

背景噪声影响下实景图像局部遮挡目标 全轮廓提取算法

全 蕾¹, 陈 杰²

(1. 东华理工大学 软件学院, 江西 抚州 344000; 2. 中南大学 地球科学与信息物理学院, 长沙 410000)

摘 要:在实景图像中,当目标物体受其他物体或环境元素的遮挡时,在遮挡区域附近噪声会使得背景与目标物体的轮廓特征混淆,仅能分析可见部分的轮廓特征,推断出具有连续性和平滑性的被遮挡区域轮廓变得尤为困难,导致提取的前景目标全轮廓与原始目标边界之间出现偏差。为此,提出背景噪声影响下实景图像局部遮挡目标全轮廓提取算法。通过混合高斯背景差分方法构建实景图像背景模型,用于区分实景图像内的背景图像与前景目标图像,剔除背景噪声信息,获取前景目标图像。结合多分辨率方法与主动轮廓模型,并引入梯度矢量流外力场,提取前景目标图像中目标的轮廓;利用双弧插值算法,针对前景目标轮廓中被遮挡区域,通过平滑轮廓修复和角点轮廓修复,获取连续且平滑地前景目标全轮廓,确保修复后的轮廓与原始轮廓在视觉上保持一致,最小化与原始目标边界之间的差异。实验结果显示:本文算法对非背景元素的误判率始终保持在 0.1% 以下;轮廓提取过程中生成的轮廓曲线与目标边界高度吻合,且轮廓线条流畅连续;轮廓修复效果极其自然且逼真,误差值仅为 0.02%。

关键词:背景噪声;实景图像;局部遮挡;双弧插值;全轮廓提取;轮廓修复

中图分类号:TP391 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5497(2025)10-3329-08

DOI:10.13229/j.cnki.jdxbgxb.20240970

Full contour extraction algorithm for partially occluded targets in real-world images under influence of background noise

QUAN Lei¹, CHEN Jie²

(1. School of Software, East China University of Technology, Fuzhou 344000, China; 2. School of Geosciences and Information Physics, Central South University, Changsha 410000, China)

Abstract: In the real image, when the target object is occluded by other objects or environmental elements, the noise near the occluded area will confuse the contour features of the background and the target object. It is particularly difficult to infer the contour of the occluded area with continuity and smoothness by analyzing only the contour features of the visible part. This results in a deviation between the extracted foreground target contour and the original target boundary. Therefore, a full-contour extraction algorithm for local occluding object in real image is proposed under the influence of background noise. The background model of the real image is constructed by the mixed Gaussian background difference method, which is used to distinguish the

收稿日期: 2024-08-20.

基金项目: 国家自然科学基金项目(42371393).

作者简介: 全蕾(1981-),女,副教授,硕士.研究方向:计算机图形图像. E-mail: lquan1981@163.com

background image and the foreground target image in the real image, remove the background information, and obtain the foreground target image. Multi-resolution method is combined with ACM and GVF field is introduced to extract the contour of the foreground target image. The double-arc interpolation algorithm is used to obtain the full contour of the foreground target continuously and smoothly through smooth contour repair and corner contour repair, aiming at the blocked area in the foreground target contour. The repaired contour is visually consistent with the original contour, and the difference between the boundary and the original target is minimized. The experimental results show that the misjudgment rate for non-background elements is always below 0.1%; The contour curves generated in the process of contour extraction are highly consistent with the target boundary, and the contour lines are smooth and continuous. The contour restoration results are extremely natural and realistic, with an error value of only 0.02%.

Key words: background noise; realistic images; partial occlusion; double arc interpolation; full contour extraction; contour repair

0 引言

在许多实际应用场景中,如自动驾驶、机器人导航、安防监控、遥感图像分析等,目标物体往往不可避免地会被其他物体或环境元素遮挡^[1]。其中,汽车作为城市交通和自动驾驶系统中的关键元素,在实际应用中经常遭遇各种形式的遮挡,如其他车辆、行人、树木等,使其能够代表一类普遍的遮挡问题,使得汽车图像的遮挡问题具有高度的现实意义和应用价值。然而,这种遮挡不仅限制了对目标物体完整信息的获取,还增加了图像分析和处理的难度。当目标物体受到遮挡时,遮挡区域附近的噪声(如光照变化、背景纹理等)会与目标物体的轮廓特征产生混淆,无法直接从图像中提取出目标物体的完整轮廓,而只能依赖于可见部分的轮廓特征。因此,研究如何在遮挡情况下准确提取目标物体的全轮廓,对于提高图像处理的鲁棒性和准确性具有重要意义。

在以上研究背景下,相关专家已经对图像目标轮廓提取领域展开深入研究。王一超等^[2]结合背景差分法和 Sobel 算子确定目标区域,并利用自适应多级阈值去除噪声,进而采用 ViBe 算法与前景轮廓提取算法实现目标轮廓提取。但是该方法在运动目标被遮挡或图像质量较差时,提取出的前景轮廓会出现断裂现象,影响后续处理。王鑫刚等^[3]提出改进 Canny 算法的图像轮廓提取方法,将动态阈值约束因子引入引导滤波算法平滑图像边缘,并通过增加梯度方向改进非极大抑制对图像边缘进行细化处理后,利用改进 OTSU 算法确定最佳阈值,完成红外人脸图像边缘轮廓提

取。然而,引导滤波在噪声强度较高或图像信噪比较低时,仍会对轮廓提取产生干扰。程彭阳子等^[4]提出利用不同抑制强度筛选图像候选边缘的方法,合并重叠点形成轮廓后,对相邻帧图像进行尺度变换与小波分解细化,采用 Newmark 迭代法提取预处理像素,并结合修复优化与拓扑梯度最小化路径修复技术,实现图像轮廓的完善修复。然而,该方法在实际应用过程中,受图像背景中的噪声影响,会导致图像候选边缘筛选产生错误。Chakraborty 等^[5]研究基于经典 Robinson 算子的量子图像轮廓提取,利用量子并行计算评估所有像素的图像梯度,并基于阈值的量子黑匣子分类出图像边缘点,实现图像轮廓提取。但是如果量子图像中存在噪声,经典 Robinson 算子无法有效区分边缘和噪声,导致轮廓提取不准确。

在上述研究的基础上,考虑背景噪声影响,提出了实景图像局部遮挡目标全轮廓提取算法。通过构建背景模型来区分背景和前景,减少了背景噪声对前景目标提取的干扰,避免图像候选边缘筛选产生错误,结合多分辨率方法与主动轮廓模型(Active contour model, ACM),有助于捕捉目标的不同特征,在图像质量较差或目标被遮挡时,仍能提取出较完整的前景轮廓,通过平滑轮廓修复和角点轮廓修复,获取了连续平滑的前景目标全轮廓,为实景图像目标识别提供更准确的依据。

1 实景图像全轮廓提取方法设计

1.1 基于混合高斯背景差分的前景目标图像获取

当实景图像中的目标物体受到遮挡时,遮挡

区域附近的噪声会与目标物体的轮廓特征混淆,使得仅能分析可见部分的轮廓特征。通过分离前景目标图像,可以利用实景图像中目标的可见部分轮廓特征来指导遮挡区域的轮廓推断。其中,前景目标往往是关注的重点,而背景则包含大量噪声和干扰。通过背景建模,可以高效地从实景图像中剥离出背景,抑制背景噪声影响,从而凸显出前景目标,减小与原始目标边界之间的偏差,为实景图像目标全轮廓提取奠定坚实的基础。

在进行实景图像目标全轮廓提取前,需先滤除实景图像的背景,从而获取实景图像中的前景目标。在处理复杂的实景图像时,采用混合高斯背景差分方法能够深入解析并对图像中的背景元素进行建模^[6],进而从背景噪声影响下的实景图像中分离出前景目标图像。

在运用混合高斯背景差分方法对实景图像背景建模时,基于高斯分布原理,对图像中的各像素点进行排序^[7]。针对实景图像中的第 i 个像素点,通过其对应的一组高斯分量,根据优先级规则选择其中若干个最有可能代表当前背景状态的高斯分量进行联合,构建该像素点在当前时刻的背景模型,如式(1)所示:

$$x_t = \sum_{i=1}^m \omega_{i,t} \cdot b(\mu_{i,t}) \quad (1)$$

式中: $\omega_{i,t}$ 为 t 时刻下第 i 个像素点的权重; $\mu_{i,t}$ 为平均值; b 为高斯分布函数; m 为生成实景图像背景所需的像素点总数; $\mu_{i,t}$ 为 t 时刻下第 i 个像素点的高斯分量的均值。

构建实景图像背景模型时,针对实景图像中的每个像素点,构建包含多个高斯分布的混合模型,并将所有高斯分量划分为背景和前景目标两个部分。混合高斯模型在长时间运行或处理复杂场景时,会积累大量不具有代表性的高斯分量^[8]。为避免前景目标遮挡区域附近的噪声使背景与目标的轮廓特征混淆,去除混合高斯模型中的冗余分量,有助于提升背景建模的效率和准确性,从而提取出更接近原始目标边界的前景目标全轮廓。实景图像中每个像素点高斯分布优先级解算,如式(2)所示:

$$\delta_{i,t} = \frac{\omega_{i,t}}{\sigma_{i,t}} \quad (2)$$

式中: $\sigma_{i,t}$ 、 $\delta_{i,t}$ 分别为第 i 个像素点的高斯分布方差以及优先级。

对计算结果进行逆序排序,使得原本较大的

值排在前面,选择最小的优先级 $\delta_{i,t,\min}$ 与方差 $\sigma_{i,t,\min}$,并将其与后续的高斯分量匹配。利用最小的像素点权重 $\omega_{i,t,\min}$,通过式(3)判断高斯分量,去除不满足式(3)的分量:

$$\omega_{i,t,\min} > \omega_{i,t} \cap \left(\frac{\omega_{i,t,\min}}{\sigma_{i,t,\min}} > \frac{\omega_{i,t}}{\sigma_{i,t}} \right) \quad (3)$$

从所有可能的高斯分量中挑选出 F 个最具代表性的分量来表征当前帧的像素特征^[9],去除冗余高斯分量。如果实景图像中某个像素点特征能够与 F 个高斯分量中任意一个成功匹配,那么这个像素点属于背景区域,反之,如果像素点特征与所有选定的高斯分量均不匹配,那么被视为前景目标图像 I 。下采样分辨率为 $m \times n$ 的前景目标图像 $I_{m \times n}$ 的表达式,如式(4)所示:

$$I_{m \times n} = \arg \min \left(F \sum_{i=1}^m \omega_{i,t} x_t \right) \quad (4)$$

1.2 局部遮挡实景图像全轮廓提取

在许多实际应用中,如自动驾驶、机器人导航、图像编辑等,前景目标的完整轮廓信息是至关重要的。基于混合高斯背景差分方法的实景图像背景建模,有效划分出实景图像中的背景信息。然而,在去掉背景后,前景目标图像会丢失部分轮廓信息,尤其是在前景目标受到其他物体或环境元素遮挡的情况下。目标物体的轮廓通常是连续且平滑的,直接从前景目标图像 $I_{m \times n}$ 可见部分推断出的目标全轮廓会出现断裂情况。因此,首先从前景目标图像 $I_{m \times n}$ 中获取前景目标轮廓曲线,并利用轮廓修复技术,恢复被遮挡部分的轮廓信息,获取最终连续且平滑的局部遮挡实景图像目标的全轮廓。

结合多分辨率方法与ACM^[10],并引入梯度矢量流(Gradient vector flow, GVF)外力场^[11],形成多分辨率ACM实景图像目标轮廓提取方法。具体过程如下:

(1)在获取的前景目标图像 $I_{m \times n}$ 中,需要每隔一行(列)选取一行(列)像素。 r 次下采样获得 $r+1$ 幅待提取图像(包括前景目标图像 $I_{m \times n}$),其中第 $r+1$ 幅前景目标图像的分辨率为 $\frac{m}{2^r} \times \frac{n}{2^r}$ 。

(2)引入Canny算子检测第 r 次下采样的图像 $I_{\frac{m}{2^r} \times \frac{n}{2^r}}$ 边缘^[12],指定一个边缘的初始轮廓 l_{r+1} ,将其作为后续轮廓提取任务的起点,用 N_{r+1} 表示 l_{r+1} 上的控制点个数。在计算待提取图像的GVF

外力场时,其特性是在前景目标图像中的低对比度区域展现出良好的扩散性。这种扩散性能够在前景目标图像的模糊区域有效传播边缘信息,从而使初始轮廓 l_{r+1} 不仅沿着明显的边缘移动,还能穿越那些边缘信息较弱或缺失的区域,持续向前景目标图像的真实边界逼近。在确保原始轮廓 l_{r+1} 中的控制点同目标轮廓中相应的点间的距离最小化的前提下,不再迭代,获得目标轮廓曲线 l_r 。

(3)第 $r-1$ 次下采样图像 $I_{\frac{m}{2^{r-1}} \times \frac{n}{2^{r-1}}}$ 的边缘检测同样通过Canny算子完成,对该边缘图像执行步骤(2),直至满足步骤(2)的终止准则以获取目标轮廓曲线 l_{r-1} 。

(4)重复步骤(3),直至获取前景目标图像 $I_{m \times n}$ 的目标轮廓曲线 l 。

当实景图像中前景目标图像 $I_{m \times n}$ 的目标区域受到局部遮挡时,利用轮廓修复技术,恢复被遮挡部分的轮廓信息,从而提高目标识别的准确性和鲁棒性^[13]。为构造能够指导实景图像中前景目标图像轮廓修复过程的能量函数,选择以总曲率变化最小作为优化目标^[14]。能量函数 E_K 如式(5)所示:

$$E_K = \int_0^L K_s^2 ds, s \in [0, L] \quad (5)$$

式中: K_s 为曲率变化函数; s 为弧长; L 为前景目标图像轮廓线 l 的长度; d 为轮廓线 l 的距离。

在实景图像局部遮挡目标全轮廓提取任务中,轮廓修复过程可以依据其特性细分为如下两个主要的处理方向:

(1)平滑轮廓遮挡主要关注的是如何在被遮挡的平滑曲线段上恢复其原有的连续性和流畅性。这类遮挡通常发生在前景目标图像边缘区域^[15],如物体边界的直线段或柔和曲线段上。为有效修复前景目标图像局部遮挡目标轮廓,可利用周围未遮挡部分的轮廓信息,通过双弧插值算法估计遮挡部分的轮廓形状。前景目标图像平滑轮廓修复步骤如下:

步骤一 根据双弧插值的应用,设置前景目标图像弧长初始值为 s_0 ,曲率初始值为 K_0 。设置 $U_0(x_0, y_0, \theta_0)$ 、 $U_2(x_2, y_2, \theta_2)$ 表示前景目标图像轮廓边界中断处的两个端点,其中 θ 为切向角;双弧插值中两段圆弧的曲率以及弧长分别用 K_1 、 K_2 、 s_1 、 s_2 表示。

步骤二 通过梯度下降法由曲率初始值 K_0 和弧长初始值 s_0 循环迭代获得Euler spiral(又称Cornu螺旋或非涅耳螺旋)的最优参数值 K_{fin} 和 s_{fin} ,使得在连接不同曲率的曲线时能够提供平滑的过渡,确保轮廓的连续性和视觉一致性。

步骤三 计算曲率变化 γ 为:

$$\gamma = \frac{\theta_2 - \theta_0 - (K_{\text{fin}} s_{\text{fin}})}{s_{\text{fin}}^2} \quad (6)$$

步骤四 由参数 K_{fin} 、 s_{fin} 、 γ ,通过Euler spiral的定义对目标轮廓曲线 l 进行修复,如式(7)所示:

$$U(x) = U_0 + E_K \left[\text{sign}(\gamma) \left(U\left(\frac{K_0 + \gamma s}{\sqrt{\pi|\gamma|}}\right) - U\left(\frac{K_0}{\sqrt{\pi|\gamma|}}\right) \right) \right] \times \sqrt{\frac{\pi}{|\gamma|}} e^{i\left(\theta - \frac{K_s^2}{\gamma}\right)} \quad (7)$$

(2)前景目标图像角点轮廓修复中,角点代表前景目标图像局部遮挡目标轮廓中的突变点或拐点,是轮廓形状的重要特征。为确保修复后的角点与周围轮廓在结构和视觉上保持一致。对平滑修复后的目标轮廓曲线 l 展开角点轮廓修复,步骤如下:

步骤一 运算前景目标图像两条轮廓曲率变化 γ_1 、 γ_2 以及曲率 $K_{\text{fin}1}$ 、 $K_{\text{fin}2}$ 。 θ_{11} 、 θ_{21} 表示构成角点两段曲线对应的切向角。

步骤二 计算弧长。设置 s'_1 、 s'_2 表示 s_1 、 s_2 修复后的弧长,如果两条曲线存在交点,则两条曲线的角点位置坐标一致。在式(7)中代入步骤一中的曲率变化 γ_1 、 γ_2 和曲率 $K_{\text{fin}1}$ 、 $K_{\text{fin}2}$ 。

步骤三 前景目标图像角点轮廓修复。利用以上步骤获得的 $K_{\text{fin}1}$ 、 $K_{\text{fin}2}$ 和 γ_1 、 γ_2 以及 s'_1 、 s'_2 ,通过Euler spiral定义其扩展性,从而实现视觉上平滑且连续的实景图像局部遮挡目标全轮廓修复。引入判别函数 χ_{fin} ,获取平滑且连续的前景图像目标全轮廓。其表达式为:

$$T^* = \arg \max \chi_{\text{fin}} U(x) \left[\frac{K_{\text{fin}1} + \gamma_1(s'_1 + s'_2)}{\sqrt{\pi|\gamma_1|}} - \frac{K_{\text{fin}2}}{\sqrt{\pi|\gamma_2|}} \right] \quad (8)$$

2 实验分析

在自动驾驶、智能交通系统、车辆识别和跟踪等实际应用中,准确提取汽车轮廓是至关重要的。汽车广泛存在于各种交通场景中,因此,汽车实景图像具有很高的普遍性和代表性,能够反映出在不同环境和条件下目标物体可能遇到的遮挡情况。为检测本文方法对背景噪声影响下实景图像局部遮挡目标全轮廓提取的效果,采用 Windows 10 系统,内存为 8 GB,显卡为英伟达 GTX1060Ti 的计算机展开相关检测。利用摄像机采集某地实景车辆图像数据集作为实验对象,部分实景图像样本如图 1 所示。



图 1 实景样本图像
Fig. 1 Realistic sample image

实验对象相关参数如表 1 所示。

表 1 实验对象参数

Table 1 Experimental object parameters	
参数	数值
图像数量/幅	800
帧数/Hz	300
帧率/fps	25
分辨率/像素	500×300
采样时间/h	4
采样平均间隔时间/s	5
图像灰度平均值	0.5
图像饱和度	-26

为检测本文方法实景图像背景建模的性能,设置背景模型在两种情况下的背景误判结果,情况 1 是图像帧数大于其阈值,情况 2 是图像帧数小于等于其阈值。在不同帧数下本文背景模型的误判结果期望低于 0.1%,背景误判检测结果如表 2 所示。

由表 2 可知,本文背景模型在两种情况下应

表 2 背景误判检测结果

Table 2 Background misjudgment detection results

图像帧数/帧	情况 1	情况 2
5	0.038	0.042
10	0.049	0.065
15	0.061	0.072
20	0.053	0.062
25	0.058	0.059
30	0.047	0.048
35	0.064	0.069
40	0.071	0.075

用后,随着帧数持续累积,仍能够稳定且高效地实现实景图像背景建模过程,确保在每一帧处理中,背景模型的准确性均维持在极高水平。对于非背景元素误判率始终保持在 0.1% 以下,从而显著提升背景噪声影响下实景图像局部遮挡目标全轮廓提取的精度和可靠性。

为检测本文背景模型对实景图像的处理效果,对其进行背景加噪处理,去噪效果如图 2 所示。



图 2 实景样本图像去噪效果

Fig. 2 Denoising effect of realistic sample image

在此基础上,从去噪后的实景样本图像中随机选取一幅真实的场景图像作为处理对象,将实景图像中的背景剥离出去,从而凸显出前景目标,结果如图 3 所示。

由图 3 可知,本文方法展现出高度精确性,在进行实景图像背景剥离的过程中,能够准确无误地分离出前景目标图像,实现背景与前景的清晰界定,全程无误判或错判情况发生,确保前景目标图像提取的精准度与可靠性。

为验证本文方法对图像轮廓提取的精确度,将文献[2]中 ViBe 算法和文献[3]中 Canny 算法作为本文算法的对比算法,在以上前景目标图像的基础上提取目标的轮廓,处理结果如图 4 所示。

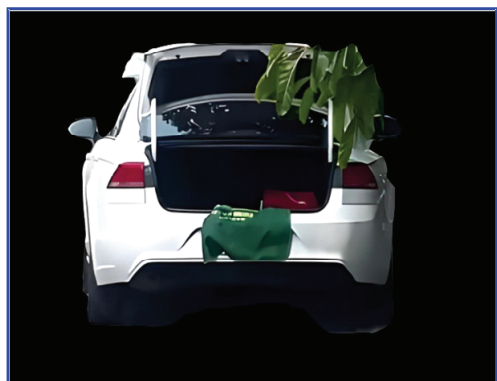


图3 背景模型处理结果

Fig. 3 Background model processing result

图4(a)为文献[2]ViBe算法轮廓提取后的图像,该图提取的轮廓曲线不够细化和连续。图4(b)为文献[3]中Canny算法轮廓提取后的图像,图中轮廓曲线的描绘并未完全紧密贴合目标物体的实际边界,存在部分轮廓线偏离真实边界较远的现象。图4(c)为本文方法轮廓提取后的图像,本文方法展现出卓越的边界拟合能力,其生成的轮廓曲线与目标边界高度吻合,且轮廓线条流畅连续。相较于其他两种对比方法,本文方法在轮廓提取方面不仅更为精确,而且在效率上也占据明显优势,实现了准确性与高效性双重提升。

对以上本文方法轮廓提取后的图像展开局部遮挡目标轮廓修复,检测本文轮廓修复方法的效果,轮廓修复结果如图5所示。

由图5可知,本文方法在针对实景图像进行轮廓修复时,展现出极其自然且逼真的效果,使得修复后的图像在视觉上几乎难以察觉修复痕迹。

为了更全面地评估不同方法在全轮廓提取中的精确度,采用平均相对误差这一量化指标衡量方法在捕捉和保留边缘轮廓细节方面的表现。平均相对误差的数值越小,表明算法在提取边缘轮廓时越能保持细节的准确性,从而提供更精确的轮廓信息。其计算公式如下:

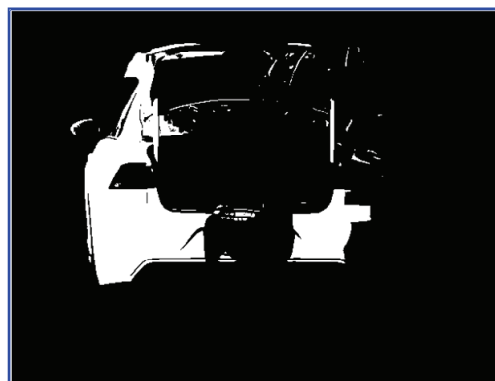
$$\zeta = \frac{|\hat{\beta}(\lambda) - \beta(\lambda)|}{W} \quad (9)$$

式中: λ 为前景目标图像的像素; W 为目标图像样本数; $\beta(\lambda)$ 、 $\hat{\beta}(\lambda)$ 分别为前景目标像素 λ 的实际覆盖率和被分配的覆盖率。不同算法的平均相对误差结果如表3所示。

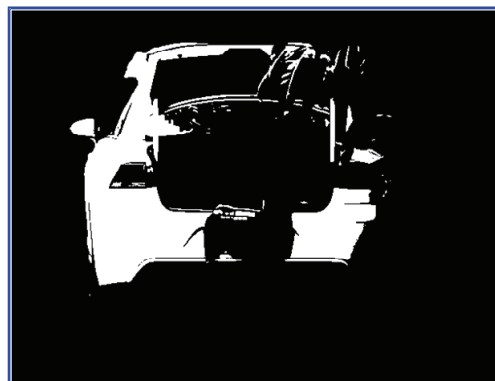
通过分析表3提供的数据,本文算法在平均相对误差方面显著优于其他两种对比算法,其误差值仅为0.02%。这一结果有力地证明了本文



(a) ViBe算法



(b) Canny算法



(c) 本文方法

图4 轮廓提取结果

Fig. 4 Contour extraction results

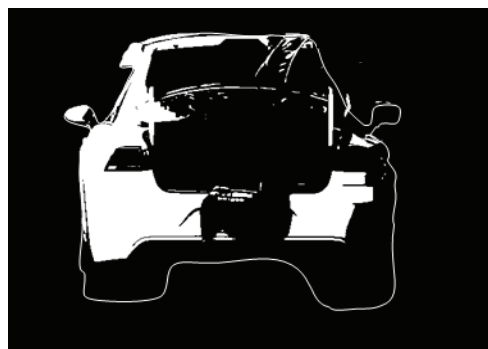


图5 轮廓修复结果

Fig. 5 Contour restoration results

表 3 不同算法的平均相对误差结果

Table 3 Average relative error results of different algorithms

实景图像 样本数/幅	平均相对 误差/%	ViBe算法	Canny算法
100	0.02	2.35	2.03
200	1.70	3.65	2.45
300	2.31	3.25	2.36
400	2.10	3.45	2.56
500	1.89	3.28	2.31
600	1.87	3.64	2.58
700	2.03	2.95	2.59
800	2.12	2.89	2.37

方法在提取边缘轮廓时能够达到更高的精度,有效保留了轮廓的细节,从而在轮廓提取任务中表现出色。

3 结束语

本文采用高斯背景差分方法和多分辨率ACM图像轮廓提取方法以及轮廓修复技术,实现了背景噪声影响下的实景图像局部遮挡目标全轮廓提取。本文方法不仅提高了实景图像全轮廓提取的精度和鲁棒性,还为后续的图像分析和处理任务提供了有力支持。实验通过背景建模处理结果、轮廓提取结果以及轮廓修复结果,证明本文方法能够有效区分前景与背景,并精确且高效地完成背景噪声影响下实景图像局部遮挡目标全轮廓提取。

参考文献:

[1] 庾武,杜聪,陈谦,等. 基于计算机视觉与Canny算法的服装纸样轮廓提取[J]. 纺织学报, 2024, 45(5): 174-182.

Tuo Wu, Du Cong, Chen Qian, et al. Clothing pattern contour extraction based on computer vision and Canny algorithm[J]. Journal of Textile Research, 2024,45(5):174-182.

[2] 王一超,鲁芹,吴孟伟. 结合前景轮廓提取的改进ViBe运动目标检测算法[J]. 微电子学与计算机, 2023, 40(8): 37-44.

Wang Yi-chao, Lu Qin, Wu Meng-wei. Accurate and efficient moving object detection with ViBe and visual foreground contour extractor[J]. Microelectronics & Computer, 2023, 40(8): 37-44.

[3] 王鑫刚,田军委,于亚琳,等. 改进Canny算法的红外人脸图像边缘轮廓提取[J]. 应用光学, 2023, 44(1):

61-70.

Wang Xin-gang, Tian Jun-wei, Yu Ya-lin, et al. Edge contour extraction of infrared face image based on improved Canny algorithm[J]. Journal of Applied Optics, 2023,44(1):61-70.

[4] 程彭阳子,刘萍. 基于动态轮廓曲线的运动图像特征识别研究[J]. 计算机仿真, 2023, 40(7): 163-167.

Chengpeng Yang-zi, Liu Ping. Research on moving image feature recognition based on dynamic contour curve[J]. Computer Simulation, 2023,40(7):163-167.

[5] Chakraborty S , Shaikh S H , Chakrabarti A , et al. Quantum image edge extraction based on classical robinson operator[J]. Multimedia Tools and Applications, 2022, 81(23): 33459-33481.

[6] 杨卫东,叶长彬,陈正林,等. 基于Snake算法的声呐图像轮廓提取方法[J]. 压电与声光, 2023, 45(5): 752-758.

Yang Wei-dong, Ye Chang-bin, Chen Zheng-lin, et al. Image contour extraction method based on Snake algorithm[J]. Piezoelectrics & Acoustooptics, 2023, 45(5): 752-758.

[7] 徐旻,史金光,郑子珂,等. 融合图像修复的遮挡目标检测算法[J]. 电光与控制, 2023, 30(1): 21-28, 86.

Xu Yang, Shi Jin-guang, Zheng Zi-yu, et al. Occluded target detection algorithm with image restoration [J]. Electronics Optics & Control, 2023, 30(1): 21-28, 86.

[8] 李阿标,郭浩,戚畅,等. 复杂背景下遥感图像密集目标检测[J]. 计算机工程与应用, 2023, 59(8): 247-253.

Li A-biao, Guo Hao, Qi Chang, et al. Dense object detection in remote sensing images under complex background[J]. Computer Engineering and Applications, 2023, 59(8): 247-253.

[9] 娄联堂,姚松. 基于局部轮廓曲线的图像配准方法[J]. 中南民族大学学报:自然科学版, 2023, 42(1): 128-133.

Lou Lian-tang, Yao Song. Image registration method based on local contour curve[J]. Journal of South-Central University for Nationalities(Natural Science Edition), 2023, 42(1): 128-133.

[10] 段琳锋,侯新国,胡致远. NSCT轮廓与主方向一致性红外与可见光图像配准[J]. 电光与控制, 2022, 29(6): 1-5.

Duan Lin-feng, Hou Xin-guo, Hu Zhi-yuan. NSCT

- Contour and main direction consistency infrared and visible image registration[J]. Electronics Optics & Control, 2022, 29(6):1-5.
- [11] 熊丽丽, 冯丽佳, 苑柳青. 基于深度卷积神经网络的激光雷达图像轮廓线提取方法[J]. 激光杂志, 2023, 44(10): 94-99.
Xiong Li-li, Feng Li-jia, Yuan Liu-qing. LiDAR Image contour extraction method based on deep convolution neural network[J]. Laser Journal, 2023, 44(10): 94-99.
- [12] 游小荣, 李淑芳, 熊宗志. 基于卷积姿态机和 GrabCut 的服装图像轮廓分割方法[J]. 毛纺科技, 2022, 50(5): 86-90.
You Xiao-rong, Li Shu-fang, Xiong Zong-zhi. Garment image contour segmentation method based on convolution pose machine and GrabCut[J]. Wool Textile Journal, 2022, 50(5): 86-90.
- [13] 冯丽露, 康耀龙. 立体图像任意剖面轮廓线提取方法仿真研究[J]. 计算机仿真, 2022, 39(8): 239-242, 285.
Feng Li-lu, Kang Yao-long. Simulation study of arbitrary profile contour extraction method[J]. Computer Simulation, 2022, 39(8): 239-242, 285.
- [14] 姚昱, 郑洋, 程子燚, 等. 基于 Scharr 算子的计算鬼成像边缘提取技术[J]. 激光与光电子学进展, 2024, 61(10): 137-144.
Yao Yu, Zheng Yang, Cheng Zi-yi. Edge detection technology based on computational ghost imaging using Scharr operator[J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2024, 61(10): 137-144.
- [15] 赵亚威, 郑伟, 于洋, 等. 基于轮廓分段特征描述的遮挡目标识别算法[J]. 计算机应用研究, 2022, 39(2): 633-636.
Zhao Ya-wei, Zheng Wei, Yu Yang. Occluded object recognition algorithm based on contour segmented feature description[J]. Application Research of Computers, 2022, 39(2): 633-636.