

基于深度学习的弱纹理图像关键 目标点识别定位方法

徐浙君¹, 陈善雄²

(1. 浙江邮电职业技术学院 人工智能学院, 浙江 绍兴 312000;

2. 西南大学 计算机与信息科学学院, 重庆 400715)

摘要: 为提高弱纹理图像关键目标点的检测识别能力, 提出基于深度学习的弱纹理图像关键目标点识别定位方法; 构建低光照强度弱纹理图像关键目标点的拓扑特征分布模型, 采用透射率作为检测系数, 结合亮通道的先验知识, 建立像素大数据分布集, 采用暗原色融合和 RGB 像素分解方法实现对低光照强度弱纹理图像的信息自适应增强处理; 根据透射区域噪点融合匹配结果, 采用交叉组合滤波检测和深度学习算法, 实现对低光照强度弱纹理图像降噪和信息增强, 据此实现对低光照强度弱纹理图像关键目标点检测识别; 仿真结果表明, 采用该方法定位识别的精度较高, 平均为 0.93, 图像输出质量较好, 峰值信噪比平均为 32.87, 通过准确率—召回率曲线的对比也表明性能较为优越。

关键词: 深度学习; 弱纹理; 图像; 关键目标点; 识别

Method for Identifying and Locating Key Target Points in Weak Texture Images Based on Deep Learning

XU Zhejun¹, CHEN Shanxiong²

(1. College of Artificial Intelligence, Zhejiang Technical College of Posts&Telecom, Shaoxing 312000, China;

2. College of Computer and Information Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: In order to improve the detection and recognition ability of key target points in weak texture images, based on deep learning, a method of identifying and locating key target points is proposed. The topological feature distribution model for the weak texture images key targets with low light intensity is constructed. The transmittance is used as the detection coefficient, and the pixel distribution is established by combining the prior knowledge of bright channels. The dark primary color fusion and RGB pixel decomposition methods are used to realize the information adaptive enhancement processing of weak texture images with low light intensity. According to the results of noise fusion and matching in the transmission area, the cross combination filter detection and deep learning algorithm are adopted to realize the noise reduction and information enhancement of the weak texture image with low light intensity, thus realizing the key target point detection and recognition of the weak texture image with low light intensity. Simulation results show that this method has high positioning recognition accuracy, with an average value of 0.93, and good image output quality, with an average peak signal-to-noise ratio of 32.87. By comparing

收稿日期: 2021-07-21; 修回日期: 2021-08-30。

基金项目: 国家自然科学基金项目(61875168); 重庆市自然科学基金(cstc2019jcyj-msxm2550); 浙江省高等教育教学改革研究项目(jg20180873)。

作者简介: 徐浙君(1980-), 男, 浙江绍兴人, 硕士, 副教授, 主要从事数据挖掘和云计算方面的研究

陈善雄(1981-), 男, 重庆渝北区人, 博士, 副教授, 主要从事图像处理、模式识别方向的研究

引用格式: 徐浙君, 陈善雄. 基于深度学习的弱纹理图像关键目标点识别定位方法[J]. 计算机测量与控制, 2022, 30(2): 186-191, 200.

the accuracy—recall curve, the performance of this method is superior.

Keywords: deep learning; weak texture; images; key target points; identification

0 引言

随着智能图像处理技术的发展, 结合图像像素融合和特征点提取方法, 构建图像滤波和参数分析模型, 根据对低光照强度弱纹理图像关键目标点分布, 采用暗原色融合分析, 进行低光照强度弱纹理图像关键目标点提取, 建立低光照强度弱纹理图像的信息增强模型, 根据对图像的纹理信息关键目标点检测结果, 实现对低光照强度弱纹理像素特征增强。相关的弱纹理图像关键目标点识别定位方法研究, 在弱纹理图像关键特征点的检测和提取分析中具有重要意义^[1]。

对弱纹理图像关键目标点识别定位提取是建立在对图像特征点定位和模糊度信息增强处理基础上, 通过噪点信息分析, 结合对弱纹理图像关键目标点的特征辨识结果, 实现对弱纹理图像关键目标点识别定位^[2], 传统方法中, 弱纹理图像关键目标点识别定位方法主要有基于模糊度特征分析的低光照强度弱纹理图像关键目标定位方法、基于小波多元尺度分解的目标点定位方法等^[3-4], 结合对低光照强度弱纹理图像关键特征点信息分布结果, 通过图像边缘像素增强, 实现低光照强度弱纹理图像关键点的定位识别, 文献^[5]中提出自适应邻域的鲁棒多视图聚类算法, 实现弱纹理图像关键目标点识别定位, 结合对图像分块融合结果, 实现低光照强度弱纹理图像识别, 提高图像的信噪比, 但该方法进行弱纹理图像关键目标点识别定位的精度不好, 输出可靠性不好。文献^[6]中提出基于多尺度形变特征卷积网络的高分辨率遥感影像目标检测方法, 结合 Radon 尺度变换, 实现对遥感弱纹理图像关键目标点识别定位方法, 采用暗原色融合和 RGB 像素分解方法实现对遥感弱纹理图像的信息自适应增强, 结合 Radon 尺度变换, 实现弱纹理图像关键目标点定位识别, 但该方法进行弱纹理图像关键目标点定位的精度不高。

针对上述问题, 本文提出基于深度学习的弱纹理图像关键目标点识别定位方法。深度学习是较为成熟的技术之一, 是实现低光照强度弱纹理图像关键目标点识别和定位的基础。深度学习具有拟合复杂数据的特性, 能够学习数据的本质特征, 自动提取数据的深

度特征, 且能够有效地自适应复杂环境, 应用于目标识别定位上具有显著的优势。首先构建低光照强度弱纹理图像关键目标点的拓扑特征分布模型, 然后采用暗原色融合和 RGB 像素分解方法实现对低光照强度弱纹理图像的信息自适应增强处理, 结合对低光照强度弱纹理图像的边缘模板分组检验结果, 实现低光照强度弱纹理图像空间特征匹配, 根据浓雾透射区域噪点融合匹配结果, 采用交叉组合滤波检测和深度学习算法, 根据对低光照强度弱纹理图像的信息增强结果, 实现对低光照强度弱纹理图像降噪和信息增强, 完成了低光照强度弱纹理图像的关键目标点识别定位。最后进行仿真测试分析, 展示了本文方法在提高弱纹理图像关键目标点识别定位精度方面的优越性能, 能够为在弱纹理图像处理中应用提供一定的参考价值。

1 弱纹理图像像素特征分析和滤波处理

1.1 低光照强度弱纹理图像的特征分析

为了实现基于深度学习的弱纹理图像关键目标点识别定位, 构建低光照强度弱纹理图像关键目标点视觉特征分析模型, 结合边缘特征检测和滤波分析方法, 进行低光照强度弱纹理特征提取, 结合多分辨视觉信息增强技术, 进行低光照强度弱纹理分布式检测和定位识别^[7], 得到低光照强度弱纹理关键目标点定位的总体实现结构如图 1 所示。

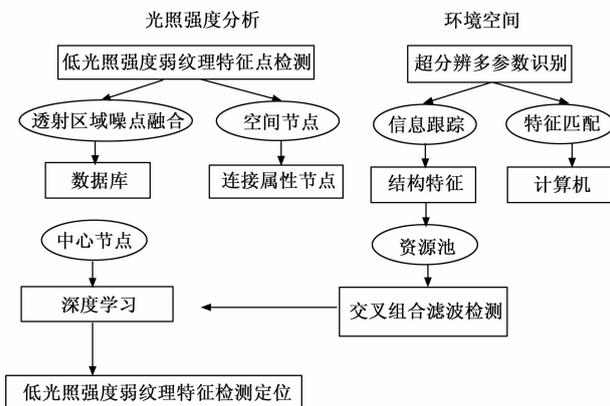


图 1 低光照强度弱纹理关键目标点定位的总体实现结构

根据图 1 所示的低光照强度弱纹理关键目标点定位的总体实现结构图, 通过对光照强度分析结合对环

境参数的识别, 实现了低光照强度弱纹理关键目标点的定位识别。具体过程如下。采用透射率作为检测系数, 结合亮通道的先验知识, 构建低光照强度弱纹理图像空间特征匹配模型, 得到低光照强度弱纹理图像的边缘像素集表示为:

$$I_{if}(x, y)I * G + p_a e^{j(\omega t - k \cdot r)} \quad (1)$$

其中: I 为物理模型下的像素参数, G 为照亮度大小的分块匹配区域, p_a 为概率密度分布集, $e^{j(\omega t - k \cdot r)}$ 为变分模型参数。

在得到了低光照强度弱纹理图像的边缘像素集的基础上, 还需要进一步寻找对应位置的亮度信息。采用 RGB 像素分解方法改进了低光照强度弱纹理图像特征辨识困难的问题, 实现对低光照强度弱纹理图像的信息融合, 得到信息融合分量:

$$I_w(x, y)r_p = \frac{\rho_2 c_2 \cos\theta_i - \rho_1 c_1 \cos\theta_i}{\rho_2 c_2 \cos\theta_i + \rho_1 c_1 \cos\theta_i} \quad (2)$$

其中: r_p 为低照度图像增强的模糊度检测分量, ρ_1 为一阶联合分布特征集, ρ_2 为二阶联合分布特征集, c_1 为一阶边缘像素集, c_2 为二阶边缘像素集, θ_i 为散射模型参数。

在此基础上, 还需要进一步分析图像像素之间的相似度, 对比图像特征。采用透射率作为检测系数, 结合亮通道的先验知识, 采用维纳滤波对透射率进行分解, 得到相似度:

$$S_{sif}(x, y) = \frac{2m \cos\theta_i}{m \cos\theta_i + \sqrt{n^2 - \sin^2\theta_i}} \quad (3)$$

其中: m 为暗通道先验知识的嵌入维数, θ_i 为全变分去噪分量, n 为噪点分布维数, 采用多尺度 Retinex 算法构建低光照强度弱纹理图像的边缘轮廓特征分析模型, 实现对低光照强度弱纹理图像的特征分析^[8]。

1.2 弱纹理图像的滤波处理

结合对低光照强度弱纹理图像的边缘模板分组检测结果, 采用暗原色融合和 RGB 像素分解方法实现对低光照强度弱纹理图像增强^[9], 得到低光照强度弱纹理图像的轮廓波长系数为:

$$L = J(\omega, e) - \sum_{i=1}^N a[4\cos^2 kD_i + (S_{21} + S_{12})\sin^2 kD_i] \quad (4)$$

其中: $J(\omega, e)$ 为光滑性约束函数, a 为透射率, k 为亮通道先验特征值, D_i 为像素点 x 处的像素值, S_{21}

为模糊图像的边缘一阶矩, S_{12} 为模糊图像的边缘二阶矩, 对低照度图像取反, 定义低光照强度弱纹理图像的灰度部分为:

$$Dark(x) = p_a e^{j(\omega t - k \cdot r)} + \min_{c \in \{r, g, b\}} R \quad (5)$$

其中: p_a 为低照度图像的 3 个颜色通道, $e^{j(\omega t - k \cdot r)}$ 为空间自适应函数, $\min_{c \in \{r, g, b\}} R$ 为最小辨识度函数, 采用多尺度 Retinex 分解, 计算低光照强度弱纹理图像空间特征分布概率, 得到低光照强度弱纹理图像的模板匹配值为:

$$L = \beta F(x, y) + Z_{s1} = \frac{\rho_1 c_1}{\cos\theta_i} \quad (6)$$

其中: $F(x, y)$ 为低光照强度弱纹理图像的边缘像素值, m_i 为低照度图像取反后的弱纹理集, 结合对低光照强度弱纹理图像多尺度 Harris 角点分布^[10], 采用深度学习算分, 得到低光照强度弱纹理关键目标点滤波函数为:

$$c(x, y) = r_l = \frac{(\rho_2 c_2 \cos\theta_i - \rho_1 c_1 \cos\theta_i)^2}{(\rho_2 c_2 \cos\theta_i + \rho_1 c_1 \cos\theta_i)^2} \quad (7)$$

其中: r_l 表示低光照强度弱纹理关键目标点滤波输出的边缘像素差, 采用前景和背景显著图融合的方法, 实现低光照强度弱纹理图像的滤波, 提高输出信噪比^[11]。

2 弱纹理图像关键目标点识别定位

2.1 弱纹理图像关键目标点特征提取

建立低光照强度弱纹理图像关键目标点的像素大数据分布集, 结合对低光照强度弱纹理图像的边缘模板分组检测结果, 采用暗原色融合和 RGB 像素分解方法实现对低光照强度弱纹理图像的信息自适应增强处理, 结合对低光照强度弱纹理图像的子空间特征分布^[12], 进行低光照强度弱纹理图像的特征信息重组, 重组输出为:

$$P(X = x | Y = y) = Z^{-1} \exp^{-U(x|y)} \quad (8)$$

其中: Z 为透射率图, U 为低照度图像本身的像素特征点, 根据低光照强度弱纹理图像的模板检测结果, 结合深度学习算法^[13], 得到低光照强度弱纹理图像质量参数用 $d(x)$ 表示, 低光照强度弱纹理图像的雾化特征量为 $I(x)$ 表示, 基于深度学习算法, 得到低光照强度弱纹理特征分量表达式为:

$$I(x) = A\rho x + 2\pi K \ln(1 - \frac{t}{at_0}) + \theta_0 \quad (9)$$

其中: A 表示低光照强度弱纹理的分布强度幅

值, ρ 表示低光照强度弱纹理相似度, K 表示低光照强度弱纹理关联特征量, θ_0 表示低照度图像取反之后图像的模板匹配系数, 在 $N \times N$ 的局部区域中进行低光照强度弱纹理图像的分块处理^[14-15]。

结合深度学习算法, 采用暗原色融合和 RGB 像素分解方法^[16-17] 实现对低光照强度弱纹理图像的信息自适应增强处理, 得到分块权重为:

$$J(x) = -2\pi K \ln(1 + \frac{T}{2l_0}) + A \quad (10)$$

其中: K 为图像得边缘感知强度, T 表示图像采样的时间间隔, A 为深度学习的幅值。根据低光照强度弱纹理图像的纹理区域分布检测结果, 得到低光照强度弱纹理图像模糊边缘滤波的输出为:

$$\begin{aligned} x_i(t) &= I(x_i, y_i) + [I_x(x_i, y_i) \quad I_y(x_i, y_i)] = \\ &= \sum_{r=1}^t \sum_{p=1}^{k_1} \text{tr}(W_i^T x_{ir} - W_i^T x'_{irp})(W_i^T x_{ir} - W_i^T x'_{irp})^T A_{irp} = \\ &= \sum_{r=1}^t \sum_{p=1}^{k_1} \text{tr}(W_i^T [(x_{ir} - x'_{irp})(x_{ir} - x'_{irp})^T A_{irp}] W_i) \end{aligned} \quad (11)$$

其中: $I(x_i, y_i)$ 为边缘区域权重分配下的像素集, A_{irp} 为纹理跟踪的轨迹, W 为关键特征点的分布边缘区域, 提取多尺度特征分量, 得到:

$$S_{g_{if}}(x, y) = \log(P_{if}(x, y)) \quad (12)$$

$$S_{g_{iv}}(x, y) = \log(P_{iv}(x, y)) \quad (13)$$

$$S_{g_i}(x, y) = S_{g_{if}}(x, y) S_{g_{iv}}(x, y) \quad (14)$$

其中: $P(x, y)_{iv}$ 和 $P(x, y)_{if}$ 分别为低光照强度弱纹理图像灰度边缘系数和边缘感知的信息浓度, $S(x, y)_{g_{if}}$ 为直方图中频数最高的像素值, $S(x, y)_{g_{iv}}$ 为低照度图像的调整模板匹配集, 由此实现弱纹理图像关键目标点特征提取。

2.2 图像纹理关键目标点定位

根据透射区域噪点融合匹配结果, 采用交叉组合滤波检测和深度学习算法^[18], 采用多尺度 Harris 角点检测, 得到低光照强度弱纹理图像滤波检测的匹配函数为:

$$S_m = W_i^T [(x_{ir} - x'_{irp})(x_{ir} - x'_{irp})^T A_{irp}] \quad (15)$$

其中: A_{irp} 表示低光照强度弱纹理图像的轮廓波束, x_{ir} 表示低照度图像的模糊分布像素集, W_i^T 为显著性的先验概率, x'_{irp} 为像素的观察似然概率, x'_{irp} 为前景和背景显著图融合结果, 提取低光照强度弱纹理图像的模板特征量, 采用模糊度融合匹配算法^[19],

构建低光照强度弱纹理图像空间特征匹配模型, 将图像分成 t 块, 为:

$$R_w = \max_{i=1, \dots, N} (G_j(\vec{x}_i)) \left| \frac{r_2 - r_1}{r_2 + r_1} \right|^2 \quad (16)$$

$$y_T = W_i^T M_T + H \quad (17)$$

其中: M_i 及 M_T 经过 W_i 投影后的得到反映低光照强度弱纹理图像的模糊信息, 基于 Radon 尺度变换, 得到低光照强度弱纹理关键目标点的定位输出为:

$$t_l = \prod_{i=1}^n t_{li} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K x_k x_k^H \quad (18)$$

其中: x_k^H 为多尺度超像素之间的空间匹配特征量, 根据上述分析, 将前景先验和背景先验进行融合处理, 实现对低光照强度弱纹理图像降噪和信息增强。根据对低光照强度弱纹理图像的信息增强结果, 实现对低光照强度弱纹理图像关键目标点检测识别^[20-22], 实现流程如图 2 所示。

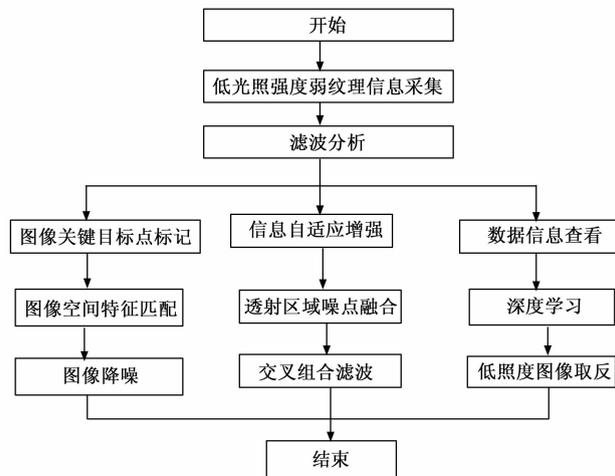


图 2 改进算法的实现流程

3 实验测试

为验证本文方法在实现低光照强度弱纹理图像关键目标点识别定位的性能, 采用 Matlab 仿真平台进行仿真实验。其中, 设定背景种子集为 2 400, 空间和颜色距离为 0.355 dB, 超像素数目为 100、200、300, 样本集组数为 6 组, 如图 3 所示。

图 3 中的 6 组图像的先验知识分布, 如表 1 所示。

根据表 1 参数设定, 对低光照强度弱纹理图像进行关键目标点识别定位。本文先以其中一组样本分析过程为例进行说明, 得到低光照强度弱纹理图像关键目标点检测识别过程, 如图 4 所示。



图 3 待处理的图像

表 1 6 组图像的先验知识分布

图像	像素大小 /frame	干扰强度 /dB	信噪比/dB	暗原色分量
图像 1	24. 513	23. 250	-31. 241	1. 642
图像 2	22. 348	24. 525	-28. 483	1. 615
图像 3	22. 619	22. 950	-28. 828	1. 602
图像 4	23. 106	24. 975	-29. 448	1. 623
图像 5	23. 431	22. 350	-29. 862	1. 662
图像 6	22. 186	22. 650	-28. 276	1. 652

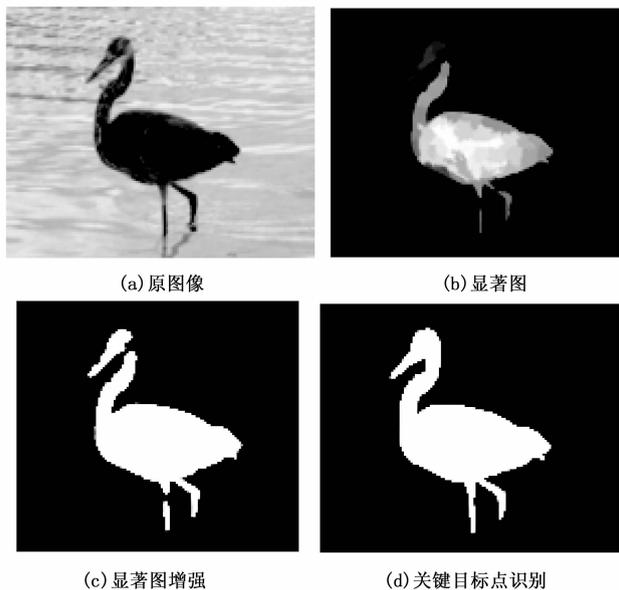


图 4 低光照强度弱纹理图像关键目标点检测识别结果

分析图 4 得知，本文方法能够有效地实现低光照强度弱纹理图像关键目标点检测，且识别定位性能较好，图像增强效果较佳，具有有效性。进一步测试其

它样本的低光照强度弱纹理图像定位识别效果，得到的批处理结果，如图 5 所示。

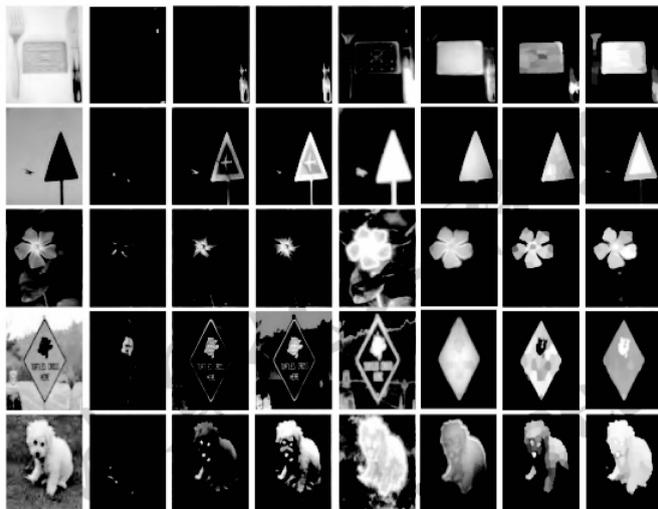


图 5 弱纹理图像关键目标点识别定位批处理结果

分析图 5 得知，本文方法能有效实现对弱纹理图像关键目标点识别定位批处理，且对于不同信噪比强度的图像的处理效果是相同的，能够满足多样化的低光照弱纹理图像的关键目标点识别定位需求。测试定位精度及输出信噪比，得到结果如图 6 和表 2 所示。分析表 2 结果和图 6 得知，本文方法进行弱纹理图像关键目标点识别定位的精度更高，平均为 0.93，信噪比较多，平均为 32.87，表明识别的目标点包含的信息更多。

表 2 输出信噪比测试

迭代次数	本文方法	文献[4]	文献[6]
100	35.171	11.273	17.094
120	32.065	11.891	15.585
140	32.453	11.127	15.774
160	33.152	12.109	16.113
180	33.618	10.836	16.340
200	31.832	10.982	15.472
220	34.472	10.436	16.755
240	33.540	10.727	16.302
260	29.891	11.091	14.528
280	32.453	10.400	15.774
300	33.307	10.109	16.189
320	32.453	9.891	15.774

为验证本文方法的弱纹理图像关键目标点识别效果，在上述实验的基础上，对比不同方法下准确率一

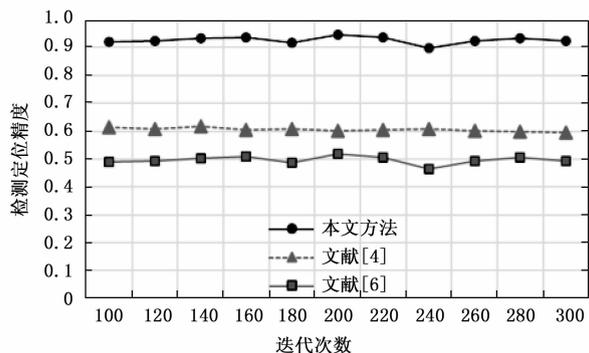


图6 精度对比测试

召回率曲线, 结果如图7所示。

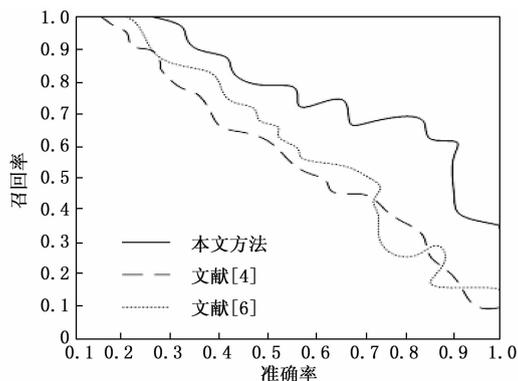


图7 不同算法的准确率—召回率曲线图

根据准确率—召回率曲线的特性可知, 当准确率越高, 召回率越高, 即曲线越靠近右上越好。分析图7可知, 与其他方法相比, 本文方法的准确率—召回率曲线始终保持在最靠近右上的位置, 表明本文方法对弱纹理图像关键目标点识别定位的能力较为优越。

4 结束语

建立低光照强度弱纹理图像的信息增强模型, 根据对图像的纹理信息关键目标点检测结果, 实现对低光照强度弱纹理像素特征增强。本文提出基于深度学习的弱纹理图像关键目标点识别定位方法。采用暗原色融合和RGB像素分解方法实现对低光照强度弱纹理图像增强, 采用前景和背景显著图融合的方法, 实现低光照强度弱纹理图像的滤波, 提高输出信噪比。根据对低光照强度弱纹理图像的信息增强结果, 结合深度学习算法, 实现低光照强度弱纹理图像关键目标点定位识别。分析得知, 本文方法进行低光照强度弱纹理图像关键目标点定位识别的精度较高, 平均为0.93, 信噪比平均为32.87, 高于传统方法。因此, 本文设计

的低光照强度弱纹理图像的关键目标点识别定位方法能够满足图像处理的需求, 具有一定的应用价值。

参考文献:

- [1] 朱洪玲, 刘畅, 张博, 等. 激光超声可视化图像处理研究 [J]. 中国激光, 2018, 45 (1): 174 - 181.
- [2] 罗娜, 李学国. 图像去雾 DCP 算法的透射率容差参数修正 [J]. 科技通报, 2018, 34 (9): 218 - 221.
- [3] 李武周, 余锋, 王冰, 等. 基于形态学滤波的红外图像背景补偿 [J]. 红外技术, 2016, 38 (4): 333 - 336.
- [4] 张然, 赵凤群. 基于双向扩散与冲击滤波的雾天图像增强算法 [J]. 计算机工程, 2018, 44 (10): 221 - 227.
- [5] 李杏峰, 黄玉清, 任珍文, 等. 基于自适应邻域的鲁棒多视图聚类算法 [J]. 计算机应用, 2021, 41 (4): 1093 - 1099.
- [6] 邓志鹏, 孙浩, 雷琳, 等. 基于多尺度形变特征卷积网络的高分辨率遥感影像目标检测 [J]. 测绘学报, 2018, 47 (9): 1216 - 1227.
- [7] 贾银亮, 冀凯伦, 张驰宇, 等. 基于暗通道先验的视频去雾算法 [J]. 电子测量技术, 2018, 41 (20): 98 - 101.
- [8] BOLOHOVA N, RUBAN I. Image processing models and methods research and ways of improving marker recognition technologies in added reality systems [J]. Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, 2019 (7): 25 - 33.
- [9] 江巨浪, 孙伟, 王振东, 等. 基于透射率权值因子的雾天图像融合增强算法 [J]. 电子与信息学报, 2018, 40 (10): 2388 - 2394.
- [10] 童强, 李太君. 复杂海面环境下船只边缘识别算法的改进 [J]. 海南大学学报 (自然科学版), 2018, 36 (3): 235 - 240.
- [11] BISWAS B, BHATTACHARYYA S, PLATOS J, et al. Enhancement of dronogram aid to visual interpretation of target objects via intuitionistic fuzzy hesitant sets [J]. Information Sciences, 2019, 500: 67 - 86.
- [12] 俞淑燕, 魏哲. 基于深度学习的激光遥感图像特征识别 [J]. 激光杂志, 2019, 40 (2): 123 - 127.
- [13] DARWIESH M, AYOUB H S, EL-SHERIF A F, et al. Airborne hyperspectral detection of underwater camouflaged targets and the effect of target shape and seafloor on image quality [J]. Journal of Optics (India), 2020, 50 (4): 7 - 27.

(下转第200页)