



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104851089 A

(43) 申请公布日 2015. 08. 19

(21) 申请号 201510209026. 1

(22) 申请日 2015. 04. 28

(71) 申请人 中国人民解放军国防科学技术大学
地址 410003 湖南省长沙市开福区砚瓦池

(72) 发明人 白亮 老松杨 郭金林 康来
魏巍

(74) 专利代理机构 北京风雅颂专利代理有限公司 11403

代理人 李弘 杨红梅

(51) Int. Cl.

G06T 7/00(2006. 01)

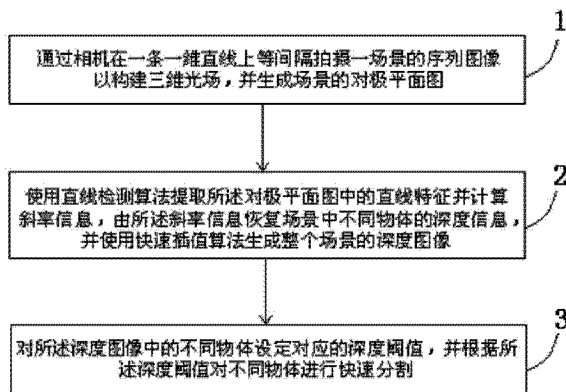
权利要求书2页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

一种基于三维光场的静态场景前景分割方法和装置

(57) 摘要

本发明公开了一种基于三维光场的静态场景前景分割方法和装置,所述方法包括步骤:通过相机在一条一维直线上等间隔拍摄一场景的序列图像以构建三维光场,并生成场景的对极平面图;使用直线检测算法提取所述对极平面图中的直线特征并计算斜率信息,由所述斜率信息恢复场景中不同物体的深度信息,并使用快速插值算法生成整个场景的深度图像;对所述深度图像中的不同物体设定对应的深度阈值,并根据所述深度阈值对不同物体进行快速分割;本发明在复杂户外场景的分割中,能够准确恢复场景中多个物体之间的空间关系,较好地克服了现有基于区域聚类 and 数学形态学等方法在复杂场景应用中存在的过分割问题,在针对特定目标提取时有较高的分割效率。



1. 一种基于三维光场的静态场景前景分割方法,其特征在于,包括以下步骤:

通过相机在一条一维直线上等间隔拍摄一场景的序列图像以构建三维光场,并生成场景的对极平面图;

使用直线检测算法提取所述对极平面图中的直线特征并计算斜率信息,由所述斜率信息恢复场景中不同物体的深度信息,并使用快速插值算法生成整个场景的深度图像;

对所述深度图像中的不同物体设定对应的深度阈值,并根据所述深度阈值对不同物体进行快速分割。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,在所述三维光场中,任意一条光线 L 表示为:

$$L = LF(x, y, t)$$

其中, t 为光线的起点,即所述相机在所述一维直线上的坐标; (x, y) 代表光线的方向,对应于图像中的二维坐标值;

所述对极平面图为所述序列图像在相同 y 值条件下横向像素的堆叠,即垂直于 y 坐标的 (x, t) 切面;场景中同一物体的像素点在所述对极平面图中形成一条直线轨迹,且物体与相机直线运动轨迹之间的空间距离正比于该物体在所述对极平面图中对应直线的斜率。

3. 根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于,生成所述深度图像的步骤进一步包括:

选取所述序列图像的一幅作为深度恢复和前景分割的目标图像;

使用直线检测算法从所述对极平面图中提取直线并确定所有直线区域;

根据所述直线区域,在所述目标图像生成直线特征点的斜率分布;

根据所述直线特征点的斜率分布,采用插值算法生成所述目标图像所有像素点的斜率分布;

将所述目标图像所有像素点的斜率分布变换深度分布,再线性映射到灰度区间上,最终生成所述深度图像。

4. 根据权利要求 3 所述的方法,其特征在于,使用直线检测算法提取直线前,对所述对极平面图进行高斯缩放,缩放比为 0.9。

5. 根据权利要求 3 所述的方法,其特征在于,确定所述直线区域的步骤包括:

对所述对极平面图中的每一个像素点,计算其相对颜色一致的临近点方向和水平方向的夹角,该夹角相近的像素点构成直线候选区;

用近似的矩形覆盖每一个所述直线候选区,构造噪声模型对所述直线候选区执行验证,得出所述直线候选区构成直线的概率;

设定直线判定的概率阈值,最终确定所述直线区域。

6. 根据权利要求 3 所述的方法,其特征在于,从所述对极平面图中提取直线的步骤后,还包括对提取结果的筛选处理步骤:

仅提取端点落在所述对极平面图在 y 轴方向上前十个像素内的直线;

将没有与所述对极平面图上边界直接相交的直线延长,计算推测交点;

剔除推测交点超出图像边界的直线,将由于延长而出现的两条重合直线合并为单条直线。

7. 一种基于三维光场的静态场景前景分割装置,其特征在于,包括:

构建模块,用于通过相机在一条一维直线上等间隔拍摄一场景的序列图像以构建三维

光场,并生成场景的对极平面图;

深度恢复模块,用于使用直线检测算法提取所述对极平面图中的直线特征并计算斜率信息,由所述斜率信息恢复场景中不同物体的深度信息,并使用快速插值算法生成整个场景的深度图像;

分割模块,用于对所述深度图像中的不同物体设定对应的深度阈值,并根据所述深度阈值对不同物体进行快速分割。

8. 根据权利要求 7 所述的装置,其特征在于,所述构建模块生成的所述三维光场中,任意一条光线 L 表示为:

$$L = LF(x, y, t)$$

其中, t 为光线的起点,即所述相机在所述一维直线上的坐标; (x, y) 代表光线的方向,对应于图像中的二维坐标值;

所述对极平面图为所述序列图像在相同 y 值条件下横向像素的堆叠,即垂直于 y 坐标的 (x, t) 切面;场景中同一物体的像素点在所述对极平面图中形成一条直线轨迹,且物体与相机直线运动轨迹之间的空间距离正比于该物体在所述对极平面图中对应直线的斜率。

9. 根据权利要求 7 所述的装置,其特征在于,所述深度恢复模块进一步用于:选取所述序列图像的一幅作为深度恢复和前景分割的目标图像;使用直线检测算法从所述对极平面图中提取直线并确定所有直线区域;根据所述直线区域,在所述目标图像生成直线特征点的斜率分布;根据所述直线特征点的斜率分布,采用插值算法生成所述目标图像所有像素点的斜率分布;将所述目标图像所有像素点的斜率分布变换深度分布,再线性映射到灰度区间上,最终生成所述深度图像。

10. 根据权利要求 9 所述的装置,其特征在于,所述深度恢复模块还包括用于在使用直线检测算法提取直线前,对所述对极平面图进行高斯缩放的缩放模块,所述缩放模块进行缩放的缩放比为 0.9。

一种基于三维光场的静态场景前景分割方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及图像处理技术领域,特别是指一种基于三维光场的静态场景前景分割方法和装置。

背景技术

[0002] 图像分割指把图像中具有特殊涵义的不同区域区分开来。分割产生的每一个区域都是连通的,区域内像素满足特定的一致性准则,而不同的图像区域互不相交,彼此之间存在差异性。在分割概念基础上,可以将图像抽象为“前景”和“背景”两个类别。其中,图像“前景”的概念是相对于“背景”而言的,通常指图片场景中的人们感兴趣的区域。有效的前景分割是虚拟场景构建、智能视频监控和自然人机交互等高层次应用的前提和基础。

[0003] 现有静态场景中的前景分割方法主要分为基于阈值、基于边缘、基于区域以及结合其他特定理论的方法等几个类别。其中, L. Vincent 等提出的分水岭算法把图像看作拓扑地貌,以灰度的局部最小点为中心构建集水区,能够得到连续的分割边界,但在实际应用中常会出现过分割问题;Felzenszwalb 等提出采用贪婪搜索策略的图分割方法,该方法能用成对区域比较方法获得全局最优解;Chan 等基于水平集设计了几何主动轮廓模型,较好地实现了单目标轮廓提取,但在边缘定位仍然不够精确。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明的目的在于提出一种能够有效、高效实现图像分割的基于三维光场的静态场景前景分割方法和装置。

[0005] 基于上述目的本发明提供一种基于三维光场的静态场景前景分割方法,包括以下步骤:

[0006] 通过相机在一条一维直线上等间隔拍摄一场景的序列图像以构建三维光场,并生成场景的对极平面图;

[0007] 使用直线检测算法提取所述对极平面图中的直线特征并计算斜率信息,由所述斜率信息恢复场景中不同物体的深度信息,并使用快速插值算法生成整个场景的深度图像;

[0008] 对所述深度图像中的不同物体设定对应的深度阈值,并根据所述深度阈值对不同物体进行快速分割。

[0009] 优选的,在所述三维光场中,任意一条光线 L 表示为:

[0010] $L = LF(x, y, t)$

[0011] 其中, t 为光线的起点,即所述相机在所述一维直线上的坐标; (x, y) 代表光线的方向,对应于图像中的二维坐标值;

[0012] 所述对极平面图为所述序列图像在相同 y 值条件下横向像素的堆叠,即垂直于 y 坐标的 (x, t) 切面;场景中同一物体的像素点在所述对极平面图中形成一条直线轨迹,且物体与相机直线运动轨迹之间的空间距离正比于该物体在所述对极平面图中对应直线的斜率。

- [0013] 优选的,生成所述深度图像的步骤进一步包括:
- [0014] 选取所述序列图像的一幅作为深度恢复和前景分割的目标图像;
- [0015] 使用直线检测算法从所述对极平面图中提取直线并确定所有直线区域;
- [0016] 根据所述直线区域,在所述目标图像生成直线特征点的斜率分布;
- [0017] 根据所述直线特征点的斜率分布,采用插值算法生成所述目标图像所有像素点的斜率分布;
- [0018] 将所述目标图像所有像素点的斜率分布变换深度分布,再线性映射到灰度区间上,最终生成所述深度图像。
- [0019] 优选的,使用直线检测算法提取直线前,对所述对极平面图进行高斯缩放,缩放比为 0.9。
- [0020] 优选的,确定所述直线区域的步骤包括:
- [0021] 对所述对极平面图中的每一个像素点,计算其相对颜色一致的临近点方向和水平方向的夹角,该夹角相近的像素点构成直线候选区;
- [0022] 用近似的矩形覆盖每一个所述直线候选区,构造噪声模型对所述直线候选区执行验证,得出所述直线候选区构成直线的概率;
- [0023] 设定直线判定的概率阈值,最终确定所述直线区域。
- [0024] 优选的,从所述对极平面图中提取直线的步骤后,还包括对提取结果的筛选处理步骤:
- [0025] 仅提取端点落在所述对极平面图在 y 轴方向上前十个像素内的直线;
- [0026] 将没有与所述对极平面图上边界直接相交的直线延长,计算推测交点;
- [0027] 剔除推测交点超出图像边界的直线,将由于延长而出现的两条重合直线合并为单条直线。
- [0028] 本发明还提供了一种基于三维光场的静态场景前景分割装置,包括:
- [0029] 构建模块,用于通过相机在一条一维直线上等间隔拍摄一场景的序列图像以构建三维光场,并生成场景的对极平面图;
- [0030] 深度恢复模块,用于使用直线检测算法提取所述对极平面图中的直线特征并计算斜率信息,由所述斜率信息恢复场景中不同物体的深度信息,并使用快速插值算法生成整个场景的深度图像;
- [0031] 分割模块,用于对所述深度图像中的不同物体设定对应的深度阈值,并根据所述深度阈值对不同物体进行快速分割。
- [0032] 优选的,所述构建模块生成的所述三维光场中,任意一条光线 L 表示为:
- [0033] $L = LF(x, y, t)$
- [0034] 其中, t 为光线的起点,即所述相机在所述一维直线上的坐标;(x, y) 代表光线的方向,对应于图像中的二维坐标值;
- [0035] 所述对极平面图为所述序列图像在相同 y 值条件下横向像素的堆叠,即垂直于 y 坐标的 (x, t) 切面;场景中同一物体的像素点在所述对极平面图中形成一条直线轨迹,且物体与相机直线运动轨迹之间的空间距离正比于该物体在所述对极平面图中对应直线的斜率。
- [0036] 优选的,所述深度恢复模块进一步用于:选取所述序列图像的一幅作为深度恢复

和前景分割的目标图像;使用直线检测算法从所述对极平面图中提取直线并确定所有直线区域;根据所述直线区域,在所述目标图像生成直线特征点的斜率分布;根据所述直线特征点的斜率分布,采用插值算法生成所述目标图像所有像素点的斜率分布;将所述目标图像所有像素点的斜率分布变换深度分布,再线性映射到灰度区间上,最终生成所述深度图像。

[0037] 优选的,所述深度恢复模块还包括用于在使用直线检测算法提取直线前,对所述对极平面图进行高斯缩放的缩放模块,所述缩放模块进行缩放的缩放比为 0.9。

[0038] 从上面所述可以看出,本发明提供的基于三维光场的静态场景前景分割方法和装置,通过在一条直线等间距的不同视点拍摄场景的序列图像构建三维光场,用直线检测算法从对极平面图中分析提取出场景边缘及其深度信息;借助快速插值算法恢复整个场景的深度信息,最终通过阈值法实现对不同深度的前景物体的分割。本发明能够较准确地恢复场景中多个物体之间的空间关系,前景分割结果较好地克服了现有基于区域聚类 and 数学形态学等方法在复杂场景应用中存在的过分割问题,在针对特定目标提取时有较高的分割效率。

附图说明

[0039] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0040] 图 1 为本发明优选实施例的基于三维光场的静态场景前景分割方法流程图;

[0041] 图 2 为本发明优选实施例的三维光场描述示意图;

[0042] 图 3 为本发明优选实施例中物体、成像平面、成像中心路径之间的几何关系示意图;

[0043] 图 4(a) 为本发明优选实施例确定直线区域步骤中的原始图像像素;

[0044] 图 4(b) 为本发明优选实施例确定直线区域步骤中的计算过夹角的像素点;

[0045] 图 4(c) 为本发明优选实施例确定直线区域步骤中的直线候选区;

[0046] 图 5(a) 为本发明优选实施例中高斯缩放比为 0.5 时的直线检测结果;

[0047] 图 5(b) 为本发明优选实施例中高斯缩放比为 0.9 时的直线检测结果;

[0048] 图 5(c) 为本发明优选实施例中高斯缩放比为 1.5 时的直线检测结果;

[0049] 图 6(a) 为本发明优选实施例中的原始场景图像;

[0050] 图 6(b) 为本发明优选实施例中的 EPI;

[0051] 图 6(c) 为本发明优选实施例中的深度图像;

[0052] 图 7 为“Mansion”场景深度图像直方图统计;

[0053] 图 8(a) 为对“Church”场景应用本发明的方法进行分割的分割结果;

[0054] 图 8(b) 为对“Mansion”场景应用本发明的方法进行分割的分割结果;

[0055] 图 8(c) 为对“Statue”场景应用本发明的方法进行分割的分割结果;

[0056] 图 9(a) 为对“Church”、“Mansion”、“Statue”三个场景使用分水岭分割算法的分割结果;

[0057] 图 9(b) 为对“Church”、“Mansion”、“Statue”三个场景使用 Graph Cut 分割算法的分割结果；

[0058] 图 9(c) 基于 K-means 聚类的分割算法的) 为对“Church”、“Mansion”、“Statue”三个场景使分割结果；

[0059] 图 10 为本发明实施例的基于三维光场的静态场景前景分割装置结构示意图。

具体实施方式

[0060] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白，以下结合具体实施例，并参照附图，对本发明进一步详细说明。

[0061] 本发明实施例提供了一种基于三维光场的静态场景前景分割方法，该方法通过在一条直线等间距的不同视点拍摄场景的序列图像构建三维光场，用直线检测算法从对极平面图中分析提取出场景边缘及其深度信息；借助快速插值算法恢复整个场景的深度信息，最终通过阈值法实现对不同深度的前景物体的分割。其中，光场 (Light Fields) 是对空间中所有光线的描述。现实世界中的场景包含丰富的三维信息，单张二维图像不能完全描述物体之间的空间关系。使用稠密的序列图像能够用来刻画静态场景。快速采样的序列图像中时间连续性大致等同于场景的空间连续性，同时采用“对极平面图”(Epipolar Plane Image, EPI) 这种描述方法来分析三维场景。以下，通过本发明的优选实施例来进一步说明所述的基于三维光场的静态场景前景分割方法。

[0062] 参考图 1，为本发明优选实施例的基于三维光场的静态场景前景分割方法流程图。

[0063] 本发明优选实施例的基于三维光场的静态场景前景分割方法包括以下步骤：

[0064] 步骤 1：通过相机在一条一维直线上等间隔拍摄一场景的序列图像以构建三维光场，并生成场景的对极平面图；

[0065] 步骤 2：使用直线检测算法提取所述对极平面图中的直线特征并计算斜率信息，由所述斜率信息恢复场景中不同物体的深度信息，并使用快速插值算法生成整个场景的深度图像；

[0066] 步骤 3：对所述深度图像中的不同物体设定对应的深度阈值，并根据所述深度阈值对不同物体进行快速分割。

[0067] (1) 步骤 1 的具体实施

[0068] 于步骤 1 中，首先建立三维光场。典型的光场构建过程通常需要对同一个场景在不同视角下拍摄大量图像，然后采用合适的几何模型描述光线在空间中的分布情况。针对本实施例中的场景前景分割的应用背景，研究考察图像序列的成像中心在一条水平直线上情形，即通过在一条一维直线上获取有序二维图像来建立三维光场。

[0069] 参考图 2，为本发明优选实施例的三维光场描述示意图。

[0070] 图像的生成可以看作是光线在成像平面上的投射过程。对空间中的任意一条光线 L 描述如下：

[0071] $L = LF(x, y, t)$

[0072] 其中，t 为光线的起点，即所述相机在所述一维直线上的坐标；(x, y) 代表光线的方向，对应于图像中的二维坐标值。在由 LF 描述的三维光场中，垂直于 t 坐标的 (x, y) 切面对应了不同视角下的场景图像，而垂直于 y 坐标的 (x, t) 切面对应的就是对极平面图，即

EPI。

[0073] 直观来看, EPI 对应于序列图像在相同 y 值条件下横向像素的堆叠。为了后续处理的便捷性, 本实施例假定任意相邻两幅序列图像光心 (光心也即相机位置) 间距一致, 光心是成像的中心, 相机位置等间距可以保证光心等间距, 即保证所形成的 EPI 中同一物体对应像素点的连续性。当采样图像数量足够多时, 场景中同一物体像素点在 EPI 中形成一条直线轨迹。通过对直线的几何特征分析即可得到场景中物体的空间信息。

[0074] 参考图 3, 为本发明优选实施例中物体、成像平面、成像中心路径之间的几何关系示意图。

[0075] 如图 3 所示, 假定成像平面到成像中心距离为 h , 物体 P 到镜头中心路径的距离为 D , x_1, x_2 分别为 P 在图像中像素的横坐标, Δt 为成像中心移动距离。

[0076] 由三角相似关系可得:

$$[0077] \quad \frac{x_1}{\Delta t + t} = \frac{h}{D} = \frac{x_2}{t}$$

[0078] 消去 t , 可得:

$$[0079] \quad D = h \times \frac{\Delta t}{\Delta x}$$

[0080] 其中, $\Delta x = |x_1 - x_2|$ 。

[0081] 在 EPI 中, $\frac{\Delta t}{\Delta x}$ 正比于直线斜率 k , 则可知物体与相机之间的空间距离 D 与 EPI 中直线斜率 k 也是正比例关系。在得到场景各像素对应斜率的基础上, 可以进一步对其中的深度信息做出估计。

[0082] (2) 步骤 2 的具体实施

[0083] 作为优选实施例, 生成所述深度图像的步骤具体包括:

[0084] 选取所述序列图像的一幅作为深度恢复和前景分割的目标图像;

[0085] 使用直线检测算法从所述对极平面图中提取直线并确定所有直线区域;

[0086] 根据所述直线区域, 在所述目标图像生成直线特征点的斜率分布;

[0087] 根据所述直线特征点的斜率分布, 采用插值算法生成所述目标图像所有像素点的斜率分布;

[0088] 将所述目标图像所有像素点的斜率分布变换深度分布, 再线性映射到灰度区间上, 最终生成所述深度图像。

[0089] 具体的, 首先进行直线检测。在 EPI 中直线检测的数目和质量是估计场景物体深度的关键。场景物体边界通常存在颜色的快速变化, 在 EPI 中则表现为明显的直线特征。本实施例中的直线检测采用 LSD (Line Segment Detection) 方法, 并针对 EPI 图像的具体特征进行筛选和处理。

[0090] 对于每一个像素点, 本实施例计算其相对颜色一致的临近点方向和水平方向的夹角 α 。夹角 α 相近的像素点构成了直线候选区 (Line Support Regions), 亦即可能的直线区域。参考图 4(a)、图 4(b)、图 4(c), 其分别为本优选实施例中的原始图像像素、计算过夹角的像素点、直线候选区。

[0091] 对于每一个直线候选区,用近似的矩形覆盖此区域像素。选取矩形中像素水平夹角 α 的众数 α' 为矩形主方向,对每一个矩形执行直线验证过程。给定偏差容忍度 τ (角度,取值 $0 \sim \pi$),与矩形主方向夹角 $\beta = |\alpha - \alpha'|$ 小于 τ 的像素作为直线近似点。则对于矩形区域的任意一个像素点,其属于直线的概率 $P = \frac{\tau}{\pi}$ 。所有像素夹角 β 独立且满足

二项分布:

[0092] $\beta \sim B(n, s, p)$

[0093] 其中, n 为矩形区域中总像素点数, s 为直线近似点数。通过构造噪声模型 (Noise Model) 对矩形区域执行验证过程,得出矩形区域构成直线的概率 Q 。设定直线判定的概率阈值,最终确定直线区域。

[0094] 进一步的,由于图像处理过程中的缩放比例能够显著影响 EPI 直线检测的效果,本实施例在不同的高斯缩放比例下做了测试和对比。参考图 5(a)、图 5(b)、图 5(c),其分别是高斯缩放比为 0.5、0.9、1.5 时的直线检测结果。从上述几图中看出,高斯缩放比较低时直线检测结果较为稀疏,丢失了部分直线特征;缩放比较高时则出现较多的干扰直线。在实际试验中综合深度信息恢复效果考虑,本实施例选取的缩放比为 0.9。

[0095] 需要说明的是,在本发明的其他实施例中,对 EPI 进行直线检测时,还可以使用:基于 Hough 变换的直线提取、基于 Canny 边缘检测的直线提取、基于链码的直线提取或是其他的能够进行准确的直线检测的方法。

[0096] 基于上述对于 EPI 的直线检测获得的直线区域,接下来进行恢复深度图像。本实施例选取序列图像的第一幅作为深度恢复和前景分割的目标图像。EPI 集合了所有图像序列的场景信息,由于视角改变,后续场景中可能不断出现新的物体;由于图像获取时间不一致,拍摄后续场景某帧中闪现的物体(如行人等)会在 EPI 中形成噪点。此外,LSD 直线检测仍然存在局限性,如直线中断和无法提取的情形。针对上述问题,本实施例对直线提取结果做出进一步筛选和处理,执行以下步骤:

[0097] ①仅提取端点落在所述对极平面图在 y 轴方向上前十个像素内的直线;

[0098] ②将没有与所述对极平面图上边界直接相交的直线延长,计算推测交点;

[0099] ③剔除推测交点超出图像边界的直线,将由于延长而出现的两条重合直线合并为单条直线。

[0100] 对于给定 y 值,对应的 EPI_y 经过以上处理可以产生有序二元数组 (u, k) 。其中, u 表示 EPI 直线与上边界交点坐标,即目标图像在纵坐标 y 下相应的横坐标值, k 表示在此横坐标上的相应斜率。遍历所有 y 值,即可获得目标图像在坐标 (u, y, k) 处的斜率值,即在目标图像生成直线特征点的斜率分布;所述的直线特征点即 (u, y) ,其为在 EPI 中表现为直线特征的像素点在目标图像(原始图像)中的坐标位置;在目标图像中,直线特征点显示为离散分布的若干像素点。

[0101] 为了获得稠密的深度信息,本实施例通过插值映射在 x 轴方向得到完整的斜率表示。采用插值方法的合理性缘于如下几点:

[0102] 1) 原图像中深度变化较大的像素点颜色值变化显著,在 EPI 中可形成明显的直线特征;

[0103] 2) EPI 中的直线可以被 LSD 算法较完整地检出,对检出直线对应像素可以估算较

为准确的深度信息；

[0104] 3) 两条 EPI 直线在原图像对应点之间的深度值变化连续且平滑。

[0105] 因此,插值方法的选择就应当满足：

[0106] 1) 为了保证已经检测到的深度值的准确性,插值函数 f 必须经过给定的控制点,即满足 $f(u) = k$ ；

[0107] 2) 插值函数 f 能够得到所有像素点处的估计深度值,即 f 在 $[0, X_{\max}]$ 的定义域上连续；

[0108] 3) 插值函数 f 在两个控制点之间平滑过渡,即对于给定的 $u_1, u_2, \forall x_1, x_2 \in [u_1, u_2]$,下式成立：

[0109] $f(x_1)' \times f(x_2)' > 0$

[0110] 综合以上考虑,本实施例采用 Pchip(Piecewise Cubic Hermite Interpolating Polynomial) 作为插值方法,用以获取原图中任意像素点 (x, y) 处的斜率估计值 k 。

[0111] 由于 Pchip 插值方法本身的特点,在靠近 $[0, X_{\max}]$ 两端的像素斜率估计值经常会出现过大或过小的情形,此时进一步设定 $[0, k_{\max}]$ 的区间作为界限规范化离群值。根据物体与相机之间的空间距离正比于该物体在所述对极平面图中对应直线的斜率的对应关系,可采用线性映射将斜率分布 (x, y, k) 变换为深度分布 (x, y, d) ,再次线性映射到灰度区间上,最终得到深度图像的直观输出。提取深度图像的直观过程参考图 6(a)、6(b)、6(c) 所示。上述各图中的红线标识了 EPI 在原图中的对应位置。

[0112] 在本发明的其他实施例中,进行上述的深度恢复时,还可以使用:线性插值方法、拉格朗日插值方法、样条插值方法、牛顿插值方法或其他插值方法。

[0113] (3) 步骤 3 的具体实施

[0114] 现实场景中物体的区分常常表现为空间位置上的不连续性,本文中获取的场景深度信息为前景分割过程提供了第三维数据的支撑。在深度图图像基础上,对于不同空间层次的物体,设定相对应深度阈值即可实现对于物体对象的快速提取。

[0115] 图 7 为从图 8(b) 中“Mansion”场景深度图像统计得到的图像直方图。灰度直方图中横轴代表灰度级数(一般为 0~255 共 256 级),纵轴表示灰度值处于当前灰阶的像素点个数。对灰度图像中所有像素点做统计,可形成如图 7 所示的灰度直方图分布。观察可知直方图显现出了较为明显的深度分布特征,在斜率轴上选定恰当阈值点即可区分场景中的不同物体。

[0116] 基于上述本发明优选实施例的方法,接下来通过分割结果的评估以及与现有的常用分割方法的分割结果比较来进一步说明的本发明的有益效果。

[0117] 本发明实施例研究的适用情形是静态场景中基于物体的分割,数据要求使用在同一水平直线的不同角度拍摄的大量照片序列。实验采用图像分割处理现有技术中构造的常用数据集进行评估和对比。本发明主要选取了“Church”、“Mansion”、“Statue”三个场景作为实验对象,其中每个场景数据集包含了在由计算机控制的滑动平台上对同一静态场景在不同成像点处拍摄的 101 幅图像,图像均已经过矫正和对齐预处理。

[0118] 分别在三个数据集中进行前景分割测试。针对不同的目标物体设定相应的灰度阈值,绘制分割结果,参考图 8(a)、8(b)、8(c) 所示,分别为对“Church”、“Mansion”、“Statue”三个场景应用本发明的方法进行分割的分割结果。图 8(a) 中的三张图片依次为“Church”

场景中电线杆和花丛、塔、树的分割结果；8(b) 中的三张图片依次为“Mansion”场景中树、栅栏、房屋的分割结果；8(c) 中的三张图片依次为“Statue”场景中雕像、草丛、雕像和汽车的分割结果。直观上看，本发明的方法对景物细节上有着较好的分割效果。且在 Church 数据集中，对场景里的树木、塔与房屋这类颜色特征相近的物体，也实现了较好地分割。

[0119] 采用现有技术中定义的查全率和查准率两个量化指标分析分割结果。其中查全率表示分割正确的像素数与标准分割像素数的比值，查准率表示分割图像中分割正确像素数和分割总像素数的比值。其中，用于比对的标准分割图像由人工标定获得。分别对“Church”中的塔、“Mansion”中的树和“Statue”中的雕像分割情况计算如表 1 所示。

[0120] 表 1 使用本发明方法分割结果的量化评估

[0121]

场景	“Church”	“Mansion”	“Statue”
查全率	0.771	0.922	0.896
查准率	0.948	0.903	0.885

[0122] 为了进一步验证在复杂静态场景中本发明方法前景分割的有效性，选取分水岭分割算法、Graph Cut 分割算法和基于 K-means 聚类的分割算法与本发明的方法作直观对比。

[0123] 参考图 9(a)、9(b)、9(c)，分别为对“Church”、“Mansion”、“Statue”三个场景使用分水岭分割算法、Graph Cut 分割算法和基于 K-means 聚类的分割算法的分割结果。由于复杂场景中颜色（灰度）特征复杂多变，同一物体可能有对比反差较大的几个颜色（如 Mansion 场景中的树木）、不同物体也可能有相近的颜色（如 Church 场景中的树木），上述几种常用方法会产生比较明显的过分割问题，通常需要后续的处理过程才能形成针对特定目标物体的分割结果。相比之下，本发明的方法更为简便有效。

[0124] 本发明实施例还提供了一种基于三维光场的静态场景前景分割装置，参考图 10，为本发明实施例的基于三维光场的静态场景前景分割装置结构示意图。所述装置包括：

[0125] 构建模块 101，用于通过相机在一条一维直线上等间隔拍摄一场景的序列图像以构建三维光场，并生成场景的对极平面图；

[0126] 深度恢复模块 102，用于使用直线检测算法提取所述对极平面图中的直线特征并计算斜率信息，由所述斜率信息恢复场景中不同物体的深度信息，并使用快速插值算法生成整个场景的深度图像；

[0127] 分割模块 103，用于对所述深度图像中的不同物体设定对应的深度阈值，并根据所述深度阈值对不同物体进行快速分割。

[0128] 具体的，所述构建模块 101 生成的所述三维光场中，任意一条光线 L 表示为：

[0129] $L = LF(x, y, t)$

[0130] 其中，t 为光线的起点，即所述相机在所述一维直线上的坐标；(x, y) 代表光线的方向，对应于图像中的二维坐标值；

[0131] 所述对极平面图为所述序列图像在相同 y 值条件下横向像素的堆叠，即垂直于 y 坐标的 (x, t) 切面；场景中同一物体的像素点在所述对极平面图中形成一条直线轨迹，且物体与相机直线运动轨迹之间的空间距离正比于该物体在所述对极平面图中对应直线的

斜率。

[0132] 作为优选实施例,所述深度恢复模块 102 进一步用于:选取所述序列图像的一幅作为深度恢复和前景分割的目标图像;使用直线检测算法从所述对极平面图中提取直线并确定所有直线区域;根据所述直线区域,在所述目标图像生成直线特征点的斜率分布;根据所述直线特征点的斜率分布,采用插值算法生成所述目标图像所有像素点的斜率分布;将所述目标图像所有像素点的斜率分布变换深度分布,再线性映射到灰度区间上,最终生成所述深度图像。

[0133] 在优选实施例中,所述深度恢复模块 102 还包括用于在使用直线检测算法提取直线前,对所述对极平面图进行高斯缩放的缩放模块,所述缩放模块进行缩放的缩放比为 0.9。

[0134] 在优选实施例中,所述深度恢复模块 102 确定所述直线区域时,首先对所述对极平面图中的每一个像素点,计算其相对颜色一致的临近点方向和水平方向的夹角,该夹角相近的像素点构成直线候选区;再用近似的矩形覆盖每一个所述直线候选区,构造噪声模型对所述直线候选区执行验证,得出所述直线候选区构成直线的概率;设定直线判定的概率阈值,最终确定所述直线区域。

[0135] 在优选实施例中,所述深度恢复模块 102 还用于对极平面图中提取直线的结果进行筛选处理,具体包括:

[0136] 仅提取端点落在所述对极平面图在 y 轴方向上前十个像素内的直线;

[0137] 将没有与所述对极平面图上边界直接相交的直线延长,计算推测交点;

[0138] 剔除推测交点超出图像边界的直线,将由于延长而出现的两条重合直线合并为单条直线。

[0139] 综上所述,本发明通过相机在一维直线轨迹上等间隔拍摄序列图像构建三维光场,在 EPI 分析中估算场景物体深度信息,通过快速插值方法恢复了整个深度图像,并在此基础上实现了一种前景对象的分割方法。在复杂户外场景的分割中,比较有效地克服了传统方法的过分割问题,在针对特定目标提取时有较高的分割效率。

[0140] 所属领域的普通技术人员应当理解:以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

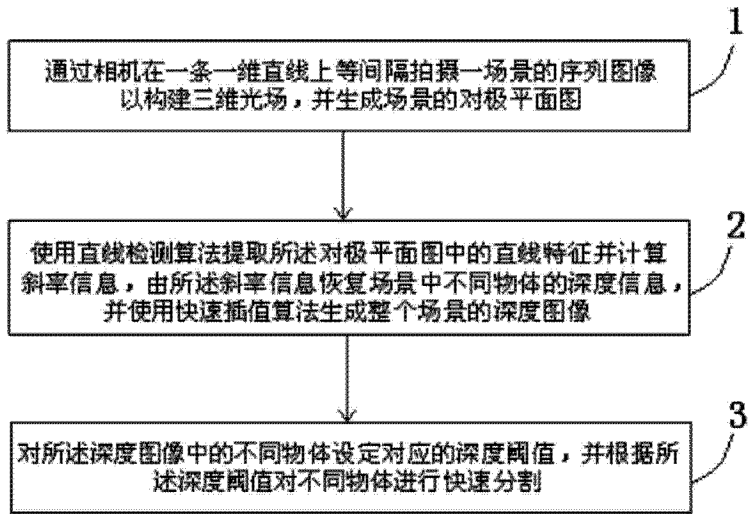


图 1

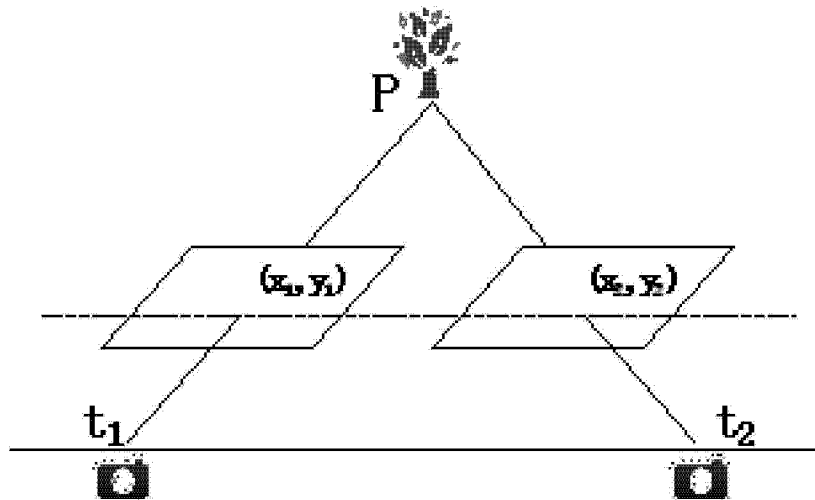


图 2

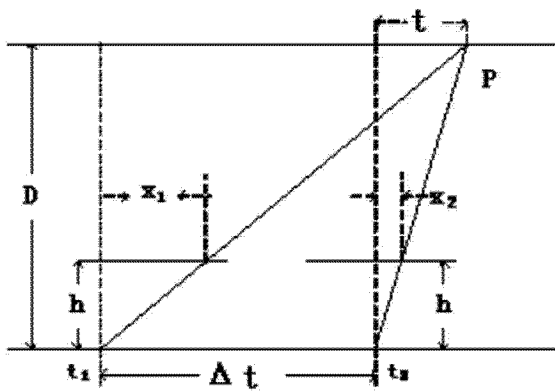


图 3

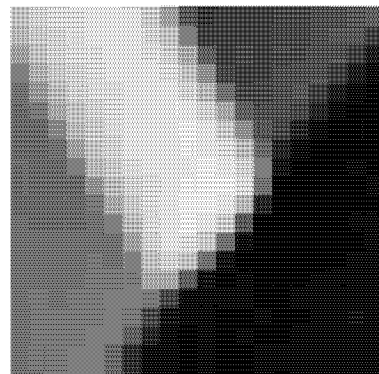


图 4(a)

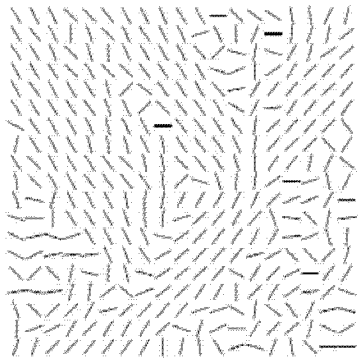


图 4(b)

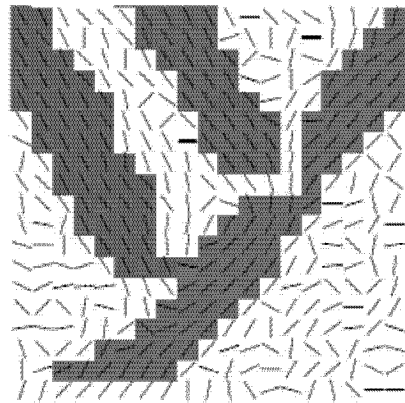


图 4(c)

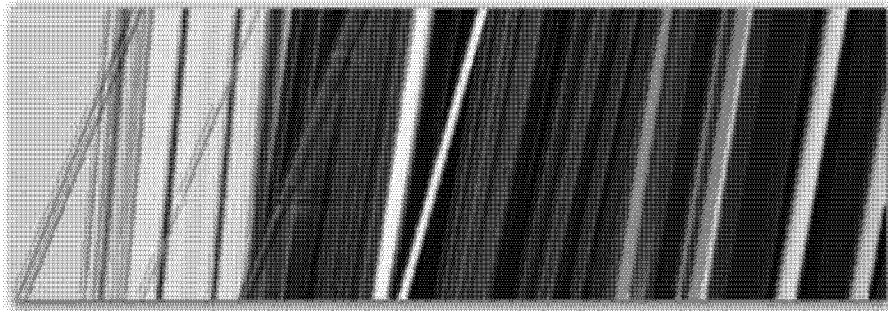


图 5(a)

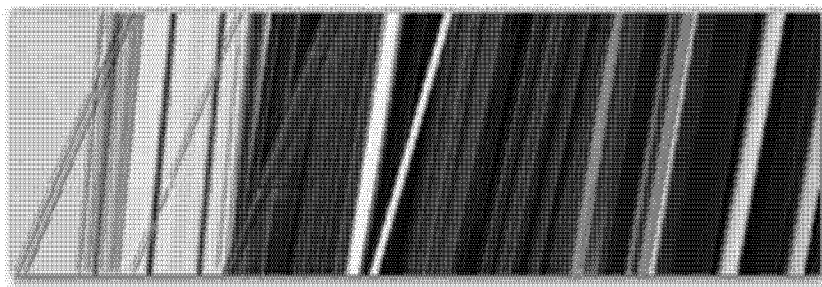


图 5(b)

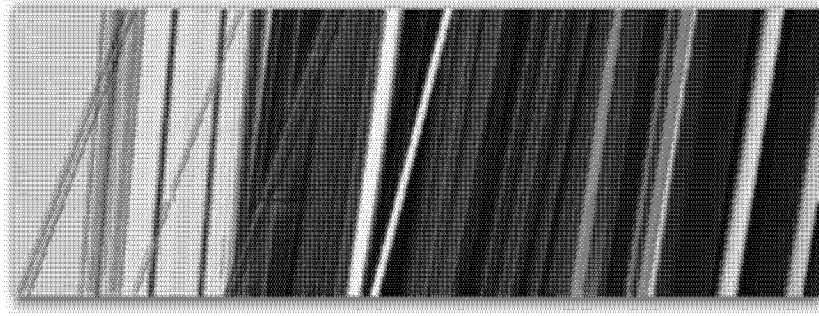


图 5(c)

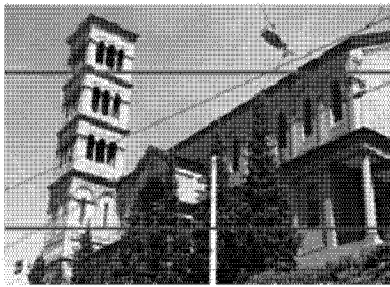


图 6 (a)



图 6 (b)

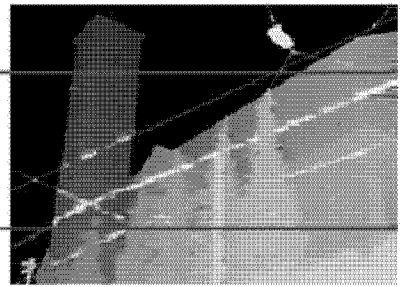


图 6 (c)

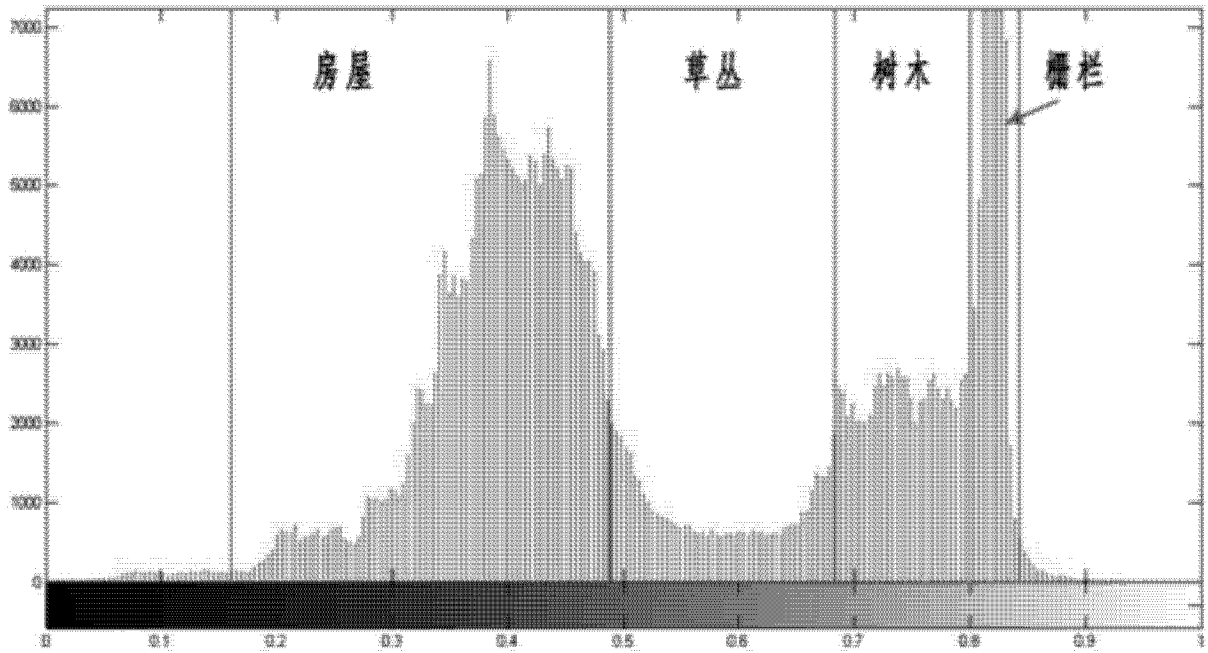


图 7



图 8(a)



图 8(b)

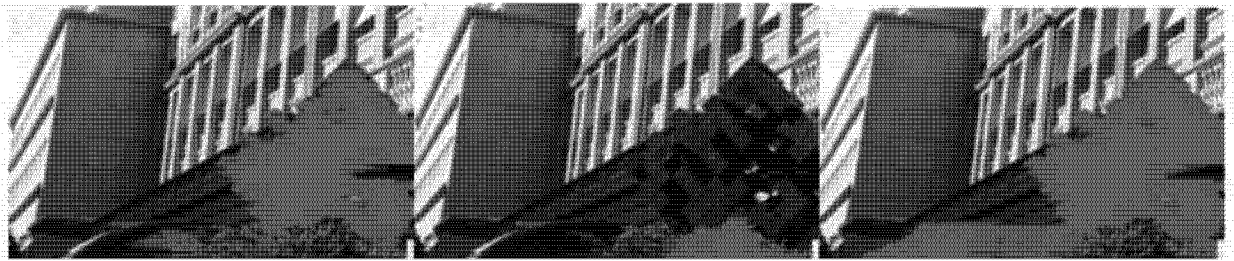


图 8(c)



图 9(a)



图 9(b)

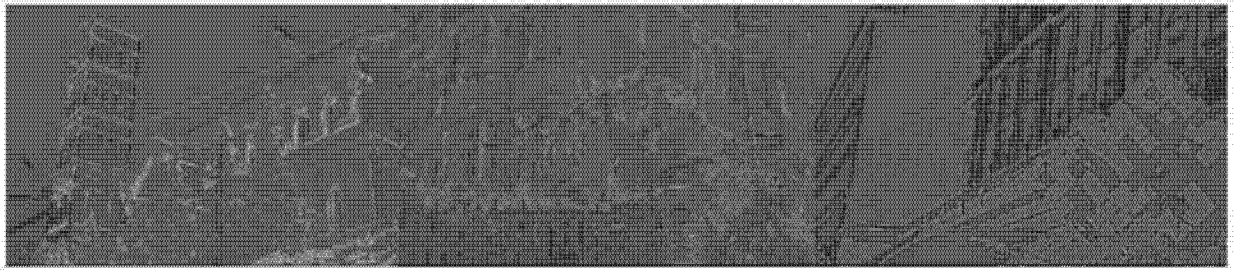


图 9(c)

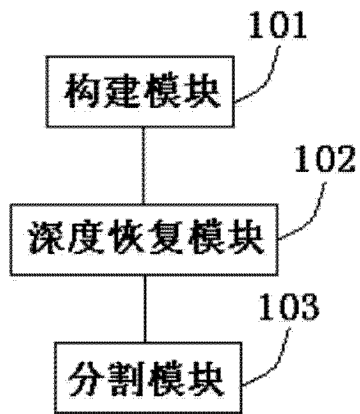


图 10