

DOI: 10.11992/tis.201410010

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/23.1538.tp.20150930.1556.012.html>

RGB 和 HSI 颜色空间的一种改进的阴影消除算法

韩延彬^{1,2}, 郭晓鹏¹, 魏延文^{1,2}, 李恒建^{1,2}

(1. 济南大学 信息科学与工程学院, 山东 济南 250022; 2. 山东省网络环境智能计算技术重点实验室, 山东 济南 250022)

摘要:在智能视频监控中,运动目标的准确提取至关重要。现有的运动目标检测算法虽然很多,但是阴影去除效果都不甚理想,因此提出了一种基于 RGB 和 HSI 颜色空间的阴影消除改进算法。该算法在分析视频中像素点被阴影覆盖和未被阴影覆盖时色调的近似一致性和亮度值成线性关系的基础上,利用 2 个颜色空间中组成颜色的各分量值在该颜色中所占的比例和亮度的相对变化率,实现运动目标的阴影消除。实验表明,该算法去除阴影的效果优于采用 (r, g, I) 颜色空间阴影去除算法,且能有效弥补运动目标孔洞的现象,是对运动目标检测算法的补充。

关键词:目标检测;阴影消除;颜色空间;孔洞现象;视频分析

中图分类号:TP391 文献标志码:A 文章编号:1673-4785(2015)05-0769-06

中文引用格式:韩延彬,郭晓鹏,魏延文,等. RGB 和 HSI 颜色空间的一种改进的阴影消除算法[J]. 智能系统学报, 2015, 10(5): 769-774.

英文引用格式:HAN Yanbin, GUO Xiaopeng, WEI Yanwen, et al. An improved shadow removal algorithm based on RGB and HSI color spaces[J]. CAAI Transactions on Intelligent Systems, 2015, 10(5): 769-774.

An improved shadow removal algorithm based on RGB and HSI color spaces

HAN Yanbin^{1,2}, GUO Xiaopeng¹, WEI Yanwen^{1,2}, LI Hengjian^{1,2}

(1. School of Information Science and Engineering, University of Jinan, Jinan 250022, China; 2. Shandong Provincial Key Laboratory of Network Based Intelligent Computing, Jinan 250022, China)

Abstract: It is critical to exactly extract moving targets in intelligent video surveillance. There are many moving target detection algorithms, but for all the effects of shadow elimination are not ideal. In order to remove the shadow, an improved shadow removal algorithm based on RGB and HSI color spaces is presented. The analysis of the pixels in videos shows that the hue is approximately consistent before and after the pixels are shaded, and there exists a linear relation between this approximate consistency and the value of luminance. On this basis, by utilizing the proportion of each color component in the color spaces and the relative change rates of brightness, the shadow of a moving object can be removed. The experimental results show that the shadow removal effect of this algorithm is better than that of the algorithm with (r, g, I) color space. In addition, it can also cope with holes in moving targets and is a supplement to the moving object detection algorithm.

Keywords: target detection; shadow removal; color space; hole phenomenon; video analysis

快速精确的运动目标检测是智能视频监控近代系统的关键问题。相对于背景,阴影与运动目标有相同的运动规律,常常作为运动目标的一部分被检测

出来。当阴影与运动目标粘合在一起时,运动目标的形状会发生很大的形状变化,当阴影与运动目标分离时,阴影会被认为是另一个运动目标。虽然现有的运动目标检测方法很多,但是都存在阴影的干扰,影响运动目标的识别和行为分析。常见的阴影去除方法有基于模型的方法^[1-5]和基于特征的方法^[5-14]。基于模型的方法需要已知场景、运动目标

收稿日期:2014-10-08. 网络出版日期:2015-09-30.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61103117, 61303199);山东省科技发展计划(2013YD01043);山东省高校科研计划项目(J12LN19, J14LN15).

通信作者:韩延彬. E-mail:ise_hanyb@ujn.edu.cn.

和光照条件等,建立阴影模型比较困难且计算复杂度高,不适用于实时性应用。基于特征的方法主要是利用颜色和纹理特征,但是颜色特征对光照变化较为敏感,纹理有时并不明显,而且误检率比较高。

针对现有阴影检测算法的缺点,根据视频中像素点在阴影区域和没在阴影区域中的色调近似一致并且亮度值成一定的线性关系的特点^[15-17],利用RGB和HSI颜色分量的优势^[18-21]克服光照对颜色的影响,提出了一种改进的基于 (r, g, I) 混合颜色空间的阴影去除算法^[22-24]。用亮度变化的相对率 ΔI 代替亮度变化的绝对量,同时保持颜色对光照变化的不敏感性,当前景的颜色组成成分与背景相似时,会消除阴影去除时造成运动目标孔洞的现象。

本文分析了阴影区域的特点,利用RGB和HSI中的多个颜色分量^[19-20]构建易于消除阴影的混合颜色空间 (r, g, I) 。在详细分析孔洞特点的基础上,提出利用亮度相对变化率取代亮度绝对变化量的改进混合颜色空间 $(r, g, \Delta I)$ 。实验表明,本文改进算法有良好的消除阴影效果。

1 阴影分析和颜色空间选取

1.1 阴影分析

阴影是物体表面未被光源照射而形成的暗区域,可分为自身阴影和投射阴影。自身阴影是物体本身没有被光线直接照射到的部分;投射阴影是目标遮挡光源进行投影得到的区域,又可分为本影和半影。本影是运动目标完全遮挡了光线,半影是运动目标部分遮挡了光线。本影由光源决定,如果是单纯的点光源则不存在本影,如果是单纯的面光源则存在本影。自身阴影是目标本身的一部分,不用对本影进行去除。对于投射阴影中的本影,由于真实场景中光源不是单一的,本影在阴影的占有比例比较少,所以一般的阴影去除都是指半影的去除^[25-26]。

阴影的去除算法大都是针对阴影的特性进行的,即使是基于模型的阴影去除算法也是根据阴影的特性进行建模的。阴影的特性主要表现为^[15-17]:在一定的亮度条件下,同一物体在阴影区域和不在阴影区域的色调近似一致;视频中像素点被阴影覆盖和没有被阴影覆盖时的灰度(亮度)值成近似的线性关系^[15-17];阴影区域和背景区域有相似的纹理信息。

1.2 颜色空间的选取

对于一般的监控场景,纹理和颜色信息都是比较重要的信息。虽然有很好的纹理检测方法,但是

监控场景中背景的纹理信息并不明显,所以选取颜色信息来去除阴影。利用颜色信息去除阴影的方法有很多,但都是基于单一颜色空间的阴影去除方法,或者是同时利用颜色信息和纹理信息2种特征去除阴影^[12-14],而且都无法克服光照对颜色的影响。为了避免颜色对光照的敏感性,选择对阴影去除效果较好的颜色分量,跨越各种常见的颜色空间各个分量之间的冗余性和完备性,构造多个具有一定互补性的颜色分量所构成的混合颜色空间^[18]。

为了构造恰当颜色空间,根据视频中像素点在阴影区域和没在阴影区域中的色调是近似一致的原理,对RGB色彩空间进行归一化处理:

$$\begin{cases} r = \frac{R}{R+G+B} \\ g = \frac{G}{R+G+B} \\ b = \frac{B}{R+G+B} \end{cases} \quad (1)$$

通过式(1)归一化后的颜色空间是由组成颜色值的各个分量值 R, G, B 所占的比例构成的。相对于 (R, G, B) 颜色空间来说,归一化的 (r, g, b) 颜色空间降低了对颜色变化的敏感性,同时也失去了亮度信息。另外式(1)还隐含另一种关系式:

$$r + g + b = 1 \quad (2)$$

通过式(2)可知,归一化的 (r, g, b) 颜色空间是二维的。在构造混合颜色空间时,为了消除归一化的 (r, g, b) 颜色空间的冗余性,只选择 r, g 2个分量作为新颜色空间中的分量。

根据视频中像素点在阴影区域和没在阴影区域中亮度值成一定的线性关系的原理,选择亮度值 I 作为多维颜色空间中的另一个分量以消除阴影。所以可以定义另一种归一化的多颜色空间 (r, g, I) ,归一化公式如式(3)所示:

$$\begin{cases} r = \frac{R}{R+G+B} \\ g = \frac{G}{R+G+B} \\ I = \frac{R+G+B}{3} \end{cases} \quad (3)$$

混合颜色空间 (r, g, I) 是对 (r, g, b) 颜色空间的改进,它包含了色度和亮度信息,而且该颜色信息是用各颜色值所占的比例表示的,对光照的变化不明显。

值得注意的是,在 r, g, b 颜色空间中,人眼对蓝色感知最弱(从彩色到灰度的转化公式可知),所以在构建混合颜色空间时多采用 r, g 分量组合,从而

保留较多的颜色信息。

2 改进的阴影去除算法

根据在一定亮度条件下,同一物体在阴影区域和不在阴影区域的色调近似一致的原理,即对于RGB颜色空间,只要R:G:B的比值不变,色调就不会发生变化,均匀地增大或减小R:G:B的比例系数,亮度会发生变化,但是色调还是不变的。例如R:G:B=1:1:1表示白色,R:G:B=0.5:0.5:0.5也表示白色,但是亮度变小了。对应地,如果色调不变,在(r, g, I)颜色空间中的r、g的值就不变。另外,视频中像素点被阴影覆盖和没有被阴影覆盖时的灰度(亮度)值成线性关系的特性^[15-17],在(r, g, I)颜色空间中表现出前景帧和背景帧在I上的比值一定。文献[22-24]通过式(4)进行阴影去除。

$$\begin{cases} |x_i^c - x_b^c| \leq T, & \forall c \in \{r, g\} \\ \beta \leq \frac{x_i^c}{x_b^c} \leq \gamma, & c \in \{I\} \end{cases} \quad (4)$$

式中: x_i 是当前帧图像, x_b 是通过背景建模得到的背景图像, c 是r、g、I中的某一个量, T 、 β 、 γ 是阈值,如果(r, g, I)不是归一化到0~255,则 γ 是1,如果是归一化到0~255,则 γ 不是1。

根据式(4)虽然可以去除阴影,但是运动目标存在孔洞的现象,如图1(室内场景)所示。因为组成前景目标的像素点的颜色值与背景像素点的颜色值相似,虽然运动目标的亮度很大,但当背景的亮度也很大时,根据式(4)运动目标就会被判为阴影而去除。所以用上达的阴影去除算法时,检测出来的运动目标会有孔洞现象,并且该孔洞难以用形态学的方法消除。



图1 孔洞现象

Fig.1 Holes phenomenon

为了消除孔洞现象,文献[24]用式(5)来动态去除阴影后运动目标中出现的孔洞现象。

$$|x_i^c - x_b^c| \leq T \quad (5)$$

式中: c 是亮度分量, T 是阈值。用式(5)虽然有时能去除运动目标在去除阴影后留下的孔洞,但有时还是会存在孔洞。例如2个亮度值分别为20和100的像素点,如果亮度值变化为40,根据式(5)它们都会被认为是运动目标;如果用亮度的相对率来表示,则其值分别为2和0.4,进而说明前者灰度相对变化较大,可能是因目标运动引起的;而后者灰度

因为相对变化较小,可以判断的噪声干扰,因此用亮度的相对变化来解决运动目标的孔洞更合适。

所以改进的混合颜色空间(r, g, I)的阴影去除算法,是用亮度的相对变化率去除阴影,即用 ΔI 替换混合颜色空间I分量来进行阴影去除,式(4)可以改进为式(6)。

$$\begin{cases} |x_i^c - x_b^c| \leq T_1, & \forall c \in \{r, g\} \\ \frac{|x_i^c - x_b^c|}{x_b^c} \leq T_2, & c \in \{I\} \end{cases} \quad (6)$$

式中: T_1 、 T_2 是阈值。

改进的阴影消除算法流程如下:

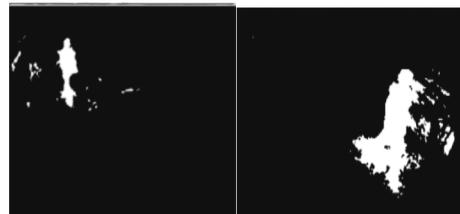
- 1) 对场景进行背景建模,获取背景模型图像 x_b ;
- 2) 根据式(3)提取背景图像的混合颜色空间各分量r、g、I;
- 3) 从视频当中获取每帧图像,并计算混合颜色空间分量r、g、I;
- 4) 用式(6)取代式(4),计算当前像素点和背景图像颜色信息差值,进一步判定当前像素是否属于目标图像像素。

3 实验结果及分析

图2和图3描述了室内和室外2种移动目标检测的结果。其中图2(a)和图3(a)为获取的视频原始帧图像;图2(b)和图3(b)为利用背景建模获取的一栋目标区域;图2(c)和图3(c)为利用基于混合颜色空间的(r, g, I)阴影去除算法;图2(d)和图3(d)为改进的混合颜色空间的(r, g, ΔI)阴影去除算法。



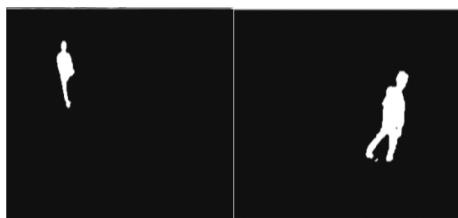
(a) 输入视频帧



(b) 包含阴影的运动目标



(c) (r, g, I)方法

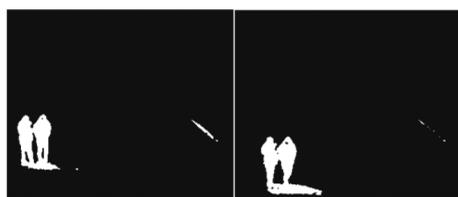


(d) $(r, g, \Delta I)$ 方法

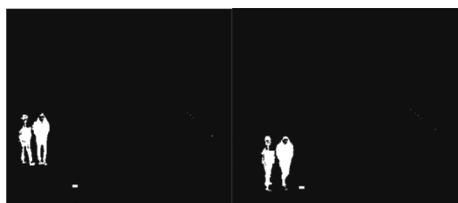
图 2 (r, g, I) 算法和 $(r, g, \Delta I)$ 室内阴影去除效果比较
Fig.2 Comparison of shadow removal results between (r, g, I) algorithm and $(r, g, \Delta I)$ algorithm indoor



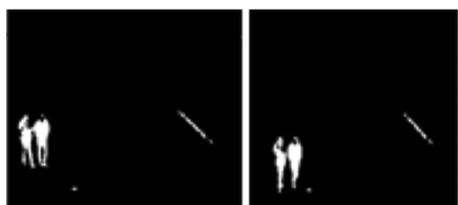
(a) 输入视频帧



(b) 包含阴影的运动目标



(c) (r, g, I) 方法



(d) $(r, g, \Delta I)$ 方法

图 3 (r, g, I) 算法和 $(r, g, \Delta I)$ 算法室外阴影去除效果比较
Fig.3 Comparison of shadow removal results between (r, g, I) algorithm and $(r, g, \Delta I)$ algorithm outdoor

通过图 2(b) 和图 3(b) 可以看出, 在运动目标检测过程中阴影会作为运动目标的一部分被提取出来。不论是在室内还是在室外, 不论是投射在墙壁上的影子还是投射在地面上的影子, 不论是由于单个运动目标形成的阴影还是对于多个目标形成的阴

影, 改进的混合颜色空间的 $(r, g, \Delta I)$ 阴影去除算法的阴影去除效果比基于混合颜色空间的 (r, g, I) 阴影去除算法效果好。主要表现在: 图 2(c) 与图 2(d) 相比较, 图 2(c) 中去掉阴影后的运动目标存在孔洞, 这种孔洞用一般的形态学处理方法中的膨胀操作不能去除; 图 3(c) 与图 3(d) 相比较, 图 3(d) 所对应的运动目标较完整, 在运动目标肩膀部位更明显。虽然这 2 种方法对阴影的变化都不敏感, 但是改进方法阴影检测效果最好。亮度的相对变化率减少了亮度绝对变化引起的对运动目标的误判, 使运动目标更充实。

此外, 图 2(d) 和图 3(d) 中出现了一些分运动目标检测区域, 这是由于在运动过程中, 引起了局部光照变化, 可以利用区域过滤进行消除, 在此不再赘述。

4 结束语

基于 RGB 和 HSI 颜色空间改进的混合颜色空间的 $(r, g, \Delta I)$ 阴影去除算法与混合颜色空间的 (r, g, I) 阴影去除算法相比, 阴影去除效果更好。虽然都是依据色调近似一致和亮度近似成线性关系的阴影特性, 但改进算法采用归一化的 RGB 的 2 个 r, g 分量和亮度变化率 ΔI 组成的混合颜色空间对阴影进行去除, 与利用颜色空间 (r, g, I) 完成的阴影去除算法相比, 能去除阴影去除后运动目标自身的孔洞, 该孔洞是一般形态学中膨胀操作不能处理的。这使得运动目标比较充实, 是对运动目标检测很好的补充。

参考文献:

- [1] MARTEL-BRISSON N, ZACCARIN A. Moving cast shadow detection from a Gaussian mixture shadow model[C]//Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. San Diego, USA, 2005: 643-648.
- [2] WANG Yang, LOE K F, WU Jiankang. A dynamic conditional random field model for foreground and shadow segmentation[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2006, 28(2): 279-289.
- [3] PORIKLI F, THOMTON J. Shadow flow: A recursive method to learn moving cast shadows[C]//Proceedings of Tenth IEEE International Conference on Computer Vision. Beijing, China, 2005: 891-898.
- [4] 褚一平, 叶修梓, 黄叶珏, 等. 融合时空信息的前景/阴影视频分割算法[J]. 模式识别与人工智能, 2008, 21

- (4): 546-550.
- CHU Yiping, YE Xiuzi, HUANG Yejue, et al. A spatio-temporal algorithm for video foreground and shadow segmentation[J]. *Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 2008, 21(4): 546-550.
- [5] 王彬, 冯远静, 郭海峰, 等. 交通场景中车辆的运动检测与阴影消除[J]. *中国图象图形学报*, 2012, 17(11): 1391-1399.
- WANG Bin, FENG Yuanjing, GUO Haifeng, et al. Adaptive background updating and shadow detection in traffic scenes[J]. *Journal of Image and Graphics*, 2012, 17(11): 1391-1399.
- [6] SALVADOR E, CAVALLARO A, EBRAHIMI T. Cast shadow segmentation using invariant color features [J]. *Computer Vision and Image Understanding*, 2004, 95(2): 238-259.
- [7] 董蓉, 李勃, 陈启美. 路况视频中 HSV 彩色不变量阴影检测法研究与改进[J]. *中国图象图形学报*, 2009, 14(12): 2483-2487.
- DONG Rong, LI Bo, CHEN Qimei. Research and improvement on shadow detection in expressway videos using HSV color model[J]. *Journal of Image and Graphics*, 2009, 14(12): 2483-2487.
- [8] KUMAR P, SENGUPTA K, LEE A. A comparative study of different color spaces for foreground and shadow detection for traffic monitoring system [C]//*Proceedings of the IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems*. Washington DC, USA, 2002: 100-105.
- [9] LEONE A, DISTANTE C. Shadow detection for moving objects based on texture analysis [J]. *Pattern Recognition*, 2007, 40(4): 1222-1233.
- [10] 万峻甫, 刘建伟, 向怀坤, 等. 交通视频序列阴影检测算法研究[J]. *中国图象图形学报*, 2008, 13(3): 467-471.
- WAN Junfu, LIU Jianwei, XIANG Huaikun, et al. Research on shadow detection in grayscale video sequence for traffic images[J]. *Journal of Image and Graphics*, 2008, 13(3): 467-471.
- [11] 肖梅, 韩崇昭. 室内视频中基于边缘的运动阴影去除算法[J]. *模式识别与人工智能*, 2006, 19(5): 640-644.
- XIAO Mei, HAN Chongzhao. Edge-based moving shadow removal algorithm for indoor video sequence [J]. *Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 2006, 19(5): 640-644.
- [12] 柏柯嘉, 刘伟铭, 汤义. 基于 Gabor 小波和颜色模型的阴影检测算法[J]. *华南理工大学学报: 自然科学版*. 2009, 37(1): 64-68.
- BAI Kejia, LIU Weimin, TANG Yi. Shadow detection algorithm based on Gabor wavelet and color model [J]. *Journal of South China University of Technology: Natural Science Edition*, 2009, 37(1): 64-68.
- [13] 郭利生, 郭立, 焦荣惠, 等. 一种基于运动阴影的目标检测算法[J]. *模式识别与人工智能*, 2007, 20(2): 180-184.
- GUO Lisheng, GUO Li, JIAO Ronghui, et al. An object detection algorithm based on moving shadow [J]. *Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 2007, 20(2): 180-184.
- [14] 查宇飞, 楚瀛, 王勋, 等. 一种基于 Boosting 判别模型的运动阴影检测方法[J]. *计算机学报*, 2007, 30(8): 1295-1301.
- ZHA Yufei, CHU Ying, WANG Xun, et al. A boosting discriminative model for moving cast shadow detection [J]. *Chinese Journal of Computers*, 2007, 30(8): 1295-1301.
- [15] GALLEGO J, PARDÀS M, HARO G. Enhanced foreground segmentation and tracking combining Bayesian background, shadow and foreground modeling [J]. *Pattern Recognition Letters*, 2012, 33(12): 1558-1568.
- [16] SONG Kaitai, TAI Jenchao. Image-based traffic monitoring with shadow suppression [J]. *Proceedings of the IEEE*, 2007, 95(2): 413-426.
- [17] JACQUES C S, JUNG C R, MUSSE S R. Background subtraction and shadow detection in grayscale video sequences [C]//*Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Graphics and Image Processing*. Natal, Brazil, 2005: 189-196.
- [18] LI Jingping, QIN Min, XIA Yingjie, et al. Remarks on a novel statistical histogram—Average scene cumulative histogram [C]//*IEEE International Conference on Granular Computing (GrC 2012)*. Hangzhou, China, 2012: 310-314.
- [19] 王真, 李金屏, 刘林, 等. 利用多颜色信息融合的自适应肤色建模[J]. *计算机工程与应用*, 2011, 47(30): 210-214.
- WANG Zhen, LI Jinping, LIU Lin, et al. Adaptive skin color modeling based on color information fusion [J]. *Computer Engineering and Applications*, 2011, 47(30): 210-214.
- [20] 刘林, 李金屏, 王真. 基于多颜色空间和累计场均直方图的视频场景分类[J]. *中国体视学与图像分析*, 2011, 16(1): 67-74.
- LIU Lin, LI Jinping, WANG Zhen. Video scene classification based on multiple color space and average scene histogram [J]. *Chinese Journal of Stereology and Image Analysis*, 2011, 16(1): 67-74.
- [21] 张中方, 李金屏, 拜佩. 基于多颜色空间融合的移动目

标检测算法[J]. 济南大学学报:自然科学版, 2011, 25(2): 191-195.

ZHANG Zhongfang, LI Jinping, BAI Pei. Mobile object detection algorithm based on information fusion of multiple color spaces[J]. Journal of University of Jinan: Science and Technology, 2011, 25(2): 191-195.

[22] WNAG Hanzi, SUTER D. A re-evaluation of mixture of Gaussian background modeling [C]//IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Proceedings. Philadelphia, USA, 2005: 1017-1020.

[23] 陈焕钟, 李榕, 程剑光. 基于混合高斯模型的运动目标检测[J]. 激光杂志, 2009, 3(4): 32-33.

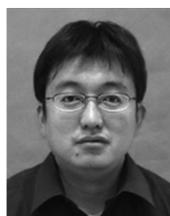
CHEN Huanzhong, LI Rong, CHENG Jianguang. Moving objects detection based on Gaussian mixture models [J]. Laser Journal, 2009, 3(4): 32-33.

[24] WANG Hanzi, DAVID S. A consensus-based method for tracking: modelling background scenario and foreground appearance [J]. Pattern Recognition, 2007, 40(3): 1091-1105.

[25] ZENG Huanglin, WANG Zhenya. A new algorithm of an improved detection of moving vehicles [M]//Advances in Swarm Intelligence. Berlin/Heidelberg: Springer, 2010: 688-693.

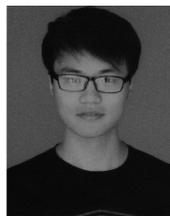
[26] JIANG Caixia, WARD M O. Shadow identification [C]//Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Champaign, USA, 1992: 606-612.

作者简介:



余篇,其中被 SCI、EI 收录 10 篇。

韩延彬,男,1979 年生,副教授,中国计算机学会多值逻辑与模糊逻辑专委会委员,中国人工智能学会机器学习专业委员会通讯委员,主要研究方向为模式识别、计算智能。主持和参与国家和省部级项目多项,发表学术论文 10



郭晓鹏,男,1992 年生,硕士研究生,主要研究方向为模式识别、计算机视觉。



魏延文,女,1985 年生,硕士,主要研究方向为模式识别、计算机视觉。



李恒建,男,1980 年生,副教授,博士,中国计算机学会多值逻辑与模糊逻辑专委会委员,主要研究方向为模式识别、图像处理。主持和参与国家和省部级项目多项,发表学术论文 10 余篇,其中 SCI、EI 收录 10 篇。

第 17 届 IEEE/ACIS 软件工程、人工智能、网络、并行/分布式计算国际会议 17th IEEE/ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD 2016)

国际计算机和信息科学协会(International Association for Computer and Information Science, ACIS)已正式确定第 17 届软件工程、人工智能、网络和并行/分布式计算国际大会(SNPD 2016)将于 2016 年 5 月 30 日至 6 月 1 日在上海举行,由上海大学承办。会议将聚集来自世界各地的研究人员、工程师、工业实践者以及学生,讨论和交流计算机和信息科学领域的新思想、研究成果和实践经验。会议的核心主题包括软件体系结构与构件技术、模型驱动软件工程、算法、人工智能、互联网+、并行和分布式计算等。本次研讨会的目的是通过中外学术交流,将中国学者的成果更好地介绍给国内外同行。

摘要截稿日期:2016-01-31

全文截稿日期:2016-01-31

论文录用通知日期:2016-03-31

会议网站:<http://www.acisinternational.org/snpd2016/>