



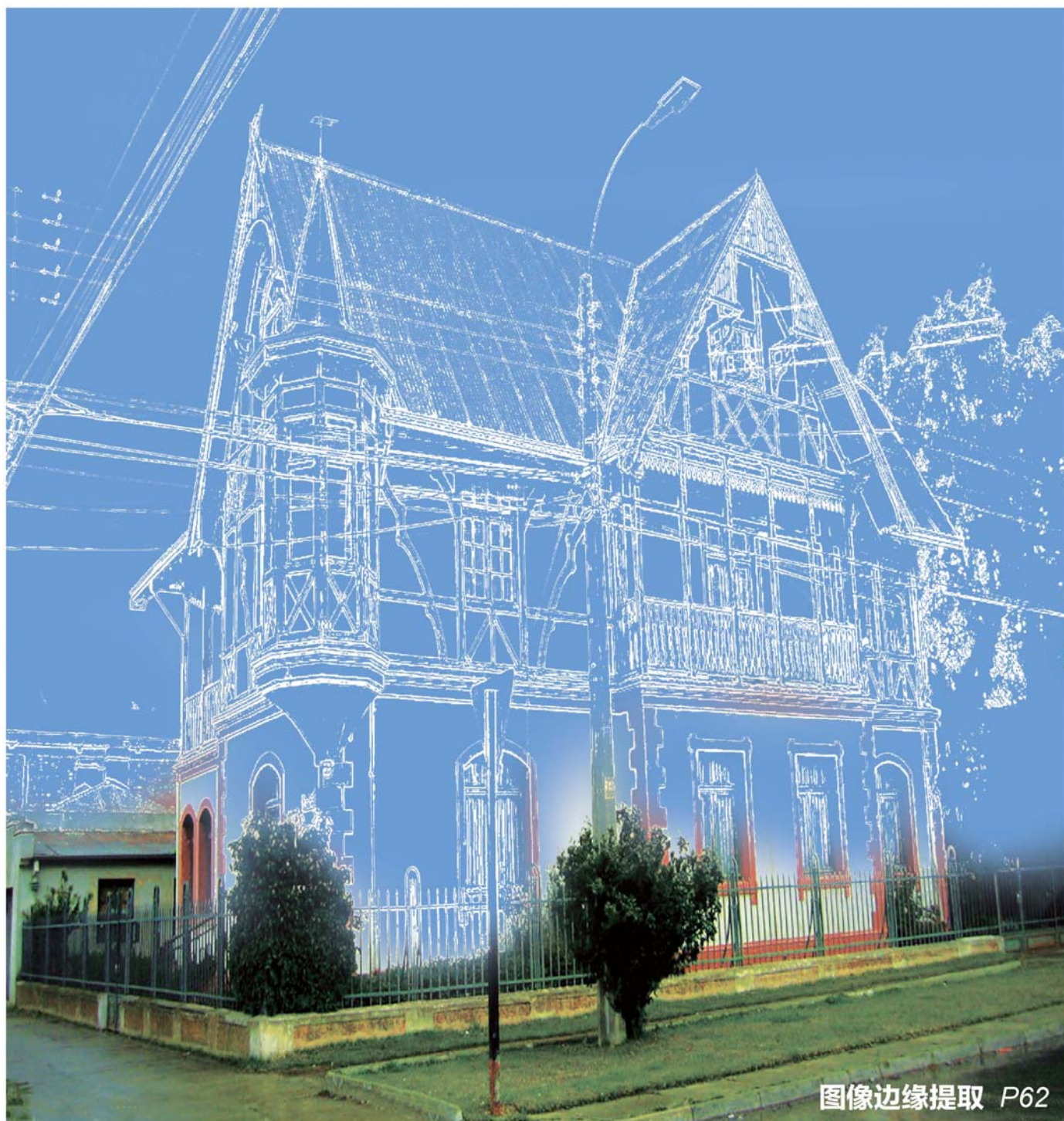
JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS

主办: 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

2014
01
VOL.19

ISSN1006-8961
CN11-3758/TB



图像边缘提取 P62



第19卷第1期（总第213期）

2014年1月16日

中国精品科技期刊
中国国际影响力优秀学术期刊
中国科技核心期刊

版权声明

凡向《中国图象图形学报》投稿，均视为同意在本刊网站及CNKI等全文数据库出版，所刊载论文已获得著作权人的授权。本刊所有图片均为非商业目的使用，所有内容，未经许可，不得转载或以其他方式使用。

Copyright

2013 all rights reserved by Journal of Image and Graphics, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS. The content (including but not limited text, photo, etc) published in this journal is for non-commercial use.

主管单位 中国科学院

主办单位 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

主 编 李小文

编辑出版《中国图象图形学报》编辑出版委员会

邮政信箱 北京9718信箱

邮 编 100101

电子信箱 jig@irsa.ac.cn

电 话 010-64807995

网 址 www.cjig.cn

广告经营许可证 京朝工商广字第0361号

总 发 行 北京报刊发行局

订 购 全国各地邮局

海外发行 中国国际图书贸易集团有限公司
(邮政信箱：北京399信箱 邮编：100048)

印刷装订 北京科信印刷有限公司

Journal of Image and Graphics

Title inscription: Song Jian

Monthly, Started in 1996

Superintended by Chinese Academy of Sciences

Sponsored by Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS
China Society of Image and Graphics

Institute of Applied Physics and Computational Mathematics

Editor-in-Chief LI Xiaowen

Editor, Publisher Editorial and Publishing Board of Journal of
Image and Graphics

P.O.Box 9718, Beijing, P.R.China

Zip code 100101

E-mail jig@irsa.ac.cn

Telephone 010-64807995

Website www.cjig.cn

Distributed by Beijing Bureau for Distribution of Newspapers and Journals

Domestic All Local Post Offices in China

Overseas China International Book Trading Corporation
(P.O.Box 399, Beijing 100048, P.R.China))

Printed by Beijing Kexin Printing Co., Ltd.

CN 11-3758/TB

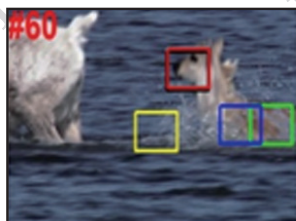
ISSN 1006-8961

CODEN ZTTXFZ

国外发行代号 M1406

国内邮发代号 82-831

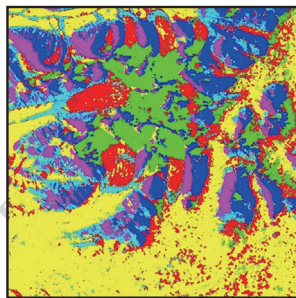
国内定价 50.00元



基于 L_2 范数最小化的实时目标跟踪(第36页)



数字地球渲染中单精度浮点数误差改正(第119页)



全极化合成孔径雷达影像地形纠正及其在雪冰制图中的应用(第150页)

图像处理和编码

图像阈值化的自适应粗糙熵方法

吴涛 0001

利用局部极值点特性的多聚焦图像快速融合

杨达, 王孝通, 徐冠雷, 吴俊波 0011

摄像机位姿的高精度快速求解

李书杰, 刘晓平 0020

整数变换实现大容量图像无损信息隐藏

邱应强 0028

图像分析和识别

基于 L_2 范数最小化的实时目标跟踪

齐美彬, 杨勋, 杨艳芳, 陆磊, 蒋建国 0036

利用七宫格的遮挡车辆凹性检测与分割

刘万军, 陈虹宇, 姚雪, 曲海成 0045

基于体素的人手结构自动估测

姚争为, 潘志庚 0054

结合高斯加权距离图的图像边缘提取

贾迪, 孟祥福, 孟琰, 董娜, 方金凤 0062

基于标定的任意半径柱面上2维条形码畸变校正

王伟, 何卫平, 郭改放, 牛晋波, 曹西征 0069

面向惯性约束聚变实验靶图像的快速椭圆检测

吴倩, 邹伟, 徐德, 张峰 0076

融合MBP和EPMOD的人脸识别

闫海婷, 王玲, 李昆明, 刘机福 0085

遮挡目标的分片跟踪处理

张彦超, 许宏丽 0092

图像理解和计算机视觉

多尺度分析的运动注意力计算

刘龙, 樊波阳 0101

多尺度空间判别性概率潜在语义分析的场景分类

季海峰, 高隽, 郑鹏, 王婧 0109

计算机图形学

数字地球渲染中单精度浮点数误差改正

李尚林, 郑利平, 张静, 杨柳青 0119

医学图像处理

小波与双边滤波的医学超声图像去噪

张聚, 王陈, 程芸 0126

Contourlet变换系数加权的医学图像融合

张鑫, 陈伟斌 0133

遥感图像处理

滑坡高分辨率遥感多维解译方法及其应用

鲁学军, 史振春, 尚伟涛, 周和颐 0141

全极化合成孔径雷达影像地形纠正及其在雪冰制图中的应用

符思涛, 李震, 田帮森 0150

结合邻域相关影像与最大相关性最小冗余性特征选择的面向对象变化检测

邹利东, 潘耀忠, 朱文泉, 周公器, 李宜展 0158

CONTENTS

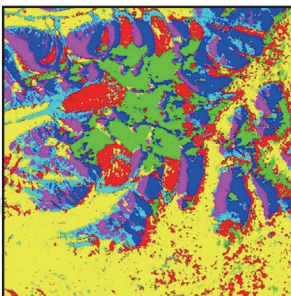
JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS



Real-time object tracking based on L_2 -norm minimization(P36)



Correction method of single-precision floating-point error for digital Earth rendering(P119)



Topographic correction of polarimetric synthetic aperture radar and its application in snow and ice mapping(P150)

Image Processing and Coding

- Adaptive rough entropy method for image thresholding 0001
Wu Tao
- Multi-focus image fusion based on properties of local extrema 0011
Yang Da, Wang Xiaotong, Xu Guanlei, Wu Junbo
- An accurate and fast algorithm for camera pose estimation 0020
Li Shujie, Liu Xiaoping
- Large capacity lossless information hiding in images using integer transform 0028
Qiu Yingqiang

Image Analysis and Recognition

- Real-time object tracking based on L_2 -norm minimization 0036
Qi Meibin, Yang Xun, Yang Yanfang, Lu Lei, Jiang Jianguo
- Detection and segmentation of occluded vehicles based on seven grids 0045
Liu Wanjun, Chen Hongyu, Yao Xue, Qu Haicheng
- Automatic calibration of hand structures based on voxel data 0054
Yao Zhengwei, Pan Zhigeng
- Image edge extraction combined with a Gaussian weighted distance graph 0062
Jia Di, Meng Xiangfu, Meng Lu, Dong Na, Fang Jinfeng
- Restoration of distorted 2D barcode marked on arbitrary radius cylinder based on calibrated camera 0069
Wang Wei, He Weiping, Guo Gaifang, Niu Jinbo, Cao Xizheng
- Fast ellipse detection for target images in ICF experiment 0076
Wu Qian, Zou Wei, Xu De, Zhang Feng
- Face recognition by fusing MBP and EPMOD 0085
Yan Haiting, Wang Ling, Li Kunming, Liu Jifu
- Fragments tracking under occluded target 0092
Zhang Yanchao, Xu Hongli

Image Understanding and Computer Vision

- Multi-scale analysis based motion attention computation 0101
Liu Long, Fan Boyang
- Scene classification based on multi-scale spatial discriminative probabilistic latent semantic analysis 0109
Ji Haifeng, Gao Jun, Zheng Peng, Wang Jing

Computer Graphics

- Correction method of single-precision floating-point error for digital Earth rendering 0119
Li Shanglin, Zheng Liping, Zhang Jing, Yang Liuqing

Medical Image Processing

- Despeckling for medical ultrasound images based on wavelet and bilateral filter 0126
Zhang Ju, Wang Chen, Cheng Yun
- Medical image fusion based on weighted Contourlet transformation coefficients 0133
Zhang Xin, Chen Weibin

Remote Sensing Image Processing

- The method and application of multi-dimension interpretation for landslides using high resolution remote sensing image 0141
Lu Xuejun, Shi Zhenchun, Shang Weitao, Zhou Heyi
- Topographic correction of polarimetric synthetic aperture radar and its application in snow and ice mapping 0150
Fu Sitao, Li Zhen, Tian Bangsen
- The object-oriented change detection based on neighborhood correlation images and the minimum-redundancy-maximum-relevance feature selection 0158
Zou Lidong, Pan Yaozhong, Zhu Wenquan, Zhou Gongqi, Li Yizhan

中图法分类号: TP911.7 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2014)01-0101-08

论文引用格式: 刘龙,樊波阳. 多尺度分析的运动注意力计算[J]. 中国图象图形学报,2014,19(1):101-108. [DOI:10.11834/jig.20140113]

多尺度分析的运动注意力计算

刘龙, 樊波阳

西安理工大学, 西安 710048

摘要: **目的** 由于光流估算的缺陷,噪声干扰以及现有运动注意力模型的局限性,导致运动注意力计算结果不能准确反映运动的显著性特征,制约了运动显著图的进一步应用。为提高运动注意力计算的准确性,提出一种基于时一空多尺度分析的运动注意力计算方法。**方法** 该方法根据视觉运动注意力来自于时一空运动反差的注意力形成机理构建运动注意力模型;通过时间尺度滤波去除噪声影响;鉴于视觉观测对尺度的依赖性,通过对视频帧的多尺度分解,在多个空间尺度进行运动注意力的计算,根据宏块像素值的相关系数大小对低尺度、中低尺度和原始尺度的运动注意力计算结果进行融合,得到最终的运动注意力显著图。**结果** 对多个视频测试序列的测试,测试结果表明,本文方法比同类方法更能真实有效地反映出视频场景中的运动显著性特征,大大提高了运动显著图的准确性。**结论** 为有效提高运动注意力计算不准确的问题,提出一种基于时一空多尺度分析的运动注意力计算方法,对于不同复杂视频运动场景,该方法能明显增强运动注意力计算的准确性,为视觉运动注意力的进一步应用奠定了良好基础。

关键词: 运动注意力;多尺度;融合;相关系数

Multi-scale analysis based motion attention computation

Liu Long, Fan Boyang

Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China

Abstract: **Objective** For the defect of optical estimation, noise and the limitations of existing motion attention model lead to the computation results of motion attention, which cannot accurately reflect the conspicuous characteristics of motion and constrain further application of motion conspicuous map. To improve the computation accuracy of motion attention, we suggest a target detection algorithm based on multi-scale motion attention analysis in this paper. **Method** According to the mechanism of visual attention, spatial-temporal motion attention model is built. Then noise influence is reduced by the time filtering. In view of the visual observation of scale dependence, the video frames are decomposed in multiple scales and the motion attention is also computed in spatial multiple scales in space. On the basis of the correlation coefficient of macro block pixel, low scale, middle scale, and the original scale, the motion attention computation results are fused to obtain the final motion attention map. **Result** The test result using different videos show the algorithm is more correct for motion attention than other algorithms and it greatly improves the accuracy of the motion attention map. **Conclusion** In order to improve the inaccurate computation of motion attention, we propose a motion attention computation algorithm based on spatio-temporal multi-scale analysis. For different complex motion video scenes, the proposed algorithm can obviously enhance the computation accuracy of motion attention and lay a good foundation for the further application of visual motion attention.

Key words: motion attention; multi-scale; fusion; correlation coefficient

收稿日期:2013-05-28;修回日期:2013-07-12

基金项目:国家自然科学基金项目(61001140);陕西省教育厅产业化培育项目(2012JC19);西安市技术转移促进工程重大项目(CX12166)

第一作者简介:刘龙(1976—),男,副教授,2005年于西安交通大学获信息与通信工程专业博士学位,主要研究方向为智能信息技术与嵌入式系统。E-mail:Liulong@xaut.edu.cn

0 引言

视觉注意力是灵长类动物具备的共同属性,指导大脑对外界早期信息的处理,确定引起不同等级关注度的区域的划分,并对感兴趣的区域赋予优先处理权。近些年,如何通过数学建模构建出类似动物的视觉注意力模型成为视觉研究领域的关注焦点之一,其研究成果对于目标捕获、目标分割等机器视觉技术的发展具有积极意义。

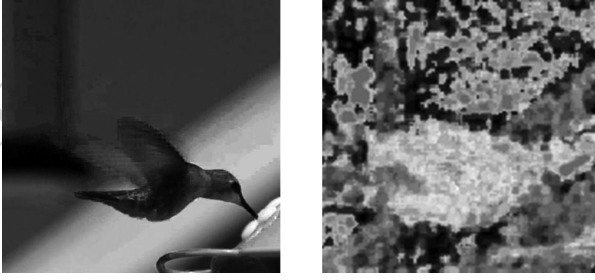
视觉注意力与图像内容无关,取决于构成图像的元素自身引起的视觉反差,反差越大的区域就越容易吸引视觉系统的注意。20世纪80年代Marr^[1]第1次提出了完整的视觉计算理论,视觉注意力的第1个模型是Koch^[2]提出的,该模型对Marr的理论不足之处进行了补充,但也是只体现在理论研究上。2002年,Itti等人^[3-4]首次提出了注意力区域的概念,这一概念首次引入了人类视觉对图像观察本身的特性,它先对输入的图像进行线性滤波,提取出亮度、颜色和方向这些低层次的图像特征,然后通过高斯金字塔和一个叫做Center-surround的算子进行局部视觉反差的计算,反差大的区域就代表容易吸引视觉注意力的区域,此后再对不同尺度不同特征下的反差计算结构进行融合,最终得到综合的视觉显著图。Fang等人^[5]提出了一个新的视觉计算模型,该模型为了检测场景中的人造目标将自上而下和自下而上的机制结合起来,可以在自然场景中确定显著对象的位置。Chi等人^[6]提出了一个基于视频自动决定感兴趣区域的视觉节奏分析的注意力模型,该模型能利用较低的计算复杂度准确地提取感兴趣的区域为实时应用。Yu等人^[7]提出了一种基于实时聚类的感兴趣区域的提取方案,该方案的优点是在对象层检测视觉注意力区域,填补了传统的视觉注意力区域和高层语义之间的沟壑,有效且容易实现。Gu等人^[8]针对当前注意力模型结构场景中产生的注意力区域不稳定的固有缺点,提出了一个通过时间校正的方法以产生稳定的注意区域方法。Lee等人^[9]提出了一种采用低级(颜色、定位、运动)和高级特征通过机器学习从视频信号中预测视觉注意力的计算方案。Wang等人^[10]提出了一个基于视觉注意力在已知的背景形式下的目标快速搜索策略,该策略能有效地提高目标快速搜索算法。Ozkei等人^[11]提出的一个基于粒子滤波器的新颖的

视觉注意力模型,具有独立高级过程的精简模型,是一个使自上而下的注意机制和自下而上的过程自然结合的单一模型,这些特征使该模型能够很好地应用于机器人里。Hillaire等人^[12]研究一种新的视觉注意力模型的设计和应用,该模型模拟了人大脑的视觉反应和认知过程能在不用其他系统的情况下自动追踪出用户凝视的位置,实验结果表明了该系统的准确性。

目前,注意力研究主要着重于对亮度、颜色以及朝向等信息的处理,随着视觉注意力研究的深入,视觉运动注意力逐步受到重视。运动注意力是指视频场景中由运动所引起的注意力显著图,根据注意力形成机制,运动注意力是由场景中运动因素之间形成的运动反差所引起。Guironnet等人^[13]将静态注意力和动态注意力融合,并在时间上对显著图进行滤波处理,最终获取注意力区域。Ma^[14]根据从MPEG码流中解压所得到的运动矢量场的运动矢量能量、空间相关性和时间相关性综合定义了运动注意力模型,通过该模型可以得到运动显著性区域,应用于视频检索。Yu等人^[15]对静止图像的注意力区域计算进行了区域分级处理,使注意力区域逐渐逼近目标对象区域,建立了数据驱动机理的视觉注意力和视觉高层语义之间的关系。Han^[16]将注意力分为静态注意力和动态注意力两种,静态注意力主要由图像的亮度、颜色等信息引起,动态注意力是在全局运动补偿的基础上计算区域的变化像素的比例进行定义的。

上述诸多研究都涉及了运动注意力,但仍存在以下不足之处:1)运动注意力模型未考虑到运动矢量局部时空分布的反差,不符合注意力形成机理;2)视频信号噪声会影响到运动注意力计算的质量;3)光流估算在时空亮度分布不可微,因此运动矢量估计结果有时是不准确的,造成运动注意力计算准确性下降。图1显示了文献[8]中的运动注意力计算方法的结果。

综上所述,提出一种基于多尺度分析的运动注意力计算方法,该计算方法根据注意力形成机理定义了运动注意力模型;通过在时间维度上进行尺度滤波处理去除噪声影响,并依据图像纹理的变化将多个空间尺度上的运动注意力进行多尺度融合,获得最终的运动注意力显著图。该方法克服了现有运动注意力计算方法的不足,能更加真实地计算视频场景中的运动显著性特征。



(a) “蜂鸟”原始帧 (b) 运动注意力显著图

图1 文献[8]的运动注意力计算结果

Fig. 1 Motion attention result of reference [8]

1 运动注意力模型

根据运动注意力形成的机理,其在运动矢量场中表现为运动矢量时一空分布的不一致性,运动矢量在时一空上的变化反差强烈程度越小,引起注意的因素越低;反之程度越大,引起注意的因素越高,下面探讨以注意力形成机理为基础,构建运动注意力模型的方法。

1.1 运动注意力的定义

在时间维度上,邻域内定义运动矢量差值描述时间注意力因子,定义 $V_{k,i,j}$ 的时间注意力因子为

$$A_{k,i,j}^t = |\Delta V| = |V_{k,i,j} - V_{k-1,i,j}| \quad (1)$$

式中, $V_{k,i,j}$ 和 $V_{k-1,i,j}$ 分别代表在 k 帧和 $k-1$ 帧中坐标位置为 (i,j) 的运动矢量。

在空间维度上,注意力由两部分构成,一方面采用运动矢量空间邻域内的运动矢量均值与该运动矢量的差值来描述局部注意力程度,另一方面,对当前运动场的所有运动矢量进行高斯建模,采用运动矢量的熵衡量其在整个运动场的注意力程度。具体定义如下:假定 $B_{k,i,j}$ 是 k 帧中坐标为 (i,j) 的宏块, i 和 j 分别表示宏块的横纵坐标; $A_{k,i,j}$ 表示包含宏块 $B_{k,i,j}$ 及其相邻宏块的集合,那么定义 $V_{k,i,j}$ 的空间注意力因子为

$$A_{k,i,j}^s = a |V_{k,i,j} - u_{k,i,j}| + b P \log \frac{1}{P} \quad (2)$$

式中, a, b 是系数, $V_{k,i,j}$ 分别代表在 k 帧中坐标位置

为 (i,j) 的运动矢量,其中 $u_{k,i,j} = \frac{\sum_{\{i,j\}} V_{k,i,j}}{n}$, P 为当前运动场矢量估算的正态高斯概率函数,其表达式为 $P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{v-\hat{u}}{\hat{\delta}}\right)^2\right]$, $\hat{u}$ 和 $\hat{\delta}$ 由无偏估

计决定, $\hat{u} = \frac{1}{N} \sum V_k$, $\hat{\delta} = \frac{1}{N-1} \sum (V_k - \bar{V}_k)$ 。

1.2 时一空融合运动注意力

由于运动注意力包含时间和空间两方面的因素,因此运动注意力模型的构建需要考虑时间注意力与空间注意力两方面的信息融合,首先定义运动注意力模型为时间和空间注意力因子的线性融合模型,线性组合为

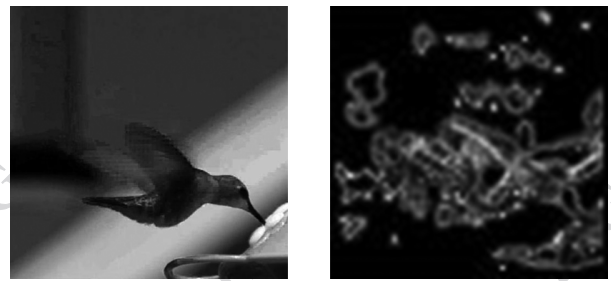
$$A_{k,i,j} = \alpha A_{k,i,j}^t + \beta A_{k,i,j}^s \quad (3)$$

式中, α, β 为正值的系数。

如式(3)所示,线性运算具备了简洁和高效的模型构成,但从时间和空间对注意力影响的角度看,其不足以合理反映出时间与空间注意力的影响对比的变化。本文认为时间和空间注意力在不同时刻对注意力的影响偏重是不同的,这取决于这两方面运动反差大小的变化,因此在运动注意力模型中,应加入对注意力的影响力变化的部分,这样才能真正有效反映客观变化,因此运动注意力融合公式变为

$$\begin{aligned} \bar{A}_{k,i,j} = & A_{k,i,j} + \frac{1}{2} \delta \max(A_{k,i,j}^t, A_{k,i,j}^s) \sigma = \\ & \alpha A_{k,i,j}^t + \beta A_{k,i,j}^s + \\ & \frac{1}{2} \delta \max(A_{k,i,j}^t, A_{k,i,j}^s) |A_{k,i,j}^t - A_{k,i,j}^s| \end{aligned} \quad (4)$$

式中, δ 为正值。式(4)3项中的最后一项代表时一空对注意力影响的偏置,其反映了时间和空间注意力中影响力变化时,较大者对注意力的整体影响,图2显示了视频序列“蜂鸟”的注意力计算结果。



(a) “蜂鸟”原始帧 (b) 运动注意力显著图

图2 运动注意力计算结果

Fig. 2 Motion attention result

2 基于多尺度分析的运动注意力计算

光流估算结果不准确以及噪声干扰会导致运动注意力计算不准确,如图2中的运动注意力的计算

结果不能真实反映运动显著性。本节探讨通过时间多尺度滤波、空间多尺度融合等处理方法获取更为准确运动注意力的计算方法,图3为多尺度分析框架,首先采用小波分解进行空间多尺度分解,然后在不同尺度空间进行光流估算,并采用时间多尺度滤波去除噪声干扰,根据式(4)计算运动注意力,最后将不同空间尺度的运动注意力进行融合得到运动注意力计算结果。

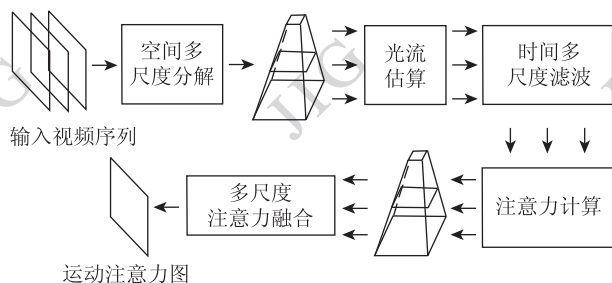


图3 多尺度分析框架

Fig. 3 The framework of multi-scale analysis

2.1 空间多尺度分解

采用 Mallat 提出多分辨率分析理论,将图像帧在空间上进行多分辨率分解,在不同尺度空间中进行运动估计,得到不同尺度下的运动估计结果。选用具有紧支集的正交小波基来构造滤波器,把一幅图像按照 Mallat 金字塔算法分解为相应多种尺度的小波系数矩阵,由于图像帧进行多尺度分解后,生成不同尺度下的低频图像,在每个级别的低频尺度空间 $W_{LL}^n(x, y)$ 上作运动估计,得到不同尺度下的运动矢量场 F_{MV}^n 。为去除噪声干扰,不同尺度下的运动矢量场采用中值滤波进行处理,即对于每一个非零运动矢量,用相邻的运动矢量中值代替其值,图4显示了不同空间尺度滤波下运动矢量场估计结果。

2.2 时间多尺度滤波

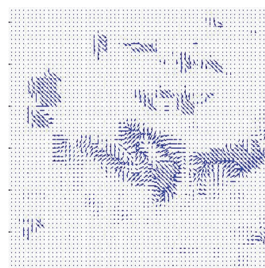
在时间维度上,对运动矢量场进行时间尺度分解,在时间尺度上的分解起到滤波平滑的作用,可以减少噪声影响。定义时间多尺度滤波如下:假设给定运动矢量场时间序列 $F_{MV}(v, t)$, v 指 t 时刻运动矢量场中的运动矢量,那么低通滤波后的运动矢量场 $ML_i(v, t)$ 为

$$ML_i(v, t) = \xi_i ML_i(v, t-1) + (1 - \xi_i) F_{MV}(v, t) \quad (5)$$

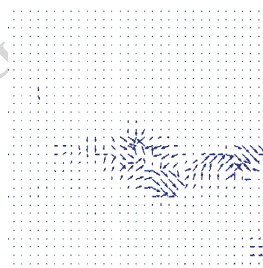
式中, $t > 0$, $ML_i(v, 0) = M_v$, M_v 为初始化系数。滤波系数 $\xi_i \in [0, 1]$ 决定了当前运动场在滤波后所占的程度大小,运动场的滤波效果取决于 ξ_i 系数的大



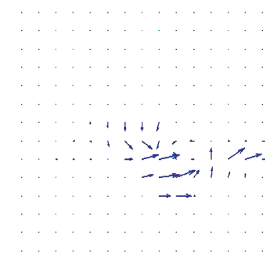
(a) “蜂鸟”原始帧



(b) 原始运动矢量场



(c) 次低尺度运动矢量场



(d) 低尺度运动矢量场

图4 空间多尺度运动矢量场

Fig. 4 Spatial multi-scale motion vector field

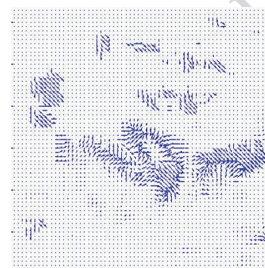
小。 ξ_i 的取值需要考虑运动场的时间频率和所需的时间尺度。式(5)可变形为

$$ML_i(v, t) = (1 - \xi_i) \times \sum_{j=1}^t \xi_i^{t-j} F_{MV}(v, t) + \xi_i^t M_v \quad (6)$$

图5显示了在时间轴上的多尺度滤波的运动矢量场结果。



(a) “蜂鸟”原始帧



(b) 原始运动矢量场

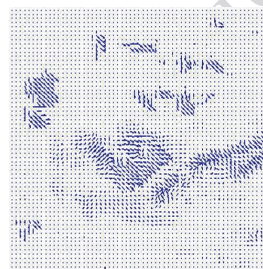
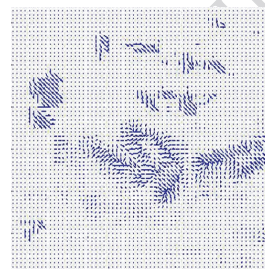
(c) $\xi=0.4$ 时间尺度运动矢量场(d) $\xi=0.7$ 时间尺度运动矢量场

图5 时间运动场多尺度分解

Fig. 5 Temporal multi-scale decomposition of motion vector field

2.3 空间多尺度融合

视觉观测对于空间尺度有一定的依赖关系,在不同观测尺度中,运动注意力的计算准确性具有一定的互补性,通过空间尺度的融合可以进一步消除光流估计带来的运动注意力误差。在低尺度空间,运动矢量的估计较准确,但不能体现运动细节;在高尺度空间,运动矢量的估计受光流估算局限性的影响,在像素梯度不明显的区域容易产生估计误差。

采用共生矩阵的相关系数衡量共生矩阵中元素在行或列方向上的分布,并作为运动注意力计算尺度的依据,其定义如下:设 f 为大小为 $m \times n$ 的图像块,相关系数 Cor 为

$$Cor = \frac{\sum_{i,j=0}^{N_g-1} P_{i,j} \left[\frac{(i - u_i)(j - u_j)}{\delta_i^2 \delta_j^2} \right]}{\sum_{i,j=0}^{N_g-1} P_{i,j}} \quad (7)$$

$$u_i = \sum_{i,j=0}^{N_g-1} iP_{i,j}$$

$$u_j = \sum_{i,j=0}^{N_g-1} jP_{i,j}$$

$$\delta_i^2 = \sum_{i,j=0}^{N_g-1} P_{i,j} (i - u_i)^2$$

$$\delta_j^2 = \sum_{i,j=0}^{N_g-1} P_{i,j} (j - u_j)^2$$

运动注意力融合过程采用三级融合,首先将图像分解为原始尺度层、中低级尺度层和低级尺度层3个尺度级别,当前像素块共生矩阵的相关性系数大于一定阈值,则采用更高尺度层计算运

动注意力,当共生矩阵相关系数偏小时,则选择更高尺度空间相对应的区域的运动注意力计算结果,如图6所示。

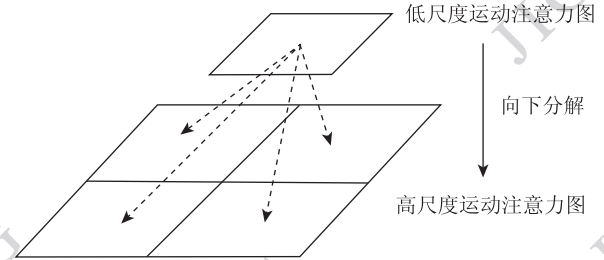


图6 运动注意力的尺度调节

Fig. 6 Motion attention multi-scale decomposition

多尺度融合流程如图7所示,采用自顶向下的融合过程。首先计算 K 尺度层的某像素块 B^k 的运动注意力 $A(B^k)$,并计算该像素块的相关系数 Cor ,然后与阈值 T (一般取 $0.3 \sim 0.5$) 作比较;若 $Cor(B_{i,j}^k) < T$,则 $K-1$ 的尺度4个像素块 B_1^{k-1} 、 B_2^{k-1} 、 B_3^{k-1} 和 B_4^{k-1} 的运动注意力则取值 $A(B^k)$;否则,分别再次计算 $K-1$ 尺度层4个像素块 B_1^{k-1} 、 B_2^{k-1} 、 B_3^{k-1} 和 B_4^{k-1} 的运动注意力 $A(B_1^{k-1})$ 、 $A(B_2^{k-1})$ 、 $A(B_3^{k-1})$ 和 $A(B_4^{k-1})$,并计算相应的相关系数 $Cor(B_1^{k-1})$ 、 $Cor(B_2^{k-1})$ 、 $Cor(B_3^{k-1})$ 和 $Cor(B_4^{k-1})$,然后与阈值 T 作比较,进行下一尺度的注意力计算,直到原始尺度的运动注意力计算完毕。图8显示了按照上述自顶向下多尺度融合注意力显著图计算结果。

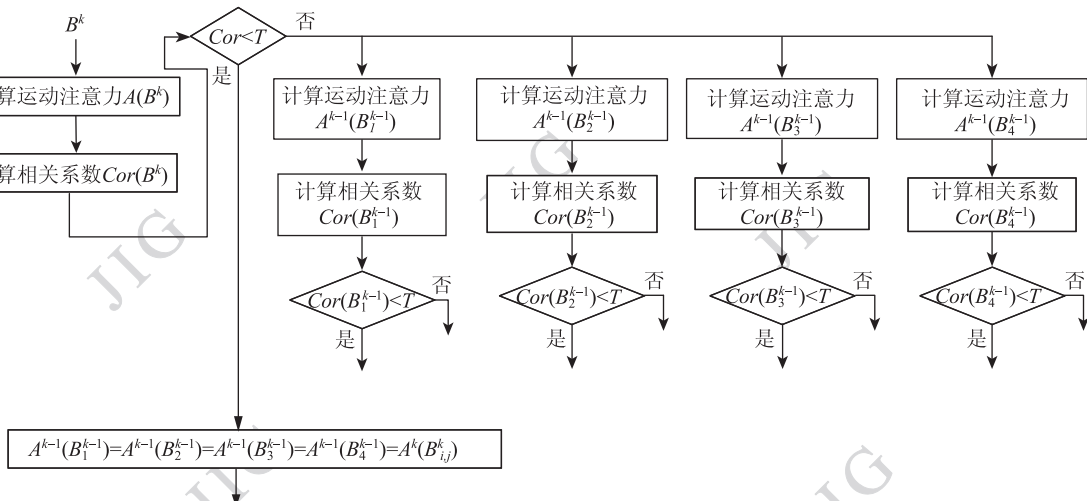


图7 空间多尺度运动注意力融合流程

Fig. 7 Spatial multi-scale motion attention fusion flow diagram

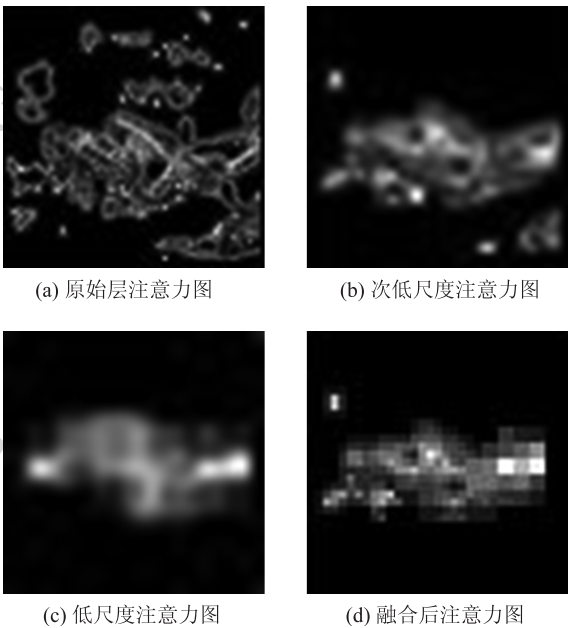


图8 空间多尺度注意力融合

Fig. 8 Spatial multi-scale motion attention fusion

3 实验分析

测试实验采用台湾顶级信息图片有限公司提供的高清全局运动场景视频数据,其分辨率为 $1\,920 \times 1\,080$ (说明:在实验中考虑多尺度分解操作方便,将分辨率裁剪至 $1\,024 \times 1\,024$)。实验在 Dell Core 2.0 GHz、1 GB RAM 的计算机上完成,编程环境为 Matlab2010。在实验分析中,采用文献[8]运动注意力模型(MA)算法和文献[10]全局运动补偿和视觉注意力混合的目标分割(GMC-VA)算法与本文多尺度运动注意力融合的(MSMAF)算法作对比,着重分析其运动注意力的计算效果,MSMAF 方法的参数配置如表 1 所示。

表 1 MSMAF 方法的参数配置

Table 1 Parameter configuration of MSMAF

	时间滤波参数	空间滤波参数	注意力模型参数
参数配置	$\xi = 0.5$	中值滤波器	$\alpha = \beta = 1$ $\delta = 0.5$

采用 8 种全局运动场景序列,对每种测试序列分别采用 10 个时间点帧进行测试。下面,对 8 种序列的动态特性进行介绍:

1)“蜂鸟-1”序列 目标激烈运动,背景有较强的明暗变化,蜂鸟的头部在不停啃食桌面食物,翅膀高速煽动,镜头随蜂鸟位置变化轻微移动;

2)“蜂鸟-2”序列 目标激烈运动,背景明暗变化不大,纹理起伏较为平坦,蜂鸟整体向左右晃动,翅膀高速煽动,镜头随蜂鸟位置变化移动;

3)“豹子”序列 目标缓慢运动,背景为纹理相关性较大的黄色草地,豹子向左移动,镜头缓慢移动;

4)“飞行器”序列 目标在空中高速滑动,背景为地面远景物体,纹理复杂,飞行器向图像上方运动,镜头随飞行器移动;

5)“马”序列 目标激烈运动,背景为树木和草地,纹理变化平坦,马向图像左侧奔跑,镜头快速向左侧移动;

6)“游船”序列 目标缓慢运动,背景复杂,有天空、桥梁和汽车等,游船缓慢向右侧运动,镜头随游船移动;

7)“女孩”序列 目标平缓移动,背景有强烈日照,女孩向左侧运动,镜头向右侧移动;

8)“斗牛士”序列 目标不规则的激烈运动,背景为围栏和土地等,纹理有一定起伏变化,镜头随目标快速移动。

从图 9 所显示的测试结果显示 GMC-VA 算法和 MA 算法在运动显著性的计算结果方面不如 MSMAF 算法的效果好。在全局运动强烈,或背景复杂时,GMC-VA 算法融合了全局运动补偿和静态注意力,相对 MA 算法有更好的效果,但是对于运动目标的检测在有些情况下效果较差,如“蜂鸟-1”、“飞行器”、“游船”、“女孩”和“斗牛士”都不能准确定位目标区域;MA 算法不能正确计算全局运动场景的运动显著性。上述算法主要受到以下两方面因素的影响:1)全局运动估计不准确导致目标检测效果不理想;2)噪声干扰和光流估算的错误导致运动注意力计算不准确。实验结果显示,本文 MSMAF 算法通过对运动注意力模型的合理定义以及空间多尺度的融合,能够较准确地计算运动显著性特征。

4 结 论

基于时一空多尺度分析的运动注意力计算方法根据注意力形成机制构建了运动注意力模型;然后通过时间多尺度滤波减少噪声影响,并对运动注意力进行空间多尺度融合,得到最终的运动注意力计算结果。对多个高清视频序列的测试结果表明,针对不同运动特点的视频序列,该方法能够更加真实准确地计算出运动显著性特征。由于本文运动注意

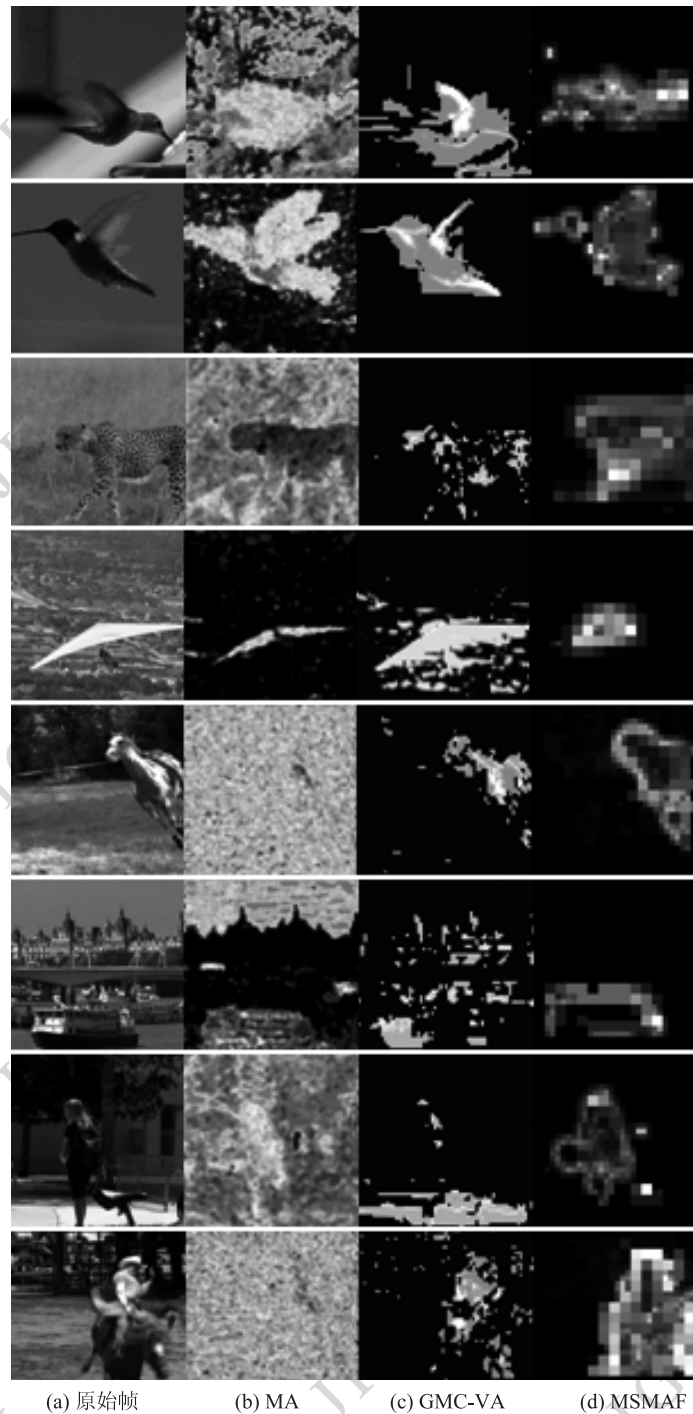


图9 实验结果

Fig. 9 Experimental results

力的计算属于自底向上数据驱动的计算过程,今后的研究将重点考虑其与自顶向下任务驱动过程相结合,计算运动注意力显著性。

参考文献 (References)

[1] Marr D. Vision: A Computational Investigation into the Human

Resentation and Processing of Vision Information[M]. San Francisco, CA: W. H. Freeman, 1982.

[2] Koch C, Ullman S. Shift in selective visual attention; towards the underlying neural circuitry [J]. Human Neurobiology, 1985, 4(4):219-227.

[3] Itti L, Koch C, Niebur E. A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis [J]. IEEE Transactions on PAMI, 1998, 20(11):1254-1259. [DOI: 10.1109/34.730558]

- [4] Itti L, Koch C. Computational modeling of visual attention [J]. *Nature Reviews Neuroscience*, 2001, 2(3) : 194-203.
- [5] Fang Y M, Lin W S, Lau C T, et al. A visual attention model combining top-Down and bottom-up mechanisms for salient object detection [C]//*Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*. Prague, IEEE, 2011: 1293-1296. [DOI: 10.1109/ICASSP.2011.5946648]
- [6] Chi M C, Yeh C H, Chen M J. Robust region-of-interest determination based on user attention model through visual rhythm analysis [J]. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2009, 19(7) : 1025-1038. [DOI: 10.1109/TCSVT.2009.2022822]
- [7] Yu Z W, Wong H S. A rule based technique for extraction of visual attention regions based on real-time clustering [J]. *IEEE Transactions On Multimedia*, 2007, 9(4) : 766-784. [DOI: 10.1109/TMM.2007.893351]
- [8] Gu X D, Chen Z B, Chen Q Q. Refinement of extracted visual attention areas in video sequences [C]//*Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing*. Dallas, TX: IEEE 2010: 966-969. [DOI: 10.1109/ICASSP.2010.5495300]
- [9] Lee W F, Huang T H, Yeh S L, et al. Learning-based prediction of visual attention for video signals [J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2011, 20(11) : 3028-3038. [DOI: 10.1109/TIP.2011.2144610]
- [10] Wang H, Liu G, Dang Y Y. The target quick searching strategy based on visual attention [C]//*Proceedings of International Conference on Computer Science and Electronics Engineering*. Hang Zhou: IEEE 2012, 3: 460-462. [DOI: 10.1109/ICCSEE.2012.442]
- [11] Ozeki M, Kashiwagi Y, Inoue M, et al. Top-down visual attention control based on a particle filter for human-interactive robots [C]//*Proceedings of the 4th International Conference on Human System Interactions*. Yokohama, Japan: IEEE 2011: 188-194. [DOI: 10.1109/HSI.2011.5937365]
- [12] Hillaire S, Lecuyer A, Regia-Corte T, et al. Design and application of real-time visual attention model for the exploration of 3D virtual environments [J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2012, 18(3) : 356-368. [DOI: 10.1109/TVCG.2011.154]
- [13] Guirounet M, Guyader N, Pellerin D, et al. Spatio-temporal attention model for video content analysis [C]//*Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing*. Washington: IEEE, 2005, 3: 1156-9. [DOI: 10.1109/ICIP.2005.1530602]
- [14] Ma Y F, Hua X S, Lu L. A generic framework of user attention model and its application in video summarization [J]. *IEEE Transactions on Multimedia*, 2005, 7(5) : 907-919. [DOI: 10.1109/TMM.2005.854410]
- [15] Yu Z W, Wong H S. A rule based technique for extraction of visual attention regions based on real-time clustering [J]. *IEEE Transactions on Multimedia*, 2007, 9(4) : 766-784. [DOI: 10.1109/TMM.2007.893351]
- [16] Han J W. Object segmentation from consumer video: a unified framework based on visual attention [J]. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 2009, 55(3) : 1597-1605. [DOI: 10.1109/TCE.2009.5278032]