



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

2015
01
VOL.20

ISSN1006-8961
CN11-3758/TB



图像模糊测量 P20



第20卷第1期（总第225期）

2015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

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@radi.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

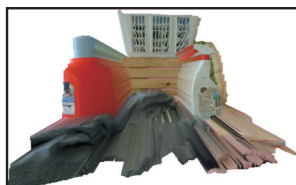
ISSN 1006-8961

CODEN ZTTXFZ

国外发行代号 M1406

国内邮发代号 82-831

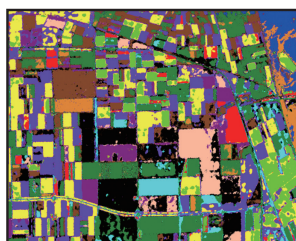
国内定价 50.00元



结合同场景立体图对的高质量深度图像重建(第0001页)



全局和局部结构内容自适应正则化的单幅图像超分辨模型(第0011页)



极化SAR相干斑抑制的非局部加权最小均方误差滤波算法(第0140页)

图像处理和编码

结合同场景立体图对的高质量深度图像重建

杨宇翔, 高明煜, 尹克, 吴占雄 0001

全局和局部结构内容自适应正则化的单幅图像超分辨模型

唐松泽, 肖亮, 黄伟, 刘鹏飞 0011

基于BP神经网络的图像局部模糊测量

黄善春, 方贤勇, 周健, 沈峰 0020

基于投影轮廓的文本图像倾斜检测

程立, 姚为, 李波 0029

图像分析和识别

稀疏表示和贪婪搜索的人脸分类

刘梓, 宋晓宁, 唐振民 0039

分块LBP的素描人脸识别

周汐, 曹林 0050

随机场中运动一致性的多线索目标跟踪

陈晨树, 张骏, 谢昭, 高隼 0059

融合背景权重直方图的目标跟踪

田浩, 巨永锋, 孟凡琨, 李涪帆 0072

英文字母特征的双面碎纸拼接

周一凡, 王松静, 黄永斌 0085

图像理解和计算机视觉

融合特征的快速SURF配准算法

罗天健, 刘秉瀚 0095

垂直交叉双向搜索策略的自适应窗口匹配算法

符立梅, 彭国华 0104

针对重复模式图像的成对特征点匹配

罗楠, 孙权森, 陈强, 纪则轩, 夏德深 0113

医学图像处理

量子衍生PDE医学超声图像去斑

付晓薇, 王奕, 陈黎, 田菁 0125

遥感图像处理

PCA与移动窗小波变换的高光谱决策融合分类

叶珍, 何明一 0132

极化SAR相干斑抑制的非局部加权最小均方误差滤波算法

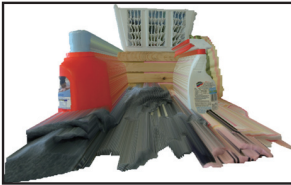
马晓双, 沈焕锋, 杨杰, 张良培 0140

数据筛选的低频UWB SAR图像快速可视化

李超, 李悦丽, 安道祥, 王广学 0151

CONTENTS

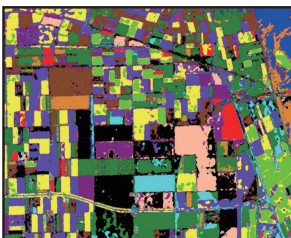
JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS



High-quality depth map reconstruction combining stereo image pair(P0001)



Global and local structural content adaptive regularization model for single image super-resolution(P0011)



PCA and windowed wavelet transform for hyperspectral decision fusion classification (P0140)

Image Processing and Coding

- High-quality depth map reconstruction combining stereo image pair
Yang Yuxiang, Gao Mingyu, Yin Ke, Wu Zhanxiong 0001
- Global and local structural content adaptive regularization model for single image super-resolution
Tang Songze, Xiao Liang, Huang Wei, Liu Pengfei 0011
- Image local blur measurement based on BP neural network
Huang Shanchun, Fang Xianrong, Zhou Jian, Shen Feng 0020
- Improved projection profile based algorithm for skew detecting in document images
Cheng Li, Yao Wei, Li Bo 0029

Image Analysis and Recognition

- Sparse representation based face recognition classification algorithm using greedy search strategy
Liu Zi, Song Xiaoning, Tang Zhenmin 0039
- The sketch face recognition combining with AdaBoost and blocking LBP
Zhou Xi, Cao Lin 0050
- Multi-cues object tracking based on motion consistence in random field
Chen Chenshu, Zhang Jun, Xie Zhao, Gao Jun 0059
- Improved tracking algorithm with background-weighted histogram
Tian Hao, Ju Yongfeng, Meng Fankun, Li Fufan 0072
- Double-sided shreds restoration based on English letters feature
Zhou Yifan, Wang Songjing, Huang Yongbin 0085

Image Understanding and Computer Vision

- Fast SURF key-points image registration algorithm by fusion features
Luo Tianjian, Liu Binghan 0095
- Cross-based bidirectional adaptive window for stereo matching
Fu Limei, Peng Guohua 0104
- Pair-wise feature points based matching algorithm for repetitive patterns images
Luo Nan, Sun Quansen, Chen Qiang, Ji Zexuan, Xia Deshen 0113

Medical Image Processing

- Quantum-inspired partial differential equation-based medical ultrasound image despeckling method
Fu Xiaowei, Wang Yi, Chen Li, Tian Jing 0125

Remote Sensing Image Processing

- PCA and windowed wavelet transform for hyperspectral decision fusion classification
Ye Zhen, He Mingyi 0132
- Polarimetric SAR speckle filtering using a nonlocal weighted minimum mean squared error filter
Ma Xiaoshuang, Shen Huanfeng, Yang Jie, Zhang Liangpei 0140
- Fast visualization method for UWB SAR images based on 3σ measurement
Li Chao, Li Yueli, An Daoxiang, Wang Guangxue 0151

中图法分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2015)01-0020-09

论文引用格式: Huang S C, Fang X Y, Zhou J, Shen F. Image local blur measurement based on BP neural network[J]. Journal of Image and Graphics, 2015, 20(1): 0020-0028. [黄善春, 方贤勇, 周健, 沈峰. 基于 BP 神经网络的图像局部模糊测量[J]. 中国图象图形学报, 2015, 20(1): 0020-0028.] [DOI:10.11834/jig.20150103]

基于 BP 神经网络的图像局部模糊测量

黄善春¹, 方贤勇^{1,2}, 周健¹, 沈峰¹

1. 安徽大学计算机科学与技术学院, 合肥 230601; 2. 计算机软件新技术国家重点实验室, 南京 210023

摘要: 目的 目前模糊测量方法难以处理存在纹理平坦区域时的局部模糊测量。针对该问题, 提出一种基于 BP (back propagation) 神经网络的图像局部模糊检测方法。方法 该方法采用所有奇异值以描述不同尺度信息随模糊变化情况, 并与描述高频信息变化的 DCT (discrete cosine transform) 非零系数结合, 实现奇异值向量和 DCT 非零系数个数联合的混合模糊测度, 达到空频联合的模糊度描述。在此基础上, 通过训练 BP 神经网络分类器, 实现图像块模糊值预测。结果 单幅局部模糊图像实验中, 较好区分纹理平坦区域和模糊区域的模糊程度; 多幅局部模糊图像的统计实验中, 召回率-准确率 (RP) 评估曲线显示在相同召回率下准确率较其他方法高。结论 该方法可以较准确地实现局部模糊图像 (特别是存在纹理平坦区域的局部模糊图像) 的模糊测量。

关键词: BP 神经网络; 模糊测量; 奇异值; DCT 系数

Image local blur measurement based on BP neural network

Huang Shanchun¹, Fang Xianrong^{1,2}, Zhou Jian¹, Shen Feng¹

1. School of Computer of Science and Technology, Anhui University, Hefei 230601, China;

2. State Key Lab for Novel Software Technology, Nanjing 210023, China

Abstract: **Objective** The existing blur metrics for locally blurred images are difficult to use in the measurement of flat textured areas. Thus, a back propagation (BP) neural network-based image local blur measurement method is proposed to overcome this limitation. **Method** A new unified blur feature based on all singular values and non-zero discrete cosine transform (DCT) coefficients is presented. This feature measures sharpness from both spatial and frequency domains. Different singular values reflect the distribution of different scale information, which vary differently after blurring. The number of non-zero DCT coefficients depicts the information lost in the high frequency domain. Their combination can capture the blurring effect in the flattened textured area. BP neural network-based classifier is trained to predict the blur measurement of each block on the basis of the metric. **Result** The method can better distinguish the flat textured areas and blurred areas of a single locally blurred image compared with existing methods. According to the recall-precision curve, the statistical experiment of multiple locally blurred images shows that a higher precision can be obtained with the proposed method than with existing methods. **Conclusion** Therefore, the proposed method measure the local blur more effectively, particularly that of flat textured areas, than the existing methods can.

Key words: back-propagation neural network; blur measurement; singular values; DCT coefficient

收稿日期: 2014-04-24; 修回日期: 2014-09-25

基金项目: 国家自然科学基金项目 (61003131, 61301295, 61370218); 安徽省自然科学基金项目 (1408085MF113, 1308085QF100); 南京大学计算机软件新技术国家重点实验室开放课题 (KFKT2013B12)

第一作者简介: 黄善春 (1989—), 男, 安徽大学计算机应用技术专业在读硕士研究生, 主要研究方向为图像处理和计算机视觉。

E-mail: huangshanchun@163.com

通信作者: 方贤勇, E-mail: fangxianrong@ahu.edu.cn

Supported by: National Natural Science Foundation of China (61003131, 61301295, 61370218); Project supported by the Natural Science Foundation of Anhui Province, China (1408085MF113, 1308085QF100)

0 引言

图像因物体快速运动等而造成的局部运动模糊比较常见,准确获得图像各处的模糊程度可以用于图像分割、融合和去模糊等,因此图像的局部模糊检测很重要。本文正是对这一模糊检测问题进行研究,并针对目前难以检测纹理平坦区域模糊程度的不足,提出一种有效的基于BP网络的模糊检测方法。

现有的模糊检测方法中大多数是基于边界分析的方法^[1-4],该类方法依赖于提取大量的边界,对于边界比较少的或无边界的纹理平坦区域很难起效。有一些非边界的方法^[5-9]。Grimaldi等人^[5]利用图像的局部标准差,采用多次分块法来对图像模糊区域进行检测,但是该方法只适用于运动模糊图像。Levin等人^[6]和Chakrabarti等人^[7]假设模糊类型为运动模糊且运动方向不变,利用模糊核的知识对模糊区域进行提取,但自然图像模糊类型很多,对模糊核的估计存在很大难度。其中感兴趣的非边界方法来自文献[8-9]。Marichal等人^[8]通过在图像压缩域中统计DCT的非零系数直方图进行模糊度量。DCT非零系数变化反映了模糊对高频信息抑制作用,具有简单和稳定的特点,因此被借鉴。但Marichal等人依赖全图的统计,不能直接应用于局部模糊图像。Su等人^[9]提出运用SVD(singular value decomposition)的局部模糊测量方法,根据模糊图像前几项奇异值所占的比重比清晰图像要大的特点,从而以部分奇异值所占所有奇异值的和比值作为像素的模糊度量,可以较好测量纹理丰富的区域,因此也被采用。但是Su等人只考虑小奇异值即小尺度特征在模糊后的变化,忽略了大奇异值即大尺度信息的变化。由于纹理平坦的区域和模糊区域具有大量的大尺度信息和较少的小尺度信息,而Su等人不考虑模糊后大尺度信息的变化情况,必然容易把纹理平坦的清晰区域误检测为模糊区域。上述都没有采用机器学习的方式,也有一些研究者提出基于学习方法^[10-12],通过训练模糊度检测的分类器,实现模糊测量。如:Hsu等人^[10]通过统计图像梯度分布的规律,使用SVM(support vector machine)对图像模糊区域进行学习和分类;Liu等人^[11]通过对梯度进行双高斯混合模型的拟合,使用标准差与功率谱相结合的模糊测度,然后运用贝叶斯分类器,

实现基于块进行模糊区域分割;Kanchev等人^[12]通过统计图像小波变换后的梯直方图,使用SVM对进行学习和分类。基于学习的方法可以自动从特征数据中寻找规律,因此被采用。但是已有的基于学习方法不能有效检测纹理平坦区域的模糊程度,本文则在更加高效的空频相结合的模糊特征基础上实现模糊测度的有效学习。

针对已有局部模糊测量方法容易将纹理平坦的清晰区域误检成模糊区域的不足,研究运用所有奇异值组成奇异值向量进行模糊检测的思路。克服Su等人因忽略大尺度信息随模糊变化的事实而带来的平坦区域难以检测的不足,并结合反映高频信息变化的DCT非零系数对模糊具有较强描述作用的特点,提出奇异值向量和DCT非零系数个数相结合的新的模糊测度,实现了空域和频域相结合的模糊度描述,并进一步引入BP神经网络作为分类器,实现高效的模糊测量。神经网络是一种应用类似于大脑神经突触联接的结构进行信息处理的数学模型,能够较好地反映模糊的感知特性。

1 混合模糊测度

1.1 奇异值向量

对于图像 I ,其SVD分解可以表示为

$$I = U\Sigma V^T = \sum_{i=1}^n \lambda_i E_i \quad (1)$$

式中, U 和 V 为正交矩阵; $\Sigma = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$ 是由大到小进行排列的奇异值 λ_i 作为对角线元素的奇异值矩阵; E_i 是特征图像。式(1)表明,图像 I 可看成 n 个奇异值为权值的特征图像的叠加。文献[13]提供了图像的不同尺度空间的分析:大的奇异值代表大的尺度描述的是图像的形状结构特征,小的奇异值代表小的尺度描述图像的细节特征。对于模糊后的图像,不仅是小尺度(高频信息)的丢失,而是在不同尺度都会有不同程度的受损。因此使用图像块奇异值向量来表示该图像块的模糊程度,即 $M_s = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$ 。

图1给出一幅含有纹理平坦区和模糊纹理的测试图像(模糊区域为汽车,纹理平坦区域为天空地面等)。图2给出以图1中标出的4个块为例的特征值对比(纵坐标表示奇异值大小、横坐标表示像素块的奇异值索引),其中两个来自模糊区域(编号

3 和 4);两个来自清晰区域(编号 1 和 2)。可以看到清晰的图像块的对应的奇异值要大于模糊的图像

块对应的奇异值,说明了奇异值向量可以较有效地区分图像块的模糊与否。



图 1 局部模糊图像(按序编号的 4 个 8×8 图像块在右边显示)

Fig. 1 Locally blurred image (four 8×8 example blocks are extracted and shown on the right for a clear view)

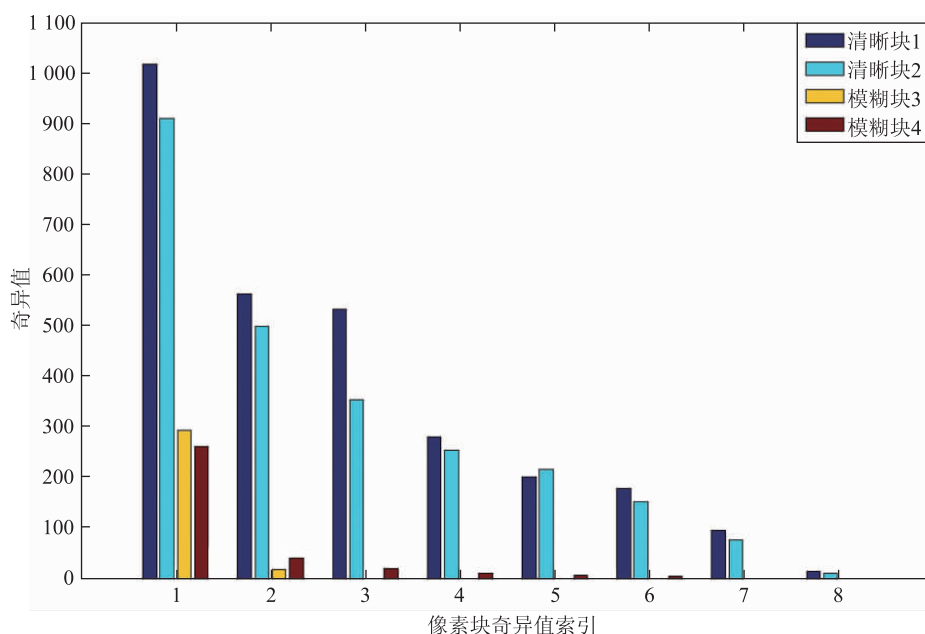


图 2 比较图 1 的 4 个图像块对应的奇异值大小(所有块的第 2—8 奇异值均放大 10 倍)

Fig. 2 Comparison of the singular values among the four example blocks shown in Fig. 1
(The singular values indexed from two to eight are timed by 10 for a clear view)

1.2 DCT 非零系数个数

DCT 系数反映一幅图像的频域信息的分布情况。对于一幅图像 $I(M \times N)$ 其离散的余弦变换为

$$F(u, v) = \frac{2}{\sqrt{MN}} c(u) c(v) \times \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} I(m, n) \cos \frac{(2m+1)u\pi}{2M} \cos \frac{(2n+1)v\pi}{2N} \quad (2)$$

式中

$$c(i) = \begin{cases} 1/\sqrt{2} & i = 0 \\ 1 & \text{其他} \end{cases}$$

m, n 为输入图像矩阵坐标位置, $I(m, n)$ 为输入像素点数据; u, v 为 DCT 变换后矩阵坐标位置, $u = 0, 1, \dots, M-1; v = 0, 1, \dots, N-1$ 。当 u, v 不断增大时, 相应的余弦函数的频率也不断增大, 得到的系数可

认为就是原始图像信号在频率不断增大的余弦函数上的投影,所以也被称为低频系数、中频系数和高频系数。对于模糊区域它的高频信息都较少,进行DCT变换以后,模糊区域的高频系数为0个数比较多,所以,非零系数个数变化可以反映有无经过模糊作用。因此,DCT非零系数个数作为一个特征值 M_e 。

以图1的4个图像块区域为例,清晰块1和清晰块2对应的DCT非零系数个数为52和39,模糊块3和模糊块4为2和7。这一结果正好与这些区域模糊与否相符合,表明模糊的图像块经DCT变换后其非零系数个数要小于清晰的图像块,说明这一特征值是可以用于模糊程度描述。

2 BP神经网络分类器构建

2.1 模型构造

神经网络是一种应用类似于大脑神经突触联接的结构进行信息处理的数学模型,能够较好地反映模糊的感知特性。BP网络是一种多层映射神经网络,可以充分逼近任意复杂的非线性关系,采用误差反向传播学习算法调整权值等参数使其达到最优,具有广泛的适应性和有效性等优点。文献[14]指出在神经网络的实际应用中,BP网络是使用最为广泛的一个网络,80%~90%的人工神经网络模型会采用BP网络或者采用它的变化形式。它也是前向网络的核心部分,体现了人工神经网络最精华的部分。另外,BP神经网络原理简单,程序实现容易,而且很适合于图像模式识别系统^[15]。因此,本文选择BP神经网络作为分类器。

图3给出本文的BP网络模型。

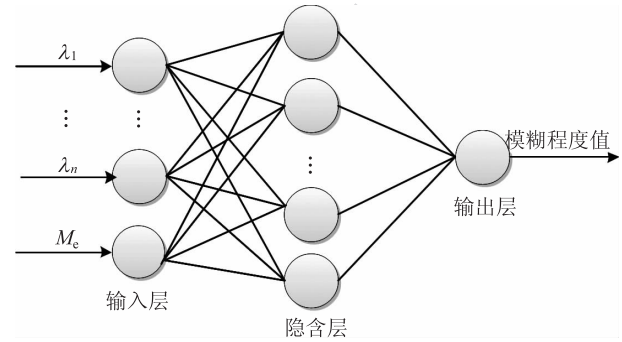


图3 基于BP神经网络的模糊测度分类器

Fig. 3 The BP neural network based classifier for blur measurement

采用3层BP网络模型,输入结点数为9,对应于图像块的奇异值向量 M_s 的8个特征值和DCT非零系数个数 M_e ;输出结点数为1个,即该图像块的模糊程度值;通过多次实验验证,得最佳隐含层结点数为15。其他设置包括:1)最大迭代次数设为20 000;2)以均方误差(MSE)函数为目标函数,最小均方误差设为0.01;3)为了防止因学习率太大而网络无法得到全局最优解情况发生,将学习率设置为0.1。

由于各输入结点值大小参差不齐,为保证神经网络更好地学习样本,防止大数信息淹没小数信息,将所有特征元素统一归一化至-1~1再输入。因为激活的S型函数的输出不可能达到0或1,因此这里设置模糊块的label(标签)为0.1,清晰块的label为0.9。

2.2 训练和模糊预测

图4给出上述BP神经网络模糊测度分类器训练和模糊检测过程。

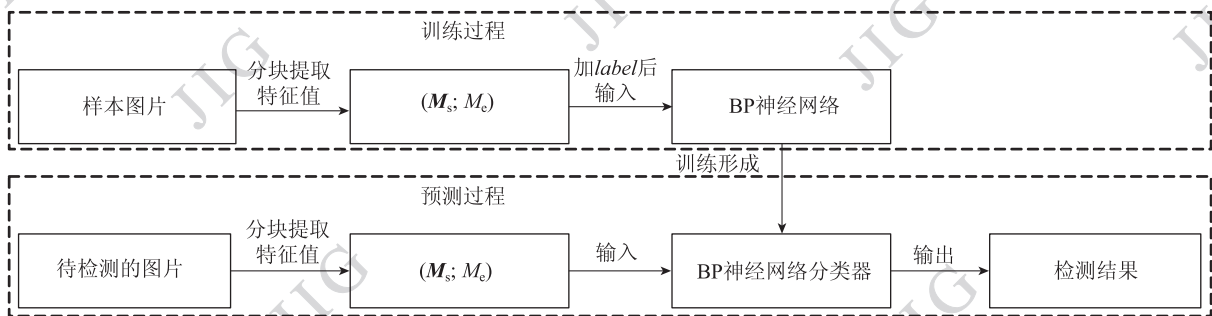


图4 基于BP神经网络的模糊检测算法的流程图

Fig. 4 The pipeline of the proposed blur measurement method based on the BP neural network

训练过程中,选取一些带有局部模糊图像作为训练样本,分块计算出每一块奇异值向量和 DCT 非零系数个数,同时为每一块加上 $label$, 得到 $v = (label; M_s; M_e)$;然后将所有的样本块的 v 送到 BP 神经网络去学习训练。最后,得到可以预测模糊度 BP 神经网络分类器。

预测时,对待检测的图片,分块计算出每一块奇异值向量和 DCT 非零系数个数,即 $(M_s; M_e)$;再将其送到已经训练好的 BP 神经网络分类器中去预测其模糊程度,得到最终的每个图像块的模糊程度值。

3 实验

实验中,对每个大小设置为 2×2 图像块,在综合考虑实验测量效果和算法时间的复杂度的基础上,选择检测以其中心的 8×8 区域模糊值作为该图像块的模糊值。为了对比模糊测量的效率,将 Su 等人^[9]采用部分奇异值权重方法(称之为部分奇异值方法)、Marichal 等人^[8]直接采用 DCT 非零系数个

数的方法(称之为直接非零系数方法),以及基于支持向量机的回归预测方法(称之为 SVM 方法)进行实验对比。部分奇异值方法采用文献[9]相同的方法,即模糊测度是通过以前 4 个奇异值所占所有奇异值的和比值作为像素的模糊度量。直接非零系数方法采用文献[8]相同的方法,即统计该分块的 DCT 系数矩阵中非零元素个数作为该图像块的模糊度量。SVM 方法使用 Chang 等人^[16]提出的 libsvm,并且采用与本文方法相同的分块大小、训练样本和特征向量(奇异值向量和 DCT 非零系数个数)进行训练和模糊预测(具体过程参见第 2.2 节)。SVM 方法的参数设置为:通过其自带的工具进行寻优得最优参数 c 为 0.031 25, g 为 0.007 812 5;核函数选择通用的 RBF 核函数;回归函数为 epsilon-SVR。

3.1 实验结果

图 5 为对图 1 所示图像的模糊检测结果对比。从图 5 可以看出:1)部分奇异值方法(图 5(a))在纹理平坦的清晰区域(天空和地面)和模糊区域(汽

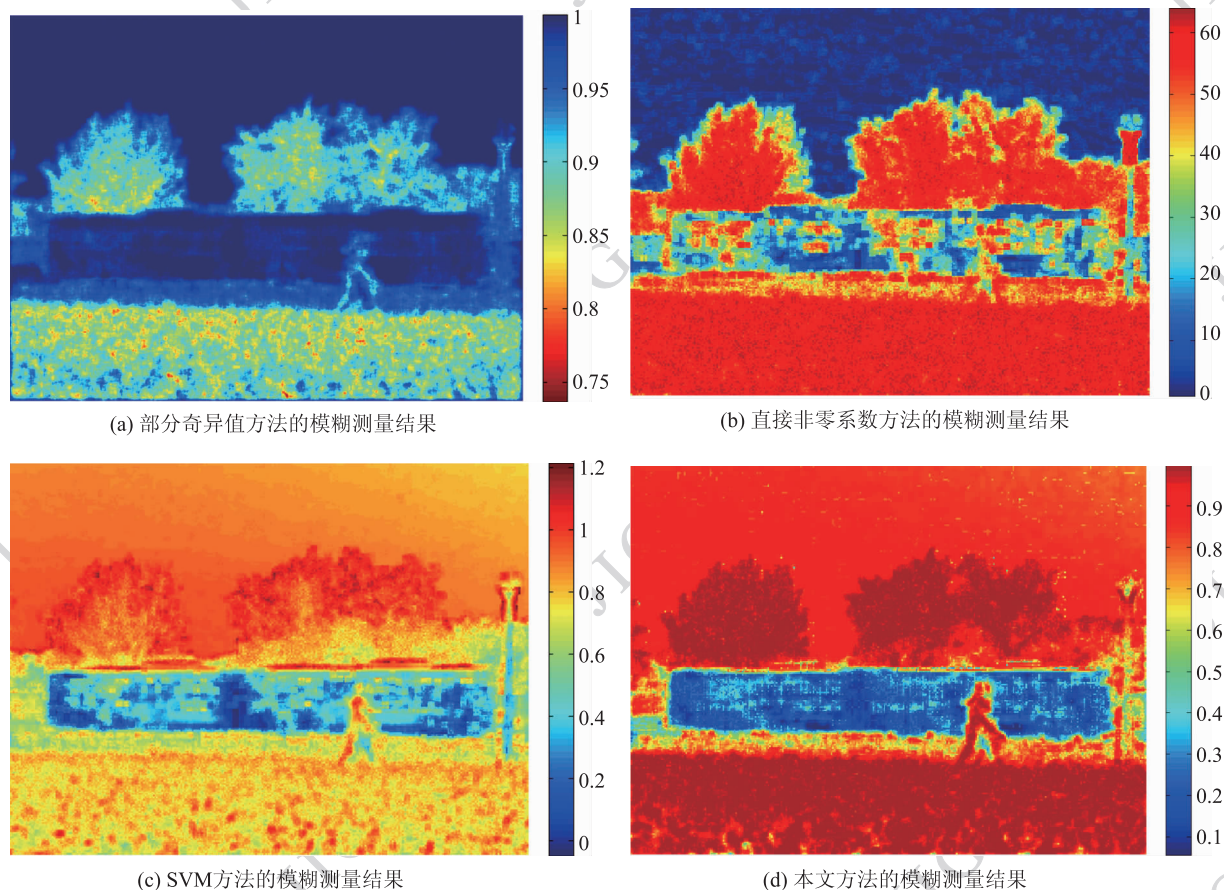


图 5 图 1 所示图像的模糊测量对比实验结果

Fig. 5 Comparison of the blur measures results for the image shown in Fig. 1

车)取得相类似的测量结果,说明部分奇异值法不能区分纹理平坦的清晰区域和模糊区域;2)直接非零系数方法(图5(b))在纹理平坦的清晰区域和模糊区域有区分,但是效果不明显;3)SVM方法(图5(c))能较好区分纹理平坦的清晰区域和模糊区域,但是存在很多误检(如部分模糊汽车区域取得和清晰地面类似结果);4)本文方法(图5(d))不仅能很好区分纹理平坦的清晰区域和模糊区域,而且误检很少。

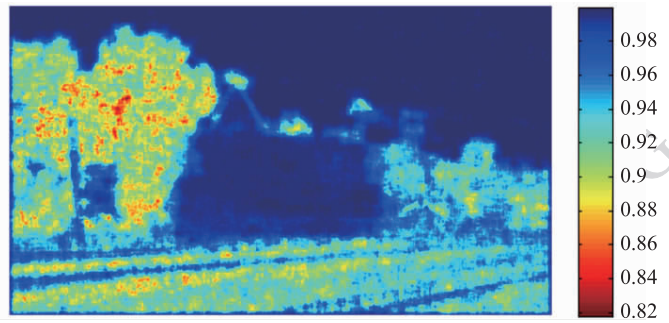
图6给出本文方法、SVM方法、部分奇异值方法和直接非零系数方法针对一幅机车图像的模糊检测对比实验结果。从图6可以看出:1)部分奇异值方法(图6(b))在纹理平坦的清晰区域(天空)和模糊区域(机车)取得相类似的测量结果,说

明部分奇异值法不能区分纹理平坦的清晰区域和模糊区域;2)直接非零系数方法(图6(c))在纹理平坦的清晰区域和模糊区域有区分,但是效果不明显;3)SVM方法(图6(d))能较好区分纹理平坦的清晰区域和模糊区域,但是存在很多误检(如清晰区域部分树木取得了和模糊机车类似的结果);4)本文方法(图6(e))不仅能很好区分纹理平坦的清晰区域和模糊区域,而且误检很少。

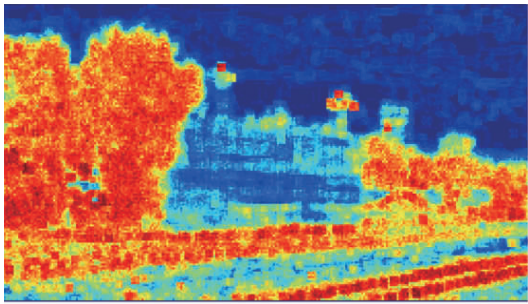
图7给出本文方法在其他两幅局部模糊图的检测结果。从图7检测结果可以看出,本文方法不仅可以有效地检测出纹理平坦区域的模糊程度,而且对纹理非平坦区域(如图7(c))也能较好地测量其模糊程度。



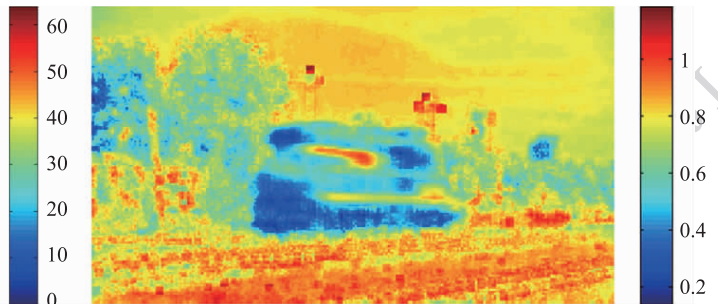
(a) 局部模糊的机车图像



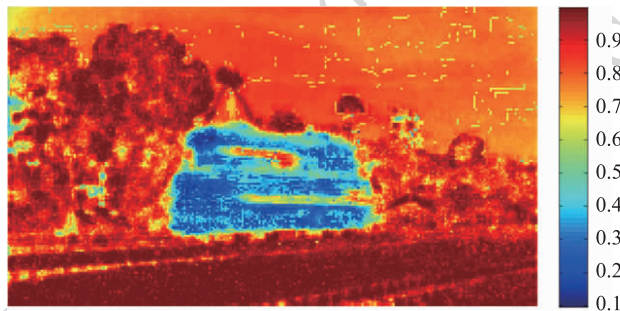
(b) 部分奇异值方法的模糊测量结果



(c) 直接非零系数方法的模糊测量结果



(d) SVM方法的模糊测量结果



(e) 本文方法的模糊测量结果

图6 局部模糊的机车图像的模糊测量结果对比

Fig. 6 Comparison of the blur measures for the locally blurred locomotive image

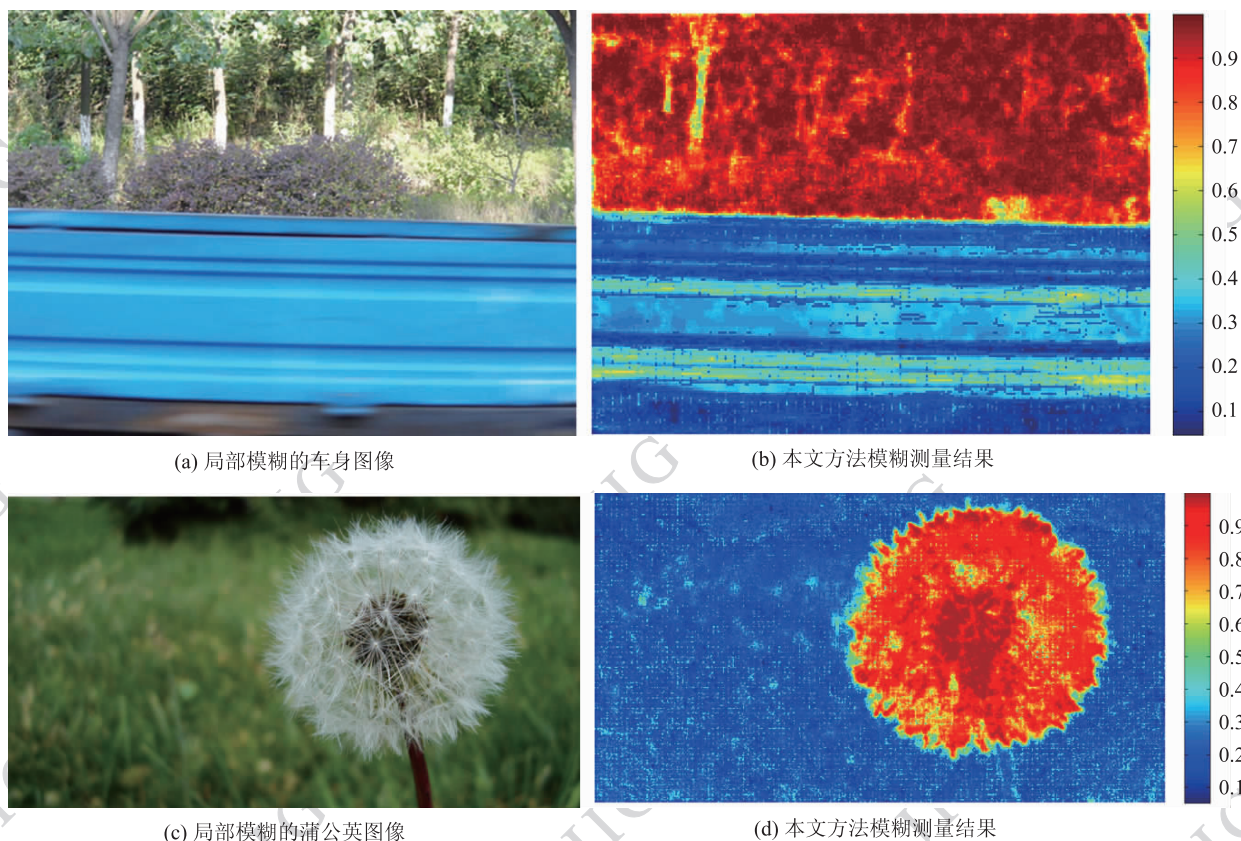


图7 另外两幅局部模糊图像的测量结果

Fig. 7 The blur measurement results for another two partially blurred image

3.2 召回率—准确率曲线统计

采用召回率—准确率曲线对实验结果进行评价。式(3)(4)给出了召回率和准确率的计算公式。召回率的高与低说明真实的模糊区域检测出多与少;准确率的高与低则说明检测出的模糊区域正确的多与少。RP曲线是在以召回率为横轴、以准确率为纵轴的2维坐标系中绘制,可以反映在不同的模糊区域召回率下正确检测到的比率分布情况。

$$\text{召回率} = \frac{\text{正确检测到模糊块个数}}{\text{实际中模糊块的个数}} \quad (3)$$

$$\text{准确率} = \frac{\text{正确检测到模糊块个数}}{\text{检测到模糊块的个数}} \quad (4)$$

选取50幅图像并对其模糊区域进行人工标注后,通过调整阈值大小使平均召回率从0~1变化同时计算出该召回率下其对应的准确率,然后根据统计结果汇出曲线,如图8所示。可以看出:1) SVM方法和本文方法都取得了较好效果,说明本文选择将奇异值向量和DCT非零系数个数相结合

的混合模糊测度具有较强的鲁棒性;2)在相同的召回率下本文方法的准确率比其他3种方法的准确率都高,进一步说明在该测度基础上基于BP神经网络的模糊测量方法可以取得最佳的检测效果。

上述实验在联想M7150台式电脑(内存2 GB,主频2.80 GHz)上完成。对于一幅640×480大小的图像,所需平均测量时间分别为:SVM方法1 077.076 0 s,本文方法22.135 0 s,部分奇异值方法27.786 8 s,直接非零系数方法10.821 2 s。从运行时间可以看出:1)直接非零系数方法只是简单计算以块为单位DCT非零系数个数,故所需时间最少;2)本文方法由于需要计算每一块的DCT非零系数个数和奇异值向量,故所需时间较直接非零系数方法多;3)部分奇异值方法是由于以像素为单位进行模糊测量,所以较以像素块进行模糊测量所需时间要多;4)SVM方法由于在最优参数下训练成功后,由于其支持向量个数较多,所以其在进行预测时所需要时间较本文中简单的3层BP神经网络所需时间多。

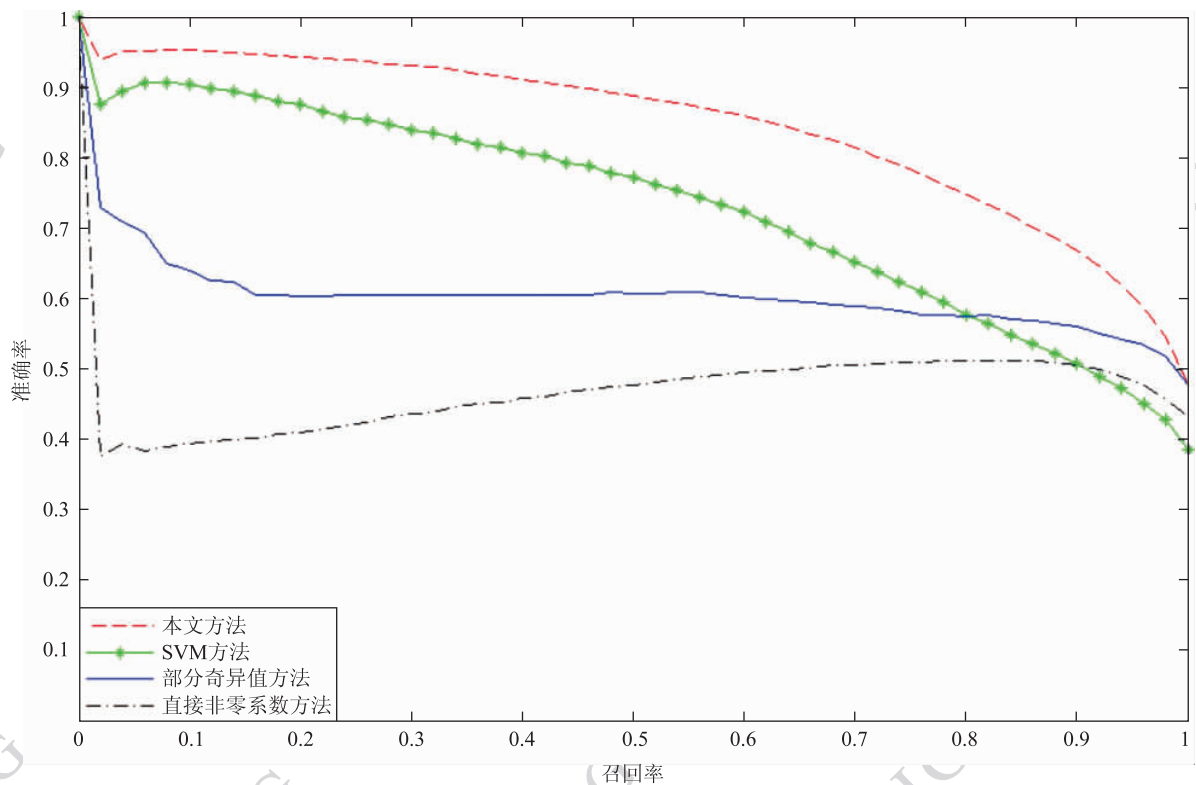


图8 本文方法与SVM方法、部分奇异值方法和直接非零系数方法的统计比较

Fig. 8 Statistical comparison among the SVM method, the partial singular-value method, the direct non-zero coefficient method and ours

4 结论

针对当前图像模糊测量方法难以有效检测纹理平坦区域的模糊程度问题,提出将奇异值向量和DCT非零系数个数相结合的空频联合模糊测度,并进一步运用BP神经网络实现图像局部模糊测量方法。实验结果表明,本文方法可以有效地区分纹理平坦的清晰区域和模糊区域。由于本文采用的是以块为单位,在模糊区域和清晰区边界可能会出现误检,因此,下一步将以像素为单位并进一步研究图像的模糊测量。

参考文献 (References)

- [1] Marziliano P, Dufaux F, Winkler S, et al. A no-reference perceptual blur metric [C]//Proceedings of the 9th International Conference on Image Processing. New York, USA: IEEE, 2002, 3:57-60. [DOI: 10.1109/ICIP.2002.1038902]
- [2] Tong H, Li M, Zhang H, et al. Blur detection for digital images using wavelet transform [C]// Proceedings of the 10th International Conference on Multimedia and Expo. Taipei, Taiwan, China: IEEE, 2004: 17-20. [DOI: 10.1109/ICME.2004.1394114]
- [3] Narvekar N D, Karam L J. A no-reference image blur metric based on the cumulative probability of blur detection [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2011, 20(9): 2678-2683. [DOI: 10.1109/TIP.2011.2131660]
- [4] Soleimani S, Rooms F, Philips W. Efficient blur estimation using multi-scale quadrature filters [J]. Signal Processing, 2013, 93(7): 1988-2002. [DOI: 10.1016/j.sigpro.2012.12.015]
- [5] Grimaldi D, Kurylyak Y, Lamonaca F. Detection and parameters estimation of locally motion blurred objects [C]// Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems. Prague, Czech: IEEE, 2011: 483-487. [DOI: 10.1109/IDAACS.2011.6072800]
- [6] Levin A. Blind motion deblurring using image statistics [C]// Proceedings of the Conference on Advances in Neural Information Processing Systems. Vancouver, Canada: MIT Press, 2006: 841-848. [DOI: 10.1.1.110.2995]
- [7] Chakrabarti A, Zickler T, Freeman W T. Analyzing spatially-varying blur [C]// Proceedings of the 23rd International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. San Francisco, USA: IEEE, 2010: 2512-2519. [DOI: 10.1109/CVPR.

2010. 5539954]
- [8] Marichal X, Ma W Y, Zhang H J. Blur determination in the compressed domain using DCT information [C] // Proceedings of the 6th International Conference on Image Processing. Kobe, Japan; IEEE, 1999, 2: 386-390. [DOI: 10.1109/ICIP.1999.822923]
- [9] Su B, Lu S, Tan C L. Blurred image region detection and classification [C] // Proceedings of the 19th ACM International Conference on Multimedia. Toronto, Canada; ACM, 2011: 1397-1400. [DOI: 10.1145/2072298.2072024]
- [10] Hsu P, Chen B Y. Blurred image detection and classification [C] // Proceedings of 14th International Conference on Advances in Multimedia Modeling. Kyoto, Japan; ACM Press, 2008, 4903: 277-286. [DOI: 10.1007/978-3-540-77409-9_26]
- [11] Liu R, Li Z, Jia J. Image partial blur detection and classification [C] // Proceedings of the 21st Computer Vision and Pattern Recognition. Anchorage, USA; IEEE, 2008: 1-8. [DOI: 10.1109/CVPR.2008.4587465]
- [12] Kanchev V, Tonchev K, Boumbarov O. Blurred image regions detection using wavelet based histograms and SVM [C] // Proceedings of the 6th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems. Prague, Czech; IEEE, 2011, 1: 457-461. [DOI: 10.1109/IDAACS.2011.6072795]
- [13] Andrews H, Patterson C. Singular value decompositions and digital image processing [J]. IEEE Transactions on Speech and Signal Processing, 1976, 24 (1) : 26-53. [DOI: 10.1109/TASSP.1976.116276]
- [14] Cong S. Neural Network Theory and Applications with MATLAB Toolboxes [M]. 3rd ed. Hefei: Press of University of Science and Technology of China, 2009: 63-65. [丛爽. 面向 MATLAB 工具箱的神经网络理论与应用 [M]. 3 版. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2009: 63-65.]
- [15] Yang J W. Digital image classification system based on BP neural network [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2012. [杨建伟, 基于 BP 神经网络的数字图像分类系统研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2012.]
- [16] Chang C C, Lin C J. LIBSVM: a library for support vector machines [J]. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, 2011, 2 (3) : #27. [DOI: 10.1145/1961189.1961199]