

运动场与光流法

原创

冷山



于 2021-06-08 20:50:33 发布



320



收藏 1

版权

分类专栏：

计算机视觉

文章标签：

计算机视觉



计算机视觉

专栏收录该内容

1 订阅

18 篇文章

订阅专栏

运动场与光流法

1. 刚体运动场

1.1 定义

1.2 基础

1.3 运动场的基础方程

1.4 特殊情况：纯平移

VP 和 FOE 的区别

2. 二维刚体运动运动学

3. 运动场和光流

3.1 图像亮度一致性方程

3.2 孔径问题 (The Aperture Problem)

3.3 光流一致性方程的有效性

3.4 总结

Reference:

1. Emanuele Trucco, Alessandro Verri 《Introductory techniques for 3-D computer_vision》

1. 刚体运动场

1.1 定义

运动场(Motion Field) 是图像点的速度的二维矢量场，由观察摄像机与观测场景之间的相对运动引起。

运动场可以被看成是**三维速度矢量在图像平面上的映射**（为了**可视化** 这个向量场，想象它在图像上的三维速度矢量）。

1.2 基础

令 $\mathbf{P} = [X, Y, Z]^T$ 是在通常相机参考系上的一个 $3D$ 点。映射中心在原点上，光轴为 Z 轴， f 表示焦距。根据**针孔模型**可知，一个场景点 \mathbf{P} 在图像中的点 \mathbf{p} 为：

$$\mathbf{p} = f \frac{\mathbf{P}}{Z}$$

因为 p 在坐标系的第三项永远等于 f ，我们将其写成 $\mathbf{p} = [x, y]^T$ 来替代 $\mathbf{p} = [x, y, f]^T$ 。场景点 \mathbf{P} 与相机间的**相对运动**可以描述为：

$$\mathbf{V} = -\mathbf{T} - \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{P}$$

公式推导将在第二节中展开。因为这里是相机，即坐标系在做运动，所以符号上均为负。

在这里 **T** 表示运动的**平移分量**，**ω** 为**角速度**。当运动为刚体的，对于任意的 \mathbf{P} 来说

\mathbf{T} 和 ω 相同的（对于同一刚体上的点来说）。分量可写为：

$$\begin{aligned} V_x &= -T_x - \omega_y Z + \omega_z Y \\ V_y &= -T_y - \omega_z X + \omega_x Z \\ V_z &= -T_z - \omega_x Y + \omega_y X \end{aligned}$$

1.3 运动场的基础方程

为了获得在空间中的速度 \mathbf{P} 和在图像中相对应的速度 \mathbf{p} 的关系，我们对公式 $\mathbf{p} = f \frac{\mathbf{P}}{Z}$ 求时间倒数，得运动场 \mathbf{v} ：

$$\mathbf{v} = f \frac{Z\mathbf{V} - V_z\mathbf{P}}{Z^2}$$

将 1.2 中的 V_x, V_y 代入，得 v_x, v_y ：

$$\begin{aligned} v_x &= \frac{T_z x - T_x f}{Z} - \omega_y f + \omega_z y + \frac{\omega_x x y}{f} - \frac{\omega_y x^2}{f} \\ v_y &= \frac{T_z y - T_y f}{Z} + \omega_x f - \omega_z x - \frac{\omega_y x y}{f} + \frac{\omega_x y^2}{f} \end{aligned}$$

注意运动场是两个分量的和（平移+旋转）：

运动场的平移分量为，

$$v_x^T = \frac{T_z x - T_x f}{Z}, v_y^T = \frac{T_z y - T_y f}{Z}$$

运动场的旋转分量为，

$$v_x^\omega = -\omega_y f + \omega_z y + \frac{\omega_x x y}{f} - \frac{\omega_y x^2}{f}, v_y^\omega = \omega_x f - \omega_z x - \frac{\omega_y x y}{f} + \frac{\omega_x y^2}{f}$$

因为沿着光轴的运动场分量恒等于 0，应该用 $\mathbf{v} = [v_x, v_y]^T$ 来替代 $\mathbf{v} = [v_x, v_y, 0]^T$ 。

要注意的是，在最后这两对方程中，分量分别取决于角速度 ω 和深度 Z ，它们是解耦合的（分离开）。这里就揭露了运动场的一个很重要的性质：**运动场中依赖角速度的那部分并不携带有关深度的信息。**

1.4 特殊情况：纯平移

假设观测相机和场景间没有旋转分量，即 $\omega = 0$ ，则：

$$v_x = \frac{T_z x - T_x f}{Z}, v_y = \frac{T_z y - T_y f}{Z}$$

在一般情况下 $T_z \neq 0$ ，有一点 $\mathbf{p}_0 = [x_0, y_0]^T$ ，则根据针孔成像原理(该点固定且唯一)：

$$x_0 = fT_x/T_z, y_0 = fT_y/T_z$$

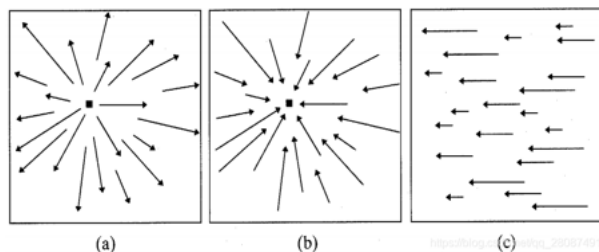
代入上式，得：

$$v_x = (x - x_0) \frac{T_z}{Z}, v_y = (y - y_0) \frac{T_z}{Z}$$

可以看出运动场的纯平移是径向的，它包含了从一个共同的原点 \mathbf{p}_0 径直发散出来的向量，这个点是平移方向的消失点。

- 当 $T_z < 0$ ，向量点远离 \mathbf{p}_0 ， \mathbf{p}_0 被称为延伸焦点(focus of expansion，即 FOE)，如图(a)；

- 当 $T_z > 0$, 向量点朝向 \mathbf{p}_0 , \mathbf{p}_0 被称为收缩焦点(focus of contraction), 如图(b)。
- 另外, $\mathbf{v} = \mathbf{v}(\mathbf{p})$ 的长度与 \mathbf{p} 和 \mathbf{p}_0 之间的距离成正比, 与三维点 \mathbf{P} 的深度成反比。



特殊情况下, 如果 $T_z = 0$, 公式变成了:

$$v_x = -f \frac{T_x}{Z}, v_y = -f \frac{T_y}{Z}$$

这时所有的运动场向量都是平行的, 如上图©所示。

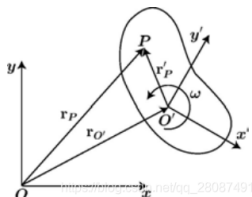
VP 和 FOE 的区别

纯平移运动时, FOE 为消失点。

2. 二维刚体运动运动学

即使刚体是由无数个粒子组成的, 这些粒子的运动受到约束, 使该物体在运动过程中仍然是刚体。特别地, 二维刚体仅有的自由度是平移和旋转。

考虑一个二维刚体, 它围绕点 O' 以角速度 ω 旋转, 同时, 点 O' 相对于以 O 为原点的固定参照系 x 和 y 运动。



为了确定物体中点 P 的运动, 我们搭建了第二套坐标轴 $x'y'$, 与 xy 平行, 其中原点在 O' :

$$\begin{aligned}\mathbf{r}_P &= \mathbf{r}_{O'} + \mathbf{r}'_P \\ \mathbf{v}_P &= \mathbf{v}_{O'} + (\mathbf{v}_P)_{O'} \\ \mathbf{a}_P &= \mathbf{a}_{O'} + (\mathbf{a}_P)_{O'}\end{aligned}$$

在这里,

- \mathbf{r}_P , \mathbf{v}_P 和 \mathbf{a}_P 分别为在点 O 观测到的点 P 的位置、速度和加速度向量;
- $\mathbf{r}_{O'}$ 为点 O' 的位置向量;
- \mathbf{r}'_P , $(\mathbf{v}_P)_{O'}$ 和 $(\mathbf{a}_P)_{O'}$ 分别为在点 O' 观测到的点 P 的位置、速度和加速度向量。

相对于点 O' , 所有点在刚体中都可以被描述为一个圆形轨道 (\mathbf{r}'_P 为定值), 这样可以很容易的算出速度:

$$(v_P)_{O'} = r'_P \dot{\theta} = r\omega$$

写成向量形式:

$$(\mathbf{v}_P)_{O'} = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}'_P$$

其中 ω 是角速度向量。加速度有一个周向分量和一个径向分量，

$$((a_P)_{O'})_\theta = r'_P \ddot{\theta} = r'_P \dot{\omega}, \quad ((a_P)_{O'})_r = -r'_P \dot{\theta}^2 = -r'_P \omega^2$$

注意 ω 和 $\dot{\omega}$ 垂直于平面运动（也就是 ω 可以改变大小而不是速度），可以将加速度向量写成：

$$(a_P)_{O'} = \dot{\omega} \times r'_P + \omega \times (\omega \times r'_P)$$

已知对于任意三个向量 A, B 和 C ，有 $A \times (B \times C) = (A \cdot C)B - (A \cdot B)C$ 。因此 $\omega \times (\omega \times r'_P) = (\omega \cdot r'_P)\omega - \omega^2 r'_P = -\omega^2 r'_P$ 。最终，得到公式：

$$\begin{aligned} v_P &= v_{O'} + \omega \times r'_P \\ a_P &= a_{O'} + \dot{\omega} \times r'_P + \omega \times (\omega \times r'_P) \end{aligned}$$

3. 运动场和光流

运动场(Motion Field): 三维相对矢量在二维图像平面上的投影

光流(Optical Flow): 在图像中观察到的亮度图案 (brightness patterns) 的二维位移

现在将问题转变为：从图像序列来估计运动场，即从空间和时间上的图像变化来估计运动场

3.1 图像亮度一致性方程

在大多数情况下，运动物体的视亮度保持不变，即 $E(x, y, t) = E(x + u, y + v, t + 1)$ ：



$$\begin{aligned} &(x + u, y + v) \\ &I(x, y, t + 1) \end{aligned}$$

表示 x, y 和时间的函数，也就是 $E = E(x, y, t)$ 。对 $E(x + u, y + v, t + 1) = E(x, y, t)$ 链式法则求得：

$$+ \frac{\partial E}{\partial y} \frac{dy}{dt} + \frac{\partial E}{\partial t} = 0.$$

量， ∇E 和时间导数 $dx/dt, dy/dt$ —

于时间的偏微分：

$$E_t = 0$$

3.1 多传感器融合定位技术 (problem)

(计算某个像素值变化的操作，如：梯度) 每一个算子只能处理它所负责局部区域的像素值变化，这导致光流估计是由物体的多种运行轨迹导致。

运动方向的垂直分量 v_n ，该分量为垂直分量，运动方向是垂直的。由上式 $(\nabla E)^T v +$

Linux快捷键5篇

Math1篇

最新评论

自动驾驶中激光雷达如何检测障碍物

小羊不会飞: 这篇文章结构合理, 看完之后确实让我学习到了不少东西, 是一篇优...

自动驾驶中激光雷达如何检测障碍物

qvsx100: 翻译的很多不太通顺

自动驾驶中激光雷达如何检测障碍物

qq_2414466154: 牛逼啊

自动驾驶中激光雷达如何检测障碍物

点云学徒: 还不错呀哈哈

TIOVX 学习笔记其三: concerto makefile

fighting_bang: 关于这个框架的资料实在是少得可怜, 博主的资料从哪来的

您愿意向朋友推荐“博客详情页”吗?

强烈不推荐

不推荐

一般般

推荐

强烈推荐

最新文章

朴素贝叶斯(Naive Bayes)

自动驾驶中激光雷达如何检测障碍物

Linux 命令行打开文件管理器 — nautilus

2022年 9篇

2021年 50篇

2020年 42篇

目录

运动场与光流法

1. 刚体运动场

1.1 定义

1.2 基础

1.3 运动场的基础方程

1.4 特殊情况: 纯平移

VP 和 FOE 的区别

2. 二维刚体运动运动学

3. 运动场和光流

3.1 图像亮度一致性方程

3.2 孔径问题 (The Aperture Problem)

3.3 光流一致性方程的有效性

3.4 总结

不同位置。在(a)中通过小孔径 v_n 所感知的像梯度的平行分量。

。现在要评估这个平行分量怎么样，此
此，需要引入一个成像模型，它与场景

察方向看都有相同的亮度。
个 Lambertian surface S ，由一个点
略掉光度畸变(photometric
ge brightness¹) 写成：

$$T_n$$

面的材料有关； I 为发光亮度
(量)； n 为点 P 在表面 S 的单位法向

与时间有关：

$$\times \mathbf{n}$$

0获得方式)：

$$o\mathbf{I}^\top(\omega \times \mathbf{n})$$

来的差值为：

$$\frac{\omega \times \mathbf{n}}{\|\nabla E\|}$$

Δv 降低。这表明，具有高空间图像梯度的点的位置，在该位置上的运动场可以通过图像亮度一致性得到最好的估计结果。

在一般情况下， $|\Delta v|$ 不可能恒为0，图像亮度的视运动总是不等于运动场。为了避免混淆，我们把视运动称为光流。

冷山 关注

1

3.4 总结

光流定义：光流是一个受制于函数： $(\nabla E)^T \mathbf{v} + E_t = 0$ 的矢量场，它粗略地定义为图像亮度图案的视运动。

光流是运动场的近似，可以从时变图像序列中计算得到。
在简化的假设下：

- Lambertian surface;
- 无穷远的逐点光源;
- 无光度失真

这种近似得到的误差：

- 在点有高空间梯度时，误差较小；
- 只在平移运动或任何刚体运动的照明方向平行于角速度时，误差为零；

发光亮度(Luminance)和亮度(Brightness)的区别

很多时候，容易将Luminance和Brightness两个概念混淆。Luminance指的是投射在固定方向和面积上面的发光强度，发光强度是一个可测量的属性，单位是“每立方米坎德拉”(cd/m2)。所以，不同的显示器可以通过测量获取cd/m2，调整至相同的cd/m2而获取相同发光强度。

Brightness亮度是光的主观属性，显示器从暗到亮之间可以调节成不同程度等级的亮度，亮度一般作为感知存在，而不能通过测量来客观评估（但可以说成比例，如50%的亮度）。↔↔

解耦**光流运动场**模型的车载平台仿真

02-22

针对无人车平台利用**光流**进行载体位姿估计时面临的不同**运动**状态**光流**矢量解耦与**分析**问题, 推导

基于**光流场**的**运动分析**

zht9961020的专栏 5791

图形图像处理领域，经常使用轮廓与颜色匹配或者是预测来跟踪，比较常用的是meanshift和IMM

评论 4



请发表有价值的评论， 博客评论不欢迎灌水，良好的社区氛围需👍👍👍 评论



玄谔 2021.08.19

1.2的最后一个公式是不是错了



冷山 作者 回复 玄谔 2021.08.19

是的！已改正，蟹蟹



Cdf（人名） 2021.06.10

真不错,期待大佬回访！



我爱人工智能 2021.06.10

真不错



光流场计算的分析_llxx868的专栏

3-12

光流法用于目标检测的原理:给图像中的每个像素点赋予一个速度矢量,这样就形成了一个**运动**矢量

基于**光流**的3D速度检测_小白学视觉

3-3

或矢量记法 区分wrt时间收益: **光流**场矢量可以分为平移部分和旋转部分,如下所示: 如果存在3个

光流场

zhaoyan123477的博客 1148

1.什么是**光流** **光流** (optical flow) 是空间**运动**物体在观察成像平面上的像素**运动**的瞬时速度。 **光**

<p>光流运动场计算代码</p> <p>光流法(Optical flow)是关于视域中的物体运动检测中的概念。描述相对于观察者的运动所造成的</p>	07-02
<p>光流法_OpenCV_详解_特种军靴</p> <p>光流的概念是Gibson于1950年提出的。所谓光流是指图像中模式运动的速度 光流场是一种二维(2</p>	2-8
<p>学习日记之——前景检测算法(未完待续)_gwpscut的博客...</p> <p>光流场是一个二维矢量场,它反映了图像上每一点灰度的变化趋势,可看成是带有灰度的像素点在图</p>	2-17
<p>【OpenCV】光流场方法标出前景（运动）和背景（静止）</p> <p>用光流场方法，标出前景（运动）和背景（静止）。环境：VS2017 + OpenCV3.4.1 光流场介绍</p>	iefenghao的博客 662
<p>光流法(optical flow)简介</p> <p>转载自：https://blog.csdn.net/qq_41368247/article/details/82562165 光流法理论背景 1.什么是</p>	weixin_39568744的博客 2万+
<p>流体运动估计光流算法研究_苏州程序大白的博客-CSDN博...</p> <p>大家好!我是苏州程序大白,今天讲讲流体运动估计光流算法研究。请大家多多关注支持我。谢谢!!!</p>	3-18
<p>光流法—光流场估计概念</p> <p>目录 1. 图像的产生 2 光流的概念 3. 光流场和运动场之间的关系 1. 图像的产生 在讨论光流之前，</p>	qq_41685265的博客 1446
<p>基于光流场的运动原理分析与代码实现</p> <p>利用光流场设计一个运动目标检测算法，编程实现</p>	嘿芝麻的树洞 6596
<p>光流法简单介绍</p> <p>光流的概念是Gibson在1950年首先提出来的。它是空间运动物体在观察成像平面上的像素运动的</p>	计算机视觉小菜鸟的专栏 15万+
<p>光流法（Optical Flow Method）</p> <p>在计算机视觉中，光流法即可用于运动目标检测，也可以用于目标跟踪。本文主要介绍光流法在</p>	feifei 2万+
<p>【文献综述】光流法的过去，现在和发展趋势</p> <p>【声明：此文献综述来源于江苏省大学生万人计划学术冬令营。转载需要本人同意并注明来源】</p>	ReadAir的专栏 5154
<p>光流法</p> <p>光流场法的基本思想：在空间中，运动可以用运动场描述，而在一个图像平面上，物体的运动往</p>	JustRemind的专栏 6479
<p>计算机视觉--光流法(optical flow)简介 热门推荐</p> <p>光流法理论背景 1.什么是光流 光流（optical flow）是空间运动物体在观察成像平面上的像素运动</p>	T-Jhon的博客 18万+
<p>光流（一）--综述概览</p> <p>http://www.roscoo.net/a/201403/16937.html</p>	工作笔记 1万+
<p>OpenCV之光流法跟踪运动目标</p> <p>OpenCV之光流法运动目标跟踪目录 OpenCV之光流法运动目标跟踪 目录 光流计算方法 大致可分</p>	计算机小白 2万+
<p>光流法运动目标检测matlab_【计算机视觉】3 最新发布</p> <p>跟踪是在图像序列或视频里对其中的特征点进行追踪的过程，特征点提取参见Encoder：【计算</p>	weixin_39621975的博客 586
<p>运动补偿参考1</p> <p>一种应用于视频帧速率上转换的插值帧生成方法，其特征在于，包括：步骤一：对于输入的两帧！</p>	_-的专栏 429
<p>运动目标检测__光流法</p> <p>以下内容摘自一篇硕士论文《视频序列中运动目标检测与跟踪算法的研究》： 1950年Gibson首</p>	架构设计 1409
<p>向量场可视化方法</p> <p>这是在学生时期做的一个东西，将向量场可视化。向量场即在二维平面中，存在很多向量，对于</p>	huneng1991的专栏 6095