被提出。Malik等人通过估计重力方向结合随机森林与SVM分类器对像素进行分类,从而检测出图像轮廓。Arbekaiez等将若干区域线索聚合成基于频谱聚类的框架,使用定向流域的图转化算法,通过多尺度加权计算图像轮廓。另外还有许多算法采用马尔科夫随机场,随机森林等机器学习算法获取较好的轮廓检测结果。这些算法较于传统的边缘检测方法能取得较好的结果,但轮廓检测的精度还是不够。

[0004] 还有改进的利用深度信息提取轮廓的算法,主要包括三个部分:全局像素边界(gPb),计算每个像素作为边界的可能性,用一个权值表示;方向分水岭变换(OWT),将gPb结果转换为多个闭合的区域;UCM(Ultrametric Contour Map)将这些闭合区域转换为层级树。对每个像素按照某一特定方向 θ 将其圆形邻域划分为两部分,通过计算两部分像素亮度、颜色、纹理梯度差异,来预测该像素为边界像素的概率,记为 $gPb(x, y, \theta)$,表示位置 (x, y) 处的像素,在方向 θ 上为边界像素的可能性(概率)。圆形邻域的直径大小作为尺度参数可进行调节,多个尺度上的多通道边界像素后验概率加权得到该像素点最终边界概率。对于每一个像素都得到一个0到1之间的后验概率,接着采用分水岭变换算法将这些输入转换为闭合区域,而这样存在一个问题,就是一些弱边界附近存在强边界,受其影响,这些边界也被误判为轮廓,导致最终轮廓检测结果出现错误。

发明内容

[0005] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种融合色彩和深度信息的室内场景轮廓检测方法,其目的在于对被测场景进行彩色图像轮廓提取和深度图像轮廓提

取,之后采取梯度金字塔融合的方式获得最终的被测场景轮廓,利用深度图像轮廓检测结果修正并增强彩色图像轮廓检测结果,得到更为鲁棒和精确的场景轮廓。

[0006] 为实现上述目的,按照本发明的一个方面,提供了一种融合色彩和深度信息的室内场景轮廓检测方法,所述方法包括以下步骤:

[0007] (1) 将被测场景的彩色图像按颜色通道分离后分别进行边缘检测,并将检测结果进行融合处理后获得彩色图像的边缘检测结果;

[0008] (2) 提取被测场景深度图像的梯度信息,根据梯度信息对图像边缘进行检测,获得深度图像边缘检测结果;

[0009] (3) 根据所述彩色图像边缘检测结果和所述深度图像边缘检测结果构建梯度金字塔,根据所述梯度金字塔对彩色图像边缘和深度图像边缘进行多尺度多层次融合获得边缘检测结果,并将所述边缘检测结果进行边缘聚合操作获得被测场景的最终轮廓。

[0010] 进一步地,所述步骤(1)包括以下子步骤:

[0011] (11) 将被测场景的彩色图像分离成R、G和B三个通道;

[0012] (12) 提取每个通道图像的边缘信息;

[0013] (13) 对三个通道图像的边缘进行加权融合,得到彩色图像边缘检测结果。

[0014] 进一步地,所述步骤(2)包括以下子步骤:

[0015] (21) 修复被测场景深度图像中的空洞并去除噪声,得到修复后深度图像;

[0016] (22) 对修复后深度图像提取梯度信息;

[0017] (23) 利用梯度信息提取深度图像边缘检测结果。

[0018] 进一步地,所述步骤(3)包括以下子步骤:

[0019] (31) 根据所述彩色图像边缘检测结果和所述深度图像边缘检测结果构建高斯金字塔,得到尺度逐级递减的边缘图像组;

[0020] (32) 对边缘图像组中每幅图像分别用水平、垂直和两个对角线共四个方向的梯度算子进行运算,得到四幅分别包含各个方向梯度信息的图像;

[0021] (33) 对步骤(32)中得到的图像进行重构,将梯度金字塔转换为拉普拉斯金字塔;

[0022] (34) 对重构后的高尺度图像进行区域融合,得到融合后的边缘图像;

[0023] (35) 对所述边缘图像执行边缘聚合操作,得到最终图像轮廓。

[0024] 进一步地,所述子步骤(12)具体为:先对单通道图像进行高斯滤波,平滑图像,抑制噪声;再用Canny算子计算梯度,得到梯度幅值与方向;再对梯度幅值进行非极大值抑制,剔除大部分非边缘像素点;最后使用双阈值算法检测和连接边缘像素点得到图像的边缘信息。

[0025] 进一步地,所述子步骤(22)中梯度信息为深度梯度、凸法矢梯度或凹法矢梯度。

[0026] 进一步地,所述子步骤(23)具体为:确定待测像素点a,在像素点a周围取圆形邻域,沿直径方向 φ 将该圆形邻域一分为二,计算两部分邻域内像素点的加权梯度和,加权系数与邻域像素和a像素之间的距离成反比,两部分邻域内的加权梯度和相减得到差值,若差值大于设定阈值,则设定该像素为边缘像素,否则该像素为非边缘像素;对每个像素执行此操作,得到整幅图像的边缘。

[0027] 进一步地,所述子步骤(31)具体为:设边缘图像组中第k层图像 G_k 为

$$[0028] \quad G_k(i, j) = \sum_{m=-2}^2 \sum_{n=-2}^2 W(m, n) G_{k-1}(2i+m, 2j+n) ;$$

[0029] 其中, $G_k(i, j)$ 表示第 k 层图像在坐标 (i, j) 处的像素值; k 为高斯金字塔层数, $k=1, 2, 3$; G_0 表示彩色图像边缘或深度图像边缘; $W(m, n)$ 为 5×5 窗口矩阵, m, n 为窗口元素坐标, 窗口矩阵为:

$$[0030] \quad W = \frac{1}{256} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 6 & 24 & 36 & 24 & 6 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{bmatrix} .$$

[0031] 进一步地, 所述子步骤 (32) 具体为: 对每层图像用水平、垂直和两个对角线共四个方向的梯度算子进行运算, 得到四幅分别包含各个方向梯度信息的图像 D_{1k} 为

$$[0032] \quad D_{1k} = d_1 \cdot (G_k + w_0 \cdot G_k) ;$$

[0033] 其中, G_k 为第 k 层图像, $k=1, 2, 3$; d_1 为滤波算子, $l=1, 2, 3, 4$; w_0 为 3×3 卷积核; d_1 为

$$[0034] \quad d_1 = [1 \quad -1], d_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}, d_3 = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix}, d_4 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$[0035] \quad w_0 = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}; \text{经过 } d_1, d_2, d_3, d_4 \text{ 对高斯金字塔隔层进行方向梯度滤波, 在每}$$

一分解层上均可得到包含水平、垂直和两个对角线方向细节信息的四个分解图象。

[0036] 进一步地, 所述子步骤 (33) 具体为: 设方向拉普拉斯金字塔的第 k 层图像 L_k 为

$$[0037] \quad L_k = \sum_{l=1}^4 -\frac{1}{8} d_l \cdot D_{lk} ;$$

[0038] 其中, d_l 为滤波算子; D_{lk} 为第 k 层包含 l 方向梯度信息的高斯金字塔图像; 再将方向拉普拉斯金字塔图像 L_k 转换为拉普拉斯金字塔图像 LP_1 ,

$$[0039] \quad LP_l = (\bar{I} + w) \cdot L_k ;$$

[0040] 其中, \bar{I} 是中心元素为 1 其余为 0 的矩阵; w 为权值矩阵。

[0041] 总体而言, 通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比, 具有以下技术特征及有益效果:

[0042] (1) 本发明将被测场景的彩色图像按照其特性分离出红色、绿色、蓝色通道, 对每个通道采用经典 Canny 边缘检测算子提取图像边缘, 然后融合, 可以保留原始图像信息, 得到更为精确的轮廓结果; 而传统算法将彩色图像转换为灰度图像检测边缘, 丢失了色度分量信息;

[0043] (2) 本发明利用被测场景的深度图像计算梯度,进而提取边缘,采用深度图像保留了场景的深度信息,能够有效解决二维彩色图像无法应对的遮挡、光照变化等问题;

[0044] (3) 本发明对彩色图像和深度图像构建梯度金字塔,多尺度多层次融合得到最终轮廓,充分发掘深度图像梯度信息,利用深度图像轮廓检测结果修正并增强彩色图像轮廓检测结果,得到更为鲁棒和精确的场景轮廓。

附图说明

[0045] 图1是本发明实施例的整体结构图;

[0046] 图2是本发明实施例中彩色图像边缘检测示意图;

[0047] 图3是本发明实施例中深度图像边缘检测流程图;

[0048] 图4是本发明实施例中边缘融合流程图;

[0049] 图5是本发明实施例中梯度金字塔分解—融合示意图。

具体实施方式

[0050] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0051] 本发明的整体结构图见附图1,融合色彩和深度信息的室内场景轮廓检测方法包括三个重要部分,分别是彩色图像轮廓提取、深度图像轮廓提取和梯度金字塔融合。方法流程如下:

[0052] (1) 将彩色图像分离成三通道,分别进行边缘检测,然后融合检测结果,得到彩色图像边缘检测结果,如图2所示。

[0053] (11) 将彩色RGB图像分离为红色、绿色和蓝色三个通道。

[0054] (12) 对红色、绿色和蓝色的每个通道,采用Canny边缘检测算子提取边缘信息:首先对单通道图像进行高斯滤波,平滑图像和抑制噪声;然后用Canny算子计算梯度,得到梯度幅值与方向,Canny算子如公式(12-1)所示,再对梯度幅值进行非极大值抑制,剔除大部分非边缘像素点。最后使用双阈值算法检测和连接边缘像素点。

$$[0055] \quad s_x = \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}, s_y = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (12-1)$$

[0056] 上式中 s_x, s_y 分别为该像素点在x方向和y方向上的卷积模板。以 $f[i, j]$ 表示坐标位置 $[i, j]$ 处的像素值,则x方向和y方向上的差分 $P[i, j]$ 和 $Q[i, j]$ 分别为:

$$[0057] \quad P[i, j] = f[i, j+1] - f[i, j] + f[i+1, j+1] - f[i+1, j] \quad (12-2)$$

$$[0058] \quad Q[i, j] = f[i, j] - f[i+1, j] + f[i, j+1] - f[i+1, j+1] \quad (12-3)$$

[0059] 对应像素的梯度幅值 $G[i, j]$ 为:

$$[0060] \quad G[i, j] = \sqrt{P[i, j]^2 + Q[i, j]^2} \quad (12-4)$$

[0061] 梯度方向 $\eta[i, j]$ 为:

$$[0062] \quad \eta[i, j] = \arctan(Q[i, j]/P[i, j]) \quad (12-5)$$

[0063] (13) 对步骤(12)中得到的三个通道的边缘进行加权融合,得到彩色图像的整体边缘检测结果,红色、绿色和蓝色三个通道的加权系数分别为0.3、0.6、0.1,更加符合人眼视觉特性。

[0064] (2) 对深度图像进行预处理,然后提取梯度信息,进而检测图像边缘,得到深度图像边缘检测结果。

[0065] (21) 深度图像中存在丢失深度信息的空洞,以及一些噪声。直接使用原始深度图像进行轮廓检测会影响检测结果的完整性以及精度,因此需要对深度图像进行修复。双边滤波是一种非线性的滤波方法,是结合图像的空间邻近度和像素值相似度的一种处理方法,同时考虑空域信息和灰度相似性,达到保边去噪的目的。双边滤波器可用公式(21-1)表示,定义域核用公式(21-2)表示,值域核用公式(21-3)表示,权重系数为定义域核与值域核的乘积,用公式(21-4)表示。

$$[0066] \quad g(i, j) = \frac{\sum_{k,l} f(k, l) w(i, j, k, l)}{\sum_{k,l} w(i, j, k, l)} \quad (21-1)$$

[0067] 上式中, $g(i, j)$ 表示位置 (i, j) 处像素点的双边滤波输出值,依赖于其邻域像素值 $f(k, l)$ 的加权组合。其中, (k, l) 表示邻域像素的坐标位置, $w(i, j, k, l)$ 表示 (k, l) 处像素的权重系数。

[0068] 公式(21-2)定义了一个标准差为 σ_d 的高斯核 $d(i, j, k, l)$, 本发明取值为3, 表征位置 (i, j) 处像素点与其邻域 (k, l) 处像素点间的空间高斯距离, 空间距离越近, 其值越大, 反之越小。同样的, 公式(21-3)定义了一个标准差为 σ_r 的高斯核 $r(i, j, k, l)$, 本发明取值为50, 表征位置 (i, j) 处像素点与其邻域 (k, l) 处像素点在像素值空间的高斯距离, 像素值差异越小, 其值越大, 反之越小。

$$[0069] \quad d(i, j, k, l) = \exp\left(-\frac{(i-k)^2 + (j-l)^2}{2\sigma_d^2}\right) \quad (21-2)$$

$$[0070] \quad r(i, j, k, l) = \exp\left(-\frac{\|f(i, j) - f(k, l)\|^2}{2\sigma_r^2}\right) \quad (21-3)$$

[0071] 结合像素点与其邻域像素点在空域和值域的相似性度量,得到双边滤波器中的邻域像素权重系数 $w(i, j, k, l)$, 表示如下:

$$[0072] \quad w(i, j, k, l) = \exp\left(-\frac{(i-k)^2 + (j-l)^2}{2\sigma_d^2} - \frac{\|f(i, j) - f(k, l)\|^2}{2\sigma_r^2}\right) \quad (21-4)$$

[0073] (22) 对步骤(21)中执行双边滤波之后得到的深度图像提取深度梯度信息。具体地,在某一像素点周围取一圆形邻域,在某一直径方向 θ 上将该邻域一分为二,计算两部分邻域中像素值加权和,相减得到该像素点处的深度梯度幅值,梯度方向为 $\theta + \pi/2$ 。把圆形邻域内分布在两个半圆内的像素点按照离圆形中心邻域的距离进行权值分类。距离圆域中心点越近的像素点权值越大,距离圆域中心点越远的像素点权值越小。这样处理使得整个圆域计算出的像素值更加接近中心像素点的像素值,大大减小了由于深度值渐变产生的误

差。深度梯度幅值可由公式 (22-1) 表示：

$$[0074] \quad gradD = \left| \sum_{i=1}^k \alpha_i L_i - \sum_{i=1}^k \beta_i R_i \right| \quad (22-1)$$

[0075] 其中, L_i, R_i 分别表示左右半圆域第 i 个像素的深度值, α_i, β_i 为对应像素的权重, 表示如下：

$$[0076] \quad \alpha_i = \frac{e^{-\frac{dl_i^2}{2\sigma^2}}}{\sum_{j=1}^k e^{-\frac{dl_j^2}{2\sigma^2}}}, \beta_i = \frac{e^{-\frac{dr_i^2}{2\sigma^2}}}{\sum_{j=1}^k e^{-\frac{dr_j^2}{2\sigma^2}}} \quad (22-2)$$

[0077] 其中, dl_i, dr_i 分别表示左右半圆域第 i 个像素到圆域中心点的距离, k 为半圆域像素点总数, σ 为高斯标准差。

[0078] (23) 利用步骤 (22) 得到的梯度信息提取图像边缘, 示意图如图3所示, 确定待测像素点 a , 在像素点 a 周围取一圆形邻域, 沿直径方向 φ 将该圆形邻域一分为二, 计算两部分邻域内像素点的加权梯度和, 加权系数与邻域像素和 a 像素之间的距离成反比, 两部分邻域内的加权梯度和相减得到差值, 若差值大于设定阈值, 则设定该像素为边缘像素, 否则该像素为非边缘像素, 设定阈值优选64; 对每个像素执行此操作, 得到整幅图像的边缘。

[0079] (3) 如图5所示, 对步骤 (1) 中得到的彩色图像边缘和步骤 (2) 中得到的深度图像边缘构建梯度金字塔, 多尺度多层级融合彩色图像边缘和深度图像边缘, 得到更为精确的边缘检测结果, 进而执行边缘聚合操作得到最终轮廓。

[0080] (31) 对步骤 (13) 中得到的彩色图像边缘和步骤 (23) 中得到的深度图像边缘构建高斯金字塔, 得到尺度逐级递减的边缘图像组。步骤为: 首先把原始图像作为金字塔的最底层 G_0 图像, 利用一个 5×5 的高斯核对其卷积, 利用该卷积模板对每层的边缘都进行处理, 在进行采样去除偶数行列后将其作为金字塔 G_1 层图像, 对 G_1 层图像重复以上操作可以得到后续图像, 每层图像都经过相似的处理完毕后, 这样就可以形成一个金字塔型的数据结构, 其中该结构的每层边缘都是经过平滑滤波处理后的高质量边缘。设边缘图像组中第 k 层图像 G_k 为

$$[0081] \quad G_k(i, j) = \sum_{m=-2}^2 \sum_{n=-2}^2 W(m, n) G_{k-1}(2i+m, 2j+n) \quad ;$$

[0082] 其中, $G_k(i, j)$ 表示第 k 层图像在坐标 (i, j) 处的像素值; k 为高斯金字塔层数, $k=1, 2, 3$; G_0 表示彩色图像边缘或深度图像边缘; $W(m, n)$ 为 5×5 窗口矩阵, m, n 为窗口元素坐标, 窗口矩阵为:

$$[0083] \quad W = \frac{1}{256} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 6 & 24 & 36 & 24 & 6 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{bmatrix} \quad \circ$$

[0084] (32) 对步骤 (31) 中得到的边缘图像组进行方向梯度滤波, 表示为公式 (32-1)。具体地, 对每层图像用水平、垂直和两个对角线共四个方向的梯度算子进行运算, 得到四幅分别包含各个方向梯度信息的图像 D_{1k} 为

$$[0085] \quad D_{1k} = d_1 \cdot (G_k + w_0 \cdot G_k);$$

[0086] 其中, G_k 为第 k 层图像, $k=1, 2, 3$; d_1 为滤波算子, $l=1, 2, 3, 4$; w_0 为 3×3 卷积核; d_1 为

$$[0087] \quad d_1 = [1 \quad -1], d_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}, d_3 = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix}, d_4 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$[0088] \quad w_0 = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}; \text{经过 } d_1, d_2, d_3, d_4 \text{ 对高斯金字塔隔层进行方向梯度滤波, 在每}$$

一分解层上均可得到包含水平、垂直和两个对角线方向细节信息的四个分解图像。

[0089] (33) 对步骤 (32) 中得到的图像进行重构, 将梯度金字塔转换为拉普拉斯金字塔, 重构低尺度图像到高尺度。设方向拉普拉斯金字塔的第 k 层图像 L_k 为

$$[0090] \quad L_k = \sum_{l=1}^4 -\frac{1}{8} d_l \cdot D_{lk};$$

[0091] 其中, d_l 为滤波算子; D_{lk} 为第 k 层包含 l 方向梯度信息的高斯金字塔图像; 再将方向拉普拉斯金字塔图像 L_k 转换为拉普拉斯金字塔图像 LP_1 ,

$$[0092] \quad LP_l = (\bar{I} + w) \cdot L_k;$$

[0093] 其中, \bar{I} 是中心元素为 1 其余为 0 的矩阵; w 为权值矩阵。

[0094] (34) 对步骤 (33) 中得到的高尺度图像进行区域融合, 得到最终的边缘图像; 如图 4 所示, 首先从金字塔型图层中分离出高尺度图层, 然后图层中图进行平滑滤波处理, 再之后对要融合的图像按 0.5 的权值进行加权融合, 直到图层中所有图像都完成融合, 得到新的边缘图像。

[0095] (35) 对步骤 (34) 中得到的边缘图像执行边缘聚合操作, 得到最终图像轮廓。步骤 (34) 得到的边缘图像为离散的像素点集合, 需要将这些像素点聚合形成连续的轮廓, 也即边缘聚合操作。边缘聚合操作采用轮廓树算法实现, 利用树的结构对轮廓间的包含关系进行分层, 将边缘按照颜色、纹理特性差异分层, 得到不同物体的轮廓。

[0096] 以上内容本领域的技术人员容易理解, 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已, 并不用以限制本发明, 凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

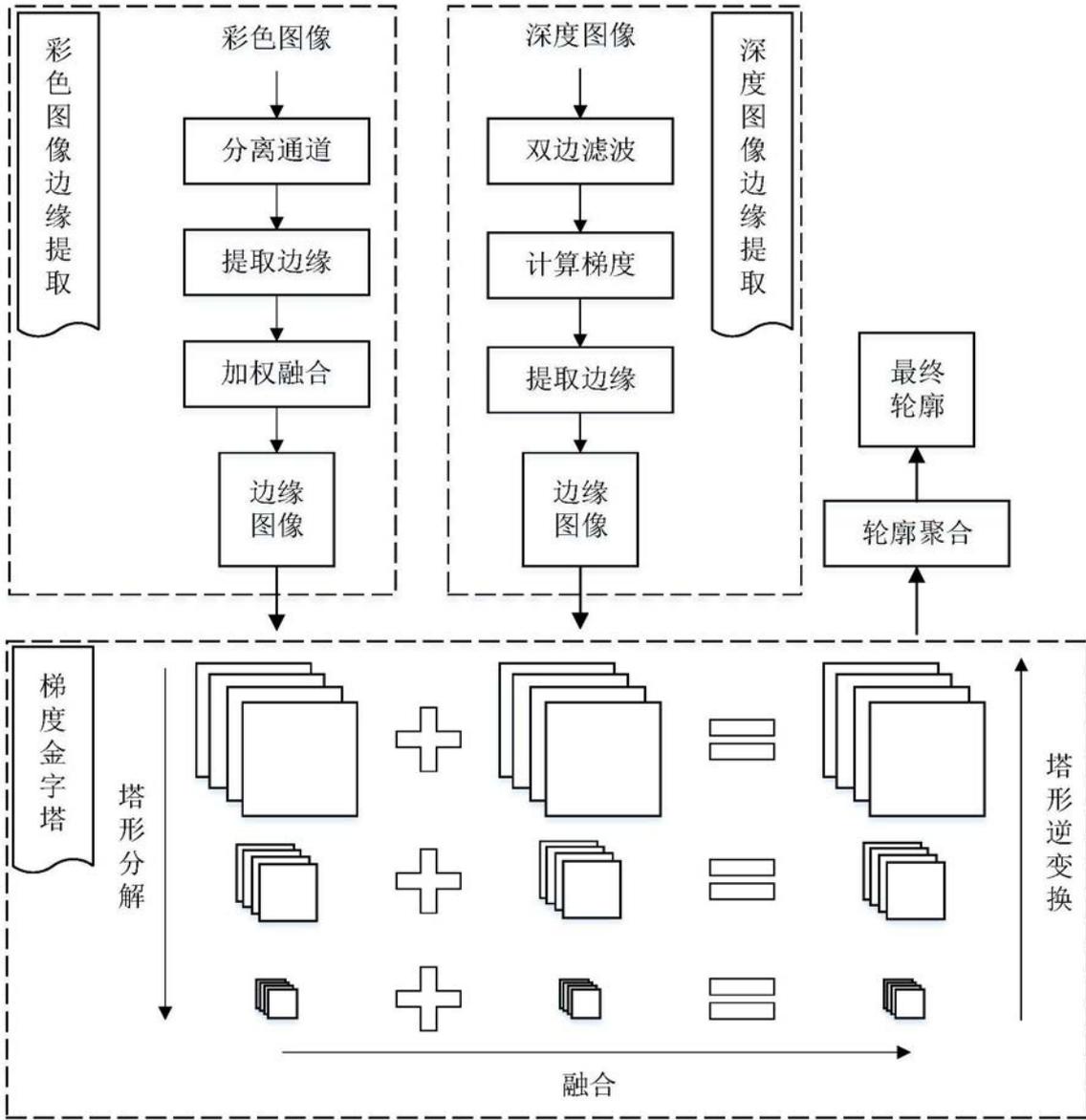


图1

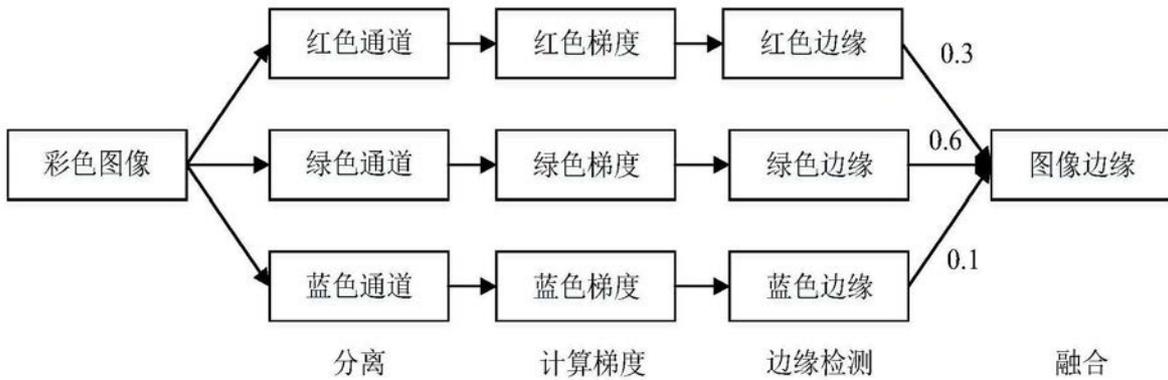


图2

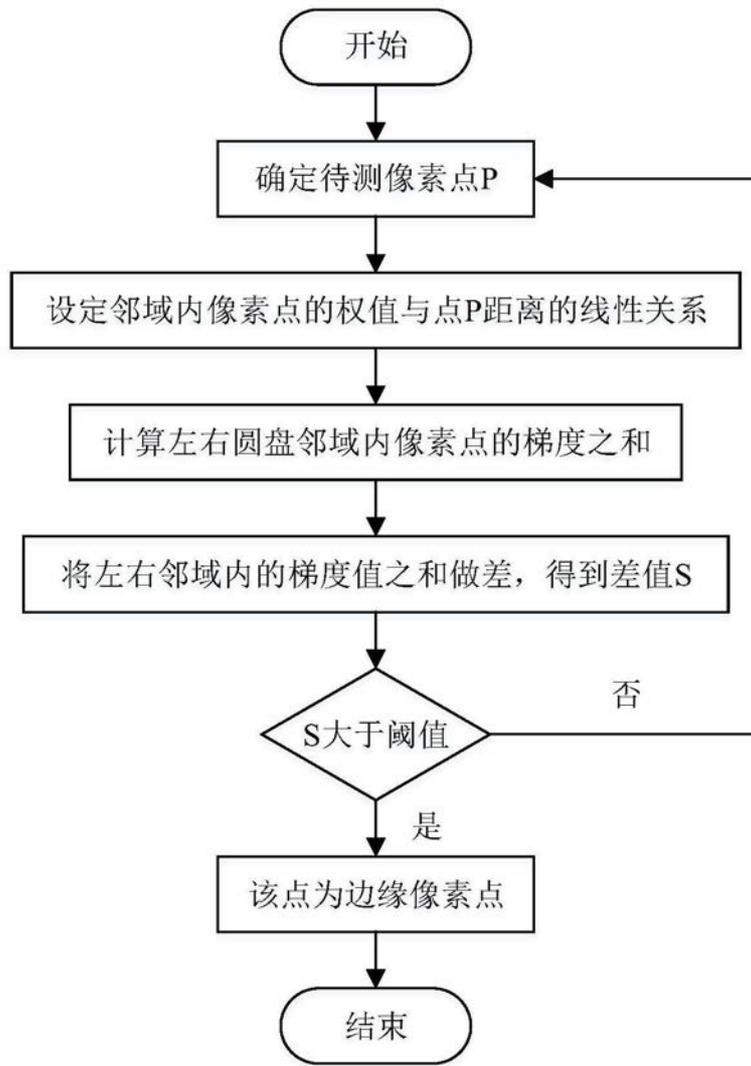


图3

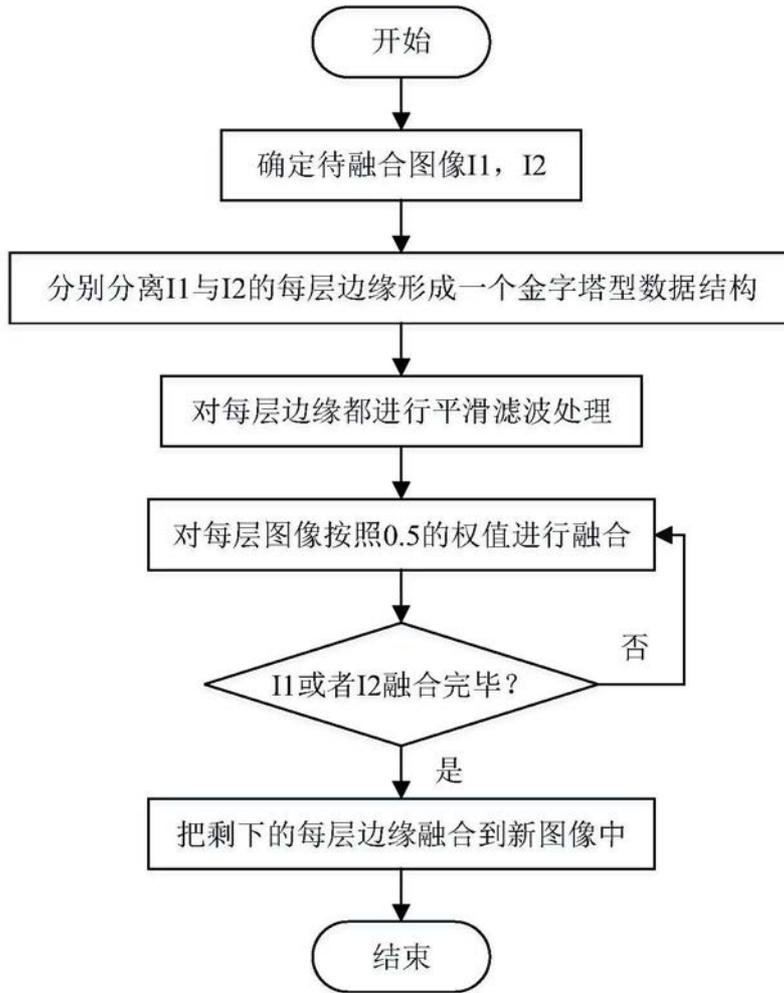


图4

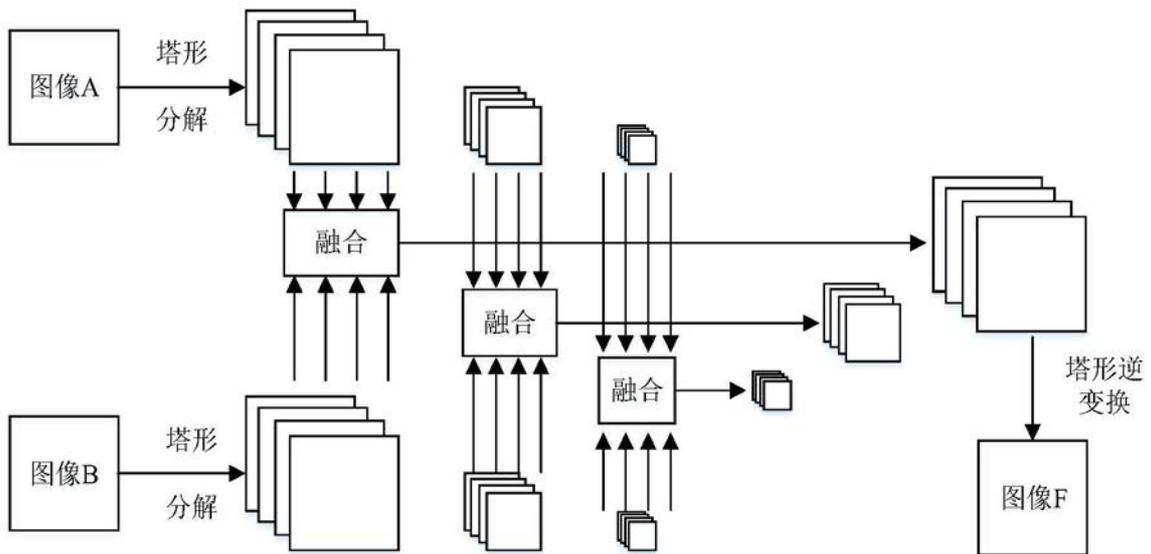


图5