

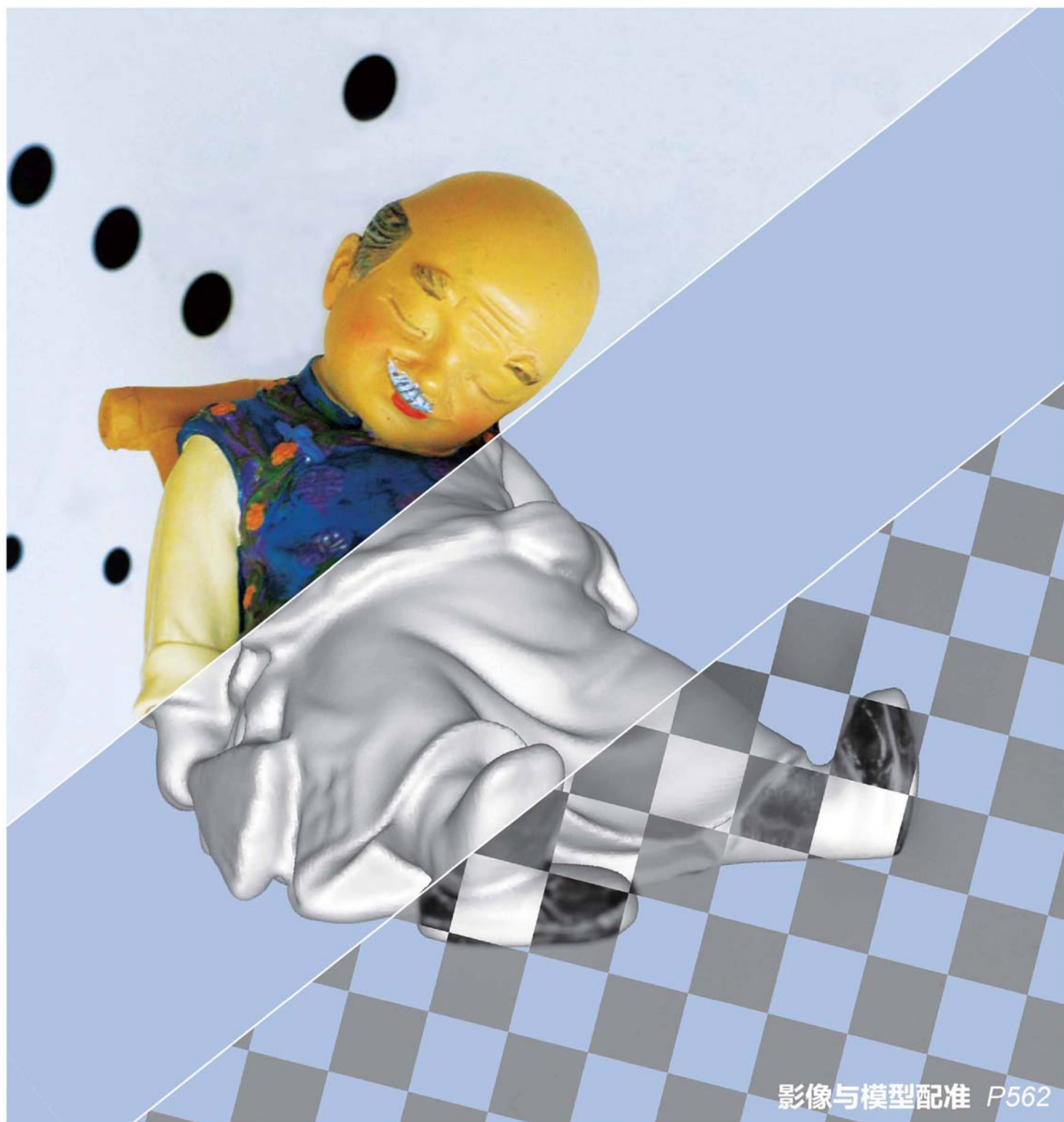


主办: 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

2014
04
VOL.19

ISSN1006-8961
CN11-3758/TB



影像与模型配准 P562



第19卷第4期（总第216期）

2014年4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

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

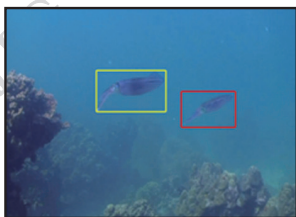
国外发行代号 M1406

国内邮发代号 82-831

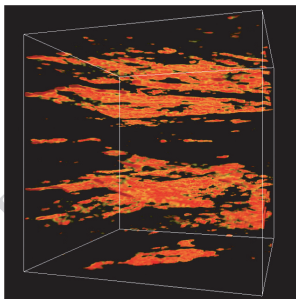
国内定价 50.00元



面泊松融合结合色彩变换的无缝纹理辐射处理(第512页)



融合视觉深度的特征计算与水下目标跟踪(第534页)



针对全空子数据体的GPU体绘制(第577页)

图像处理和编码

- 梯度矢量扩散控制实现边缘保持的彩色图像去噪
贾迪, 孟祥福, 张一飞, 董娜, 李思慧 0493
- 联合矩阵F范数的低秩图像去噪
刘新艳, 马杰, 张小美, 胡钊政 0502
- 面泊松融合结合色彩变换的无缝纹理辐射处理
周漾, 郑顺义, 黄荣永, 马电 0512
- 改进的局部方向模式纹理表示方法
刘海军, 常东超, 张凌宇 0520
- 图像插值空间大容量可逆数字水印算法
王继军 0527

图像分析和识别

- 融合视觉深度的特征计算与水下目标跟踪
王慧斌, 程勇, 陈哲 0534
- 融合颜色属性和空间信息的显著性物体检测
徐丹, 唐振民, 徐威 0541
- 采用人工鱼群的改进广义Hough变换目标定位
李志, 谢强 0549
- 非规则弯曲形变的不变量表示
李国祥, 夏国恩 0556

图像理解和计算机视觉

- 小物体3维重建中影像与几何模型的配准
郑顺义, 王晓南 0562
- 像素聚类改进二进制描述子鲁棒性
惠国保, 李东波 0569

计算机图形学

- 针对全空子数据体的GPU体绘制
李国和, 段忠祥, 吴卫江, 洪云峰, 刘智渊, 程远 0577

医学图像处理

- 基于无损水印的医学图像篡改检测和质量恢复
邓小鸿, 陈志刚, 毛伊敏 0583

遥感图像处理

- 特征点和不变矩结合的遥感图像飞机目标识别
曾接贤, 付俊, 符祥 0592
- 结合稀疏识别的自适应Wallis滤波在高分辨率影像控制点匹配中的应用
耿蕾蕾, 孙权森, 纪则轩, 刘佑鑫, 袁凯 0603

第9届和谐人机环境联合学术会议专栏

- 局部特征点的3维模型变换域水印算法
张建明, 周小梅, 王新宇, 詹永照 0613
- 足球视频搜索引擎中的用户偏好挖掘
胡雨成, 于俊清, 黄贤强, 何云峰, 管涛 0622
- 随机亮度差量化的二进制特征描述
庄东晔, 张冬明, 张勇东, 李锦涛 0630
- L_1 优化在网格去噪中的应用
王鹏, 王胜法, 曹俊杰, 李楠楠, 李波, 苏志勋 0637
- 多视点视频双向实时转码技术的设计与实现
孙立峰, 蔡飞飞, 杨士强 0645

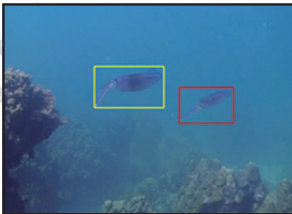
- 第五届数字地球高峰论坛征文通知 封三

CONTENTS

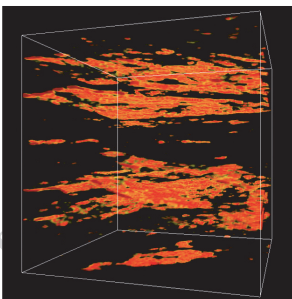
JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS



Face-wise Poisson blending with color transfer in seamless texturing(P512)



Visual depth based feature calculation and underwater target tracking(P534)



GPU-based volume rendering for full-empty subdata blocks(P577)

Image Processing and Coding

Edge preserving denoising of color image through controlling the gradient vector Jia Di, Meng Xiangfu, Zhang Yifei, Dong Na, Li Sihui	0493
Image denoising of low-rank matrix recovery via joint Frobenius norm Liu Xinyan, Ma Jie, Zhang Xiaomei, Hu Zhaozheng	0502
Face-wise Poisson blending with color transfer in seamless texturing Zhou Yang, Zheng Shunyi, Huang Rongyong, Ma Dian	0512
Improved local directional pattern texture descriptor Liu Haijun, Chang Dongchao, Zhang Lingyu	0520
High capacity reversible watermarking for image interpolation space Wang Jijun	0527

Image Analysis and Recognition

Visual depth based feature calculation and underwater target tracking Wang Huibin, Cheng Yong, Chen Zhe	0534
Combining color names with spatial information for salient object detection Xu Dan, Tang Zhenmin, Xu Wei	0541
Improved generalized Hough transform using artificial fish swarm algorithm in target location Li Zhi, Xie Qiang	0549
The global descriptor for bending non-rigid shapes Li Guoxiang, Xia Guoen	0556

Image Understanding and Computer Vision

Images and geometric model registration in 3D reconstruction of small objects Zheng Shunyi, Wang Xiaohan	0562
Robust descriptor structured by pixel clustering Hui Guobao, Li Dongbo	0569

Computer Graphics

GPU-based volume rendering for full-empty subdata blocks Li Guohe, Duan Zhongxiang, Wu Weijiang, Hong Yunfeng, Liu Zhiyuan, Chen Yuan	0577
--	------

Medical Image Processing

Lossless watermarking algorithm for medical image's tamper detection and recovery with high quality Deng Xiaohong, Chen Zhigang, Mao Yimin	0583
---	------

Remote Sensing Image Processing

Aircraft target recognition in remote sensing images based on distribution of the feature points and invariant moments Zeng Jiexian, Fu Jun, Fu Xiang	0592
Adaptive enhancement via sparse recognition for automatic control point extraction in high-resolution images Geng Leilei, Sun Quansen, Ji Zexuan, Liu Jixin, Yuan Kai	0603

Special Issue on HHME 2013

Transform domain watermarking scheme of 3D models based on local feature points Zhang Jianming, Zhou Xiaomei, Wang Xinyu, Zhan Yongzhao	0613
User preference mining for soccer video search engine Hu Yucheng, Yu Junqing, Huang Xianqiang, He Yunfeng, Guan Tao	0622
Novel binary feature from intensity difference quantization Zhuang Dongye, Zhang Dongming, Zhang Yongdong, Li Jintao	0630
The application of l_1 -optimization in mesh denoising Wang Peng, Wang Shengfa, Cao Junjie, Li Nannan, Li Bo, Su Zhixun	0637
The design and implementation of real time MVC transcoding Sun Lifeng, Cai Feifei, Yang Shiqiang	0645

中图法分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2014)04-0534-07

论文引用格式: 王慧斌,程勇,陈哲. 融合视觉深度的特征计算与水下目标跟踪[J]. 中国图象图形学报,2014,19(4):534-540. [DOI: 10.11834/jig.20140406]

融合视觉深度的特征计算与水下目标跟踪

王慧斌,程勇,陈哲

河海大学计算机与信息学院,南京 211100

摘要:目的 受水下复杂光学环境以及水下运动目标特性影响,水下视频图像中难以获取准确的目标特征,也难以准确预测目标空间尺寸,使得目标跟踪过程中跟踪窗偏移量较大且无法准确地包络目标区域。提出一种新的以视觉深度信息为核心的目标特征计算和跟踪方法。方法 首先,基于暗原色先验计算视觉深度信息,提取目标的空间位置特征;然后,基于深度信息对水下图像进行去光幕及色彩恢复,增强图像目标特征;最后,在贝叶斯滤波框架下对水下目标进行跟踪,同时结合目标深度信息及尺度变化规律自适应调整跟踪窗口大小。结果 实验结果表明,本文方法能够根据视觉深度信息准确计算目标特征并优化跟踪窗口,实现对水下目标的自适应跟踪。结论 本文提出了一种新的水下目标跟踪方法,以视觉深度信息计算为核心。实验结果验证了该方法在水下目标自适应跟踪方面的鲁棒性,可适用于各种非线性非高斯水下目标跟踪框架中。

关键词: 水下目标跟踪;视觉深度信息;特征计算;贝叶斯滤波

Visual depth based feature calculation and underwater target tracking

Wang Huibin, Cheng Yong, Chen Zhe

College of Computer Science and Information, Hohai University, Nanjing 211100, China

Abstract: **Objective** Because of the complicated optical environment underwater and the moving target characteristics, it is difficult to extract target features and predict target sizes precisely in underwater videos. Thus, tracking window offsets become bigger and cannot envelop the target area accurately during the target tracking process. A novel approach of visual depth based target feature calculation and target tracking is therefore presented. **Method** First, visual depth information is calculated by dark channel prior, thus the target's spatial position feature is extracted. Second, dehazing and color restoration of the underwater image is applied based on the depth information and the target's feature will be enhanced. At last, an underwater target is tracked under the Bayesian filter framework. Meanwhile, the target window size is adaptively adjusted based on the target's spatial position feature. **Result** Experimental results show that the proposed algorithm can calculate target features and optimize tracking windows based on the visual depth. Thus, objects can be tracked adaptively. **Conclusion** This paper presents a new underwater targets tracking method based on the calculation of visual depth information. Experimental results validate its robustness in underwater target adaptive tracking. Furthermore, it can be used in various nonlinear non-Gaussian underwater target-tracking frameworks.

Key words: underwater target tracking; visual depth information; feature calculation; Bayesian filter

收稿日期:2013-08-14;修回日期:2013-11-04

基金项目:国家自然科学基金项目(61263029)

第一作者简介:王慧斌(1967—),男,教授,2003年于中国矿业大学获工学博士学位,主要研究方向为多传感器系统与信息融合、光电成像与图像处理。E-mail:hbwang@hhu.edu.cn

0 引言

近年来,随着高分辨率光学成像技术的发展,视频图像技术在海洋环境监测、水下生物观测、海底资源调查与探测等方面得到了广泛的应用^[1]。目前,基于机器视觉技术对水下目标定位并跟踪已成为获取目标信息的重要手段。然而,受水下复杂光学环境以及水下运动目标特性影响,水下目标特征提取难成为制约跟踪精度的主要问题。具体表现为:1)光线在水中传播会发生散射和衰减使得图像对比度下降、色彩失真,导致跟踪过程中目标特征无法准确匹配,易造成目标偏离和丢失;2)水下目标运动自由度高,目标的尺寸在连续帧图像中变化较大,导致目标跟踪窗口很难随着目标变化而自适应调整。

经典的目标跟踪方法是以提取目标轮廓特征、灰度特征(如颜色^[2]、角点、纹理等特征)和代数特征(如矩特征)等^[3,4]为主,采用了诸如 Snake 模型、图像奇异值分解、3D 线框模型^[5-6]、不变矩匹配^[7]等方法。然而,这些特征及其提取方法在水下特殊的光学环境中却并不十分有效。例如, Won 等人^[8]使用基于目标轮廓信息的 Snake 模型并结合图像的光流信息来对目标进行跟踪,但 Snake 模型对场景光照变化比较敏感,同一目标轮廓点上的图像梯度存在较大差异,大量 Snake 控制点朝着边缘信息较为显著的方向移动,影响了 Snake 的收敛效果,跟踪结果不理想。Daniel 等人^[3]通过计算亮度和色度空间上的直方图信息来提取目标的颜色特征,然而在水下环境中,亮度和色度信息必然由于散射和反射的影响而呈指数衰减,仅仅依靠直方图信息提取的图像特征不显著,因此目标跟踪结果也不是很好。文献^[4]提出基于奇异值分解的跟踪算法,通过建立模板图像训练集合,利用奇异值分解方法张成模板图像特征空间,求出模板图像在特征空间里的投影值,以此来进行目标搜索和匹配,但该方法依赖于模板图像训练集合,而模板图像的提取甚至比灰度特征更加复杂。

因此,提高水下图像对比度,恢复图像色彩是提取目标特征的重要前提;另外,提取何种特征和采用何种提取方法以适合水下目标跟踪需求也非常关键。考虑到在水下环境中,目标与摄像机之间的距离(即视觉深度)信息与成像后目标特征具有关联性,提出一种基于水下视觉深度信息的目标特征计

算方法,通过计算水下目标深度信息,恢复和提取目标颜色特征和空间位置特征,并以此为指导,实现贝叶斯滤波框架下的水下目标的自适应跟踪。

1 融合视觉深度信息的水下目标特征计算

为了适应水下目标跟踪需求,设计了融合视觉深度信息的水下目标特征计算(DTFC)框架,其核心思想是基于水下成像模型和先验知识得到视觉深度信息,以此深度信息为指导,对水下图像进行色彩恢复,建立目标颜色特征模型,同时在水下目标跟踪过程中,由此深度信息得到目标的空间位置特征,以此来实时调整目标跟踪窗口大小,实现对水下目标的自适应跟踪。该框架具体是由深度信息计算、图像色彩恢复计算、目标颜色特征提取以及目标空间位置特征提取4个计算模块组成(如图1所示)。其中,深度信息计算是计算框架的核心,通过计算深度信息来实现对目标颜色特征和空间位置特征的提取与计算,进而指导水下目标跟踪过程。

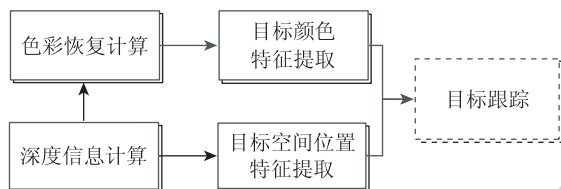


图1 融合深度信息的水下目标特征计算

Fig. 1 Depth based underwater target feature calculation

1.1 暗原色先验及水下成像模型

暗原色先验(dark channel prior)^[9-10]是通过对大量户外无雾图像的统计观察结果而进行的图像去雾方法,可以计算雾天图像的深度图。由于光线在水下传播中的衰减,水下图像的背景光可以用来估计光线衰减传播过程中的散射因子,因此水下成像模型可以模拟简化为雾化模型^[11],参照暗原色先验算法可计算水下视觉深度信息(目标距离摄像机的距离)。

水下成像模型可表述为

$$I_{\lambda}(x) = J_{\lambda}(x)\rho_{\lambda}(x)\alpha_{\lambda}^{r(x)} + B_{\lambda}(1 - \alpha_{\lambda}^{r(x)}) \quad (1)$$

式中, λ 是颜色通道, $I_{\lambda}(x)$ 是在点 x 处得到的图像, $J_{\lambda}(x)$ 是水下目标光强, $\rho_{\lambda}(x)$ 是反射率, α_{λ} 是波长衰减因子, $r(x)$ 是水下场景深度, B_{λ} 为水下环境光。

对图像 $I_{\lambda}(y)$,定义暗原色为

$$I_{\text{dark}}(x) = \min_{\lambda \in \{R, G, B\}} (\min_{y \in \Omega_x} I_{\lambda}(y)) \quad (2)$$

式中, I_{dark} 即图像 I 的强度值接近于 0 的暗原色, I_{λ} 为 I 的 R、G、B 三通道中的一个通道, Ω_x 是以 x 为中心的一块区域。通过数学计算, 求取的暗信道值可以近似为

$$\min_{\lambda \in \{R, G, B\}} (\min_{y \in \Omega_x} I_{\lambda}(y)) = J_{\text{dark}}(x) \rho_{\text{dark}}(x) \alpha_{\lambda}^{r(x)} + B_{\text{dark}} (1 - \alpha_{\lambda}^{r(x)}) \approx B_{\text{dark}} (1 - \alpha_{\lambda}^{r(x)}) \quad (3)$$

式中, J_{dark} 、 ρ_{dark} 、 B_{dark} 分别为式(1)中对应变量的暗信道的值。

1.2 深度信息计算及目标空间位置特征

假定背景光是同态均匀的, 那么水下场景深度为

$$r(x) = \log_{\alpha_{\lambda}} (1 - I_{\text{dark}}(x) / B_{\text{dark}}) \quad (4)$$

式中, 存在两个未知参数 B_{dark} 和 α_{λ} , 衰减因子 α_{λ} 主要与光线波长有关, 另外与海水盐度也有关系, 在某一确定的水下环境中 α_{λ} 可以看做一个常数, 而暗信道的背景光 B_{dark} 可以由式(3)通过推导得到, 即

$$\max_x \min_{\lambda \in \{R, G, B\}} (\min_{y \in \Omega_x} I_{\lambda}(y)) = B_{\text{dark}} (1 - \max_x \alpha_{\lambda}^{r(x)}) \quad (5)$$

只要水下场景存在无穷远处背景区域, 那么, 这些区域中的点距离摄像机的距离为无穷大, 其衰减后的光强趋近于 0。

$$\max_x \alpha_{\lambda}^{r(x)} = 0 \quad (6)$$

暗信道的背景光 B_{dark} [12] 为

$$B_{\text{dark}} = \max_x \min_{\lambda \in \{R, G, B\}} (\min_{y \in \Omega_x} I_{\lambda}(y)) \quad (7)$$

结合式(4)和式(7)可得水下图像中任何点(包括目标与背景)与摄像机距离为

$$r(x) = \log_{\alpha_{\lambda}} \left(1 - \frac{\min_{\lambda \in \{R, G, B\}} (\min_{y \in \Omega_x} I_{\lambda}(y))}{\max_x \min_{\lambda \in \{R, G, B\}} (\min_{y \in \Omega_x} I_{\lambda}(y))} \right) \quad (8)$$

所指的目标空间位置特征主要是指水下目标与摄像机之间的距离特征, 可以基于式(8)中整幅深度信息图像提取。

1.3 图像色彩信息恢复及目标颜色特征

水下图像信息的衰减和失真主要发生于光线从目标到摄像机这段传播距离, 此距离信息是弥补散射以及图像失真的关键参数。由式(1)可以知道, $B_{\lambda} (1 - \alpha_{\lambda}^{r(x)})$ 是水下成像过程中的散射项, 是光幕光的主要成因; 而颜色的失真则主要是由 $\alpha_{\lambda}^{r(x)}$ 决定的, 因而图像色彩信息的恢复 [13] 可以计算为

$$I'_{\lambda}(x) = \frac{I_{\lambda}(x) - B_{\lambda} (1 - \alpha_{\lambda}^{r(x)})}{\alpha_{\lambda}^{r(x)}} = J_{\lambda}(x) \rho_{\lambda}(x) \quad (9)$$

采用核密度加权颜色直方图作为目标的颜色分布模型

$$q_l^i(l, x) = \eta \sum_{x \in R_i^t} w(|x - u_l^i|) \delta(b_l(u_l^i) - l) \quad (10)$$

$$l = 1, \dots, L$$

式中, $q_l^i(l, x)$ 表示第 t 帧在点 x 处的第 l 条柱状图是否属于第 i 个候选目标, R_i^t 表示第 t 帧第 i 个候选目标所属区域, u_l^i 是候选目标区域的中心, w 是权值函数, η 为归一化函数, $b_l(u_l^i)$ 表示第 t 帧第 i 个候选目标的中心点 u_l^i 的颜色分配给颜色直方图中的相应条柱。

2 基于 DTFC 方法的粒子滤波跟踪

为了验证本文水下目标特征计算方法, 以粒子滤波跟踪框架为例, 实现对水下目标跟踪。图 2 所示是基于 DTFC 的水下目标跟踪过程, 输入的视频图像基于 DTFC 方法提取水下目标特征, 对目标进行状态转移, 以及目标和候选目标进行匹配, 更新粒子, 由此估计目标位置, 同时由目标的空间位置特征对目标跟踪窗口进行调整, 实现水下目标的自适应跟踪。

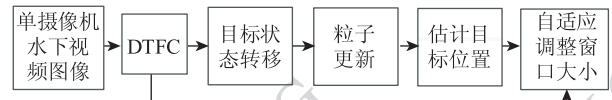


图 2 基于 DTFC 的水下目标跟踪过程

Fig. 2 Underwater target tracking based on DTFC

2.1 粒子滤波跟踪

粒子滤波是一种通过蒙特卡罗采样实现递归贝叶斯滤波的技术, 通过一系列的粒子 $\{x_t^i\}_{i=1}^N$ 以及对应的权重 $\{w_t^i\}_{i=1}^N$ 来估计各个状态的后验概率。状态 x_t 可以由带权重的粒子加权得到, 即

$$x_t = \sum_{i=1}^N w_t^i x_t^i \quad (11)$$

在状态预测部分, 系统的状态转移模型和观测模型分别为

$$x_t = f_t(x_{t-1}, v_{t-1}) \quad (12)$$

$$z_t = h_t(x_t, n_t) \quad (13)$$

式中, v_{t-1} 为系统噪声, n_t 为观测噪声, 两者均为概率密度已知的随机变量。

建立目标的特征模型后, 目标和候选目标模型之间的匹配度由 Bhattacharya 系数 [14] 得到, 即

$$\rho[p, q] = \sum_{u=1}^m \sqrt{p^{(u)} q^{(u)}} \quad (14)$$

式中, $p^{(u)}$ 、 $q^{(u)}$ 分别为目标和候选目标的颜色直方图。

粒子的权值更新公式为

$$w^{(i)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{\rho[p_s^{(i)}, q]}{2\sigma^2}\right) \quad (15)$$

式中, $p_s^{(i)}$ 和 q 分别代表目标候选区域的颜色直方图以及目标颜色直方图, σ 为两者的均方差。

若当前时刻的模板直方图 p 与估计区域的直方图 q 之间的巴氏系数大于给定的阈值时, 更新模板 p , 否则不更新。具体公式为

$$p_{\text{new}} = (1 - \eta) \times p + \eta \times q, 0 < \eta < 1 \quad (16)$$

2.2 跟踪窗口调整

基于目标尺度变化规律可知, 如果忽视目标形态变化, 场景中的某个目标成像后的尺寸大小与其深度成反比。因此, 结合目标在相邻帧之间的深度变化可以确定候选模板窗口, 即

$$R_t^i = k \frac{r_{t-1}^i}{r_t^i} R_{t-1}^i, i = 1, \dots, N \quad (17)$$

式中, R_t^i 为第 t 帧中第 i 个目标的区域, r_t^i 是第 t 帧中第 i 个目标中心点的深度, k 为调整因子。然而, 如果目标姿势改变的话, 初始的跟踪窗口不一定能在每帧图像中紧紧地包围目标。因此, 引入目标发生形变调整窗口的加权因子 ξ_t^i , 最终的目标跟踪窗口为

$$R_t^i = k \frac{r_{t-1}^i}{r_t^i} R_{t-1}^i + \xi_t^i, i = 1, \dots, N \quad (18)$$

2.3 算法流程

如图3所示, 本文算法具体步骤如下:

1) 初始化粒子 $\{x_0^i\}_{i=1}^N$ 和权值 $w_0^i = 1/N$, 手动选取目标区域。

2) 由式(8)计算水下场景深度信息, 由式(9)对水下图像进行色彩恢复。

3) 根据状态转移方程式(12)来转移目标状态, 得到新的目标状态 $\{x_k^i\}_{i=1}^N$ 。

4) 计算权重, 由式(10)计算图像的颜色直方图 q_t^i , 在当前帧中对应于式(14)中的 $p^{(u)}$ 和 $q^{(u)}$, 由式(14)计算巴氏系数 ρ , 由式(15)计算权重系数 $w^{(i)}$ 。

5) 重采样。根据权重, 设定阈值, 去掉权值小的粒子, 保留较大权重的粒子, 保证粒子总数不变, 新粒子的权值为 $1/N$ 。

6) 目标定位, 显示结果。根据粒子的状态和权值由式(11)计算目标新的位置, 同时依据前一帧中

目标中心的场景深度信息, 由式(18)调整下一帧目标区域的窗口大小, 画出目标区域, 显示结果。

7) 模板更新。如果当前时刻目标模板直方图和估计区域直方图之间的巴氏距离超过给定的阈值, 那么由式(16)更新模板。

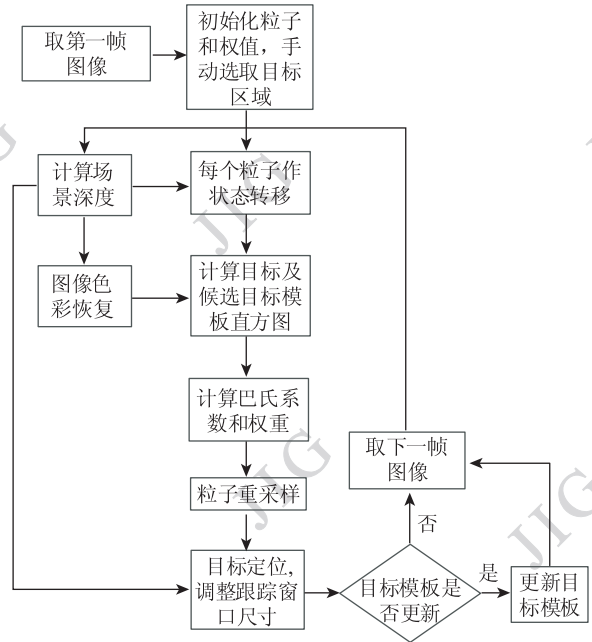


图3 算法流程图

Fig. 3 Flowchart of algorithm

3 仿真与分析

为了说明并检验提出的跟踪方法的色彩恢复效果和跟踪效果, 使用多组视频测试序列进行了色彩恢复和目标跟踪实验。实验平台的配置为 Pentium (R) Dual-Core 2.5 GHz 的 CPU 和 2 GB 的内存, 编程环境是 Matlab R2012b。

3.1 目标特征提取仿真

图4为使用本文方法对各种不同的水下场景中的视频图像进行色彩恢复的结果, 图4(a)是水下视频原始图像, 图4(b)是视频序列中水下的背景光, 图4(c)是由暗原色先验计算得到的水下视觉深度图, 图4(d)是通过水下场景深度信息进行色彩恢复后的结果, 分别比较图4(a)(d)可以看出两幅水下图像经过本文方法进行色彩恢复后对比度明显提高, 目标的颜色纹理细节特征也更加清晰。

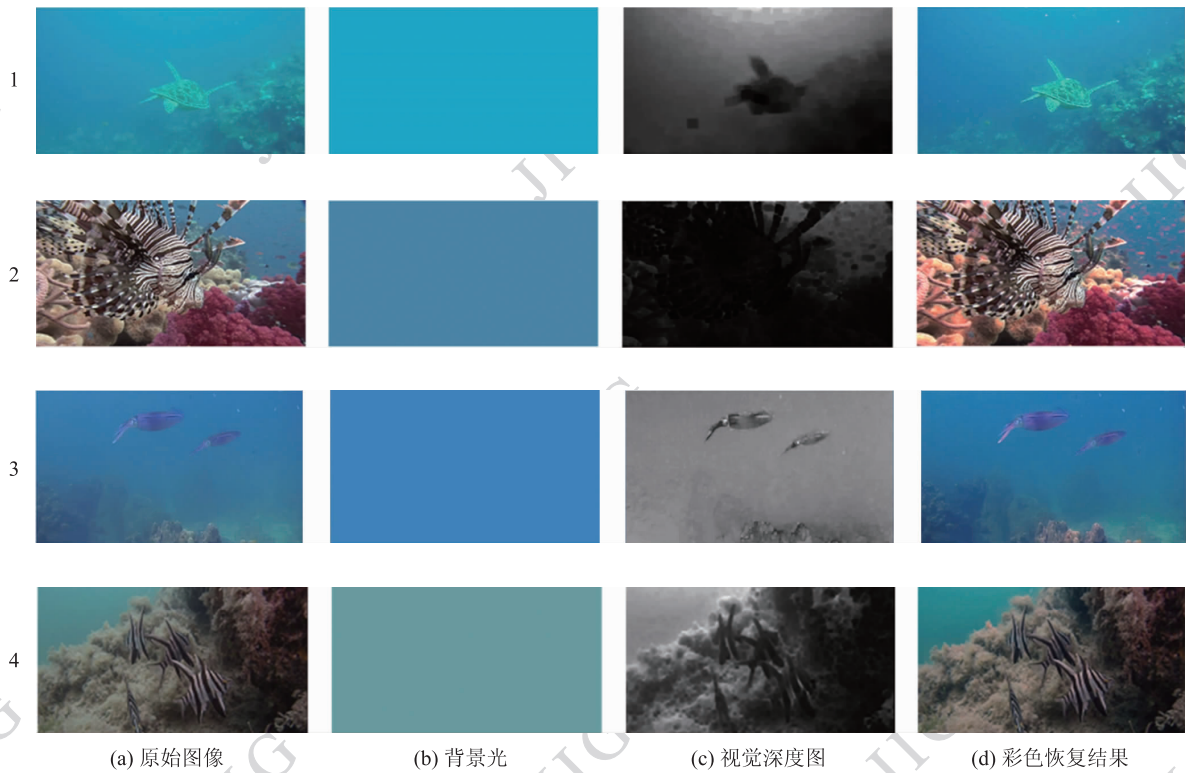


图 4 色彩恢复图

Fig. 4 Color restoration

为了定量地分析图像色彩恢复,分别计算了原图与恢复后图像的信息熵与对比度,如表 1 所示。从表 1 中可以看出水下图像经过色彩恢复后在信息熵和对比度两方面均得到了显著的提高,图像特征显著。因此从主观视觉上以及客观评价上均证明融合视觉深度信息对水下图像进行色彩恢复能很好地增强图像颜色细节特征,有效增强图像颜色特征的提取质量。

表 1 图像信息熵及对比度

Table 1 Entropy and contrast evaluation

图 4	行号	信息熵	对比度
(a)	1	5.668 5	0.033 2
	2	7.609 8	0.143 5
	3	6.242 3	0.042 7
	4	8.168 5	0.164 3
(b)	1	6.897 0	0.029 1
	2	7.188 2	0.129 2
	3	7.239 3	0.038 2
	4	7.625 4	0.159 4

3.2 目标跟踪仿真

对其中两组视频序列分别进行目标跟踪仿真,

同时和只融合视觉深度对图像进行色彩恢复的目标跟踪以及只融合视觉深度调整跟踪窗口的目标跟踪算法进行比较。图 5 为海龟序列,分辨率为 640×320 ,帧数为 20,图 6 为鱿鱼序列,分辨率为 460×320 ,帧数为 20,目标初始区域手动选定。图 5(a)中仅采用色彩恢复来进行目标跟踪,无法实现基于目标尺寸变化而进行自适应调整,导致目标能被准确跟踪但是跟踪窗口偏大。图 5(b)中仅依靠视觉深度信息来自适应调整目标跟踪窗口,该方法能比较好地自适应调整目标跟踪窗口,可是由于水下图像的模糊性以及背景与目标的特征相似性使得该方法对目标特征的提取比较欠缺,导致最后跟踪结果偏离了目标。图 5(c)将视觉深度信息引入目标跟踪框架,对水下图像进行色彩恢复,此外根据目标中心与摄像机间的距离自适应地调整目标跟踪窗口大小。从结果中可以看到在目标跟踪的准确性及跟踪窗口尺寸的匹配方面,本文方法的性能均优于前两种单一方法。

图 6 是对水下两条大鳍礁鲷鱼进行目标跟踪的结果,从人的视觉来看,两个鲷鱼几乎是平行游动,不存在很大的前后位置变化。但在真实过程中却不然,左边那条大鲷鱼慢慢地向靠近摄像机的方向游

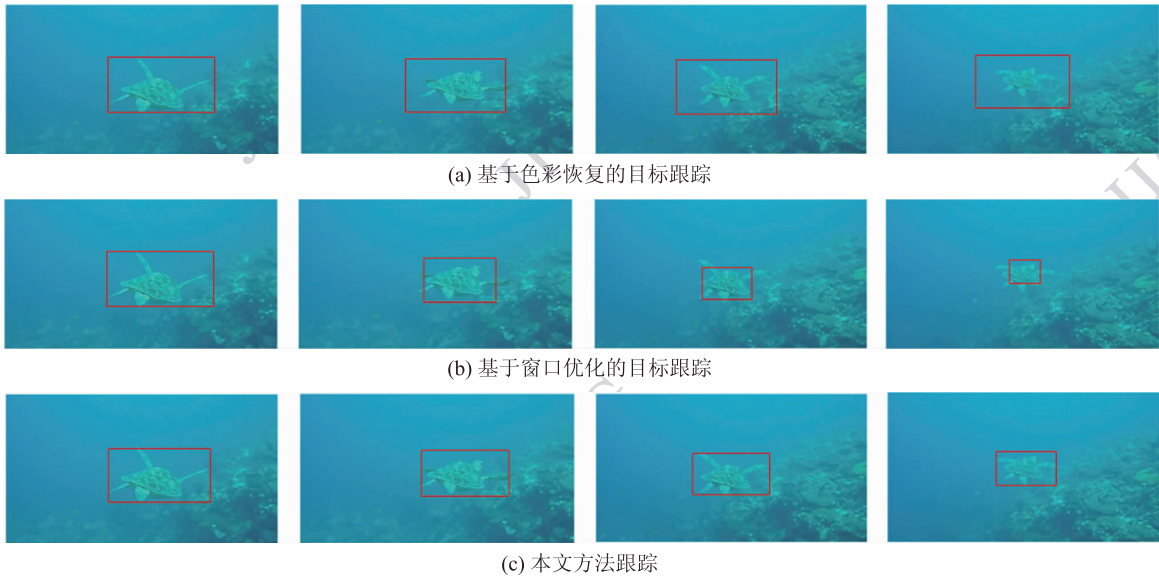


图 5 海龟跟踪结果

Fig. 5 Tracking results of Sea Turtle

动,而右边那条小鱿鱼轻微地向远离镜头的方向游动。图 6(a)使用色彩恢复进行目标跟踪,虽然能比较好地跟踪目标,但是跟踪窗口的尺寸明显偏大,不够紧凑。图 6(b)使用窗口调整进行目标跟踪的效果较差,不仅偏离了目标,而且对于窗口的大小也调节的不好,这主要是由水下图像颜色失真,不能

准确提取目标颜色特征导致的。图 6(c)融合上述两种方法进行跟踪,不仅跟踪结果准确,而且跟踪窗口尺寸调整的也很到位,随着目标尺寸的变化,本文方法均能在不同的场景中根据细微的视觉深度信息按比例地自适应缩放跟踪窗口,准确性和鲁棒性较好。

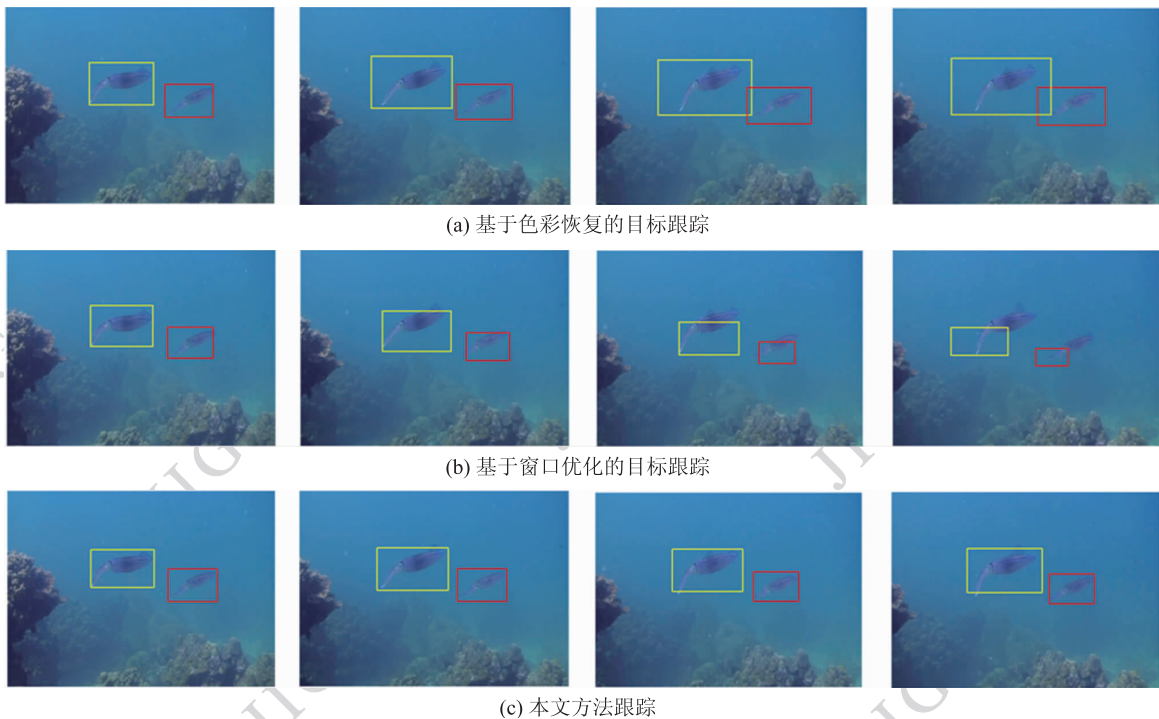


图 6 鱿鱼跟踪结果

Fig. 6 Tracking results of Squids

4 结 论

针对水下复杂环境运动目标的精确跟踪问题,提出了一种用于目标跟踪的特征计算及自适应跟踪方法,该方法以水下场景视觉深度信息计算为核心。通过水下图像色彩恢复提取目标图像特征,并结合目标空间位置特征自适应调整跟踪窗口尺寸,最后基于粒子滤波跟踪方法对本文方法进行了实验,结果验证了本文方法在自适应精确跟踪方面的鲁棒性,同时本文方法主要涉及暗原色先验计算以及粒子滤波计算,算法实现简单,可满足实时跟踪的要求。另外,本文融合视觉深度的目标跟踪方法具有通用性,可适用于各种非线性非高斯目标跟踪框架中。

参考文献 (References)

- [1] Jiang D Y, Cui W L, Yang J Q, et al. A new generation of mobile surveillance response system in the marine environment monitoring [C] // Proceedings of 2010 International Conference on Multimedia Technology. Ningbo; IEEE Press, 2010: 1-3.
- [2] Lin H J, Ye Z C, Ou J. Real-time object tracking in color image sequences [J]. Journal of Image and Graphics, 2008, 13 (11): 2181-2186. [林宏基, 叶政春, 欧静. 彩色序列图像中实时运动目标跟踪方法 [J]. 中国图象图形学报, 2008, 13 (11): 2181-2186.]
- [3] Wojtaszek D, Laganieri R. Tracking and recognizing people in colour using the earth mover's distance [C] // Proceedings of IEEE International Workshop on Haptic Virtual Environments and Their Applications. Ottawa, Ontario, Canada; IEEE Press, 2002: 91-96.
- [4] Ren X Y, Zhou X, Zhang G L, et al. Image matching method based on singular value decomposition [J]. Infrared and Laser Engineering, 2001, 30 (6): 438-441. [任仙怡, 周晓, 张桂林, 等. 基于奇异值分解的图像目标跟踪算法 [J]. 红外与激光工程, 2001, 30 (6): 438-441.]
- [5] Lou J G, Tan T N, Hu W M, et al. 3-D model-based vehicle tracking [J]. Image Processing on IEEE Transactions, 2005, 14 (10): 1561-1569.
- [6] Zhang Z X, Huang K Q, Tan T N, et al. 3D model based vehicle tracking using gradient based fitness evaluation under particle filter framework [C] // Proceedings of the 20th International Conference on Pattern Recognition. Istanbul; IEEE Press, 2010: 1771-1774.
- [7] Yang T, Kang S. Tracking for moving object using invariant moment and particle filter [C] // Proceedings of the 27th Control Conference on Chinese. Kunming; IEEE Press, 2008: 351-354.
- [8] Won K, Lee J J. Visual tracking using Snake based on target's contour information [C] // Proceedings of IEEE International Symposium on Industrial Electronics. Pusan; IEEE Press, 2001: 176-180.
- [9] He K M, Sun J, Tang X O. Single image haze removal using dark channel prior [C] // Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Miami, FL; IEEE Press, 2009: 1956-1963.
- [10] Guo J, Wang X T, Hu C P, et al. Image dehazing method based on neighborhood similarity dark channel prior [J]. Journal of Computer Applications, 2011, 31 (5): 1224-1226. [郭珈, 王孝通, 胡程鹏, 等. 基于邻域相似性的暗原色先验图像去雾方法 [J]. 计算机应用, 2011, 31 (5): 1224-1226.]
- [11] Shwartz S, Namer E, Schechner Y Y. Blind haze separation [C] // Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. New York; IEEE Press, 2006: 1984-1991.
- [12] Tan R T. Visibility in bad weather from a single image [C] // Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Anchorage, AK; IEEE Press, 2008: 1-8.
- [13] Chiang J Y, Chen Y C. Underwater image enhancement by wavelength compensation and dehazing [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2012, 21 (4): 1756-1769.
- [14] Jiang Z P. Decentralized disturbance attenuating output-feedback trackers for large-scale nonlinear systems [J]. Automatica, 2002, 38 (8): 1407-1415.