

doi: 10.7690/bgzdh.2025.01.012

动画图像细节模糊增强方法研究

凌本新

(上海工艺美术职业学院, 上海 201100)

摘要: 传统的模糊增强方法在实际应用中存在处理后动画图像的清晰度不佳问题, 为此, 引入计算机视觉技术, 进行动画图像细节模糊增强方法优化。首先, 获取动画图像细节特征, 构建动画图像数学模型; 其次, 利用先验图谱知识代替动画图像中的暗原色, 实现动画图像细节颜色衰减处理; 然后, 基于计算机视觉技术, 对动画图像模糊边缘信息分割; 采用导向滤波的暗通道先验方法, 完成动画图像细节模糊增强处理。实验结果表明: 新的方法可以有效提高动画图像的清晰度, 且动画图像细节模糊增强处理的效率也得到了极大提升。

关键词: 计算机视觉; 图像; 增强; 模糊; 细节; 动画

中图分类号: TP391.41 **文献标志码:** A

Research on Fuzzy Enhancement of Animation Image Detail

Ling Benxin

(Shanghai Vocational College of Arts and Crafts, Shanghai 201100, China)

Abstract: The traditional fuzzy enhancement method has the problem that the definition of the processed animation image is not good in practical application. Therefore, the computer vision technology is introduced to optimize the fuzzy enhancement method of the animation image details. The method comprises the following steps of: firstly, acquiring detail features of an animation image, and constructing a mathematical model of the animation image; secondly, replacing dark primary colors in the animation image by using prior atlas knowledge, and realizing detail color attenuation processing of the animation image; thirdly, segmenting fuzzy edge information of the animation image based on a computer vision technology; and finally, completing detail fuzzy enhancement processing of the animation image by using a dark channel prior method of guided filtering. The experimental results show that the new method can effectively improve the clarity of animation images, and the efficiency of fuzzy enhancement processing of animation image details has also been greatly improved.

Keywords: computer vision; image; enhancement; blur; detail; animation

0 引言

动画图像在采集过程中会遇到多种不同情况下的不良条件影响, 进而使得图像细节模糊, 图像的可见性降低。随着科技的快速发展, 智能家居、自动驾驶汽车等越来越多智能化产品应用到了人们的日常生活和生产工作中, 在极大程度上促进了人们生活质量的提升^[1]。可视化的信息在人类社会当中扮演着十分重要的角色, 而动画图像更是可视化信息的一个组成部分。作为信息的载体, 动画图像能够为人们提供物体检测、跟踪与识别等服务。动画图像的质量也决定着可视化信息的展示质量以及各项功能服务的质量。图像增强就是去除或减弱图像中的有害信息, 增加图像的对比度, 增强图像的细节, 使得经过处理后的图像可以拥有较好的视觉感受, 更好地被研究、分析和应用。图像增强技术在医学成像、红外成像等方面有着广阔的应用前景, 也是图像融合、语义分割、图像重建等多种图像处

理方法的预处理环节^[2]。

相关学者对此问题进行了研究。例如, 杨艳霞提出一种基于光参量放大的 3 维动画图像细节模糊增强方法^[3], 对 3 维动画图像进行预处理, 将其转化为多个 2 维图像序列, 并利用光参量放大法对每个 2 维图像序列进行颜色衰减处理; 使用 Sobel 算子检测算法提取弱边缘信息, 将增强后的图像序列进行合并, 利用自适应插值方法实现 3 维动画图像细节模糊增强。该方法可以通过光参量放大和多帧随机抖动算法的结合, 改善 3 维动画图像中细节模糊和运动模糊等常见问题, 从而提高图像的质量和清晰度。但是此方法处理后亮度不佳。林智欣提出一种基于双边滤波的 2 维动画图像多尺度细节增强方法^[4], 利用小波变换对 2 维动画图像进行多尺度分解, 得到不同尺度的图像, 对每个尺度的图像进行双边滤波处理。使用引入梯度权重因子来获得每个尺度的细节图像, 然后将其与原始图像相加得到

收稿日期: 2024-07-03; 修回日期: 2024-08-03

第一作者: 凌本新(1974—), 男, 江西人, 硕士。

增强后的图像，针对不同的尺度和不同的细节特征进行调整参数，通过加权平均使得增强后的图像效果更加明显。此方法能够获得更多的细节信息，但是该方法的 2 维动画图像清晰度差。

针对以上问题，为促进动画图像质量的进一步提升，并使其得到更加广泛的应用，针对其细节模糊的问题，引入计算机视觉，开展对动画图像细节模糊增强方法的设计研究。

1 构建动画图像数学模型

建立一个动画图像的数学模型，并与对动画图像的细节特征进行检测相结合，利用模糊度的颜色特征匹配技术。

利用光参量放大技术，将动画影像中的闪光特性与动画影像中的闪光特性相结合，获得动画影像下的动态特征点分布。动画图像数学模型 $H(i)$ 可表示为：

$$H(i) = K(P_n) + \sum_{j \in \Omega} w(i, j)g(j) \tag{1}$$

式中： P_n 为动画图像像素分布尺寸； K 为求模型函数； $w(i, j)$ 为重复加权功能系数； $g(j)$ 为动画图像中残留成分的数学模型； Ω 为匹配域； j 为特征检测节点； i 为动画图像边界像素点。在动画图像技术中，动画控制技术、3 维模型的绘制与组合是其中的重要内容^[3]。该方法以动画影像边缘点为中心，通过展开模型的参数匹配，建立了动画影像的块状融合模型，并通过黑暗基色的低通滤波，实现了对部分像素的加权成分的提取，且满足 $w(i, j) \in [0, 1]$ ，存在下述公式关系：

$$\sum_{j \in \Omega} w(i, j) = 1 \tag{2}$$

在暗通道先验法则分布的基础上，能够获得动画影像的光学参数分布 $n \in N(0, \sigma_n^2)$ ，其中 σ_n^2 表示动画图像像素亮度，由此，得出图 1 中的图像探测的输入和输出之间的关系。

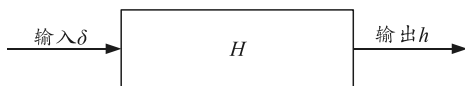


图 1 图像检测输入输出关系

上图中输入 δ 可表示为 $(x-\alpha, y-\beta)$ ；输出 h 可表示为 $(x, \alpha; y, \beta)$ ； x, y 为像素节点； α, β 为系数。以动画图像像素为中心，构建了一个局部邻居，得到了在光参量放大下，动画图像的黑暗原通道不变矩 g ：

$$g = Hf + N \tag{3}$$

式中： H 为动画图像像素三原色通道； f 为精细滤波函数； N 为干扰强度。在此基础上，拟构建动画图像的信息获取及像素序列解析模型，以此为基础，通过对图像中各像素的空间位置的确定，结合光学参数放大技术，对图像中的细节特征进行增强。

2 动画图像细节颜色衰减处理

利用先验图谱知识代替动画图像中的暗原色，通过计算求解的方式，确定动画图像中的细节信息和色彩信息，并以此得到动画图像的灰度不变矩^[4]。根据动画图像的像素景深相对数值，利用特征分解的方法，获得了导向滤波的暗通道分布数值。再结合模糊特征分解的方法，确定动画图像中场景中心距 $\Pi(\alpha, \beta)$ 。这一过程可以用下述公式表示：

$$\Pi(\alpha, \beta) = (\mu_1 + \mu_2) / 2 \tag{4}$$

式中： μ_1 为动画图像中圆心坐标； μ_2 为初始动画图像中图像的点坐标。在此基础上，提出了一种基于颜色空间分解的图像增强方法，并对该方法进行了实验验证。在融合了引导滤波器的暗信道知识的情况下，获取 HSV 色彩空间的直方图^[5]。根据动画图像的背景值放大识别结果，进行对动画图像细节部分颜色的衰减处理，进而提升对动画图像细节特征的描述能力，从而为后续动画图像细节模糊增强提供条件。图 2 为动画图像细节颜色衰减处理。

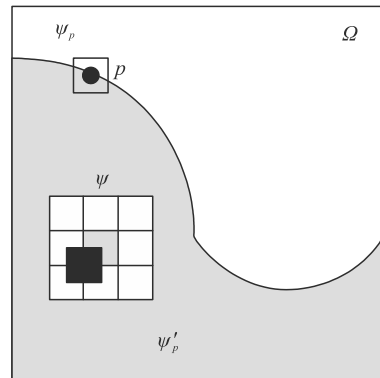


图 2 动画图像细节颜色衰减处理

上图中， Ω 表示匹配域； ψ 表示动画图像细节标准颜色信息； ψ'_p 表示动画图像细节原始颜色信息； ψ_p 表示经过衰减处理后的动画图像细节颜色信息。结合图中所示的处理原理，提出了一种基于可变形卷积网络的动态对象特征提取方法。与像素值和背景值之间存在的不同相结合，构建出动画图像文字特征动态识别模型，并由此得到动画图像中文字动态特征参数的分布序列。根据上述论述完成对动画图像细节颜色衰减处理。

3 基于计算机视觉的动画图像模糊边缘信息分割

由于在动画图像上，细节模糊的边缘上存在较多干扰像素，直接对其进行模糊增强处理会造成处理后的动画图像与原始图像表达信息不相符的问题。同时，动画图像模糊边缘信息的大量存在，也会在极大程度上增加模糊增强的负担，使得处理效率降低。针对这一问题，需要对动画图像模糊边缘信息进行有效分割，既要明确找出模糊边缘上的无用信息，又要实现对其的精准分割。这一过程，通过人工处理的方式无法确保精度，因此，笔者尝试引入计算机视觉技术，通过机器视觉实现对动画图像模糊边缘信息的高精度分割。在分割前，首先需要对原始动画图像进行去噪处理。提出一种基于均值滤波的滤波方法，用于消除动画图像中的噪音。具体方法为：假设 $f(a, b)$ 表述一幅需要进行平滑处理的原始动画图像，并且该图像的平滑窗口为 W ， W 可通过下述公式计算得出具体数值：

$$W=(2N+1)(N+1)。(5)$$

式中 N 为正整数。在进行平滑处理后，假设其图像用 $g(a, b)$ 表示，则 $g(a, b)$ 的函数为：

$$g(a, b)=W_{uv}f(a+u, b+v)。(6)$$

式中 u 和 v 均为权值。通过上述方式可以快速去除动画图像中的噪声，并且处理后的图像具备良好的噪声抑制效果，不会再有新的噪声产生。在完成对动画图像的去噪处理后，还需要对其进行锐化，并提取动画图像模糊边缘的信息特征。在此基础上，采用超像素栅格法，实现了对含有模糊边界信息的像素的匹配，并对其进行了反调制张量信息的分析。图 3 是一个用来划分动画片中的模糊边界信息的张量模型。

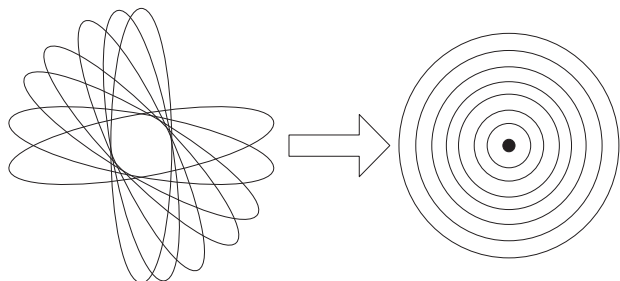


图 3 动画图像模糊边缘信息分割的张量模型

建立一种基于张量的图像边缘模糊信息度量方法，将图像用 $G=(V, E)$ 来表示，将其划分为 2 个不相交的集合 A 和 B ，并且在它们之间存在 $A \cup B=V$ ， $A \cap B=\phi$ ，使用二阶 2 维张量来描述利用动画图像中

各像素的色彩信息，得到 2×2 格式的 2 维张量表达式。利用 N 个标量集组成的一组，可以求出任何二次正定的二次对称性张量的唯一椭圆。在此基础上，将引入图像多阈值归一化方法，以增强对图像的模糊边缘信息进行分割的能力。通过对多个门限进行归一化，得到的结果被叠加到一个单独的物体上，从而实现了图像的模糊边缘分割。针对目标动画图像按照从上到下，从左到右的顺序进行分割，在这一过程中还需要考虑到动画图像多个阈值的分布情况，如图 4 所示。

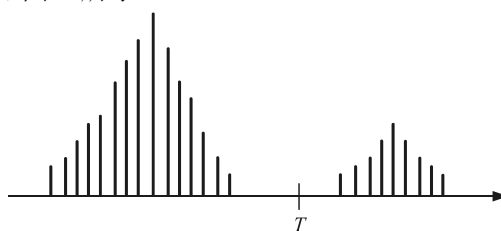


图 4 动画图像多阈值分布范围

阈值处理具有直观、易实现等优点，是目前图像分割领域的研究热点。假定图中显示的灰度等级直方图与一个图像 $f(a, b)$ 相对应。这张图片包含明亮的物体和黑暗的背景，这种合成方法把物体和背景的像素分为 2 个主要的模式。一个很明显的从背景中抽取物体的办法就是选取一个阈值 T 来把那些图案分开。如果 $f(a, b) > T$ ，则称其为目标点，反之则称其为背景点。可以用下列公式来表达这个方法：

$$g(a, b)=\begin{cases} 1 & f(a, b) > T \\ 0 & f(a, b) \leq T \end{cases}。(7)$$

将上述操作以编程方式导入到计算机当中，并通过计算机视觉实现对动画图像模糊边缘信息的自动分割。在进行自动调整阈值的图像分割之前，对图像 Fig10.36 (b). jpg 进行光线渐变处理，可以用编写函数 $out_img=Light\ Gradient(ima)$ 来实现这一处理。在此， ima 为动画的输入， out_img 为动画的输出。在经过射线梯度之后，影像的直方图是非常紧密的，这就给利用门限阈值 T 来分割影像带来了很大的困难。针对这一问题，通过书写 $[out, T]=Global\ Threshold(ima)$ ，以自动调整图像， ima 为输入， out 为输出， T 为自动调整后的阈值。给出一个自适应的阈值，然后给出一个二值化的图像，分割的结果并不是很好，图像中存在着明显的早熟现象，并且在阈值关键点处的分割不能形成一条笔直的线。为避免这一问题的产生，在进行分割前必须严格按照上述内容对动画图像进行平滑滤波处理，从而使最终分割效果大幅度提升。

4 动画图像细节模糊增强处理

在完成对动画图像模糊边缘信息分割后，采用导向滤波的暗通道先验方法，对动画图像的细节模糊信息进行增强处理。将 $R(t)$ 作为动画图像的细节特征分布区域 $(\Omega, F, f(x), P)$ 中的规格化参数，利用一个单一的样品，利用循环矩阵产生新的样品来充实样品数据库。在 HSV 彩色空间中，根据 HSV 彩色空间中的直方图，得出了 $S=\{1, 2, \dots, N\}$ 的 HSV 彩色空间中的参数信息，其代表了动画图像的色彩特性成分，使得编程产生的画面更具有立体感和真实感，一般都是利用正反 2 面的空间视觉，从多个角度来呈现动画图像的内容。与增强缺陷补偿相结合，构建一幅动画图像的细节特征检测函数 $C(i)$ ：

$$C(i) = \sum_{j=0}^i p_i(j) \tag{8}$$

式中 $p_i(j)$ 为全值因子。采用了基于暗道的先验分布探测方法，实现对动画图像的实时维护。获得了从 G_{\min} 到 G_{\max} 的动画图像中的细节模糊系数相关特征量。 G_{\max} 为最大统计特征量， G_{\min} 为最小统计特征量。通过动画图像的制作，能够以动画角色中的不同对象为基础，利用直方图均衡化分析的方法，获得了动画图像的动态分块量，从而改善动画图像中场景细节的光滑程度，实现动画图像对场景的细节进行了自动的处理，并将其划分为子块，对其进行了边界细节的加强。在此基础上，对所生成的动画图像进行重构，以获得最佳的增强效果。导向图像时还需要按照上述方式对输入的动画图像的细节图像进行滤波，并利用 Sobel 算子来对其进行微弱的边缘信息。综合上述论述，利用计算机视觉技术，结合边界区域的自适应内插技术，对动画图像进行精细处理，处理后的动画图像更加具有辨识度，且图像当中的重要信息得以保留。

5 对比实验

为进一步验证上述从理论方面设计的基于计算机视觉的动画图像细节模糊增强方法应用性能，将基于参数自适应引导滤波的增强方法、基于单尺度 Retinex 增强方法作为对照 A 组和对照 B 组，将增强方法作为实验组，开展对比实验研究。在实验过程中，所有动画图像样本数据均来自 Iris 数据库，从该数据库中提取 5 组动画图像，分别利用上述 3 种增强方法对其细节模糊进行增强处理。

从处理后图像的峰值信噪比角度，对 3 种方法

的应用性能进行对比。处理后图像的峰值信噪比越高，动画图像越清晰，但同时也会损失部分细节信息，因此根据这一特点，将处理后图像的峰值信噪比在 30~40 dB 范围作为标准，若处理后图像的峰值信噪比在这一范围内，则说明图像具备理想的清晰度，同时保证图像细节的完整^[6]；若小于这一范围，则说明图像清晰度低。针对每组动画图像，在完成处理后，其峰值信噪比可依据公式计算得出具体数值：

$$PSNR = 10 \log_{10}((2n - 1)^2 / MSE) \tag{9}$$

式中：PSNR 为峰值信噪比；MSE 为均方误差； n 为像素点数量。根据上式，计算得出 5 组动画图像在经过增强处理后的峰值信噪比，为方便比较，计算结果记录如表 1 所示。

表 1 3 种方法图像模糊增强处理后峰值信噪比对比 dB

组别	对照 A 组峰值 信噪比	对照 B 组峰值 信噪比	实验组峰值 信噪比
第 1 组	22.32	22.36	32.25
第 2 组	23.25	25.26	33.26
第 3 组	21.23	23.26	32.52
第 4 组	23.25	22.36	32.63
第 5 组	22.25	21.52	33.52

从上表中记录的数据可以看出：对照 A 组增强方法处理后 5 组动画图像的峰值信噪比均小于 30 dB，说明处理后的动画图像清晰度较低；对照 B 组增强方法处理后 5 组动画图像的峰值信噪比均同样均小于 30 dB，说明处理后的图形与对照 A 组效果相同，清晰度较低；实验组增强方法处理后 5 组动画图像的峰值信噪比均控制在 30~40 dB 范围内，说明处理后的动画图像具备理想的清晰度。

再从动画图像细节模糊增强处理的效率对 3 种方法的应用性能进行对比^[7-8]。选择将完成细节模糊增强处理的时间作为量化指标，图像数量为 1 000 幅，图像像素在 300~600 px 之间。针对每组动画图像完成处理的时间进行记录，并得到如表 2 所示的实验结果。

表 2 3 种方法图像模糊增强处理完成时间记录 s

组别	对照 A 组 完成时间	对照 B 组 完成时间	实验组 完成时间
第 1 组	52.36	45.36	21.51
第 2 组	55.12	45.36	20.32
第 3 组	52.36	42.36	20.15
第 4 组	51.24	45.26	22.32
第 5 组	52.32	45.36	20.32

对上表中的数据进行分析得出：实验组方法完成对动画图像处理的时间控制在 20~25 s 范围内，

而对照 A 组和 B 组方法完成时间分别在 50~56 s 范围内和 40~46 s 范围内，明显大于实验组。通过得出的实验结果可以证明，笔者提出的方法对动画图像细节模糊增强处理的效率更高。综合上述 2 方面得出的结果证明：笔者提出的方法不仅可以保证更理想的处理效果，同时处理效率更快，综合应用性能更强。

为了验证该方法动画图像细节模糊增强效果，采用参考文献[3]和[4]方法以及文中方法进行动画图像细节模糊增强效果验证，得到结果如图 5 所示。



(a) 参考文献[3]方法



(b) 参考文献[4]方法



(c) 文中方法

图 5 动画图像细节模糊增强效果

分析上图可知：文中方法能够有效提升动画图片亮度，实现图像细节增强，提高图像清晰度，而其他 2 种传统方法都有不同程度的细节丢失，例如参考文献[4]方法亮度较暗，而参考文献[3]方法的出现过曝问题。

为了验证文中方法动画图像细节模糊增强效果，采用文献[3]和[4]方法以及文中方法进行动画图像信息增益率验证（信息增益率=1-样本数据/图像的总数据），得到结果如表 3 所示。

表 3 动画图像信息增益

图像幅数	文献[3]方法	文献[4]方法	文中方法	bit
100	0.585	0.561	0.842	
200	0.223	0.353	0.895	
300	0.349	0.228	0.903	
400	0.321	0.358	0.982	

分析上表可知：图像数量为 100 幅时，文献[3]方法的动画图像信息增益为 0.585，文献[4]方法的动画图像信息增益为 0.561，文中方法动画图像信息增益为 0.842。上述结果表明：文中方法能够有效提升动画图像信息增益，提升动画图像质量。

6 结束语

图像增强是图像处理研究中的重要方向。笔者通过上述研究，将计算机视觉技术应用到了对动画图像的细节模糊增强中，提出了一种全新的方法。在实际应用中，该方法可以实现对模糊图像的增强，解决图像像素缺少问题，去除图像模糊，恢复图像中更多的细节信息。由于研究时间有限，并未深入研究不同场景下多种因素条件对动画图像像素的影响。为了提高该方法的应用适应性，在后续的研究当中，还将以此为方向进行更深入探索，为动漫设计、动画制作、游戏美术、实时引擎等领域图像制作提供便利条件。

参考文献：

- [1] 欧阳慧明, 夏丽昆, 李泽民, 等. 一种基于参数自适应引导滤波的红外图像细节增强算法[J]. 红外技术, 2022, 44(12): 1324-1331.
- [2] 杨晶晶, 欧冰, 李海. 基于单尺度 Retinex 的电路板刀具磨损图像细节增强方法[J]. 工具技术, 2022, 56(6): 117-120.
- [3] 杨艳霞. 基于光参量放大的三维动画图像细节模糊增强方法[J]. 激光杂志, 2022, 43(9): 114-118.
- [4] 林智欣. 基于双边滤波的二维动画图像多尺度细节增强方法[J]. 齐齐哈尔大学学报(自然科学版), 2021, 37(1): 56-61.
- [5] 刘亮, 蔡泽民, 赖剑煌. 一种基于物理光流与细节增强的湍流图像恢复方法[J]. 郑州大学学报(理学版), 2021, 53(1): 47-53.
- [6] 杨艳霞. 基于光参量放大的三维动画图像细节模糊增强方法[J]. 激光杂志, 2022, 43(9): 114-118.
- [7] 钱金卓, 马骏, 李峰, 等. 面向 CMOS 遥感相机的多曝光图像融合方法[J]. 遥感信息, 2022, 37(4): 51-57.
- [8] 许丽, 陆桂明, 邱贞光. 结合细节信息的自适应 Retinex 算法水下图像增强[J]. 计算机工程与应用, 2022, 58(11): 224-233.