

文章编号 1004-924X(2012)12-2804-08

基于轮廓特征多层描述和评价的部分遮挡目标匹配

史思琦*, 石光明, 李 甫

(西安电子科技大学 智能感知与图像理解教育部重点实验室, 陕西 西安 710071)

摘要:针对传统目标匹配算法难以实现部分遮挡目标精确匹配的问题,本文基于轮廓特征的描述和评价提出了一种有效的部分遮挡目标匹配算法。首先,利用曲率划分目标轮廓得到描述局部特征的轮廓分段,并根据目标的骨架对轮廓分段进行合并和分类,实现了目标特征的多层次描述。然后,提出了评价轮廓分段的两个参数:重要性和局部性。前者用于评价轮廓分段所描述目标特征的重要性,后者用于评价轮廓分段相对目标整体轮廓的比例。最后,将两个评价参数与轮廓分段之间的相似度联合起来,得到衡量目标相似程度的加权部分相似度,从而获得部分遮挡目标的最佳匹配结果。与现有遮挡目标匹配算法相比,在不同遮挡情况下本文算法的平均识别率提高了 1.5% 左右。

关键词:部分遮挡目标; 轮廓分段; 多层特征描述; 特征匹配; 加权部分相似度

中图分类号: TP391.4 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/OPE.20122012.2804

Partially occluded object matching via multi-level description and evaluation of contour features

SHI Si-qi*, SHI Guang-ming, LI Fu

(Intelligent Perception and Image Understanding Key Laboratory of the Ministry of
Education, Xidian University, Xi'an 710071, China)

* Corresponding author, E-mail: shisiqi@live.com

Abstract: As traditional object matching algorithms can not match precisely a partially occluded object, this paper proposes a novel partially occluded object matching algorithm based on the description and evaluation of contour features. Firstly, the contour fragments to describe the local object feature are obtained by splitting the object contour with contour curvature, and those contour fragments are merged and classified according to the object skeleton to describe the object features at multi-levels. Then, two evaluation parameters, importance and partiality, are defined for those contour fragments. The former evaluates the importance of the local feature, and the latter evaluates the proportion of contour fragment to the whole contour. Finally, the two evaluation parameters of contour fragment and the similarity between contour fragments are derived to obtain the weighted partial similarity to measure the matching degree of the partially occluded object reasonably and to obtain the optimal matching result. Compared with some current matching algorithms, the proposed algorithm improves the average recognition rate about 1.5% under various occluded cases.

收稿日期: 2012-07-29; 修订日期: 2012-08-15.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No. 61100155, 61070138, 61033004)

Key words: partially occluded object; contour fragments; hierarchical feature description; feature matching; weighted partial similarity

1 引言

在图像处理领域,目标的检测与识别多通过特征匹配来实现。现有目标匹配算法通常利用全局特征来衡量目标的匹配程度,这在非遮挡情况下已经取得了较好的结果。然而在实际应用中,目标被部分遮挡的情况严重影响了检测和识别的准确性。对于部分遮挡目标,由于很难获得其整体形状、准确位置和实际尺寸等全局特征,通常利用目标局部特征来衡量部分遮挡目标的匹配程度^[1-3]。因此,目标局部特征的描述及其相似性度量对于部分遮挡目标匹配和识别十分重要。

在特征描述方面,目标轮廓具有简便、直观的特点,并且符合人类视觉认知习惯,因此被广泛用于目标检测和识别等应用中^[4-6]。为了获得准确描述目标局部特征的轮廓分段,Hoffman 等人提出了划分目标轮廓的极小值准则,所得到的轮廓分段受噪声影响较大^[7]。文献^[8-9]选取曲率极值点作为关键点划分目标轮廓,其方法简便易行,但是产生了许多无法完整描述目标特征的轮廓分段,增加了误匹配发生的概率。由于无法获得部分遮挡目标的全局特征,通常利用目标局部特征的相似性来衡量目标之间的匹配程度。文献^[10]提出了最优部分相似度(partial shape similarity)的定义。文献^[11]采用两个量化参数衡量遮挡目标的部分相似度,将部分相似度的计算等效为多准则优化问题,在形状匹配方面取得了较好的结果。然而,对于一组具有较多局部相似性的目标而言,仅仅采用部分相似度可能会得到错误的目标匹配结果。

针对部分遮挡目标匹配中存在的上述问题,本文探讨了轮廓分段与目标整体轮廓之间的关系,引入加权部分相似度目标特征的匹配程度,提出了基于轮廓特征描述与评价的遮挡目标匹配算法。为了完整、有效地描述目标局部特征,首先选取轮廓曲率极值点对目标轮廓进行划分,结合目标骨架对轮廓分段进行合并和分类处理,得到了一组分层描述局部特征的轮廓分段。其次,提出了评价轮廓分段的两个参数:轮廓分段所描述目

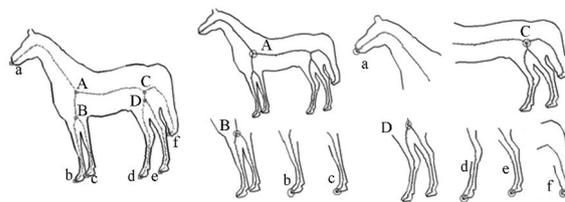
标局部特征的重要性;轮廓分段相对目标整体轮廓的局部性。前者表明所描述的局部特征是否是目标的主要特征,能否区别于其它目标;后者表明轮廓分段能否代表真实的目标。在特征匹配阶段,将两个评价参数与轮廓分段的相似度结合起来定义了加权部分相似度,从而得到了合理、准确的目标匹配结果。

2 轮廓特征的描述与评价

2.1 目标轮廓的划分与合并

为了合理划分目标轮廓,笔者在文献^[12]中提出了基于局部曲率分布的轮廓划分方法。该方法利用曲率极值点处局部曲率分布的特点划分目标轮廓,获得了稳定的轮廓划分结果;然后利用相邻轮廓分段的内在相关性,采用多级轮廓分段合并方法得到描述目标局部特征的轮廓分段。在此基础上,本文利用目标骨架指导多级轮廓分段合并过程,获得了有效描述目标特征的轮廓分段。

目标骨架是由一组轮廓最大内接圆的圆心组成的有序点集,对于描述关节体目标和非刚性目标的结构具有较好的稳定性^[13]。图 1 给出了目标骨架及其关键点所对应的轮廓分段。如图 1(a)所示,关键点是指骨架上各支路的交叉点(节点)或支路与目标轮廓的交点(端点);如图 1(b)所示,关键点对应的轮廓分段是指包含该点的最短支路对应的轮廓分段。为了便于描述,令节点为骨架的根节点,它对应目标的整个轮廓。



(a) 目标骨架 (b) 骨架关键点对应的轮廓分段
(a) Object skeleton (b) Contour critical points and corresponding contour fragments

图 1 目标骨架及其关键点对应的轮廓分段

Fig. 1 Object skeleton and contour fragments corresponding to contour critical points

目标骨架的节点 SP 及其所对应轮廓分段 CF 可以表示为 $\{(SP_j, CF_j), j=1, 2, \dots\}$ 。经过轮廓划分后得到的轮廓分段记为 $F = \{F_i, i=1, 2, \dots\}$ 。为了便于说明多级分段合并过程, 这里给出了评价轮廓分段所描述目标特征重要性的参数 $I(F_i)$, 其定义将在 2.3 节详细说明。

多级轮廓分段合并过程如下:

(1) 初始化: 给定最小轮廓分段数 T_F 。

(2) 对于所有轮廓分段 F , 若轮廓分段数量 $\#(F)$ 大于 T_F , 继续; 否则, 轮廓分段合并过程结束。

(3) 选取 $I(F_i)$ 最低的轮廓分段 F_i 进行合并。 F_i^L 和 F_i^R 分别表示与 F_i 相邻的左右两个轮廓分段。若 $F_i \cup F_i^L \in CF_j$ 且 $F_i \cup F_i^R \notin CF_j$, 则分段 F_i 与分段 F_i^L 合并; 反之, 分段 F_i 与分段 F_i^R 合并。若 $F_i \cup F_i^L \in CF_j$ 和 $F_i \cup F_i^R \in CF_j$, 则分段 F_i 与相邻轮廓分段中 $I(F_i^*)$ 较大的轮廓分段 F_i^* 合并。这里, CF_j 是指包含轮廓分段 F_i 且长度最短的轮廓分段。

(4) 将合并后的轮廓分段 F_i^{new} 添加到 F 中, 同时从 F 中移除轮廓分段 F_i 。转向步骤(2)。

这里, T_F 用于控制合并过程是否终止。 T_F 的值越小, 合并过程越多, 所得轮廓分段数就越多, 描述局部特征的能力就越强。

2.2 轮廓特征的分层描述

从图 2 可以看出, 目标骨架很好地刻画了目标的结构信息, 骨架的关键点及其所对应的轮廓分段从不同层次描述了目标的局部特征。通过对多个目标的轮廓进行划分与分段合并, 可以建立分层描述局部特征的轮廓分段数据库。

图 2 以目标 horse 为例给出了利用 3 个训练样本得到的轮廓分段数据库。根据目标局部特征确定的类别, 对数据库中所有轮廓分段进行了分类, 例如: 整体、马头、后半身、前腿、后腿和尾巴等。通过轮廓分段的组合, 就可以描述同类目标的不同轮廓, 有助于获得稳定的目标匹配和识别结果。

为了识别相似变换下的遮挡目标, 增强局部特征描述的稳定性, 对所有轮廓分段进行坐标变换。轮廓分段 F 经过 M 点等间隔采样后可以表示为有序点集 $F = \{p_1, \dots, p_M\}$, 对点集 F 按如下规则进行处理: $p_1 \rightarrow p'_1 = (0, 0)$, $p_M \rightarrow p'_M = (1, 0)$, 其它轮廓点 $\{p_2, \dots, p_{M-1}\}$ 从原坐标系变换到由

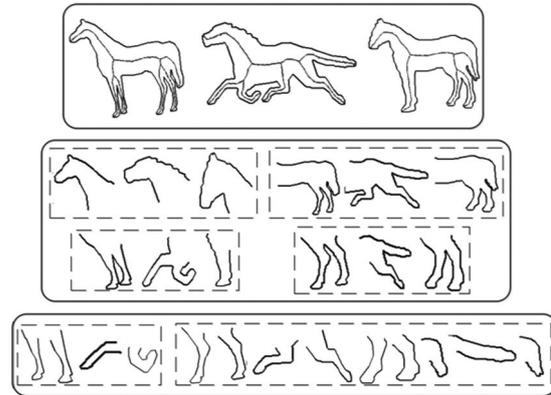


图 2 目标 horse 的轮廓分段数据库

Fig. 2 Database of contour fragments for horse

p_1' 和 p_M' 确定的新坐标系^[6]。经过坐标变换后的轮廓分段具有相似不变性。

2.3 轮廓分段的评价

由于遮挡目标的匹配是通过目标局部特征实现的, 因此描述局部特征的轮廓分段对于匹配结果的影响十分重要。这里从两个方面对轮廓分段本身进行分析。

(1) 对于特征描述而言, 如何衡量轮廓分段所描述目标局部特征的重要性, 即局部特征能否将其所对应的目标与其它目标区分开。

(2) 对于目标表示而言, 如何衡量轮廓分段相对于目标整体的局部性, 即轮廓分段反映整体目标的可信程度是多少。

通常, 越突出的目标特征对目标检测和识别的贡献越大, 所描述的目标特征越接近全局特征, 则轮廓分段代表整体目标的可信度就越高。因此, 本文提出了评价轮廓分段特性的两个参数: 重要性和局部性。

对于轮廓曲线 $C_N(t)$, t 为归一化弧长参数, N 为轮廓采样点数。轮廓的特征点 $p^f \triangleq \{n: |\kappa(n)| \geq \omega_\kappa \max(|\kappa(n)|)\}$, 轮廓的非特征点 $p^{nf} \triangleq \{n: |\kappa(n)| < \omega_\kappa \max(|\kappa(n)|)\}$ 。其中, $\kappa(n)$ 为轮廓曲率的离散形式, 权值 $\omega_\kappa \in [0, 1]$ 用于区分特征点和非特征点。 ω_κ 越大, 对目标细节信息的描述就越差。对于突出特征较少的目标轮廓, 一般选取较小的权值 ω_κ 。

通常曲率值较大的轮廓点反映了突出的特征信息^[7], 因此轮廓分段的重要性可以通过特征点与非特征点数量的比值来衡量。轮廓分段 F 的重要性定义如下:

$$I(F) = \frac{\#(P_f^f) / \#(P_f^{nf})}{I(C(t))}, \quad (1)$$

其中: P_f^f 和 P_f^{nf} 分别表示轮廓分段 F 的特征点和非特征点, $\#(\cdot)$ 表示所含元素的个数。 $I(C(t))$ 表示轮廓 $C(t)$ 上特征点与非特征点的比值。这里, 利用 $I(C(t))$ 对 $I(F)$ 进行归一化处理, 以便客观评价不同目标中轮廓分段的重要性。 $I(F)$ 反映轮廓分段相对目标轮廓的重要程度。 $I(F)$ 的值越大, 所描述的局部特征越重要, 与其它目标的可区分性越好。

轮廓分段的长度简便、直观地反映了局部轮廓分段与整体轮廓的联系, 因此轮廓分段的局部性可以通过轮廓分段与目标轮廓长度的比值来衡量。轮廓分段 F 的局部性定义如下:

$$P(F) = 1 - \text{len}(F) / \text{len}(C(t)), \quad (2)$$

其中: $\text{len}(F)$ 和 $\text{len}(C(t))$ 分别表示轮廓分段 F 和目标轮廓 $C(t)$ 的长度。 $P(F)$ 给出了轮廓分段 F 反映其整体目标的可信度, $\text{len}(F)$ 的值越大, $P(F)$ 的值越小, 轮廓分段 F 的局部性越小, 其所对应目标匹配结果的可信度就越高。

通过定义重要性和局部性两个参数, 评价了轮廓分段的性质。在利用局部特征衡量部分遮挡目标匹配程度时, 有助于获得准确、合理的匹配结果。

3 部分遮挡目标匹配

对于部分遮挡目标, 通常利用其局部特征之间的相似程度来衡量遮挡目标的匹配程度。图 3 给出了在不同遮挡情况下一组局部相似目标之间的匹配结果^[11]。从图 3 可以看出, 随着目标被遮挡部位的变化, 可以得到不同的遮挡目标匹配结果。因此部分遮挡目标匹配不仅与局部特征的相似程度有关, 同时还需要考虑特征描述函数本身的特性(如: 轮廓分段的位置、大小、所描述的局部特征等)。因此, 如何衡量局部特征的相似程度对部分遮挡目标匹配结果的影响是一个有待研究的重要问题。

为了合理、准确地评价部分遮挡目标的匹配程度, 本文提出了加权部分相似度衡量局部特征之间的相似程度。这里, 选取轮廓分段的重要性和局部性与轮廓分段之间的相似性共同定义部分遮挡目标的加权部分相似度。



(a) 局部相似目标

(a) Objects with local similarity



(b) 不同遮挡情况下的匹配结果

(b) Matching results under various occluded cases

图 3 具有局部相似性的目标及其匹配结果

Fig. 3 Objects with local similarity and their matching results

对于部分遮挡目标 X 和 Y , 轮廓分段 F^X 和 F^Y 所对应的加权部分相似度可以表示为:

$$S_{XY}(F^X, F^Y) = [\alpha \cdot f_p(F^X, F^Y) + (1 - \alpha) \cdot f_1(F^X, F^Y)] \cdot D(F^X, F^Y), \quad (3)$$

其中: $f_p(F^X, F^Y)$ 和 $f_1(F^X, F^Y)$ 分别用于描述轮廓分段的局部性和重要性与 $S_{XY}(F^X, F^Y)$ 的关系。参数 α 用于衡量它们对 $S_{XY}(F^X, F^Y)$ 的贡献程度。

对于轮廓分段的相似性 $D(F^X, F^Y)$, 这里选取轮廓分段之间的 Shape Context 距离^[14] 计算其相似度。任意给定目标轮廓上一点, 其 Shape Context 是指轮廓上其它采样点相对于该点的对数极坐标的直方图。

轮廓分段 F^X 和 F^Y 的局部性对加权部分相似度的影响可以表示为:

$$f_p(F^X, F^Y) = \exp(P(F^X) + P(F^Y)). \quad (4)$$

轮廓分段的局部性越小, 越能反映整体目标, 所对应目标匹配结果的可信度就越高。

轮廓分段 F^X 和 F^Y 的重要性对加权部分相似度的影响可以表示为:

$$f_1(F^X, F^Y) = \exp(2 - I(F^X) - I(F^Y)). \quad (5)$$

轮廓分段的重要性越大, 所描述局部特征对于目标的可区分性就越好, 所对应目标匹配结果的可信度也越高。

式(4)和(5)采用指数函数刻画轮廓分段与加权部分相似度之间的关系主要基于以下原因: 突出描述显著特征(具有代表性的特征)、长度较长

(能够反映目标的整体性)的轮廓分段对最佳匹配结果的贡献;抑制描述特征少、长度较短的轮廓分段对最优匹配结果可能产生的干扰。

在本文中,由于目标 Y 为已知的训练样本,所以轮廓分段 F^Y 与其所对应目标 Y 之间的关系是确定的。因此,这里仅考虑遮挡目标 X 的轮廓分段 F^X 对加权部分相似度的影响。对于部分遮挡目标和模板目标 Y ,轮廓分段 F^X 和 F^Y 所对应的加权部分相似度 $S_X(F^X, F^Y)$ 可以表示为:

$$S_X(F^X, F^Y) = [\alpha \exp(P(F^X)) + (1 - \alpha) \exp(1 - I(F^X))] \cdot D(F^X, F^Y), \quad (6)$$

$S_X(F^X, F^Y)$ 的值越小,遮挡目标 X 和模板目标 Y 的匹配程度就越高。

对于遮挡目标 X 和模板目标 Y 所对应的轮廓分段集合 F^X 和 F^Y ,通过计算每对轮廓分段所对应的加权部分相似度可以得到目标 X 和 Y 的加权部分相似度 $S_X(X, Y)$ 。对于部分相似性较大但不相同的目标,现有方法一般选取 $S_X(F^X, F^Y)$ 的最小值来衡量目标 X 和 Y 的匹配程度,容易发生误匹配。为了得到遮挡目标 X 的最佳匹配对象,本文综合考虑了不同局部特征对匹配结果的影响,因此目标 X 和 Y 的加权部分相似度 $S_X(X, Y)$ 可以表示为:

$$S_X(X, Y) = \frac{\prod_{F_i^X \in F^X, F_j^Y \in F^Y} S_X(F_i^X, F_j^Y)}{\sum_{F_i^X \in F^X, F_j^Y \in F^Y} S_X(F_i^X, F_j^Y)}. \quad (7)$$

对于部分遮挡目标 X ,根据式(7)选取 $S_X(X, Y)$ 最小值所对应的目标作为其最佳匹配目标。

由于目标局部特征采用多层描述的方式,为了避免重复计算局部特征对匹配结果的影响,式(7)中仅选取一部分轮廓分段用于计算 $S_X(X, Y)$ 。其选取规则如下:如图 1(b)所示,对于目标骨架中属于不同支路的轮廓分段,均用于计算 $S_X(X, Y)$;对于属于同一支路的轮廓分段,仅选取 $S_X(F^X, F^Y)$ 最大值所对应的轮廓分段用于计算 $S_X(X, Y)$ 。

通过加权部分相似度,可以最大程度地抑制由于局部特征相似所导致的误匹配。对于不同遮挡情况下目标,都能获得比较稳定的匹配结果。

4 实验结果和分析

本节从目标相似性评价和部分遮挡目标识别

两个方面评价了本文提出的算法。为了验证加权部分相似度的合理性,选取了具有局部相似性的一组目标,分别采用全局相似度和加权部分相似度衡量目标之间的匹配程度。对于部分遮挡目标,利用加权部分相似度获得测试目标的最佳匹配结果,并与部分现有遮挡目标识别算法进行了对比。

仿真中,利用 Canny 算子得到目标轮廓,轮廓的采样点数 $N=128$ 。在轮廓分段合并时,选取曲率权重 $w_k \in [0.2, 0.4]$,最小轮廓分段数 $T_F=2$ 。在轮廓分段归一化时,选取等间隔采样点数 $M=60$ 。在计算加权部分相似度时,由于突出的轮廓特征对于视觉认知的影响较大^[2],选取参数 $\alpha=0.6$ 。

4.1 目标相似性评价

为了验证加权部分相似度的合理性,选取 2D mythological creatures 数据库^[11]作为测试目标,如图 4(a)所示。该数据库是一组局部相似性较高的目标集合,包含 3 类目标共 15 个测试对象。其中,目标 Centaur 与其余两类目标的部分相似程度较高,而目标 Man 与目标 Horse 之间的相似程度较低。这里,分别采用全局相似度和加权部分相似度衡量这组测试目标之间的匹配程度。全局相似度选取整个轮廓作为目标特征进行相似度量得到目标匹配结果。加权部分相似度在度量轮廓分段相似程度的基础上,选取综合评价最高的轮廓分段所对应的目标作为最优匹配结果。

图 4(b)和(c)给出了两种评价准则所得到测试对象的匹配结果。其中,由直线分割出的正方形区域表示两类目标之间的匹配结果,每一个小方块表示两个测试对象之间的匹配结果;颜色越深,表明测试对象之间的相似程度越高。从图中小方块灰度的分布可以看出,两种准则都准确找到测试对象的最佳匹配结果,即测试对象本身。然而,全局相似度对同类目标中不同测试对象的匹配结果较差;加权部分相似度不仅对同类目标的匹配结果较好,而且对不同类目标中不同测试对象之间相似程度的评价结果比较符合主观认知的结果。因此,全局相似度侧重于反映目标之间的差异性,而加权部分相似度能够很好反映目标之间的局部相似性,在部分遮挡目标匹配时有利于获得更加准确的匹配结果。

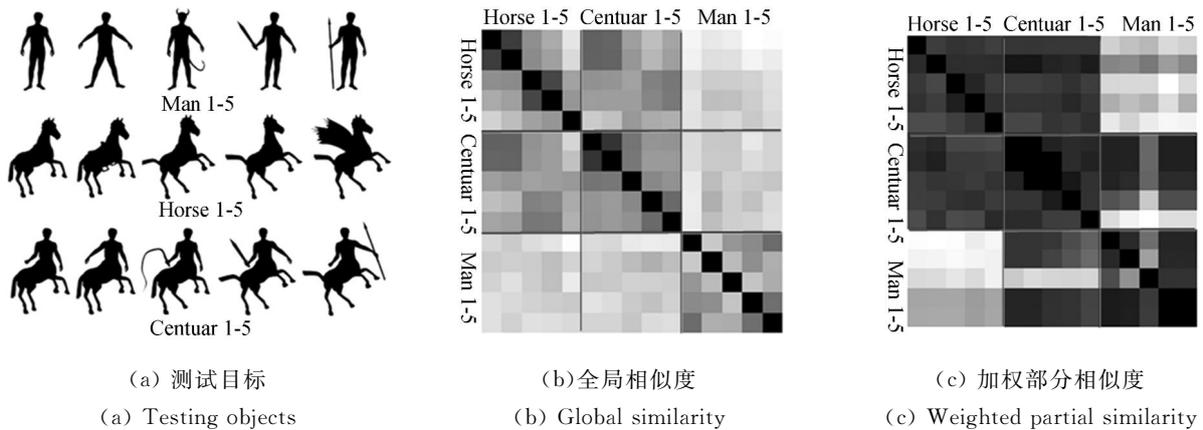


图 4 测试目标及其目标匹配结果(颜色越深,相似程度越高)

Fig. 4 Testing objects and their matching results

4.2 部分遮挡目标识别

为了验证本文算法识别部分遮挡目标的性能,选取 MPEG-7 CE Shape-1 Part-B 数据库中局部相似性较高的 7 类目标作为测试目标(如: carriage、camel、cattle、deer、dog、elephant 和 horse)。在每一类目标中,选取 10 个形状作为训练样本得到轮廓分段数据库,选取剩余的 10 个形状作为测试对象,同时模拟了不同遮挡情况下的目标形状。

图 5(a)以 horse-7 为例给出了 5 种遮挡情况下的目标形状。从图中可以看出,虽然测试对象的全局特征已经被破坏了,然而其局部特征仍然得到了较好的保留。这里,采用本文提出的加权部分相似度量目标之间的匹配程度。图 5(b)给出了不同遮挡情况下部分遮挡目标的最佳匹配结果。限于篇幅,这里仅列出了前两个对应最高加权部分相似度的目标形状。其中,粗实线表示轮廓分段数据库中与测试对象的轮廓分段相似程度最高的轮廓分段。尽管目标被遮挡程度不同,在保留了重要局部特征的前提下,利用轮廓分段仍然可以有效识别出部分遮挡目标。同时,综合考虑描述不同局部特征的轮廓分段,有助于实现部分遮挡目标的最优匹配。

对于 7 类测试目标在不同遮挡比例下的所有形状,表 1 给出了本文算法和部分现有遮挡目标

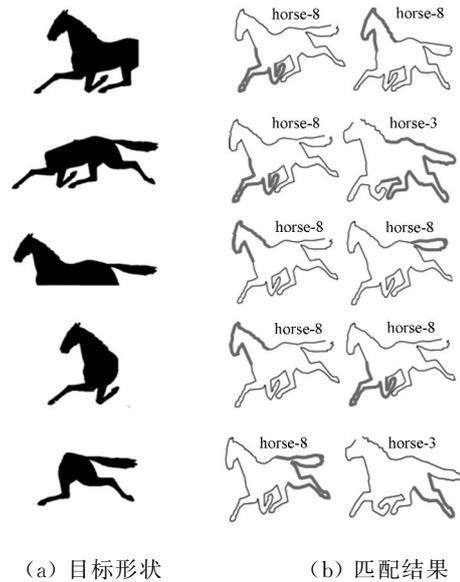


图 5 不同遮挡情况下 horse-7 的形状及其匹配结果

Fig. 5 Shapes of horse-7 under various occluded cases and their matching results

表 1 不同遮挡目标识别算法的识别率

Tab. 1 Comparison of recognition rates (%)

遮挡比例	10%	20%	30%	40%
算法[2]	93.8	93.8	81.3	81.3
算法[3]	N/A	94.0	87.0	82.0
算法[8]	96.0	95.0	92.0	87.0
本文算法	97.20	95.94	93.21	89.93

识别算法的统计识别结果。从表 1 可以看出,当遮挡比例较大时,文献[2-3]的识别率下降较多,而本文算法仍能取得较好的识别结果。与文献[8]相比,本文算法所需要的训练样本较少,并且平均识别率提高了 1.5%左右。

从仿真实验可以看出,在保留目标重要局部特征的基础上,本文提出的算法能够有效识别不同遮挡情况下的目标。在仿真实验中可以发现:对于细节特征较多的目标,通过增加目标轮廓的采样点数和轮廓分段的数量,可以有效提高算法的识别率。

参考文献:

- [1] MICHEL D, OIKONOMIDIS I, ARGYROS A. Scale invariant and deformation tolerant partial shape matching[J]. *Image and Vision Computing*, 2011, 29(7): 459-469.
- [2] KROLUPPER F, FLUSSER J. Polygonal shape description for recognition of partially occluded objects[J]. *Pattern Recognition Letter*, 2007, 28(9):1002-1011.
- [3] SABER E, XU Y W, TEKALP A M. Partial shape recognition by sub-matrix matching for partial matching guided image labeling[J]. *Pattern Recognition*, 2005, 38(10): 1560-1573.
- [4] SHOTTON J, BLAKE A, CLIPOLLA R. Multi-scale categorical object recognition using contour fragments[J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2008, 30(7): 1270-1281.
- [5] LU C, ADLURU N, LING H, *et al.*. Contour based object detection using part bundles[J]. *Computer Vision and Image Understanding*, 2010, 114: 827-834.
- [6] 唐永鹤,卢焕章,胡谋法. 基于 Laplacian 的局部特征描述算法[J]. *光学精密工程*, 2011,19(12): 2999-3005.
TANG Y H, LU H Z, HU M F. Local feature description algorithm based on Laplacian[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2011, 19(12):2999-3005. (in Chinese)
- [7] HOFFMAN D D, SINGH M. Saliency of visual parts[J]. *Cognition*, 1997, 63(1): 29-78.
- [8] SUN K B, SUPER B J. Classification of contour shapes using class segments sets[C]. *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, San Diego, 2005: 727-733.
- [9] BAI X, WANG X, LATECKI L J. Detection and recognition of contour parts based on shape similarity[J]. *Pattern Recognition*, 2008, 41(7): 2189-2199.
- [10] LATECKI L J, LAKAEMPER R L, WOLTER D. Optimal partial shape similarity[J]. *Image and Vision Computing*, 2005, 23: 227-236.
- [11] BRONSTEIN A M, BRONSTEIN M M, BRUCKSTEIN M A, *et al.*. Partial similarity of objects, or how to compare a centaur to a horse[J]. *International Journal of Computer Vision*, 2008, 84(2): 163-183.
- [12] 史思琦,石光明,陈旭阳,等. 基于特征完整描述的部分遮挡目标识别算法[J]. *系统工程与电子技术*, 2011, 33(4): 60-65.
SHI S Q, SHI G M, CHEN X Y, *et al.*. Partially occluded object recognition algorithm based on feature description integrity[J]. *Systems Engineering and Electronics*, 2011, 33(4): 60-65. (in Chinese)
- [13] BAI X, WANG X, LATECKI L J, *et al.*. Active skeleton for non-rigid object detection[C]. *Proceedings of International Conference on Computer Vision*, Kyoto, 2009: 575-582.
- [14] BELONGIE S, MALIK J, PUZICHA J. Shape matching and object recognition using shape contexts[J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2002, 24(24): 509-522.

5 结 论

本文提出了一种基于轮廓分段描述与评价的部分遮挡目标匹配算法。在特征描述方面,通过轮廓划分和目标骨架得到分层描述目标局部特征的轮廓分段,并利用轮廓分段的长度和曲率分布从重要性和局部性两个方面对其进行评价。在相似匹配方面,将重要性和局部型两个评价参数与轮廓分段的相似度相结合提出了加权部分相似度,用于衡量目标之间的相似程度,从而实现了部分遮挡目标的最佳匹配。

作者简介:



史思琦(1979—),男,陕西咸阳人,博士研究生,2001年于重庆邮电大学获得学士学位,主要从事形状分析、目标检测与识别等方面的研究。E-mail: shisiqi@live.com



李 甬(1982—),男,陕西丹凤人,博士,副教授,2004年、2010年于西安电子科技大学分别获得学士、博士学位,主要从事光电目标跟踪、非线性信号处理、视频压缩等方面的研究。E-mail: fuli@mail.xidian.edu.cn

导师简介:



石光明(1965—),男,江西南昌人,教授,博士生导师,1985年、1988年和2002年分别于西安电子科技大学获得学士、硕士和博士学位,主要从事压缩感知理论、信号采样和处理理论、图像和视频压缩、计算成像和优化等方面的研究。E-mail: gmshi@xidian.edu.cn

● 下期预告

高帧频图像融合光学测量吊舱的设计

孙明超^{1,2}

- (1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所 中国科学院航空光学成像与测量重点实验室,吉林 长春 130033;
2. 中国科学院 研究生院,北京 100039)

为了能够对飞机校飞和导弹的离梁、下滑及飞行姿态等关键阶段进行观测,建立了空中高帧频图像测量吊舱系统,对该系统采用的共光路设计和满足高实时性(100帧)要求的可见光与红外图像的配准与融合进行了研究。首先,为了保证可见光与红外同视轴和吊舱具有良好的气动外形,在光学设计上采用可见光与红外共光路方式;以光学标校配准法进行图像配准,提出能够提高标校精度的处理方法,并对光学标校配准法的特点进行总结。然后,比较分析了在时域内能达到实时性的几种图像融合方法及效果。最后,探讨了不同分辨率的异源图像融合后的边缘痕迹消除,采用窗函数法既可以保留融合的效果又可以消除融合后的边缘痕迹。实验结果表明:采用共光路设计,光学标校配准法来处理帧频为100帧的异源图像,配准率达到99%,稳定性为95%,配准耗时2ms(从传感器读出的图像后即可配准),基于窗函数法的图像融合可以消除不同分辨率的异源图像融合后的边缘痕迹,基本满足空中高帧频图像测量吊舱的配准与融合对精度,实时性,抗干扰性等要求。本文所述方法效果显著、易于实现,大大缩短了图像配准和图像融合的时间,适合工程应用。