

文章编号: 1000-5013(2008)02-0222-03

联合时空特征的车辆跟踪

陈柏生, 陈锻生

(华侨大学 信息科学与工程学院, 福建 泉州 362021)

摘要: 提出一种联合空间特征和时间特征的匹配准则, 以实现道路车辆的跟踪. 计算目标区域与候选区域的加权累积灰度分布差异, 结合运动的路径连续性特征来构造运动模式相关函数, 以此作为目标匹配的判据. 引入虚轨迹点补偿由于目标遮挡和检测失败等导致丢失的运动轨迹点, 以实现目标连续的、完整的跟踪. 实验结果表明, 算法能够实现多车辆的鲁棒跟踪, 并且能够较好地解决目标相互遮挡下的跟踪问题.

关键词: 灰度分布差异; 路径偏差函数; 运动模式相关度; 车辆跟踪

中图分类号: TP 391. 41; TP 75

文献标识码: A

视觉跟踪的目的, 是在图像序列中建立运动物体的位置、速度、形状、纹理和颜色等特征的对应匹配. 根据算法所用的图像信息, 大致可将现有的跟踪方法分成特征跟踪^[1-2]、区域跟踪^[3-4]和模型跟踪^[5]. 考虑运动的空间表象特征和时间先验特征, 使用基于像素的灰度偏差来描述区域的灰度分布差异, 引入路径偏差函数^[6]来评价目标运动的时间关联度. 在此基础上, 构造了融合时空特征的运动模式相关度函数作为目标匹配的判据. 为了解决运动目标遮挡和检测失败等导致轨迹点丢失的问题, 本文引入虚轨迹点来补偿丢失的轨迹点.

1 位置估算

为了缩小目标的搜索空间和提高匹配的准确度, 需要对车辆在当前帧的位置进行估算. 车辆的估算位置将被用于确定其候选目标的搜索范围. 已知车辆在 t 时刻的位置 P_k , 则它在 $t + \Delta t$ 时刻的位置为

$$P_{k+1} = P_k + v_r \cdot \Delta t, \quad (1)$$

上式中, v_r 为跟踪车辆的速率. 考虑算法本身和其他原因引入的误差将导致目标位置估算的误差, 则其位置不确定度 $\delta P_{k+1} = \delta P_k + \delta v_r \cdot \Delta t$. 式(1)的计算结果理论上对应车辆在当前帧中的位置. 考虑到算法本身和其他原因引入的误差将导致估算位置的偏差, 所以候选车辆的搜索空间应该扩展到以估算点 P 为中心, δP 为半径的圆区范围, 重心落入圆区的车辆将作为候选目标. 跟踪车辆的速率 v_r 的不确定度 δv_r 用与其相匹配的车辆运动参数来更新, 有

$$v_{r, k+1} = \alpha v_{n, k+1} + (1 - \alpha) v_{r, k}, \quad (2)$$

$$\delta v_{r, k+1} = \alpha (v_{r, k+1} - v_{n, k+1}) + (1 - \alpha) \delta v_{r, k}. \quad (3)$$

上式中, v_r 为当前速率, 由车辆的前一帧位置和当前位置求得; α 为学习速率.

2 目标匹配

本文使用区域灰度分布差异描述运动车辆的空间特征, 用路径偏差函数描述时间特征. 同时, 引入运动模式相关度函数融合空间特征和时间特征, 作为目标匹配的判据.

2.1 灰度图匹配

给定目标区域在当前帧的位置 R , 通过计算与下一帧中的候选区域的灰度分布差异来确定它的最

收稿日期: 2007-05-25

作者简介: 陈柏生(1980-), 男, 助教, 硕士, 主要从事图像处理与模式识别的研究. E-mail: samchen@hqu.edu.cn.

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(A0510020); 福建省青年科技人才创新项目(2006F3086)

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

佳匹配. 设 R' 与重心距离为 d , 其计算区域的加权累积灰度分布差异为

$$S(d) = \frac{\sum_{x \in R'} \int w(i, j) |I_n(x) - I_{n-1}(x + d)|}{\|W\|}. \tag{4}$$

最上式中, W 为归一化权值, 满足 $\|W\| = \sum_{x \in R} w(x)$; 而 $w(x)$ 由一个径向线性函数给出, $w(x) = 1 - r(x)/2r_{\max}$. 其中, $r(x)$ 是 R 中像素点到区域重心的距离, r_{\max} 是区域大圆半径. 这意味着距离区域重心越近的像素点将获得越高的权重.

2.2 路径连续性

如果图像采集频率足够高的话, 那么序列图像中对应同一目标的运动方向和速率的变化应该是平滑的, 如图 1 所示. 局部路径连续性函数可以定义为

$$\Phi(P_i^{k-1}, P_i^k, P_i^{k+1}) = w_d(1 - \cos \theta) + w_v(1 - 2\sqrt{s_k s_{k+1}}/[s_k + s_{k+1}]). \tag{5}$$

在式(5)中, 权重 w_d, w_v 分别反映了方向连续性和速度连续性的重要程度, 其值在 $(0, 1)$ 之间, 且 $w_d + w_v = 1$. 令物体的轨迹 T_i 由投影平面中的一系列的点表示为 $T_i = (X_i^1, X_i^2, \dots, X_i^n)$, 则式(5)可变换为

$$\Phi(P_i^{k-1}, P_i^k, P_i^{k+1}) = w_d(1 - \frac{|\overline{X_i^{k-1}X_i^k} \cdot \overline{X_i^kX_i^{k+1}}|}{\|\overline{X_i^{k-1}X_i^k}\| \|\overline{X_i^kX_i^{k+1}}\|}) + w_v(1 - 2\frac{\sqrt{\|\overline{X_i^{k-1}X_i^k}\| \|\overline{X_i^kX_i^{k+1}}\|}}{\|\overline{X_i^{k-1}X_i^k}\| + \|\overline{X_i^kX_i^{k+1}}\|}).$$

下面, 定义路径偏差函数以度量路径的连续性. 令 d_i^k 表示序列图像 k 中目标 i 的局部路径偏差, 即 $d_i^k = \Phi(P_i^{k-1}, P_i^k, P_i^{k+1})$, 那么, 目标的整条轨迹的全局偏差 $D_i = \sum_{k=2}^{n-1} d_i^k$.

2.3 灰度图匹配

令 F_{ij}^k 表示序列图像第 k 帧中目标 i 与其在当前 $k + 1$ 帧中第 j 个候选目标的运动模式相关度, 其运动模式相关函数为

$$F_{ij}^k = w_s \sum_{x \in R} \int w(i, j) |I_n(x) - I_{n-1}(x + d)| / \|W\| + w_T \sum_{k=2}^{n-1} d_{ij}^k. \tag{6}$$

上式中, 权重 w_s, w_T 分别反映了空间特征和时间特征在目标跟踪中的重要程度, 取值在 $(0, 1)$ 之间, 且 $w_s + w_T = 1$. 运动模式相关函数融合了运动目标的空间特征和时间特征. 从上面定义的区域灰度分布差异和路径连续性可以看出, 它实际上是描述了运动目标与候选目标之间运动模式的差异. 因此, 运动目标的最佳匹配应该是, 使得运动模式相关函数取值最小的候选目标.

3 实验结果与分析

实验的相关参数设置如下: (1) 空间特征和时间特征权重 $w_s = 0.65, w_T = 0.35$; (2) 方向连续性权重 $w_d = 0.6, w_v = 0.4$. (3) 运动速度的学习速率 $\alpha = 0.4$. 跟踪系统在 PIII 800 的计算机上运行, 对 3 组 $320 \text{ px} \times 240 \text{ px}$ 的真彩色图像序列进行测试, 跟踪结果如图 2 所示. 为了展示跟踪结果, 把不同车辆的运动轨迹点以不同颜色显示. 图 2(a), (b) 分别是序列 1, 序列 2 截取的一组处理图像帧, 它们反映了车辆从出现到在监控视野消失的整个跟踪过程. 从跟踪结果可以看出, 系统很好地实现了多车辆的较高准确率的实时跟踪. 实验视频序列 2 中运动车辆之间发生相互遮挡, 两车辆区域连接在一起, 最严重的时候, 蓝色车辆几乎被白色车辆全部遮住, 其运行路径在二维平面图像的投影轨迹点序列被中断. 本文算法引入虚轨迹点, 即由车辆的历史运动信息计算的估计值来补偿丢失的轨迹点, 以保持路径的完整性. 图 2(b) 的结果显示, 本文算法构造的虚轨迹点能够较好地逼近车辆的真实运动轨迹, 车辆的相关参

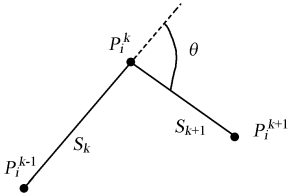


图 1 路径连续性函数定义
Fig. 1 Definition of path coherence function



(a) 序列 1 的第 129, 165, 191 帧的跟踪情况



(b) 序列 2 的第 55, 116, 157 帧的跟踪情况

图 2 跟踪轨迹用不同颜色点表示的多车辆跟踪结果

Fig.2 Experiment results for multiple vehicles tracking

数也可从其历史信息计算获得近似值, 从而在遮挡发生时仍能实现对车辆连续的、完整的跟踪.

4 结 束 语

本文提出了一种实现多车辆实时跟踪的方法, 其核心是构造运动模式相关函数联合时空特征用来作为目标匹配的判据. 同时, 引入虚轨迹点代替由于遮挡和检测失败导致丢失的轨迹点, 以实现遮挡发生时目标的连续、完整的跟踪. 实验结果表明, 本文方法能够实现对多车辆的鲁棒跟踪, 也较好地解决了目标相互遮挡时的跟踪问题.

参考文献:

[1] SYLVIA G, RUGGERO M, THIERRY P. Feature selection for object tracking in traffic scenes, TR 94-060[R]. Geneva: University of Geneva, 1994.

[2] KATO J, WATANABE T, JOGA S, et al. An HMM/ MRF-based stochastic framework for robust vehicle tracking [J]. IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems, 2004, 5(3): 142-154.

[3] HARITAOGLU I, HARWOOD D, DAVIS L. W4: Real time surveillance of people and their activities [J]. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22(8): 809-830.

[4] COLLINS R T, LIPTON A J, et al. A system for video surveillance and monitoring, CMU-RI-TR-0012, [R]. Pittsburgh: Carnegie Mellon University, 2000.

[5] PANG C C C, LAM W W L, YUNG N H C. A novel method for resolving vehicle occlusion in a monocular traffic image sequence [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2004, 5(3): 129-141.

[6] SONKA M, HKA VAC V, BOYL R. 图像处理、分析与机器视觉[M]. 2 版. 艾海舟, 等译. 北京: 人民邮电出版社, 2003

Tracking Vehicles Based on Spatio-Temporal Analysis

CHEN Bai-sheng, CHEN Duan-sheng

(College of Information Science and Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: A scheme combining temporal and spatial features to track vehicles is proposed. By calculating a weighted sum of absolute intensity difference between pixels in target region and the corresponding pixels in the candidate region, motion mode correlation function is constructed with integration of path deviation function to perform the task of object matching. Phantom points are introduced to compensate the lost tracking points causing by the occlusion or object detection failure in order to maintain the trajectory complete. Experimental results show that the method can realize multiple vehicles robust tracking simultaneously, and track the vehicles under occlusion successfully.

Keywords: intensity distribution difference; path deviation function; motion mode correlation; vehicle tracking

(责任编辑: 黄仲一 英文审校: 吴逢铁)