

基于人工鱼群微细分解的先验未知像素点修复算法

睢丹^{1,2} 高国伟^{2,3}

(武汉理工大学信息工程学院 武汉 430070)¹ (安阳师范学院软件学院 安阳 455000)²
(河海大学计算机与信息学院 南京 210098)³

摘要 由于未知像素点先验信息缺失,因此模块匹配和边缘结构信息未知,全息修复困难。传统方法采用子空间特征信息多维搜索方法未能实现对图像纹理的微细结构信息的模板匹配,效果不好。引入人工鱼群算法,提出一种基于人工鱼群微细分解和亮度补偿的先验未知像素点全息修复算法,即采用子空间特征信息多维搜索方法进行先验未知像素点置信度的更新,以保持被修复的图像破损区域的连续性。构建人工鱼群算法的图像微细分解模型,结合边缘特征点亮度补偿策略,来实现对先验未知像素点的图像信息修复改进。实验结果表明,改进的图像修复算法具有良好的视觉效果,修复时间和计算开销较少,提高了稳定性和收敛性,图像修复后的信噪比误差较小,保持在6%以内,因此该算法的性能优越。

关键词 人工鱼群,图像修复,子空间,亮度补偿

中图分类号 TN919.8 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2015.3.065

Image Restoration Algorithm of Unknown Priori Pixel Based on Artificial Fish Swarm Decomposition

SUI Dan^{1,2} GAO Guo-wei^{2,3}

(School of Information Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)¹

(School of Software Engineering, Anyang Normal University, Anyang 455000, China)²

(College of Computer and Information, Hohai University, Nanjing 210098, China)³

Abstract Because unknown pixels lack prior information, module matching and edge structure information is unknown, and the holographic reconstruction is difficult. The traditional method uses multidimensional search method of subspace feature information, which fails to achieve the fine image texture template matching of structure information, and the effect is not good. Introducing the artificial fish swarm algorithm, this paper proposed a new image holographic image restoration algorithm based on artificial fish swarm micro decomposition and brightness compensation. Sub space feature information multidimensional search method is used for unknown pixel confidence updates. In order to maintain the continuity of damaged region in image, the artificial fish swarm algorithm decomposition model is constructed, combined with the edge feature of image brightness compensation strategy, and the image restoration algorithm is obtained. The simulation result shows that it has a good visual effect in image restoration of a priori unknown pixel, resulting in less recovery time and computation costs, and the stability and convergence performance are improved. SNR error is smaller within 6%, so it has superior performance in application.

Keywords Artificial fish swarm, Image restoration, Subspace, Brightness compensation

1 引言

随着计算机图像处理技术的发展,引入计算机图形图像学的数字图像处理技术逐渐应用到图像修复领域,可实现对丢失信息的恢复和珍贵图像信息的再现和保存,可见先验未知像素点图像修复在珍贵缺失图像再现和信息恢复中意义重大。图像修复是通过人的视觉原理,按照一定的准则和算法,对图像丢失和移除的信息进行全息无损填充和显现。现实生活中,因为年代久远存储不当等原因导致图像缺损,需要进行图像修复。在目标探测领域,因为远程遥感图像信息模糊和

某个角度特征的缺失,也需要进行图像修复。因此,图像修复技术在文物古画保护、医学图像信息感知、影视特效、图像目标识别和远程遥感探测等领域都有着重要的应用价值。在图像修复研究中,对纹理结构特征信息未知的像素点图像修复最为关键和困难,研究先验未知像素点修复算法,在图像修复算法设计领域具有一定的前沿性和实践意义,而受到广大专家学者的关注^[1]。

当前,对图像修复的研究尚处于起步阶段,相关的算法实现关键技术还不完善和成熟,国内外主要采用的图像修复技术集中在建立非纹理图像的修复模型上,通过增强图像的对

到稿日期:2014-06-23 返修日期:2014-08-26

睢丹(1976—),女,博士生,高级实验师,主要研究方向为计算机图形图像处理、虚拟现实, E-mail: aynusd@163.com; 高国伟(1981—),男,博士生,讲师,主要研究方向为图像处理与模式识别。

比度,提取目标图像的亮点模型和纹理特征实现图像修复。其中,文献[2]提出基于纹理的凸显修复算法成为图像修复领域的一种经典算法,该算法首先选取破损区域边缘上的像素点,然后采用模板尺寸匹配和快匹配方法实现图像破损区域修复,算法简单实用,但是精度并不高。文献[3]提出一种基于先验特征预处理模型的图像修复法,即对一种图像中的未破损区域选择最相似的匹配块来对待修复块进行替代完成修复,算法在修复视觉提升上有较好的增益,但计算量大,实现复杂。文献[4]采用仿射型马尔可夫随机场进行像素级填充,实现图像恢复,在修复单个物体上具有可行性,但是算法在模型建立中消耗大量内存空间,复杂度较高。文献[5]提出了一种利用多样本块与待修复块的相似程度来确定待修复块的最优匹配块算法,算法需要预先设定像素优先级样本,在样本先验受限的情况下,不能很好地实现单个物体的恢复。文献[6]提出一种基于非纹理图像的三阶 PDE 子空间图像修复模型,通过双重叠加方法,对待修复点邻域像素的梯度值排序进而有效地估计出待修复点的等照度线方向,通过双重叠加方法进行先验未知像素点修复,算法仅对边缘细节和平滑区域有较好处理效果,对于大破损区域的修复结果往往会出现不连续现象。文献[7]提出了一种引入梯度和梯度的对数进行线性相加的函数来决定待修复块被修复的优先次序的算法,该算法引入的稀疏度计算量大,从而导致修复效率低。文献[8]采用子空间特征信息多维搜索方法进行图像修复,未能实现对图像纹理的微细结构信息模板匹配和联合分解,图像修复效果不好。

针对上述问题,本文提出一种基于人工鱼群微细分解的先验未知像素点全息修复算法,通过对图像的微细分解提取精密图像的微弱信息特征,获得先验特征信息,通过待修复块的优先级判定,进行先验未知像素点置信度的更新,构建人工鱼群微细分解图像修复模型,实现对图像的细节分析和位置像素点的修复。最后用仿真实验验证了本算法的优越性能。

2 图像结构纹理信息传导模型及待修复块的优先级判定

2.1 引入直觉模糊集的图像结构纹理信息传导模型设计

在研究图像先验未知像素点修复算法设计之前,首先给出图像结构纹理信息传导模型设计,本文采用一种引入直觉模糊集的图像结构纹理信息传导模型设计^[9],模型设计中,首先从众多的以边缘像素点为中心的待修复块中确定一个优先修复的块,单位时间内图像纹理结构信息为 $G(x, y; t)$,定义图像纹理子空间的直觉模糊集为传导函数即:

$$p(x, t) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left[\sigma \frac{u - (u + \Delta u)}{\Delta x} \right] = -\sigma \frac{\partial u(x, t)}{\partial x} \quad (1)$$

式中, σ 表示单位时间内图像纹理结构的模糊集热流密度, Δx 表示图像边缘信息视觉差, Δu 表示传导系数。假设沿梯度方向图像边缘信息为:

$$G_x(x, y; t) = \frac{\partial u(x, y; t)}{\partial x} \quad (2)$$

求目标函数中零均匀遍历特性,得到图像纹理结构信息流密度矢量为:

$$p(x, y; t) = -\sigma \nabla u(x, y; t) = -\sigma G(x, y; t) \\ = -\sigma [G_x(x, y; t)i + G_y(x, y; t)j] \quad (3)$$

式中, i, j 为单位方向矢量,基于直觉模糊集图像结构纹理信

息传导模型,求目标函数中零均匀遍历特性和逻辑差分变尺度特征得到中心 v_i 的偏导数,把待修复信息沿传播方向进行水平和垂直传导分区划分,从完好区域的大量样本块中找出图像,得到与当前优先级最高的待修复块的最优样本块,进而得到图像结构纹理信息传导模型设计。在已修复的当前块中,通过求目标函数中零均匀遍历特性和逻辑差分变尺度特征得到中心 v_i 的偏导数,并令导数为零,引入直觉模糊集的图像结构纹理信息传导模型的状态方程描述为:

$$\begin{cases} f(x_1, x_2) = r_1 x_1 (1 - \frac{x_1}{N_1} - \sigma_1 \frac{x_2}{N_2}) = 0 \\ g(x_1, x_2) = r_2 x_2 (1 - \sigma_2 \frac{x_1}{N_1} - \frac{x_2}{N_2}) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

式中, r_1 表示边缘像素点的置信度, r_2 表示先验未知像素点置信度, σ_1 表示待修复的信息传导多维谱峰, N_1 表示噪声分量。通过上述构建的引入直觉模糊集的图像结构纹理信息传导模型,采用多维谱峰搜索方法构建图像纹理结构信息特征子空间,并把子空间按极大极小特征值分流成图像噪声子空间和信号子空间^[10],为下一步实现图像的位置像素点修复打下图像纹理结构信息模型基础。

2.2 待修复块的优先级判定

在上述构建的图像结构纹理信息传导模型中,需要对待修复块进行优先级判定,本文结合文献[5]中提出的子空间特征信息多维搜索方法,设计图像待修复块的子空间结构模型,模型示意图如图1所示。

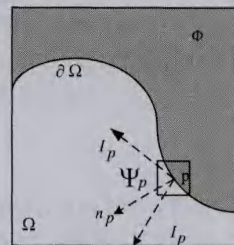


图1 基于子空间多维搜索的修复块判定模型

图1中, Ω 表示破损区域(白色区域), Φ 表示完好区域(灰色区域), $\partial\Omega$ 表示完好区域和破损区域的边缘线, p 表示 $\partial\Omega$ 上待修复的像素点, Ψ_p 表示以 p 点为中心的待修复块中像素点的集合,在待修复块的优先级判定中,首先更新边缘像素点,采用子空间特征信息多维搜索方法,对图像修复直至没有边缘像素点为止,子空间特征信息多维搜索迭代方程描述为:

$$u^{(n+1)}(x, y) = u^{(n)}(x, y) + \delta u_1^{(n)}(x, y) \quad (5)$$

$$u_1^{(n)}(x, y) = M\Delta u^{(n)}(x, y) + N\Delta u^{(n)}(x, y; d) \quad (6)$$

式中, $n=1, 2, \dots, T$ 表示迭代步数, T 为迭代总数, $u^{(n)}(x, y)$ 为像素值, δ 为更新速度,它与 $u^{(n)}(x, y; d)$ 共同表示子空间特征信息纹理和结构两部分的特征。假定的待修复图像的尺寸为 $m \times n$, 待修复块 Ψ_p 大小为 $s \times s$, 通过上述迭代搜索,实现待修复的位置像素点的优先级判定。

2.3 先验未知像素点置信度的更新

为保持图像破损区域被修复的连续性,就必须更新修复后点 y 的置信度,更新的准则为:

$$I(y) = C(p), \forall y \in \Psi_p \cap \Omega \quad (7)$$

待修复块先验未知像素点 Ψ_p 被修复后,原先未知信息的像素点 y 的置信度 $I(y)$ 全部更新为 Ψ_p 的置信度 $C(p)$ (0

$<C(p)<1$),每次计算待修复块优先级系数的边缘像素点数量的平均数为 \bar{b} 。传统方法中,采用人工鱼群算法高效全局搜索进行信息度更新,得到模糊隶属度和聚类中心迭代更新表达式为:

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^n (1 - (1 - u_{ik}^{(t)})^{1/\alpha})^m (x_k + \beta \bar{x}_k)}{(1 + \beta) \sum_{k=1}^n (1 - (1 - u_{ik}^{(t)})^{1/\alpha})^m} \quad (8)$$

式中, $u_{ik}^{(t)}$ 为多样性因子, β 为模糊隶属度矩阵, $d_{ik}^{(t)}$ 为邻域信息的参数。由于 y 的个数最多为 s^2 ,因此修复完 t 块待修复块所需的先验未知像素点置信度更新的计算复杂度最大为 $O(s^2)$,通过对先验未知像素点的信息度更新,原先未知信息的像素点 y 就变成了已知信息的像素点,为先验未知像素点的图像修复提供了先验信息。

3 人工鱼群微细分解算法的引入和图像修复算法改进

在上述构建的图像结构纹理信息传导模型及待修复块的优先级判定算法中,未能实现对图像纹理的微细结构信息模板匹配和联合分解,图像修复效果不好,需要进行算法改进,本文对于图像的像素特征采用人工鱼群微细分解方法,并结合亮度补偿,提高对先验未知像素点的修复性能。

3.1 引入人工鱼群算法的图像微细分解模型

为了提高图像修复的精度,在对图像进行细节结构特征信息处理中,需要使图像中的微细特征得到有效展示和提取。本文采用人工鱼群搜索算法,进行图像微细特征的全局搜索,结合模糊集在求图像目标函数过程中的高度聚类特性,首先构建待修复图像微细分解模型。首先给出图像的灰度值时间序列:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \quad (9)$$

上式表示图像灰度像素特征向量,其中 n 为图像的像素个数,采用人工鱼群微细特征分解方法,定义图像分割区域的搜索中心为:

$$v = \{v_1, v_2, \dots, v_t\} \quad (10)$$

结合模糊集理论,采用Atanassov扩展模糊隶属函数,给出直觉模糊集 $u = \{u_{ik}\}$,在模糊集尺度空间中,本文采用一种基于粗略搜索和精细搜索(搜索步长为1)相结合的最佳匹配块的快速搜索算法,假设人工鱼群在搜索图像微细特征点时游走速度为:

$$v_{id}^t = v_{id}^{t-1} + (x_{id}^t - x_{id}^{t-1}) \cdot f_i \quad (11)$$

式中, v_{id}^t 和 v_{id}^{t-1} 分别代表人工鱼群第 i 只人工鱼群在寻找图像微细特征点时在 $t-1$ 和 t 时刻的人工鱼群游走速度, f_i 表示人工鱼群在搜索图像微细特征点时的脉冲频率, i 代表人工鱼群中的第 i 只人工鱼群,一般表示待人工鱼群个体,其中 f_i 的计算表达式可以表示为:

$$f_i = f_{\min} + (f_{\max} - f_{\min}) \cdot \text{rand} \quad (12)$$

f_{\min} 和 f_{\max} 形成的区间方位表示人工鱼群的脉冲频率范围, rand 表示在先验未知像素点修复区间范围内服从均匀分布。基于二维平面离散补零方法,进行图像增强处理,然后对抽取的微细特征进行矩阵扩展,搜步长为 a ,此时得到的样本块 Ψ_p'' 不一定是 Ψ_p 最佳匹配块 Ψ_p' ,采用人工鱼群算法实现细节分解,得到微细分解结果为:

$$\Psi_p' = \arg(\min_{\Psi_q \in \Phi} d(\Psi_p, \Psi_q)) \quad (13)$$

式中,通过人工鱼群算法,得到完好区域中搜索的样本块,采用 $d(\Psi_p, \Psi_q)$ 表示待修复块 Ψ_p 中已知像素点和样本块 Ψ_q 中对应像素点的方差和。综上所述,得到精密图像微细分解模型,算法的流程设计如图2所示。

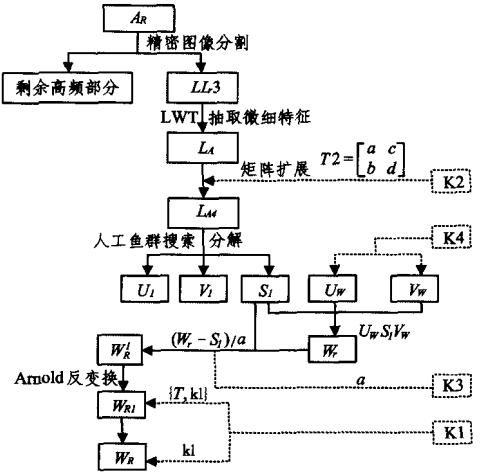


图2 算法流程设计流程

综上所述,得到待修复图像的先验未知像素点人工鱼群微细分解模型,为最终实现位置像素点图像的修复提供了先验纹理信息特征。

3.2 算法实现

在上述构建的图像结构纹理信息传导模型及待修复块的优先级判定和引入人工鱼群算法的图像微细分解模型的基础上,结合边缘特征点亮度补偿算法,实现对先验未知像素点的图像信息修复。算法实现关键技术描述如下:在人工鱼群算法的图像微细分解模型中,得到鱼群游走速度表达式,进而得到人工鱼群的空间位置变换定义式为:

$$v_{id}^t = v_{id}^{t-1} + v_{id}^t \quad (14)$$

采用人工鱼群遍历搜索方法,寻找图像微细特征点过程中的边缘特征亮度微弱点,实现亮度补偿,得到补偿后的图像频带增强度表达式为:

$$r_i^{t+1} = r_i^t [\exp(-\gamma \cdot t)] \quad (15)$$

从上式可见,寻找一次最佳匹配块 Ψ_p' 对先验未知像素点进行修复,需遍历的复杂度为 $O(nm/a^2 + 9s^2)$,通过精细搜索遍历,对原先未知信息的像素点 y 进行修复并赋值置信度为1后,得到纹理结构信息最大似然估计参数迭代式为:

$$A_i^{t+1} = \alpha \cdot A_i^t \quad (16)$$

上式表示 α 空间区域均匀分布方位内单个人工鱼群个体的像素点纹理特征衰减,为 $[0, 1]$ 上的一常数,本文取值为0.37。然后基于拓扑理论的数学形态学理论,采用有限差分法离散化方法,得到先验未知像素点图像信息修复协方差矩阵为:

$$R_r(\eta) = R_s(\psi_b, \sigma_\psi, \sigma_s^2) + \sigma_n^2 I \quad (17)$$

式中, ψ_b 是采样数据方差矩阵, σ_ψ 是快拍数。连续的快拍之间假设为统计独立的。通过人工鱼群中的映射方法用图像微细特征点搜索空间的每个点,在图像微细特征点搜索优化过程中,人工鱼群的行为作为求解问题的目标函数,最后可以将算法求解和迭代的 $u(i, j)$ 循环在GPU上运行实现,达到图像修复的目的。

4 仿真实验及结果分析

为了测试和验证本文提出的基于人工鱼群微细分解和亮度补偿的图像先验未知像素点修复中的性能,进行仿真实验分析。实验选取 Criminisi 大型图像数据库中的 Cow、Rabbit 和 Wall 等 3 组图像作为测试数据图像样本,进行图像先验未知像素点图像修复性能测试,样本模板中,尺寸 $s \times s$ 分别为: $9 \times 9, 11 \times 11$ 。为了展示本文算法和传统算法对两组图像样本进行修复的视觉效果,取样本块模板为 9×9 , 粗略搜索步长 $a=4$, 分别运用本文算法和文献[8]中的子空间搜索算法,进行先验未知像素点的图像修复对比仿真,3 组测试样本的仿真视觉效果如图 3—图 5 所示。

图 3—图 5 分别给出了 3 组测试样本的图像移除和修复效果的视觉仿真,对仿真结果进行分析如下:通过图 3 和图 4 标记圈可以发现,采用传统的子空间修复算法在先验未知的像素点区域,修复后的图像中出现了严重的结构断裂以及不连续现象,而结合图 5 分析结果可以看出,采用本文算法修复后的图像都具有良好的视觉效果,这是因为采用本文算法能引入人工鱼群算法的图像微细分解的先验知识,进行先验未知像素点置信度的更新,在图像修复中,优先修复结构信息较强将有利于确定接下来的待修复块进行修复的方向,而采用传统方法无法有效计算未知信息像素点的置信度,所以图 3—图 5 所示的待修复图像的修复视觉效果较好。

为定量地分析修复质量和性能,取样本模板尺寸为 9×9 , 粗略搜索步长为 $a=3$, 采用测试修复计算时间和图像修复后的信噪比较方法,得到测试结果数据对比见表 1。分析表 1 结果得出:

(1) 本文算法和传统的子空间修复算法所需要的修复时间都随着待修复图像的尺寸 $m \times n$ 增大而增大,通过对计算算法的复杂度 $O(tmn/a^2)$ 的对比发现,算法的复杂度随图像大小增大而增大。上述两个性能计算结果与实际情况和理论相符,证明了算法的有效性。

(2) 采用本文算法进行图像修复后的信噪比误差较小,保持在 6% 以内,说明本文算法比子空间算法更能确保修复后的图像质量。

(3) 从两种算法的修复时间之比可以看出,修复图像的尺寸越大,QSOMB 算法的修复时间与本文算法的修复时间的比值 R 也越大,但随着修复图尺寸变大其值越趋近于 4^2 。选择 $a=3$ 时 R 值总是要小于当 $a=4$ 时的 R 值。由分析可知,采用子空间算法调整粗略搜索步长的取值对算法的效率影响较大,而本文算法收敛性、稳定性更好。

综上所述,相较于传统的子空间算法,本算法既能有效确保修复后图像的视觉效果,又可以有效地节约对应的修复时间,提高了稳定性和收敛性,实现了全息修复。因此,本文提出的人工鱼群图像修复算法是一种性能更为优异的图像修复算法。



图 3 Cow 测试图像修复效果

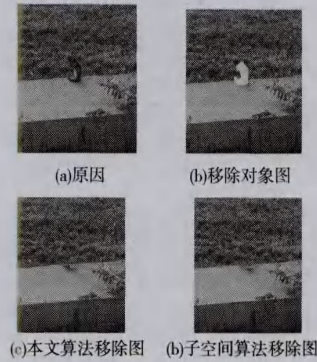


图 4 Rabbit 修复效果对比图



图 5 Wall 图像修复效果对比

表 1 实验数据对比表

图片数据集	本文算法		子空间算法		修复时间之比 $R = T_2/T_1$	信噪比较: $(U-V)/SNR(\%)$
	计算时间 T_1 (s)	修复后图像的信噪比: $U(\text{dB})$	修复时间 T_2 (s)	修复后图像的信噪比: $V(\text{dB})$		
Cow(512×384)	208.660	22.512	1697.233	18.789	9.01	↑ 2.05
Rabbit(402×336)	20.595	33.561	174.388	33.187	8.47	↑ 1.12
Wall(262×350)	12.280	30.407	85.967	30.489	7.00	↓ 0.30

结束语 研究先验未知像素点修复算法可实现对丢失信息的恢复,在图像目标识别和远程遥感探测等领域都有重要的应用价值。本文提出了一种基于人工鱼群微细分解的先验未知像素点全息修复算法,即构建图像结构纹理信息传导模型,进行待修复块的优先级判定,通过先验未知像素点置信度

的更新,引入人工鱼群算法的图像微细分解模型,结合边缘特征点亮度补偿算法,实现对先验未知像素点的图像信息修复。研究表明,采用本文算法,修复后的图像都具有良好的视觉效果,有效地节约了对应的修复时间,提高了稳定性和收敛性。算法在图像修复和模糊目标识别等领域具有较高的应用价值。

参考文献

- [1] 陶涛,夏新宇,李琳,等. 面向数据融合计算的动画角色处理平台[J]. 合肥工业大学学报:自然科学版,2014,31(1):59-62
- [2] Zhou Ya-tong, Li Lin, Xia Ke-wen. Research on weighted priority of exemplar-based image inpainting[J]. Journal of Electronics, 2012, 29(1): 166-170
- [3] Xu Zong-ben, Sun Jian. Image inpainting by patch propagation using patch sparsity[J]. IEEE Transaction on Image Processing, 2010, 19(5): 1153-1165
- [4] Kwok Taz-Ho, Sheung H, Wang C C L. Fast query for exemplar-based image completion[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2010, 19(12): 3106-3115
- [5] 孟春芝,何凯,焦青兰. 自适应样本块大小的图像修复方法[J].

- 中国图象图形学报, 2012, 17(3): 337-341
- [6] 曹健,李海生,蔡强. 图像目标的特征提取技术研究[J]. 计算机仿真, 2013, 30(1): 409-413
- [7] 孙震,王兆霞,白明,等. 基于自组织神经网络 SOM 和 K-means 聚类算法的图像修复[J]. 科学技术与工程, 2012, 12(8): 1790-1794
- [8] 罗海驰,李岳阳,孙俊. 一种基于自适应神经模糊推理系统的图像滤波方法[J]. 计算机科学, 2013, 40(7): 302-306
- [9] 张芳芳. 基于邻域梯度图像拼接算法研究[J]. 科技通报, 2012, 10(28): 61-63
- [10] 李志丹,和红杰,尹忠科,等. 基于块结构稀疏度的自适应图像修复算法[J]. 电子学报, 2013, 41(3): 549-554
- [11] 王栋,尚堃. 基于改进蚁群算法的红外图像边缘检测方法[J]. 四川兵工学报, 2014, 35(7): 87-90

(上接第 310 页)

个体的一幅表情图为测试样本,其余为训练样本。将本文方法分别与基于 k -邻近法则的 KNN 方法和基于迭代的 AdaBoost 方法比较。循环 5 次,取平均值为识别率。实验结果如表 1 所列。

表 1 人脸表情识别精度比较

	AdaBoost	KNN	本文方法
生气	89.2	90.4	90.2
开心	90.3	91.5	91.3
恐惧	87.2	87.9	88.7
伤心	90.7	91.5	91.2
惊讶	90.1	90.3	90.9
厌恶	88.8	89.2	89.5
识别率	89.4	90.1	90.3
惊讶	50.0	50.3	71.1
厌恶	50.7	49.2	70.5
识别时间	50.4	50.1	70.7

实验结果显示,在对 JAFFE 数据库进行样本识别时,本文方法的识别率略高于 KNN 法和 AdaBoost 法,说明本文方法在图像分类识别效果上有一定的提高。

以本文与天津中医药大学和北京京慧溢科技有限公司合作的方式,对涉及舌苔齿痕、胖瘦、瘀斑、老嫩、裂纹和点刺的舌形辨识做了初步验证,实验结果如表 2 所列。

表 2 舌形辨识实验结果

	识别率	识别时间(秒)
齿痕	87.2	70.3
胖瘦	80.3	69.3
瘀斑	77.2	71.7
老嫩	80.7	71.9
裂纹	80.1	69.2
点刺	78.8	69.5

显然,表 2 的实验结果一方面受中医医生主观判读的影响,另一方面与训练学习样本的规范性有关。但实验结果也同时显示,本文方法有着不错的识别率和可以接受的识别时间,因而具有一定的临床诊断应用价值。

结束语 针对图像分类辨识,本文提出一种结合特征场和模糊核聚类支持向量机的方法。首先,构造符合人类视觉特性的图像彩色和纹理特征数据场,特别是在图像彩色特征上,对能够引起注意的像素区域的像素点进行加权处理。其次,采用模糊核聚类支持向量机对图像进行分类研究,以模糊连接度来度量类中各个样本间的关系,以二叉树方式构造子

分类器。实验结果表明,本文方法可以获得较好的图像分类效果。

参考文献

- [1] 顾亚祥,丁世飞. 支持向量机研究进展[J]. 计算机科学, 2011, 38(2): 14-17
- [2] 张翔,肖小玲,徐光祐. 模糊支持向量机中隶属度的确定与分析[J]. 中国图象图形学报, 2006, 11(8): 1188-1192
- [3] 康晓东. 医学影像图像处理[M]. 北京:人民卫生出版社, 2009
- [4] Huang C, Davis L S, Townshend J R G. An assessment of support vector machines for land cover classification[J]. Int. J. Remote Sens., 2002(23): 725-749
- [5] Li X L. Image retrieval based on perceptive weighted color blocks[J]. Pattern Recognition Letters, 2003, 24(12): 1935-1941
- [6] 王向阳,杨红颖,郑宏亮,等. 基于视觉权值的分块颜色直方图图像检索算法[J]. 自动化学报, 2010, 10: 1489-1492
- [7] 邢强,袁保宗,唐晓芳. 一种基于加权色彩直方图的快速图像检索方法[J]. 计算机研究与发展, 2005, 42(11): 1903-1910
- [8] 赵海英,徐光美,彭宏. 纹理粗糙度度量算法的性能比较[J]. 计算机科学, 2011, 38(6): 288-293
- [9] 郭裕兰,鲁敏,谭志国,等. 距离图像局部特征提取方法综述[J]. 模式识别与人工智能, 2012, 25(5): 783-791
- [10] 杨关,冯国灿,陈伟福,等. 纹理分析中的图模型[J]. 中国图象图形学报, 2011, 16(10): 1818-1825
- [11] Eihhauser W, Konig P. Does luminance-contrast contribute to a saliency map for overt visual attention[J]. European Journal of Neuroscience, 2003, 17: 1089-1097
- [12] Achanta R, Hemami S, Estrada E, et al. Salient region detection and segmentation[C] // Proceedings of the 6th International Conference on Computer Vision Systems, Santorini, 2008: 66-75
- [13] Hideyuki A, Shunji M, Takashi Y. Textural Features Corresponding to Visual Perception[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1978, 8(6): 460-473
- [14] Rosin P L. Unimodal thresholding [J]. Pattern Recognition, 2001, 34(11): 2083-2096
- [15] 张国云,郭龙源,吴健辉,等. 计算机视觉与图像识别[M]. 北京:科学出版社, 2012
- [16] 郑文博. 基于模糊核聚类和模糊支持向量机的多标签分类方法研究[D]. 成都:西南交通大学, 2011