



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

11

VOL.19

ISSN1006-8961

CN11-3758/TB



叶片色彩仿真 P1669



第19卷第11期（总第223期）

2014年11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

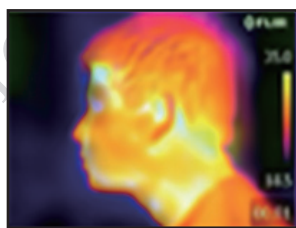
ISSN 1006-8961

CODEN ZTTXFZ

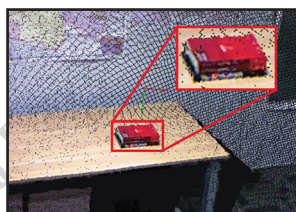
国外发行代号 M1406

国内邮发代号 82-831

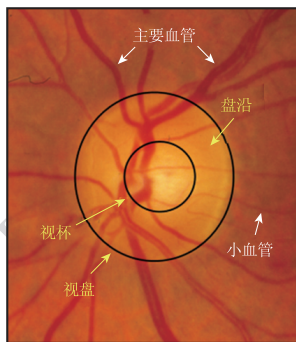
国内定价 50.00元



红外热像视频的细微变化放大(第1577页)



Kinect传感器的彩色和深度相机标定(第1584页)



多相主动轮廓模型的眼底图像杯盘分割(第1604页)

综述

多媒体技术研究: 2013——面向智能视频监控的视觉感知与处理

黄铁军, 郑锦, 李波, 傅慧源, 马华东, 薛向阳, 姜育刚, 于俊清 1539

图像处理和编码

基于高阶奇异值分解和均方差迭代的图像去噪

胡文锐, 谢源, 张文生 1563

小波域中双稀疏的单幅图像超分辨

杨波, 吴纪桃, 谢晓振 1570

红外热像视频的细微变化放大

付传卿, 谷小婧, 顾幸生 1577

图像理解和计算机视觉

Kinect传感器的彩色和深度相机标定

郭连朋, 陈向宁, 刘彬 1584

空间统一调制模型的轮廓检测

肖洁, 蔡超, 郭照立 1591

图像分析和识别

结合相似性拟合与空间约束的图像分割

张峥嵘, 詹天明, 韦志辉 1596

多相主动轮廓模型的眼底图像杯盘分割

郑嫻, 范慧杰, 唐延东, 王琰 1604

精确局部特征描述的表情识别

胡敏, 江河, 王晓华, 陈红波, 李堃, 任福继 1613

Gabor小波和改进LBP的零件表面粗糙度识别

胡海锋, 陈苏婷 1623

可扩展的花卉种类识别

苗金泉, 曹卫群 1630

医学图像处理

基于提升小波变换的医学图像融合

李俊峰, 姜晓丽, 戴文战 1639

遥感图像处理

基于压缩感知的SAR图像鲁棒编码传输

侯兴松, 田文文, 龚晨 1649

第11届全国智能CAD与数字娱乐学术会议专栏

大规模DVE场景对等传输机制研究新进展

王明飞, 贾金原, 张晨曦 1657

自然环境下的植物叶片智能色彩推理仿真

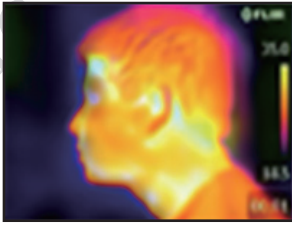
宋建文, 邱锦明 1669

3个控制顶点的类三次Bézier螺线

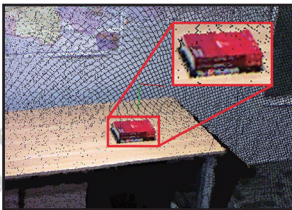
高晖, 寿华好, 缪永伟, 王丽萍 1677

CONTENTS

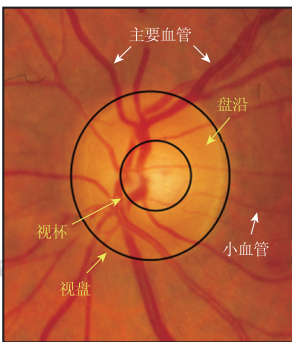
JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS



Magnifying imperceptible variations in infrared thermal videos(P1577)



Calibration of Kinect sensor with depth and color camera (P1584)



Automatic segmentation of optic disc and cup using multiphase active contour model in fundus images(P1604)

Review

Visual perception and processing for intelligent video surveillance:a review

Huang Tiejun, Zheng Jin, Li Bo, Fu Huiyuan, Ma Huadong, Xue Xiangyang, Jiang Yugang, Yu Junqing

1539

Image Processing and Coding

Image denoising based on high order singular value decomposition and mean square error iteration

Hu Wenrui, Xie Yuan, Zhang Wensheng

1563

Single image super-resolution in wavelet domain with double sparse

Yang Bo, Wu Jitao, Xie Xiaozhen

1570

Magnifying imperceptible variations in infrared thermal videos

Fu Chuanqing, Gu Xiaojing, Gu Xingsheng

1577

Image Understanding and Computer Vision

Calibration of Kinect sensor with depth and color camera

Guo Lianpeng, Chen Xiangning, Liu Bin

1584

Contour detection based on spatially unified modulation model

Xiao Jie, Cai Chao, Guo Zhaoli

1591

Image Analysis and Recognition

Image segmentation by integrating similarity fitting and spatial constraint

Zhang Zhengrong, Zhan Tianming, Wei Zhihui

1596

Automatic segmentation of optic disc and cup using multiphase active contour model in fundus images

Zheng Shan, Fan Huijie, Tang Yandong, Wang Yan

1604

Precise local feature description for facial expression recognition

Hu Min, Jiang He, Wang Xiaohua, Chen Hongbo, Li Kun, Ren Fuji

1613

Recognition of work piece surface roughness based on Gabor wavelet and improved LBP

Hu Haifeng, Chen Suting

1623

The scalable flowers category recognition

Miao Jinqun, Cao Weiqun

1630

Medical Image Processing

Medical image fusion based on lifting wavelet transform

Li Junfeng, Jiang Xiaoli, Dai Wenzhan

1639

Remote Sensing Image Processing

Robust coding transmission for SAR image based on compressive sensing

Hou Xingsong, Tian Wenwen, Gong Chen

1649

Column of CIDE' 2014

Survey on transmission mechanism of large scale DVE scene based on P2P overlay network

Wang Mingfei, Jia Jinyuan, Zhang Chenxi

1657

Intelligent color reasoning simulation of plant leaf based on the natural environment

Song Jianwen, Qiu Jinming

1669

The quasi-cubic Bézier spirals with three control points

Gao Hui, Shou Huahao, Miao Yongwei, Wang Liping

1677

中图法分类号: TP301.6 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2014)11-1577-07

论文引用格式: Fu C Q, Gu X J, Gu X S. Magnifying imperceptible variations in infrared thermal videos[J]. Journal of Image and Graphics, 2014, 19(11): 1577-1583. [付传卿, 谷小婧, 顾幸生. 红外热像视频的细微变化放大[J]. 中国图象图形学报, 2014, 19(11): 1577-1583.] [DOI: 10.11834/jig.20141104]

红外热像视频的细微变化放大

付传卿, 谷小婧, 顾幸生

华东理工大学化工过程先进控制与优化技术教育部重点实验室, 上海 200237

摘要: 目的 针对红外热像视频对比度低、成像模糊和难以进行细节观测的缺点, 提出一种基于欧拉视角的红外热像视频细微变化放大方法。该方法可以将红外热像视频中细微的色彩变化和动作变化进行放大, 将原本人眼无法察觉到的变化清晰地展示出来。**方法** 该方法首先采用对比度金字塔算法对红外热像视频中每一帧图像进行空域分解, 其次对各个尺度的图像进行时域滤波, 选择出感兴趣的变化频率并进行线性放大, 然后对放大后的信号进行重构, 最后对重构得到的图像进行降噪处理, 从而获得细微变化放大的红外视频。**结果** 针对色彩放大和动作放大, 实验采集了若干红外热像视频。其中, 对人脸侧面的颜色进行放大时, 选择像素值变化频率在 0.75 ~ 1 Hz 范围内的信号进行滤波并放大, 得到像素值变化被放大 100 倍的视频; 对吉他弦的动作进行放大时, 选择变化频率在 100 ~ 120 Hz 范围内的信号进行滤波并放大, 得到弦的动作幅度被放大的视频。结果表明该方法可以使视频中所选择的变化频段得到有效增强。**结论** 本文方法可以放大红外视频中原本无法观测到的细微变化, 并使之清晰呈现, 在军用和民用领域中有着广泛用途。

关键词: 红外热像视频; 细微变化放大; 欧拉视角; 对比度金字塔; BM3D 降噪算法

Magnifying imperceptible variations in infrared thermal videos

Fu Chuanqing, Gu Xiaojing, Gu Xingsheng

Key Laboratory of Advanced Control and Optimization for Chemical Process, Ministry of Education,
 East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China

Abstract: **Objective** Infrared thermal devices are widely used in the industrial, medical, military, and other fields and significantly expand the visual perception range of humans. However, infrared thermal videos have low contrast and blurred details, and the subtle variations in these videos are difficult to observe. In this work, we design an amplification method for magnifying the barely seen changes in infrared thermal videos based on Eulerian perspective. Our goal is to reveal temporal variations that are difficult or impossible to be seen with the naked eye and to display these variations in an indicative manner. **Method** The proposed method uses an infrared thermal video as input and applies contrast pyramid decomposition to each frame, followed by temporal filtering of the decomposed images. The signals selected by temporal filtering are then amplified to reveal hidden information. The contrast pyramid is then constructed. Finally, noise reduction is performed on the reconstructed images, and the final output is obtained. **Result** Corresponding infrared thermal videos were obtained, and experiments were conducted on these videos to magnify the subtle colors and motion variations. For example, the signal from 0.75 Hz to 1 Hz of a profile video was filtered and magnified 100 times as output to augment the color changes in the video. The signal from 100 Hz to 120 Hz of a guitar video was also filtered and then magnified 30 times as output to aug-

收稿日期: 2014-03-12; 修回日期: 2014-07-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(61205017); 中国博士后基金项目(2012M511058); 上海市博士后基金项目(12R21412500)

第一作者简介: 付传卿(1989—), 男, 华东理工大学控制科学与工程专业硕士研究生, 研究方向为红外图像处理。E-mail: 1032771886@qq.com

qq.com

ment the motion variations in the video. Experiments showed that the proposed method can effectively magnify imperceptible variations in infrared thermal videos. **Conclusion** This study demonstrates that imperceptible variations in infrared thermal videos can be magnified and shown to observers in an indicative manner, which is valuable for both military and civil fields.

Key words: infrared thermal videos; magnification of imperceptible variations; Eulerian perspective; contrast pyramid; BM3D noise reduction method

0 引言

人类视觉系统在空频域具有有限的感知能力,在人类的感知能力范围外,同样有许多信号包含重要信息。红外设备不受光照和恶劣环境等影响,可以进一步拓展人类的光谱响应范围和在夜间观察事物的能力,在医学和军事等领域得到越来越广泛的应用。例如,在医学上,对比病变部位与健康部位的热像图,可以对肿瘤、乳腺癌、皮肤烧伤或冻伤等疾病进行诊断^[1];在军事上,红外成像仪可以作为夜视设备配备给士兵,还可以作为侦查、监视、红外成像制导及光电对抗设备用在战场上^[2]。

红外视频是红外图像的时间序列,相比于单幅图像,视频含有更多的有用信息。例如,由于血液循环的缘故,人皮肤的颜色会呈现出细微的变化^[3,4];红外监控视频可以拍摄下监控场景某一时间段内的连续信息。若将这些红外视频进行放大处理,显示出视频中细微的颜色或动作变化,则可以得到更多有用的信息。在医学应用上,对病变部位的红外视频进行颜色变化放大,得到准确的血液循环和代谢信息,有助于对肿瘤、皮肤烧伤或冻伤等疾病进行诊断;在军事应用上,对红外监控视频进行动作变化放大,有助于发现隐藏目标和潜在隐患。红外设备不受光照、烟雾等恶劣环境的影响,可以实现全天候工作。因此,对红外热像视频中细微变化放大的研究具有现实意义。红外成像的机制与可见光极为不同,与可见光视频相比,红外视频图像的信噪比和对比度相对较低,成像模糊,细节信息不易被观测,这影响了对红外视频的深入研究和利用。本文针对红外视频自身的特点,对红外视频中颜色和动作的细微变化放大进行了研究。

1 视频放大方法

目前,视频的放大研究主要有两种视角方法:

1) 拉格朗日视角。该视角参照流体力学观

点,把像素点看作是流动的,放大过程中需要对像素点进行不断地追踪^[5]。拉格朗日视角放大方法依靠准确的动作估计,甚至需要图像分层、插补等操作^[6]。

2) 欧拉视角。该视角采用欧拉坐标系,图像中每个像素点的位置是固定的,但其像素值是随时间发生变化的。欧拉视角遵循光流算法^[7]的基本原则,对像素值随时间发生变化的像素点进行相应操作,进而实现放大效果。

相比于拉格朗日视角,欧拉视角不需要追踪像素点、动作估计和图像分层等操作,显著降低了计算的复杂度,因此欧拉视角放大方法更加高效。

Wu 等人^[4]采用欧拉视角方法,设计出欧拉视频放大器。其原理是:把一段可见光视频作为输入,首先对输入视频进行拉普拉斯金字塔^[8]分解,其次采用频域滤波方法选择将要放大的频率域,将滤波后的频域带乘以相应的放大因子并与最初的图像进行叠加,然后进行拉普拉斯金字塔重建操作,最后输出放大结果视频。Wu 等人提出的放大方法可以较好地实现可见光视频中细微变化的放大效果,但是 Wu 等人的方法存在以下问题:

1) 噪声信号被同等放大。欧拉放大器在放大颜色和动作等细微变化的同时,对噪声信号也进行了放大。

2) 动作放大能力有限。欧拉放大器的放大能力是受限制的,当不满足放大条件时,图像会出现较严重的伪影现象。

针对动作变化的放大,Wadhwa 等人^[9]在文献^[4]的研究基础上,提出了基于相位的方法,相比于 Wu 的方法,基于相位的方法在动作变化放大方面,效果有所提高。

2 红外热像视频放大算法

相比于可见光视频,红外热像视频图像对比度和分辨率都较低,细节信息不明显,另外红外视频中含噪声现象比较明显。文献^[4]采用的拉普拉斯金

字塔分解及重构过程体现了人类视觉系统对局部亮度差值的感知能力,而人类视觉系统对局部对比度的感知能力要优于局部亮度差值的感知能力;文献[4]在放大过程中噪声也被同时放大,使得红外视频含噪声情况更加严重。针对上述原因,本文提出一种基于欧拉视频放大器的改进方法,并应用到对红外热像视频细微变化的放大处理中。本文方法与Wu方法的区别体现在:

1)空间分解过程。本文方法采用对比度金字塔分解^[10-11]算法,它体现了人类视觉系统对局部对比度变化的强敏感性,且反映了图像内各个对象的差异,同时对比度的定义还包含了图像的高频信息以及相对于背景的强度^[12]。

2)对比度金字塔重构之后采取降噪处理。降噪处理可以减弱伪影现象的影响,改善结果视频的质量和人眼感观效果。本文方法具体过程如图1所示。

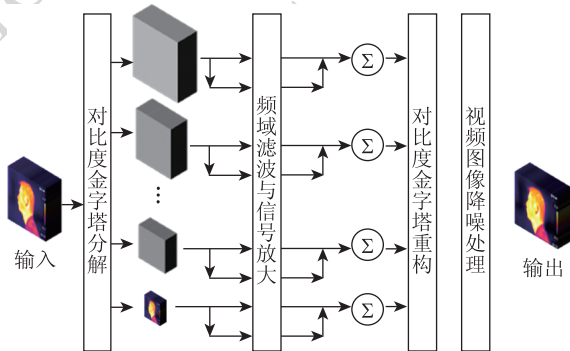


图1 红外热像视频放大过程图

Fig. 1 Process of infrared video magnification

首先将红外热像视频的每一帧图像进行对比度金字塔分解,采用频域滤波选择出感兴趣的频率带,对选择后的频率信号进行放大;其次与最初的金字塔子带进行叠加,采取对比度金字塔重构操作;最后对重构后的视频进行降噪处理,得到细微变化放大的结果视频。

2.1 对比度金字塔

图像处理中金字塔算法是Burt和Adelson^[8]最先提出的,是一种多尺度、多分辨率方法。图像对比度金字塔变换是建立在高斯金字塔变换基础上的。

2.1.1 图像高斯金字塔算法

设原图像为 G_0 ,对原始输入图像采取低通滤波和隔行隔列下采样操作,得到高斯金字塔的第1层;再对第1层图像低通滤波和下采样,得到高斯金字

塔的第2层,重复以上过程,构成高斯金字塔。

2.1.2 图像对比度金字塔算法

Toet等人^[10]考虑到人类视觉系统对局部对比度的敏感性这一特点,提出了对比度金字塔算法。首先对图像进行高斯金字塔分解得到高斯金字塔表示 $G_0, G_1, \dots, G_N$,然后利用插值法对高斯金字塔进行插值膨胀,使第 l 层图像 G_l 膨胀后的尺寸与第 $l-1$ 层图像 G_{l-1} 尺寸相同。为此引入扩大算子 E ,即

$$G_l^* = E(G_l) \quad (1)$$

E 算子定义为

$$G_l^*(i, j) = 4 \sum_{m=-2}^2 \sum_{n=-2}^2 \omega(m, n) G_l'((m+i)/2, (n+j)/2) \quad (2)$$

式中,当 $(m+i)/2, (n+j)/2$ 为整数时,则

$$G_l'((m+i)/2, (n+j)/2) = G_k((m+i)/2, (n+j)/2) \quad (3)$$

否则值为0, $\omega(m, n)$ 为具有低通特性的窗口函数。对高斯金字塔各层分别进行插值膨胀,得到一个膨胀序列: $G_0^*, G_1^*, \dots, G_N^*$ 。

图像对比度塔形分解定义为

$$\begin{cases} CP_l = G_l/G_{l+1}^* - I & 0 \leq l < N \\ CP_N = G_N & l = N \end{cases} \quad (4)$$

式中, CP_l 为对比度塔形分解的第 l 层图像, G_l 为高斯金字塔的第 l 层图像, I 为单位灰度值图像。这样,由 $CP_0, CP_1, \dots, CP_l$ 构成了图像的对比度塔形表示。图像的对比度塔形分解不仅是一种多尺度、多分辨率分解方式,而且每一分解层的子图像反映了图像在相应尺度上的对比度信息。图像的对比度塔形分解可以实现图像的精确重构。图像对比度塔形重构可由式(5)得到。

$$G_0 = (CP_0 + I)(E((CP_1 + I) \times E((CP_2 + I) \dots E(CP_N)))) \quad (5)$$

2.2 红外热像视频中细微变化的放大

红外热像视频中颜色的变化实际表征的是温度的变化,而导致温度发生变化的因素有很多。例如,人体血液循环会使体表或内脏温度发生轻微变化;电力负荷的波动会使电力器件的温度发生变化。通常这些温度的变化频率是可以较准确获得的,所以在频域滤波时选择理想带通滤波算法较为合适。

以医学应用为例,人体皮肤烧伤或冻伤会导致

该部位的血液循环不畅,其热像图中的温度分布场将发生异常。对病变部位红外热像视频中的颜色变化进行放大,可以得到受损部位更加清晰准确的血液循环和代谢变化信息,从而更好地诊断受损部位的损伤情况。

红外视频不受光照和恶劣天气的影响,可以实现全天候工作,在安全监控和军事遥感等领域得到了广泛应用。例如,在森林火险监控中,红外视频可以拍摄到飘动的火焰、轻烟雾等隐患信息。火焰的细微动作变化经放大后有助于发现潜在的火险隐患。动作信号的频率范围相对较广,适合使用巴特沃斯滤波方法进行滤波。类似于欧拉视频放大器,动作变化放大过程由一阶泰勒公式推导得到,即

$$f(x + (1 + \alpha)\delta(t)) \approx f(x) + (1 + \alpha)\delta(t) (\partial f(x) / \partial x) \quad (6)$$

并且需要满足

$$(1 + \alpha)\delta(t) < \lambda/8 \quad (7)$$

式中, $f(x + \delta(t))$ 表示在位置为 x 、时间为 t 时的像素值大小, α 表示放大倍数, $\delta(t)$ 表示位移函数, λ 表示波长。

3 视频图像降噪处理

噪声在红外成像系统中是不可避免的,部分噪声在放大过程中被同时放大,导致经过放大处理后的红外视频图像质量变差,采取降噪处理尤为必要。经典的降噪方法(中值滤波、均值滤波等)在降噪的同时会引入新的人工噪声。Dabov 等人^[13]提出的3维块匹配(BM3D)算法,结合了图像的自相似性和冗余性,BM3D 算法不仅包含了非局部降噪的思想,而且用到了变换域降噪的方法。BM3D 方法信噪比高,视觉效果好,本文选择 BM3D 算法对红外视频进行降噪处理。

4 实验结果

实验数据由 FLIR 公司红外摄像机采集。实验均在 Windows7 操作系统,Matlab2012b 环境下完成。实验结果采用主观评价、2 维直方图和图像熵值进行综合评价^[14]。在红外热像视频的颜色放大实验中,采用人脸侧面视频作为输入,采集时采集对象和红外摄像机保持静止,采集约 30 s 时长(帧频为 30

帧/s)的视频。

图 2(a)是人脸侧面热像视频中的 4 帧图像,肉眼观察,各帧图像基本没有区别;图 2(b)为经本文方法放大 100 倍后的结果视频图像;图 2(c)为 Wu 方法放大结果。发现图 2(b)(c)中,人耳廓、颈等部位有明显的颜色变化,但 Wu 方法视频图像的颗粒状伪影现象比原始视频严重。这是由于红外热像视频对比度和分辨率比较低,放大颜色变化的同时部分噪声也被放大,造成结果视频图像质量变差。

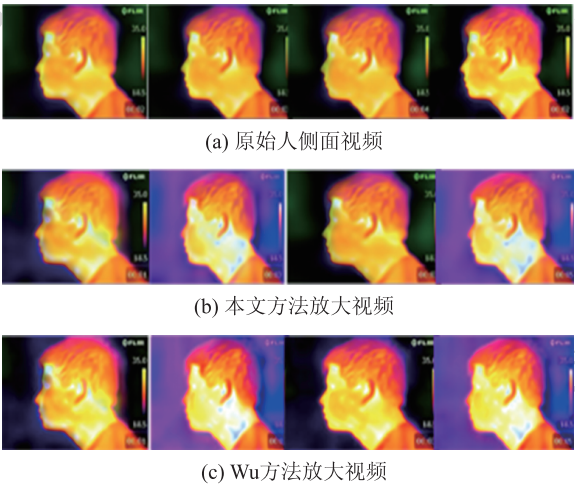


图 2 人侧脸红外视频图像及放大结果
Fig. 2 Magnification results of side face video

图 3(a)为经本文方法放大后,视频中 3 帧图像的 2 维直方图;图 3(b)为经 Wu 方法放大后,对应时刻 3 帧图像的 2 维直方图。对比发现,本文方法得到的视频图像直方图在对角线区域有更高的幅度和明显的峰值。图 3(a)最大峰值分别为 1 427,969 和 2 177;图 3(b)最大峰值分别为 974,860 和 864。峰值幅度分别提高了 46.51%,12.67% 和 151.97%。可见,本文方法得到的视频图像质量较佳。

求得图 2(a)——(c)各自 4 帧图像的熵值,如表 1 所示。

表 1 图 2 中图像的信息熵
Table 1 Entropy values of Fig. 2

图 2	/(bit/pixel)			
	帧 1	帧 2	帧 3	帧 4
(a)	6.623 1	6.636 9	6.625 4	6.629 8
(b)	6.963 0	6.105 6	7.006 4	5.973 0
(c)	6.351 2	5.249 4	6.453 7	5.126 0

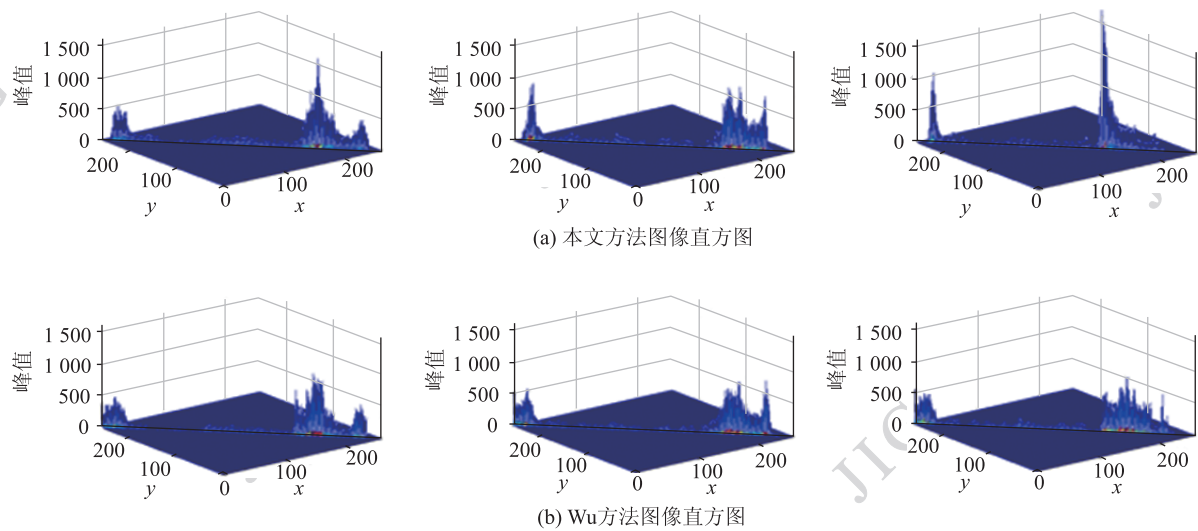


图3 本文与Wu方法视频图像的2维直方图

Fig. 3 Two dimensional histograms of different methods

从表1可以看出,本文方法得到的图像信息熵比Wu方法大,提高了8.56%~16.5%,说明本文结果图像包含更多的有效信息,进一步表明本文方法的结果图像质量较佳。

在红外热像视频的动作放大实验中,采集吉他红外热像视频作为输入,吉他和红外摄像机保持静止,拍摄过程中,轻微拨动吉他的第2根弦,采集约

30 s时长(帧频为30 帧/s)的视频。

图4(a)为原始振动视频及其局部时空切片,弦的振动现象不明显;图4(b)为经本文方法放大30倍后的视频及其时空切片,吉他第2根弦有较明显振动;图4(c)为经Wu方法放大后的视频及时空切片,发现视频图像的颗粒状伪影比原始图像更明显,因为动作放大过程中噪声也被同时放大。

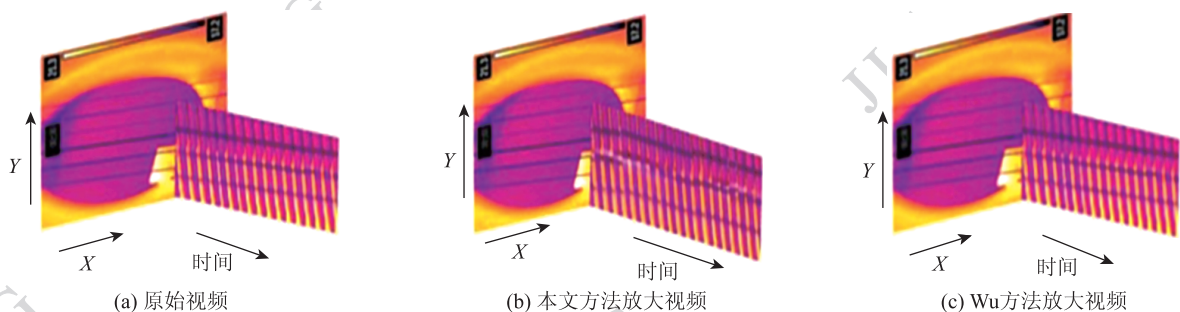


图4 吉他弦的振动视频图像及其放大结果

Fig. 4 Guitar video and its magnification result

图5(a)为经本文方法放大后,视频中3帧图像的2维直方图;图5(b)为经Wu方法放大后,同时刻3帧图像的2维直方图。图5表明本文方法得到的图像直方图在对角线区域有更高的幅度和明显的峰值。图5(a)的最大峰值分别为1 503, 1 767和1 772;图5(b)的最大峰值分别为1 067, 670和938。峰值幅度分别提高了40.86%, 163.73%和88.91%。可见,本文方法得到的视频图像质量较佳。

本文选取并求得图4同时刻4帧图像的熵,结果如表2所示。结果表明,经本文方法放大后,图像信息熵同比Wu方法结果提高了6.4%~7.8%,表明本文方法结果图像效果较佳。

上述实验结果表明本文方法较好地实现了红外热像视频中细微颜色和动作变化的放大效果。另外,本文方法在滤波过程中,滤波参数的选择会对实验结果产生较大的影响。

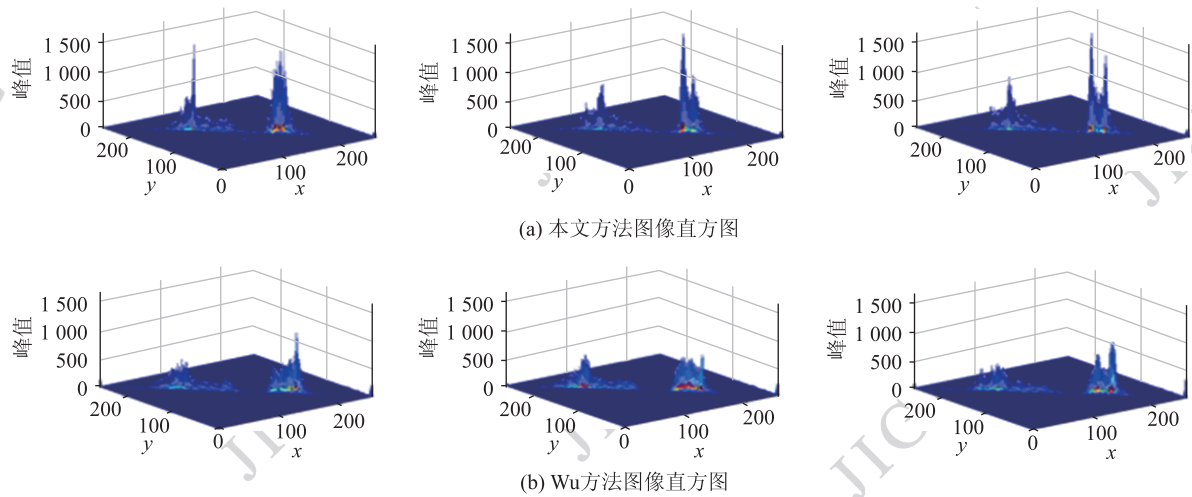


图5 本文与 Wu 方法视频图像的 2 维直方图
Fig. 5 Two dimensional histograms of different methods

表 2 图 4 中各 4 帧图像信息熵
Table 2 Four images' entropy values of Fig. 4
/(bit/pixel)

图 4	帧 1	帧 2	帧 3	帧 4
(a)	6.801 5	6.792 4	6.807 8	6.808 2
(b)	6.894 1	6.874 4	6.871 4	6.884 9
(c)	6.420 0	6.388 9	6.408 2	6.384 4

图 6(a)是滤波范围为 0.01 ~ 0.03 Hz、放大倍数为 100 时的颜色放大结果,发现图像颜色没有明显变化;图 6(b)是滤波范围为 0.75 ~ 1 Hz、放大倍数为 100 时的放大结果,图像中耳廓和颈部等部位有明显的颜色变化。实验结果表明,当滤波频率在一定范围内时,耳廓和颈部等部位的颜色变化才会比较显著。

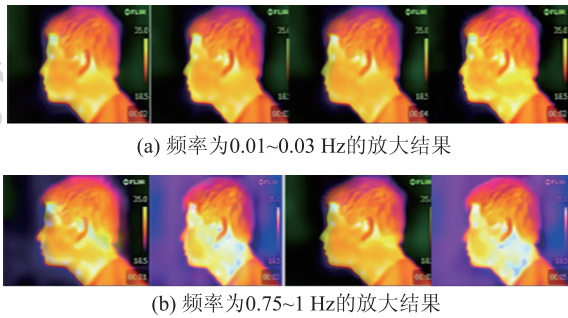


图 6 不同频率颜色放大结果

Fig. 6 Color magnification outputs of different frequencies

图 7(a)是滤波范围为 235 ~ 255 Hz,放大倍数为 30 时,吉他第 2 根弦的动作放大结果,弦无明显

振动;图 7(b)是滤波范围为 100 ~ 120 Hz,放大倍数为 30 时的放大结果,弦有明显振动。吉他第 2 根弦的振动频率为 110 Hz 左右,包含在图 7(b)的实验滤波范围之内。可见,滤波参数的选择会对实验放大结果产生较大影响。

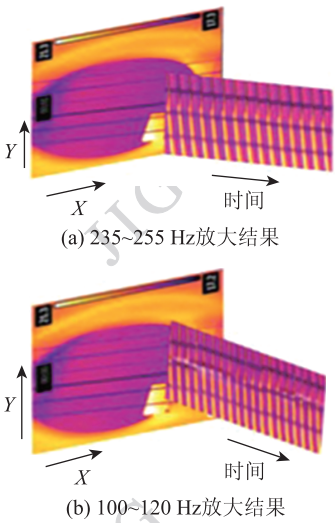


图 7 不同频率动作放大结果

Fig. 7 Motion magnification outputs of different frequencies

5 结 论

针对红外热像视频的特点,本文提出了一种基于欧拉视角的细微变化放大方法。红外视频图像对比度金字塔分解与重构操作符合人类视觉系统对局部对比度变化敏感的特性,BM3D 算法降噪处理可

以减少视频图像中噪声信号的干扰, 弱化图像伪影现象, 增强图像质量。颜色变化放大时适合采用理想带通滤波算法, 动作变化放大时适合采用巴特沃斯滤波算法, 并且滤波频率的选择会直接影响最后的放大效果。实验结果表明, 本文方法可以较好地实现红外热像视频中细微颜色和动作变化的放大效果, 并且放大结果视频有较好的视觉感观效果。但是由于不满足相应的放大条件, 本文方法不适合放大振动幅度较大的动作变化, 否则输出的视频图像质量较差, 这一问题后续研究将要解决的问题。

参考文献 (References)

- [1] Wang J S, Du W Q, Bao J J, et al. A clinical observation with infrared thermograph on pain diseases after peripheral nerve injury [J]. Chinese Journal of Pain Medicine, 2011, 17(4): 201-204. [王家双, 杜雯琼, 包佳巾, 等. 神经损伤疼痛疾病的红外热图临床分析[J]. 中国疼痛医学杂志, 2011, 17(4): 201-204.] [DOI: 10.3969/j.issn.1006-9852.2011.04.005]
- [2] Li X D, Huang Y, Zhang P Q, et al. Infrared imaging system and applications [J]. Laser & Infrared, 2014, 44(3): 229-234. [李相迪, 黄英, 张培晴, 等. 红外成像系统及其应用[J]. 激光与红外, 2014, 44(3): 229-234.] [DOI: 10.3969/j.issn.1001-5078.2014.03.01]
- [3] Poh M Z, McDuff D J, Picard R W. Non-contact, automated cardiac pulse measurements using videoimaging and blind source separation [J]. Optics Express, 2010, 18(10): 10762-10774. [DOI: 10.1364/OE.18.010762]
- [4] Wu H Y, Michael R, John G, et al. Eulerian video magnification for revealing subtle changes in the world [J]. ACM Transactions on Graphics, 2012, 31(4): 65-72.
- [5] John Y A, Adelson E H. Representing moving images with layers [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1994, 3(5): 625-638. [DOI: 10.1109/83.334981]
- [6] Liu C, Torralba A, Freeman W T, et al. Motion magnification [J]. ACM Transactions on Graphics, 2005, 24: 519-526. [DOI: 10.1145/1073204.1073223]
- [7] Horn B K, Schunck B. Determining optical flow [J]. Artificial Intelligence, 1981, 17(1-3): 185-203. [DOI: 10.1016/0004-3702(81)90024-2]
- [8] Burt P J, Adelson E H. The laplacian pyramid as a compact image code [J]. IEEE Transactions on Communications, 1983, 31(4): 532-540. [DOI: 10.1109/TCOM.1983.1095851]
- [9] Wadhwa N, Rubinstein M, Freeman W T, et al. Phase-based video motion processing [J]. ACM Transactions on Graphics, 2013, 32(4): 1-10. [DOI: 10.1145/2461912.2461966]
- [10] Toet A. Multi-scale contrast enhancement with applications image fusion [J]. Optical Engineering, 1992, 31(5): 1026-1031. [DOI: 10.1117/12.56155]
- [11] Toet A, Ruyven L J, Valette J M. Merging thermal and visual images by a contrast pyramid [J]. Optical Engineering, 1989, 28(7): 789-792. [DOI: 10.1117/12.7977034]
- [12] Li S T, James T K, Wang Y N. Multi-focus image fusion using artificial neural networks [J]. Pattern Recognition Letters, 2002, 23(8): 985-997. [DOI: 10.1016/S0167-8655(02)00029-6]
- [13] Dabov K, Foi A, Katkovnik V, et al. Image denoising by sparse 3D transform-domain collaborative filtering [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2007, 16(8): 2080-2095. [DOI: 10.1109/TIP.2007.901238]
- [14] Xu C M, Li G, Hu W G, et al. Image quality evaluation of infrared image [J]. Infrared Technology, 2004, 26(6): 72-75. [徐春梅, 李刚, 胡文刚, 等. 红外图像评价质量研究[J]. 红外技术, 2004, 26(6): 72-75.] [DOI: 10.3969/j.issn.1001-8891.2004.06.019]