

# بهسازی تصویر با کاهش اثر عوامل خرابی بر مؤلفه روشنایی و بازتابش تصویر

حمید حسن پور و عذرا رستمی قادی

دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده کامپیوتر و فناوری اطلاعات

## چکیده

در این مقاله پیشنهاد جدیدی برای بهبود کیفیت تصویر ارائه شده است که در آن نگرش جدیدی در مورد چگونگی اعمال روش‌های بهسازی مطرح شده است. عملیات بهسازی تصویر ممکن است بر اساس روشنایی، وضوح و یا توزیع سطوح خاکستری انجام شود. هنگام تصویربرداری ویژگی‌هایی مانند شدت روشنایی صحنه و قابلیت بازتاب اجسام بر تصویری که به دست می‌آید، تأثیر می‌گذارند. اثر هر یک از این ویژگی‌ها بر تصویر حاصل را می‌توان به عنوان یک مؤلفه یا تصویر جداگانه‌ای در نظر گرفت و به کمک فیلتر همومورفیک که در آن تصویر اصلی به مؤلفه روشنایی و مؤلفه بازتابش تجزیه می‌شود، مورد بررسی قرار داد. به طور کلی، پیکسل‌های یک تصویر به گونه‌ای مقدار می‌گیرند که متناسب با شدت روشنایی نقطه مربوط در صحنه و قابلیت بازتابش آن نقطه از جسم هستند. بر این اساس خرابی یک تصویر ممکن است ناشی از هر یک از مؤلفه‌های شدت روشنایی و یا قابلیت انعکاسی باشند. در این مقاله نشان داده می‌شود که انواع مختلف خرابی تصویر، روی مؤلفه شدت روشنایی و مؤلفه بازتابش تصویر تأثیر متفاوتی می‌گذارند. بررسی‌ها نشان می‌دهند که تأثیر خرابی بر روی یک تصویر بسته به نوع خرابی روی یک مؤلفه نسبت به مؤلفه دیگر متفاوت است. برخلاف روش‌های معمول که به ازای هر نوع خرابی، فرایند بهسازی و اصلاح را روی تصویر اصلی انجام می‌دهند، در این مقاله پیشنهاد می‌شود بعد از تجزیه تصویر به دو مؤلفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب، با توجه به نوع خرابی، بر مؤلفه مربوطه بهسازی انجام شود. سپس تصویر نهایی بهسازی شده با استفاده از مؤلفه‌های تصویر که شامل مؤلفه بهسازی شده است، به دست آید. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که به منظور رفع خرابی یک تصویر، بهسازی مؤلفه‌های تصویر نتایج مطلوب‌تری در مقایسه با بهسازی مستقیم بر روی تصویر اصلی دارد. در این مقاله برای تصاویر چهره از پایگاه داده Yale Face B و برای تصویر غیر چهره از تصاویر سطح خاکستری مختلفی استفاده می‌شود.

واژگان کلیدی - بهسازی تصویر، فیلتر همومورفیک، مؤلفه روشنایی، مؤلفه بازتابش.

## ۱- مقدمه

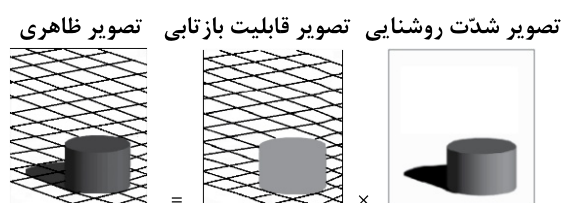
عوامل مختلفی در تشکیل یک تصویر مؤثرند که از آن جمله می‌توان به شدت روشنایی صحنه و قابلیت بازتاب (انعکاس) اشاره کرد. خرابی قابل مشاهده در یک تصویر ممکن است ناشی از هر یک از عوامل مذکور باشند؛ بنابراین بهتر است بهسازی یک تصویر، با توجه به عامل خرابی صورت گیرد. می‌توان تصویر را به کمک مؤلفه قابلیت بازتاب و شدت روشنایی آن مدل کرد (شکل ۱) (Shao et al, 2009). اگر تصویر ورودی را با  $I(x,y)$  تصویر قابلیت انعکاس را با

تصاویری که تهیه می‌شوند، به خاطر شرایط متفاوت محیطی، محدودیت‌های دستگاه تصویربرداری و یا نمایشگرها دچار مشکلات و خرابی‌هایی در کیفیت تصویر می‌شوند. بر این اساس، استفاده از روش‌های بهسازی تصویر برای افزایش کیفیت تصویر ضروری است و این ضرورت در کاربردهایی مانند تشخیص چهره (Shi et al, 2007؛ نادری و همکاران، ۱۳۹۰)، تشخیص اثر انگشت (Saeed et al, 2012؛ Ye et al, 2012) و تصاویر پزشکی (Gorgel et al, 2010) et al, 2011) مشهودتر هستند.

$R(x, y)$  و تصویر شدت روشنایی را با  $L(x, y)$  نشان دهیم، سه تصویر با معادله زیر با یکدیگر مرتبط هستند (Weiss, 2001).

$$I(x, y) = L(x, y) \cdot R(x, y) \quad (1)$$

همان طور که در شکل یک مشاهده می شود، در تصویر شدت روشنایی، سایه به تصویر کشیده می شود. با این ویژگی های مطرح شده، تجزیه تصویر به مؤلفه های آن نقش مهمی در پردازش تصویر ایفا می کند. در این تحقیق نشان داده می شود خرابی هایی که به طور فیزیکی بر روی یک تصویر مشاهده می شود، بسته به نوع خرابی، تمرکز اثر آن بر روی بخش انعکاس و یا روشنایی تصویر است.



شکل ۱: تجزیه تصویر به دو مؤلفه شدت روشنایی و قابلیت انعکاس، تصاویر به ترتیب از سمت چپ: تصویر اصلی، تصویر قابلیت بازتابی، تصویر شدت روشنایی.

عوامل مختلفی سبب خرابی تصاویر می شوند. شکل دو نمونه خرابی هایی را نشان می دهند که سبب کاهش کیفیت تصویر شده اند. در تصاویر شکل (۲-الف) و شکل (۲-ب)، تغییرات نور محیط، مشکلاتی در شناسایی چهره ایجاد می کند. این خرابی سبب شده است که قسمتی از تصویر مبهم و نامشخص باشد و نتوان به راحتی چهره فرد را شناسایی کرد. با بهسازی تصویر و به دست آوردن روشنایی مناسب، می توان کیفیت تصاویر را بهبود داد (Acharya et al, 2011; Rasheed et al, 2007). شکل های (۲-ج) و (۲-د) نمونه ای از خرابی هایی هستند که در اثر حرکت دوربین اتفاق افتاده است. از تأثیرات این خرابی روی تصویر، می توان به مات شدن تصویر<sup>۱</sup> و از دست رفتن جزئیات تصویر مانند لبه ها، اشاره کرد.



<sup>۱</sup> Motion blurring

شکل ۲: نمونه هایی از خرابی ایجاد شده در تصاویر؛ (الف، ب) خرابی ناشی از شدت نور در صحنه، (ج، د) خرابی ناشی از حرکت دستگاه تصویر برداری.

در تصویر یک صحنه، میزان نور و شدت روشنایی به روشنایی محیط وابسته است. بنابراین در خرابی های مربوط به شدت نور نامناسب، تغییر نور محیط بر مؤلفه شدت روشنایی تصویر تأثیر می گذارد. در مقابل، خرابی هایی همچون حرکت دستگاه فیلم برداری و یا مات شدن تصویر سبب تغییر نور و شدت روشنایی موجود در صحنه نمی شوند و فقط بر جزئیات و بافت تصویر تأثیر می گذارند. از آنجا که مؤلفه قابلیت بازتابی بیانگر جزئیات تصویر است، این نوع خرابی ها بر مؤلفه قابلیت بازتابی تصویر تأثیر متفاوتی می گذارند. در نتیجه عوامل مختلف خرابی ممکن است روی تصویر و در نتیجه روی اجزای تصویر (شدت روشنایی و قابلیت بازتاب) تأثیر بگذارند. شناخت عامل خرابی بر روی مؤلفه های تصویر و بهسازی فقط همان مؤلفه به جای کل تصویر، پیشنهادی است که در این مقاله برای بهبود مناسب کیفیت تصویر، مطرح می شود. در واقع با توجه به نوع خرابی اعمالی روی هر مؤلفه، بهسازی مناسب را برای رفع آن خرابی انجام داده و فقط مؤلفه متأثر اصلاح می شود. زیرا ممکن است با اصلاح مؤلفه ای که عامل خرابی روی آن تأثیر ندارد، عامل خرابی جدید دیگری ایجاد شود. بنابراین بعد از تجزیه تصویر به دو مؤلفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب، با توجه به نوع خرابی تصویر و اثر آن بر مؤلفه های تصویر، بر مؤلفه مربوطه بهسازی انجام می شود. سپس با استفاده از مؤلفه های تصویر که شامل مؤلفه بهسازی شده است، تصویر نهایی بهسازی شده، به دست می آید.

به منظور جداسازی دو مؤلفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب، بهتر است ویژگی های این دو مؤلفه مورد بررسی قرار گیرند. در (Fan et al, 2011) بیان شده است که مؤلفه شدت روشنایی تصویر به طور کلی، تغییرات آهسته ای دارد و اجزای فرکانس پایین تصویر را تشکیل می دهد و مؤلفه قابلیت بازتاب تصویر شامل تغییرات سریع بوده و اجزای فرکانس بالای تصویر را تشکیل می دهد. بر همین اساس، جزء فرکانس پایین تصویر را می توان به عنوان مؤلفه شدت روشنایی و جزء فرکانس بالای تصویر را به عنوان مؤلفه قابلیت بازتاب در نظر گرفت (Xie et al, 2010).

فیلتر همومورفیک، یک فرایند فیلتر کردن در دامنه فرکانسی است که با انتخاب تابع فیلتر مناسب، هر دو مؤلفه فرکانس بالا و فرکانس پایین تبدیل فوریه را کنترل

پس از آن، جزئیات قابلیت بازتابی به کمک تبدیل موجک حفظ و محدوده داینامیکی<sup>۲</sup> قابلیت بازتاب با فیلتر باترورث فشرده می‌شود. در نهایت، تصویر رنگی بهسازی شده از فضای رنگی HSV به فضای رنگی RGB منتقل می‌شود.

به تازگی در (نادری و همکاران، ۱۳۹۰) روشی برای بهبود عملکرد تکنیک رتینکس<sup>۳</sup> در بهسازی تصاویر چهره ارائه شده است. در این تحقیق برای افزایش دقت شناسایی چهره، کیفیت تصاویر با سایه شدید را به صورت محلی بهبود می‌دهند و بعد از طی چند مرحله به استخراج و اصلاح الگوی سایه پرداخته و در نهایت با استفاده از معیار مبتنی بر گرادیان، بهترین الگوی سایه را برای تصویر مشخص می‌کند. نتایج ارائه شده در این تحقیق بیانگر افزایش دقت شناسایی تصاویر چهره در به کارگیری این روش است.

در این مقاله برای تصاویر چهره از پایگاه داده Yale Face B استفاده شده است که شامل تصاویر چهره افراد مختلف تحت شرایط نوری متفاوت است. با توجه به این که روش مطرح شده در این مقاله برای تصویر غیر چهره نیز مناسب است، سعی شده است از تصاویر سطح خاکستری مختلفی برای نشان دادن نتایج استفاده شود.

در ادامه و در بخش دو، با فیلتر همومورفیک و جداسازی مؤلفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتاب، آشنا می‌شوید. اثر خرابی‌ها بر مؤلفه‌های تصویر را در بخش سه مطرح می‌نماییم. بخش چهار شامل نتایج بهسازی تصاویر با استفاده از بهسازی مؤلفه‌ای تصاویر است. در انتها، به جمع‌بندی می‌پردازیم.

## ۲- فیلتر همومورفیک

همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، فیلتر همومورفیک مؤلفه‌های شدت روشنایی و قابلیت انعکاس تصویر را با اعمال تابع لگاریتم و تبدیل اپراتور ضرب به اپراتور جمع، از هم جدا می‌کند. بنابراین برای جداسازی این دو جزء مستقل، از رابطه<sup>(۱)</sup> تبدیل لگاریتم گرفته می‌شود:

$$z(x, y) = \ln I(x, y) = \ln L(x, y) + \ln R(x, y) \quad (2)$$

اگر  $z(x, y)$  با استفاده از تابع فیلتر  $h$  پردازش شود آن‌گاه داریم:

$$s(x, y) = h * z(x, y) = h * \ln L(x, y) + h * \ln R(x, y) \quad (3)$$

می‌کند (Fan et al, 2011). در نتیجه می‌توان کنترل خوبی روی مؤلفه‌های روشنایی و انعکاسی داشته باشد. با توجه به مراحل فیلتر همومورفیک، این فیلتر قابلیت جداسازی دو مؤلفه شدت روشنایی و قابلیت انعکاسی را داشته و با تبدیل اپراتور ضرب به اپراتور جمع به کمک عمل لگاریتم، آنها را از هم جدا می‌کند. بنابراین می‌توان از فیلتر همومورفیک برای جداسازی مؤلفه شدت روشنایی و قابلیت انعکاسی تصویر، سپس بهبود و اصلاح خرابی مؤلفه‌ها استفاده کرد.

در بهسازی تصویر، اغلب کارهای انجام شده برای برطرف کردن شدت روشنایی غیر یکنواخت تصویر بوده که مبتنی بر مؤلفه شدت روشنایی هستند (Xie et al, 2010; Ngo et al, 2008; Jie et al, 2009). در (Ngo et al, 2008) تکنیک بهسازی بر مبنای مدل شدت روشنایی- قابلیت انعکاسی ارائه شده است. در این روش با در نظر گرفتن اطلاعات پیکسل‌های همسایه، کیفیت تصاویری را بهبود می‌دهد که تحت شرایط تاریکی شدید یا روشنایی غیر یکنواخت گرفته شده است. در واقع، اساس کار، جدا کردن دو مؤلفه شدت روشنایی و قابلیت انعکاس به کمک فیلتر پایین‌گذر گوسی است و سپس با استفاده از فشرده‌سازی محدوده پویا، کنتراست مؤلفه شدت روشنایی را بهبود داده و در نتیجه تصویر اصلی بهبود می‌یابد.

همان‌طور که در (Xie et al, 2010) مطرح شده است، شناسایی چهره تحت شرایط روشنایی مختلف، به خصوص تصاویر منفرد، مشکل است. استخراج ویژگی‌های ثابت شدت روشنایی روشی مؤثر برای حل این مسئله است که بر اساس مؤلفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابی تصویر انجام می‌شود. در این مرجع، از تبدیل لگاریتمی کانتورلتی نمونه‌برداری نشده (مستقل)<sup>۱</sup> برای تخمین مؤلفه شدت روشنایی و مؤلفه قابلیت بازتاب، استفاده می‌شود. سپس مؤلفه قابلیت بازتابی به عنوان ویژگی‌های ذاتی چهره در نظر گرفته می‌شود که می‌توان به صورت مستقیم برای شناسایی چهره استفاده شود.

در (Jie et al, 2009) روشی برای بهسازی تصاویر رنگی بر اساس مؤلفه شدت روشنایی و قابلیت انعکاسی مطرح شده است. در این روش، ابتدا تصویر را از فضای رنگی RGB به فضای رنگی HSV منتقل می‌شود. سپس مؤلفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب، به کمک تجزیه همومورفیک بر مبنای مدل شدت روشنایی- قابلیت بازتابی، جدا می‌شوند.

<sup>۱</sup> Logarithmic nonsubsampling contourlet transform

<sup>۲</sup> dynamic range

<sup>۳</sup> Retinex

در اینجا "\*" نشان‌دهنده کانولوشن<sup>۱</sup> دو تابع است. مطابق با تئوری کانولوشن داریم (McAndrew, 2004):

$$S(u, v) = H(u, v) Z(u, v) = H(u, v) F_L(u, v) + H(u, v) F_R(u, v) \quad (4)$$

که در آن  $S(u, v)$ ،  $Z(u, v)$ ،  $H(u, v)$ ،  $F_L(u, v)$  و  $F_R(u, v)$  به ترتیب تبدیل فوریه  $s(x, y)$ ،  $z(x, y)$ ،  $s(x, y)$  و  $\ln R(x, y)$  هستند. پس از آن،  $s(x, y)$  با معکوس کردن تبدیل فوریه مانند رابطه (۵) محاسبه می‌شود:

$$s(x, y) = F^{-1}\{S(u, v)\} = F^{-1}\{H(u, v) F_L(u, v)\} + F^{-1}\{H(u, v) F_R(u, v)\}, \quad (5)$$

جایی که  $F^{-1}$  اپراتور معکوس تبدیل فوریه است، می‌توان عبارات رابطه (۵) را به‌طور خلاصه با روابط (۶) و (۷) بیان کرد:

$$L'(x, y) = F^{-1}\{H(u, v) F_L(u, v)\} \quad (6)$$

$$R'(x, y) = F^{-1}\{H(u, v) F_R(u, v)\} \quad (7)$$

بنابراین رابطه (۵) می‌تواند به شکل زیر بیان شود:

$$s(x, y) = L'(x, y) + R'(x, y) \quad (8)$$

اگر  $g(x, y)$  تصویر بهبودیافته مطلوب بعد از عمل فیلتر باشد، باتوجه به این‌که  $z(x, y)$  لگاریتم  $I(x, y)$  است، می‌توان  $g(x, y)$  را با رابطه زیر به‌دست آورد:

$$g(x, y) = e^{s(x, y)} = e^{L'(x, y)} e^{R'(x, y)} \quad (9)$$

که در آن  $L(x, y) = e^{L'(x, y)}$  و  $R(x, y) = e^{R'(x, y)}$  به‌ترتیب مؤلفه شدت روشنایی و قابلیت بازیابی تصویر خروجی هستند (Fan et al, 2011).

درواقع تابع تبدیل  $H(u, v)$  به‌عنوان تابع فیلتر همومورفیک شناخته می‌شود که روی مؤلفه‌های شدت روشنایی و قابلیت انعکاس تصویر ورودی، به‌طور جداگانه عمل می‌کند. در ادامه نشان داده می‌شود که فیلتر همومورفیک می‌تواند کنترل بهتری روی مؤلفه‌های شدت روشنایی و قابلیت انعکاس داشته باشد تا بتواند مؤلفه‌های فرکانس بالا و پایین تبدیل فوریه تصویر را تحت تأثیر قرار دهد (Saeed et al, 2011).

## ۲-۱- تجزیه تصویر به مؤلفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابی

همان‌طور که بیان شد، از فیلتر همومورفیک به‌عنوان تکنیکی برای جداسازی دو مؤلفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب استفاده می‌شود. یکی از روش‌های مطرح شده برای این‌کار، فیلتر موجک همومورفیک<sup>۲</sup> است (Zhichao et al,

Han et al, 2008; 2010). در این روش، بعد از به‌دست‌آوردن تبدیل لگاریتم تصویر، فرایند تجزیه و تحلیل پنجره‌های موجک و فیلتر همومورفیک روی تصاویر لگاریتمی اعمال می‌شود تا تخمینی از مؤلفه شدت روشنایی به‌دست آید. درنهایت به‌کمک مؤلفه‌ی شدت روشنایی به‌دست آمده و تصویر اصلی، مؤلفه قابلیت بازتاب نیز به‌دست خواهد آمد.

جداسازی تصویر ورودی به مؤلفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب در دامنه لگاریتم، به‌کمک فیلتر موجک همومورفیک و با درنظرگرفتن رابطه (۱) انجام می‌گیرد. فرایند موجک فیلتر همومورفیک روی تصاویر لگاریتمی اعمال می‌شود تا جزء شدت روشنایی و جز قابلیت انعکاس از تصویر تخمین زده شود. در فرایند تجزیه موجک، ضریب فرکانس پایین با  $cA$  و ضرایب فرکانس‌های بالا، با  $cD$  نشان داده می‌شوند. تبدیل موجک مجزای دوبعدی، تصویر را در چهار باند جدا می‌کند که می‌توان با استفاده از مدل شدت روشنایی- قابلیت بازتابش و تجزیه و تحلیل چندگانه<sup>۳</sup> بر مبنای موجک، مؤلفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابش را تا حدود زیادی از یکدیگر جدا کرد (Zheng Goh et al, 2011). اطلاعات مربوط به جزئیات تصویر در بخش‌های فرکانس بالای تبدیل موجک ذخیره می‌شود. بخش فرکانس پایین تبدیل موجک، محدوده پویایی تصویر را مشخص می‌کند. بنابراین مؤلفه شدت روشنایی در زیرباند فرکانسی پایین تبدیل موجک و مؤلفه قابلیت بازتابش در زیرباندهای فرکانسی بالای تبدیل موجک ظاهر می‌شوند (Jie et al, 2009). با توجه به خصوصیات تبدیل موجک و خصوصیات بیان‌شده فیلتر همومورفیک، ترکیب فیلتر همومورفیک و تبدیل موجک، نتیجه خوبی در جداسازی مؤلفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابش خواهد داشت.

در روش پیشنهادی، از روش جداسازی فیلتر موجک همومورفیک (Han et al, 2008) برای بهسازی تصویر استفاده کردیم. در روش مطرح شده برای جداسازی دو مؤلفه، طی فرایند تحلیل چندگانه بر مبنای موجک، ضرایب تقریب  $cA$  در مقیاس بزرگ‌تر، تقریب خوبی از مؤلفه شدت روشنایی در تصویر اصلی ارائه می‌دهند. بنابراین، ضرایب تقریب  $cAn$  در مقیاس  $n$  به‌طور تقریبی شامل اطلاعات روشنایی تصویر اصلی است. از آنجا که تأثیر روشنایی در ضرایب جزئیات  $cDn$  نیز ظاهر می‌شوند، بنابراین فرایندی

<sup>1</sup> Convolution

<sup>2</sup> Homomorphic Wavelet Filtering

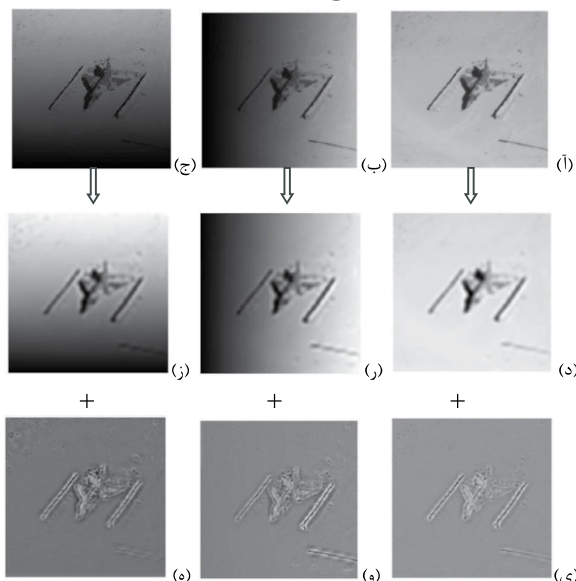
<sup>3</sup> Wavelet- based Multiresolution Analysis(MRA)

مؤلفه‌های آن تأثیر متفاوتی بگذارند. بنابراین با شناخت نوع خرابی، می‌توان با تجزیه آن به کمک فیلتر همومورفیک، مؤلفه‌های متأثر را بهسازی کرد تا در نهایت تصویری با کیفیت مطلوب داشته باشیم. نمونه‌هایی از انواع خرابی تصویر و تأثیر آن بر مؤلفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتاب را در بخش زیر مشاهده و بررسی می‌کنیم.

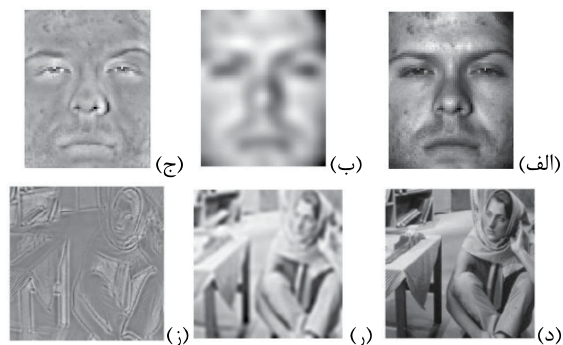
### ۳-۱- اثر خرابی بر مؤلفه شدت روشنایی

یکی از تغییرات تأثیرگذار روی تصویر، تغییرات نور و شدت روشنایی محیط است. روشنایی غیر یکنواخت، عامل خرابی است که ممکن است سبب تخریب تصویر و کاهش وضوح آن شود. با توجه به اینکه تغییرات روشنایی محیط، روی روشنایی تصویر بسیار تأثیرگذار است، این تغییرات با مؤلفه شدت روشنایی تصویر بیشترین ارتباط را داشته و بیشترین اثر را بر روی آن می‌گذارد؛ زیرا نور و روشنایی نامناسب صحنه، سبب می‌شود جزئیات اشیای موجود در صحنه به هنگام تصویربرداری، به خوبی مشخص نباشد.

شکل ۴، تصویری را نشان می‌دهد که در آن دو الگوی متفاوت از شدت روشنایی غیر یکنواخت روی تصویر اصلی اعمال شده است. مؤلفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتاب تصویر اصلی و تصاویر خراب شده، در این شکل قابل مشاهده است. همان‌طور که مشخص است، شدت روشنایی نامناسب روی مؤلفه شدت روشنایی تصویر اصلی بیشترین تأثیر را گذاشته است، به طوری که شدت روشنایی تصاویر تخریب شده در مقایسه با شدت روشنایی تصویر اصلی، بسیار متفاوتند. البته روشنایی محیط ممکن است روی مؤلفه قابلیت بازتاب تصویر نیز تأثیر گذارد؛ ولی این تأثیر نسبت به تأثیر مؤلفه شدت روشنایی اندک است.



برای بدست آوردن تخمین دقیقی از مؤلفه شدت روشنایی، نیاز است. با توجه به خصوصیات فیلتر همومورفیک، فرآیند فیلتر همومورفیک به کار می‌رود تا مقادیر کوچک مؤلفه شدت روشنایی توزیع شده در همه ضرایب جزئیات CD را فیلتر کند. بنابراین فیلتر همومورفیک برای جدا کردن جزء روشنایی از cDn در همه سطوح مقیاس، به کار می‌رود. سپس این دو قسمت از تبدیل موجک با یکدیگر ترکیب شده و معکوس تبدیل موجک مجزای دو بعدی<sup>۱</sup> اجرا می‌شود تا تخمین نهایی مؤلفه شدت روشنایی و مؤلفه قابلیت بازتاب در تصویر اصلی به دست آید (Han et al, 2008). در شکل سه، دو نمونه از تجزیه تصویر به مؤلفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتاب، به کمک فیلتر همومورفیک، نمایش داده شده است. همان‌طور که در تصاویر شکل سه مشخص است، مؤلفه قابلیت بازتاب بیانگر بیشترین اطلاعات فرکانس بالای تصویر است که بیشترین جزئیات یک تصویر را نشان می‌دهد. مؤلفه شدت روشنایی نیز شامل اطلاعات فرکانس پایین تصویر است که تغییرات شدت روشنایی را در تصویر نشان می‌دهد (Liu et al, 2010).



شکل ۵: جداسازی تصاویر اصلی به دو مؤلفه شدت روشنایی و قابلیت بازتابش به کمک فیلتر همومورفیک؛ الف، د، تصویر اصلی، ب، ر، مؤلفه شدت روشنایی تصویر، ج، ز، مؤلفه قابلیت بازتابش تصویر

### ۳- اثر خرابی بر مؤلفه‌های تصویر

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، هر گونه خرابی و تغییراتی که روی یک تصویر اعمال می‌شود، روی مؤلفه شدت روشنایی و قابلیت انعکاسی تصویر نیز تأثیرگذار است. با توجه به تجزیه تصاویر به دو مؤلفه شدت روشنایی و قابلیت بازتاب، هر خرابی و تغییری در تصویر اصلی با تغییر دو مؤلفه شدت روشنایی و قابلیت بازتابی در ارتباط است و اعمال یک خرابی روی تصویر ممکن است بر روی هر یک از

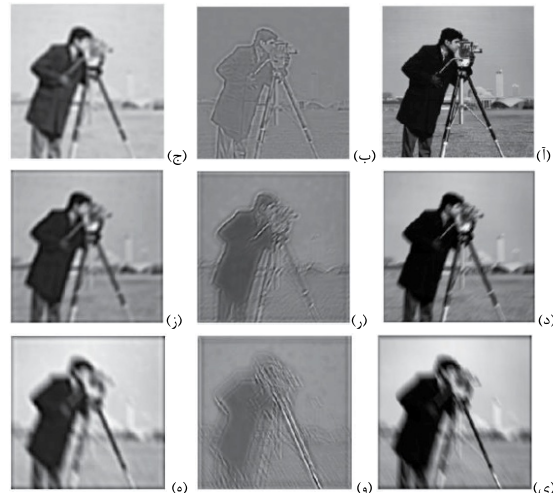
<sup>۱</sup> discrete wavelet transform (2D-IDWT)

شکل ۴: بررسی تأثیر تغییرات شدت روشنایی محیط روی مؤلفه‌های شدت روشنایی و قابلیت انعکاسی تصویر؛ (آ) تصویر اصلی؛ (ب، ج) تصاویر خراب شده با الگوهای متفاوت شدت روشنایی غیر یکنواخت؛ (د، ر، ز) مؤلفه‌ی شدت روشنایی تصاویر مربوطه؛ (ی، و) مؤلفه‌ی بازتابش تصاویر مربوطه.

با توجه به تصاویر شکل ۴، در مواردی که عامل خرابی، مؤلفه‌ی شدت روشنایی را متأثر کرده باشد، می‌توان اثر آن را به‌کارگیری روش مناسب برطرف و در نتیجه تصویر اصلی را بهسازی کرد.

### ۳-۲- اثر خرابی بر مؤلفه‌ی قابلیت بازتابی

بعضی عوامل خرابی تصویر بر مؤلفه‌ی قابلیت بازتاب، تأثیر می‌گذارند. به‌عنوان مثال لغزش دوربین هنگام تصویربرداری سبب مات شدن تصویر و مخدوش شدن جزئیات آن می‌شود. مات شدن تصویر در واقع بیان‌گر جابه‌جایی پیکسل‌های تصویر و اشیای موجود در آن است و تأثیر زیادی بر روی بافت اشیای موجود در تصویر خواهد داشت. مات شدن تصویر، نوعی خرابی است که بیش‌ترین تأثیر را روی مؤلفه‌ی قابلیت بازتاب تصویر می‌گذارد. تصویری مانند شکل (۵-آ) را در نظر بگیرید که به دو مؤلفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب تجزیه شده است. روی این تصویر، خرابی *motion blurring* اعمال شده و بار دیگر مؤلفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتاب آن، استخراج شده‌اند. با دقت در این تصاویر و مقایسه‌ی تصاویر شدت روشنایی و قابلیت بازتاب مربوطه متوجه خواهیم شد که تصویر قابلیت بازتاب تصویر مات شده، تغییرات بیشتری در مقایسه با تصویر قابلیت بازتاب تصویر اصلی دارد، نسبت این تغییرات در برابر تغییرات شدت روشنایی دو تصویر اصلی و مات شده به مراتب بیشتر است.



شکل ۵: بررسی تأثیر خرابی *motion blurring* روی مؤلفه‌های شدت روشنایی و قابلیت انعکاسی، (آ) تصویر اصلی؛ (د، ی) تصویر اصلی مات شده؛ (ب) مؤلفه‌ی قابلیت انعکاسی تصویر اصلی؛ (ج) مؤلفه‌ی شدت روشنایی تصویر اصلی؛ (ر، و) مؤلفه‌ی قابلیت بازتابی تصاویر مات شده‌ی مربوطه؛ (ز، ه) مؤلفه‌ی شدت روشنایی تصاویر مات شده‌ی مربوطه.

درواقع می‌توان این‌گونه مطرح کرد که خرابی‌هایی مانند مات شدن تصویر که سبب تغییر ساختار بافت تصویر و جابه‌جایی پیکسل‌های آن می‌شود، بیش‌ترین تأثیر را بر روی مؤلفه‌ی قابلیت بازتابی دارد. بهبود تصویر قابلیت بازتاب سبب بهبود تصویر اصلی خواهد شد. همان‌گونه که در شکل ۵ مشخص است، این‌گونه خرابی بر روی مؤلفه‌ی شدت روشنایی نیز تأثیر اندکی دارد؛ زیرا شدت روشنایی نیز هم‌زمان با حرکت جسم کمی جابه‌جا می‌شود، ولی این تأثیر در مقابل تأثیر مؤلفه‌ی قابلیت بازتاب اندک است.

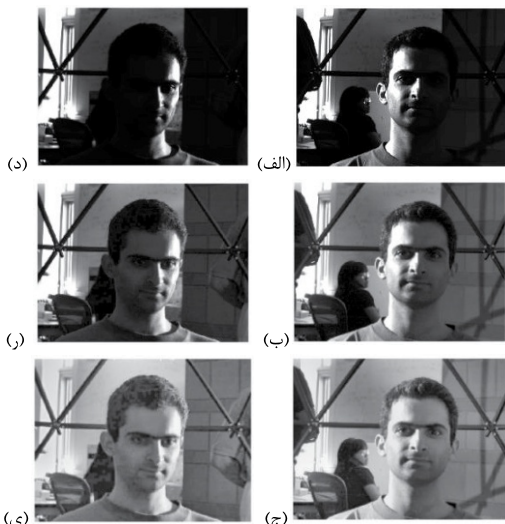
### ۴- بهسازی مؤلفه‌ی تصویر

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، بعضی از انواع مختلف خرابی، تأثیر متفاوتی بر روی مؤلفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب تصویر دارند. بنابراین بر اساس نوع خرابی، باید روش بهسازی مناسبی به‌کار گرفته شود. پس از جداسازی دو مؤلفه‌ی شدت روشنایی و قابلیت بازتاب از تصویر اصلی، باید بررسی شود که چه نوع خرابی روی مؤلفه‌ها تأثیر گذاشته است تا روش بهسازی مناسب برای اصلاح آن انتخاب شود. با توجه به بخش‌های قبلی، خرابی ناشی از تغییر شدت روشنایی و لغزش، به ترتیب بر روی مؤلفه‌های شدت روشنایی و قابلیت بازتابی تأثیر می‌گذارند. در ادامه این بخش نشان داده می‌شود که با انتخاب روش بهسازی مناسب بر روی مؤلفه‌ی متأثر از خرابی، تصویر بهبودیافته مطلوب‌تری می‌توان داشت.

### ۴-۱- بهسازی مؤلفه‌ی شدت روشنایی تصویر

در مواردی که تصویر در اثر شرایط نامساعد نوری صحنه خراب شده باشد، می‌توان از روش‌هایی چون فشرده‌سازی محدوده پویا (Ngo et al, 2008) و بهسازی تصویر با تکیه بر اطلاعات گاما (حسن‌پور و همکاران، ۱۳۹۰) استفاده کرد. بنابراین در تصاویر با خرابی ناشی از شدت روشنایی نامناسب، می‌توان از تکنیک‌های بهسازی موردنظر بر روی مؤلفه‌ی شدت روشنایی استفاده کرده و سپس تصویر نهایی مطلوب را به‌دست آورد. شکل‌های (۶-الف) و (۶-ز)، تصاویر

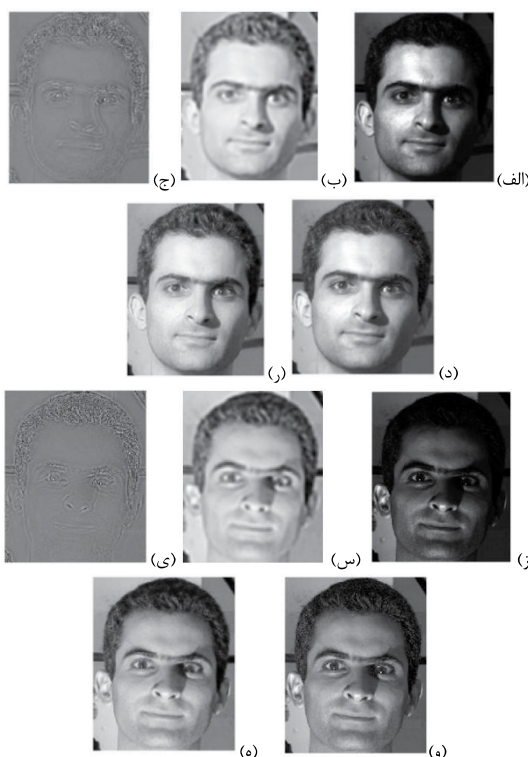
گرفته شود. یکی از این تکنیک‌ها، بهسازی با تکیه بر اطلاعات گامای تصویر است (حسن‌پور و همکاران، ۱۳۹۰). در این روش، گاماهای مناسب را برای ناحیه‌های مختلف از یک تصویر با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه تخمین می‌زنند. شکل ۷، دو نمونه از تصاویر با شدت روشنایی غیریک‌نواخت و نامناسب را نشان می‌دهد. برای نشان دادن این موضوع که با اصلاح خرابی مؤلفه شدت روشنایی، نتیجه بهسازی مطلوب‌تری نسبت به بهسازی کل تصویر به دست می‌آید، یک بار کل تصویر اصلی را با روش بهسازی تکیه بر اطلاعات گاما بهسازی می‌شود. بار دیگر با تکیه بر بهسازی مؤلفه‌ی شدت روشنایی تصویر، فقط مؤلفه شدت روشنایی را با روش بهسازی تکیه بر اطلاعات گاما، بهسازی می‌شود. با مقایسه تصاویر و نتایج به دست آمده بر اساس روش‌های مطرح شده، عملکرد بهتر بهسازی تصاویر با تکیه بر مؤلفه اصلی خرابی (که در این قسمت مؤلفه شدت روشنایی است) نسبت به بهسازی کلی تصویر، مشهود است.



شکل ۷: مقایسه بهسازی کلی تصاویر به کمک روش اصلاح گاما با بهسازی مؤلفه شدت روشنایی؛ (الف، د) تصاویر اصلی؛ (ب، ر) تصاویر بهسازی شده با بهسازی کلی به کمک روش اصلاح گاما؛ (ج، ی) تصاویر بهسازی شده با تکیه بر اصلاح مؤلفه شدت روشنایی

روش (نادری و همکاران، ۱۳۹۰) یکی از کارهایی است که به تازگی در زمینه بهبود کیفیت و روشنایی تصاویر ارائه شده است. جدا از کارهای شایسته‌ای که در این مقاله انجام شده است و به شناسایی بهتر چهره کمک می‌کند، باید گفت که روش ارائه شده، مختص تصاویر چهره بوده و نمی‌توان از آن انتظار داشت که بر روی تصاویر غیر چهره نیز جواب مطلوبی

چهره با شدت روشنایی غیریک‌نواخت را نشان می‌دهند که این خرابی روی مؤلفه شدت روشنایی تأثیر گذاشته است. همان‌طور که ذکر شد یکی از روش‌های بهسازی شدت روشنایی نامناسب، استفاده از روش فشرده‌سازی محدوده یویاست که تصاویر (۶-د) و (۶-و) نتایج استفاده از این روش را نشان می‌دهند. حال اگر به جای استفاده از این تکنیک برای بهبود کل تصویر، از آن برای بهسازی مؤلفه خرابی شدت روشنایی استفاده شود، نتایج مطلوب‌تری به دست می‌آید. براین اساس، تصاویر (۶-ر) و (۶-ه) نتیجه بهسازی مؤلفه شدت روشنایی بعد از جداسازی تصویر، به کمک روش فشرده‌سازی محدوده یویا را نشان می‌دهند.



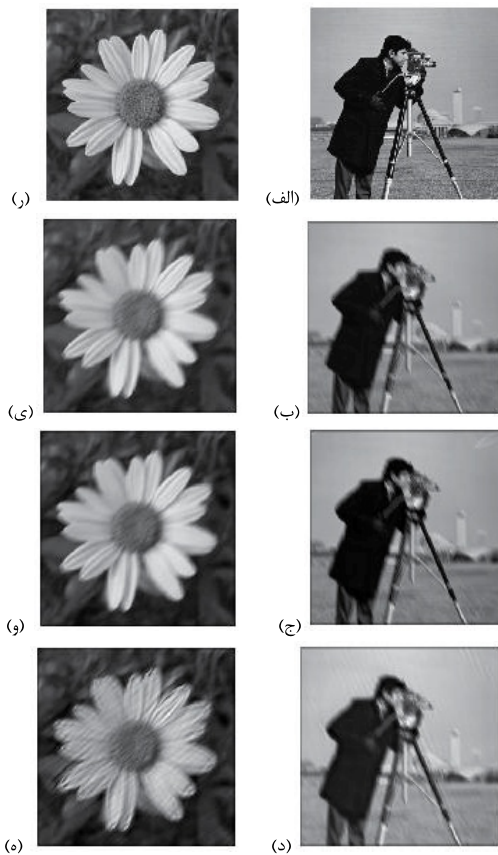
شکل ۶: بررسی و مقایسه‌ی بهسازی کلی تصویر با بهسازی مؤلفه شدت روشنایی در بهسازی خرابی تغییر شدت روشنایی تصویر؛ (الف، ز) تصویر اصلی؛ (ب، س) مؤلفه تخمین‌زده شده شدت روشنایی؛ (ج، ی) مؤلفه قابلیت انعکاسی؛ (د، و) تصویر بهبود یافته بعد از بهسازی کلی تصویر؛ (ر، ه) تصویر بهبود یافته بعد از بهسازی مؤلفه شدت روشنایی تصویر

با توجه به تصاویر شکل ۶، با مقایسه نتایج بهسازی تصاویر، اصلاح غیریک‌نواختی شدت روشنایی و کیفیت مطلوب‌تر نتایج در روش پیشنهادی قابل مشاهده است.

در برخی تصاویر با خرابی ناشی از شدت روشنایی غیریک‌نواخت، نیاز است تکنیک بهسازی مناسب‌تری به کار

(۹- و) نتایج این بهسازی را نشان می‌دهند. سپس به جای بهسازی کلی تصویر، فقط مؤلفه‌ی قابلیت بازتابی را که خرابی بر آن بیش‌ترین تأثیر را گذاشته است، بهسازی می‌شود و تصویر نهایی بهبودیافته در شکل (۹-د) و (۹-ه) نمایش داده شده‌اند.

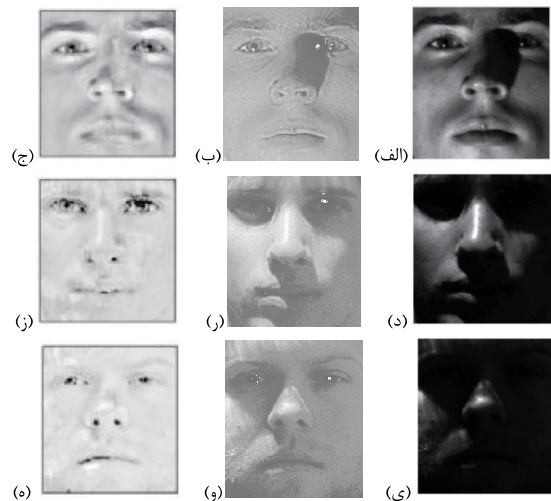
با مقایسه نتایج به‌دست آمده، تأثیر خرابی بر مؤلفه قابلیت بازتابی و نیز تأثیر اصلاح خرابی بر مؤلفه بازتاب مشخص است. اگر بتوان با روش‌های بهسازی مناسب‌تر مؤلفه قابلیت بازتاب را بهبود داد، به‌اطمینان نتایج مطلوب‌تری نیز در بهبود کیفیت تصویر به‌دست خواهد آمد.



شکل ۹: تأثیر بهسازی مؤلفه قابلیت بازتابی تصویر؛ (الف، ر) تصاویر اصلی؛ (ب، ی) تصاویر مات شده؛ (ج، و) تصاویر بدست آمده بعد از اصلاح کلی خرابی تصاویر اصلی؛ (د، ه) تصاویر بدست آمده بعد از اصلاح خرابی مؤلفه قابلیت بازتاب

به‌طور کلی، با توجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که انواع خرابی روی دو مؤلفه شدت روشنایی و قابلیت بازتابی تصویر تأثیر می‌گذارند. خرابی‌هایی مانند تغییر شدت روشنایی محیط، بیش‌ترین تأثیر را روی مؤلفه شدت روشنایی تصویر اصلی و خرابی‌هایی مانند مات شدن تصویر، بیش‌ترین تأثیر را بر مؤلفه قابلیت بازتابی تصویر

ارائه دهد. اما، ایده ارائه‌شده در مقاله حاضر برای بهسازی شدت روشنایی تصاویر غیرچهره نیز مناسب است. در شکل ۸، می‌توان تصاویر بهبودیافته با روش مطرح‌شده در (نادری و همکاران، ۱۳۹۰) را با تصاویر بهسازی‌شده با روش این مقاله، مقایسه کرد. نتایج موجود در شکل ۸ نشان می‌دهد که گرچه خرابی و سایه موجود در تصاویر با روش بهسازی (نادری و همکاران، ۱۳۹۰) برطرف و اصلاح‌شده است ولی این خرابی به خرابی دیگری تبدیل شده است به‌گونه‌ای که سبب ازبین‌رفتن بافت تصویر شد، به‌خصوص در قسمت‌هایی که سایه در آنها حذف شده است. این درحالی است که بهسازی تصویر با تکیه بر مؤلفه شدت روشنایی، بافت تصویر را بهتر حفظ می‌کند.



شکل ۸: مقایسه عملکرد روش رتینکس بهبود یافته در بهسازی تصاویر چهره و روش پیشنهادی این مقاله، (الف، د، ی) تصاویر اصلی؛ (ب، ر، و) تصاویر بهسازی‌شده با تکیه بر اصلاح مؤلفه شدت روشنایی؛ (ج، ز، ه) تصاویر بهسازی‌شده با روش رتینکس بهبود یافته در بهسازی تصاویر چهره (نادری و همکاران، ۱۳۹۰)

## ۴-۲- بهسازی مؤلفه قابلیت بازتابی تصویر

علاوه بر تأثیر برخی انواع خرابی بر مؤلفه‌ی شدت روشنایی، مؤلفه‌ی قابلیت بازتاب نیز تحت تأثیر انواعی از خرابی‌ها قرار می‌گیرد. با توجه به بخش‌های قبلی، مات‌شدن تصویر یکی از خرابی‌هایی است که بر مؤلفه قابلیت بازتاب تأثیر گذاشته و سبب خرابی تصویر می‌شود. تصویری با خرابی ناشی از لغزش دوربین و مات‌شدن تصویر، همانند شکل‌های (۹-ب) و (۹-ی) در نظر بگیرد. یک‌بار به‌صورت کلی، خرابی مات‌شدن تصویر برطرف می‌شود<sup>۱</sup> که تصاویر (۹-ج) و

<sup>۱</sup> Deblur



Gorgel, P., Sertbas, A., Ucan, O. N., 2010, "AWavelet-Based Mammographic Image Denoising and Enhancement with Homomorphic Filtering ", Springer, Journal of Medical Systems, vol. 34, pp. 993 - 1002.

Han, H., Shan, Sh., Chen, X., Gao, W., 2008, "Illumination Transfer Using Homomorphic Wavelet Filtering and It's Application to Light-Insensitive Face Recognition", IEEE Automatic Face & Gesture Recognition, pp. 1- 6.

Jie, X., Li-na, H., Guo hua, G., 2009, "Real Color Image Enhanced by Illumination— Reflectance Model and Wavelet Transfor mation", IEEE Information Technology and Computer Science, ITCS, vol. 1, pp. 351-356.

Liu, Z., Yang, J., Liu, Ch., 2010, "Extracting Multiple Features in the CID Color Space for Face Recognition", IEEE Transactions on Image Processing, vol. 19, pp. 2502 - 2509.

McAndrew, A., "An Introduction to Digital Image Processing with Matlab Notes for SCM251", Image Processing, School of Computer Science and Mathematics Victoria University of Technolog, 2004.

Ngo, H. T., Asari, V. K., Zhang, M. Z., Tao, L., 2008, "Design of a systolic-pipelined architecture for real-time enhancement of color video stream based on an illuminance-reflectance model", Elsevier Integration, the VLSI journal, vol. 41, pp. 474 – 488.

Rasheed, T., Ahmed, B., Khan, M.A.U., Bettayeb, M., Lee, S., Kim, T.S, 2007, "Rib Suppression In Frontal Chest Radiographs: A Blind Source Separation Approach", IEEE Signal Processing and Its Application, ISSPA, pp. 1-4.

Saeed, A., Tariq, A., Jawaid, U., 2011, "Automated System For Fingerprint Image Enhancement Using Improved Segmentation And Gabor Wavelets", Elsevier Information and Communication Technologies ( ICICT), pp. 1- 6.

Shao, M., Wang, Y., 2009, "Extracting Intrinsic Images from Multi-Spectral", IEEE Wavelet Analysis and Pattern Recognition, ICWAPR, pp. 241- 246.

Shi, Y., Yang, J., Wu, R., 2007, "Reducing illumination based on nonlinear gamma correction", IEEE Image Processing, ICIP, vol. 1, pp. 529 - 539.

Sundaram, N. Homomorphic processing and its application to image enhancement, Image Processing Project, 2011.

Weiss, Y., 2001, "Deriving intrinsic images from image sequences", IEEE Computer Vision Conferences, ICCV, vol. 2, pp. 68 - 75.

خواهند داشت. هرچند که مؤلفه دیگر نیز ممکن است کمی تحت تأثیر خرابی قرار گیرد، ولی شدت تأثیر نسبت به مؤلفه اصلی خرابی بسیار اندک است. می‌توان با انتخاب روش بهسازی مناسب برای اصلاح خرابی مؤلفه مورد نظر، خرابی و تغییرات اعمال شده روی مؤلفه شدت روشنایی و یا مؤلفه قابلیت بازتاب را بدون در نظر گرفتن مؤلفه دیگر تصویر، بهبود داده و تصویری بهسازی شده با کیفیت بهتر به دست آورد.

## نتیجه گیری

در این مقاله، پیشنهاد جدیدی برای بهبود کیفیت تصاویر با تکیه بر اصلاح مؤلفه‌های تشکیل دهنده تصویر ارائه شده است. در این تحقیق نشان داده شده است که خرابی تصویر بر مؤلفه‌های آن نیز تأثیر می‌گذارد. برخی خرابی‌ها و تغییرات روی یک مؤلفه بیشترین تأثیر را نسبت به مؤلفه دیگر دارد. در این روش با جداسازی مؤلفه‌های تصویر به کمک فیلتر همومورفیک، خرابی‌های هر مؤلفه بررسی شده و با استفاده از یک تکنیک مناسب بهسازی تصویر، مؤلفه متأثر از خرابی بهبود می‌یابد که نتیجه آن بهبود کیفیت تصویر اصلی است. نتایج این تحقیق نشان داد که اعمال یک روش بهسازی تصویر بر روی مؤلفه متأثر از خرابی، نتیجه مطلوب‌تری از اعمال مستقیم آن روش بر روی تصویر اصلی دارد.

## منابع

حسن‌پور، حمید و اسدی امیری، سکینه. "بهسازی تصاویر با تکیه بر اطلاعات گاما"، دو فصل‌نامه پردازش علائم و داده‌ها، ۱۳۹۰، شماره ۱، ۲۵-۳۲.

نادری، شقایق. مقدم چرکری، نصرالله و کبیر، احسان‌اله، "بهبود محلی کیفیت تصاویر چهره با سایه شدید به منظور ارتقای شناسایی"، دو فصل‌نامه پردازش علائم و داده‌ها، ۱۳۹۰. شماره ۱، ۵۵-۶۶.

Acharya, A., Mehra, R., Takher, V. S., 2011, "FPGA Based Non Uniform Illumination Correction in Image Processing Applications", Image Processing Applications, vol. 2, pp. 349-358.

Fan, Ch. N., Zhang, F. Y., 2011, "Homomorphic filtering based illumination normalization method for face recognition", Elsevier Pattern Recognition Letters, vol. 32, pp. 1468 – 1479.



**عذرا رستمی قادی** مدرک  
کارشناسی ارشد خود را در سال ۱۳۹۱  
در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش  
هوش مصنوعی از دانشگاه صنعتی  
شاهرود و مدرک کارشناسی خود را در

سال ۱۳۸۹ در رشته‌ی مهندسی کامپیوتر گرایش نرم‌افزار از  
دانشگاه صنعتی شاهرود اخذ نموده و زمینه‌های تحقیقاتی  
ایشان پردازش تصویر و معماری سیستم‌های کامپیوتری  
است.

نشانی رایانامهٔ ایشان عبارت است از :

rostami\_o85@yahoo.com

Xie, X., Lai, J., ShiZheng, W., 2010, "Extraction of illumination invariant facial features from a single image using nonsubsampling contourlet transform", Elsevier Pattern Recognition, vol. 43, pp. 4177 - 4189.

Ye, Q., Xiang, M., Cui, Z., 2012, "Fingerprint Image Enhancement Algorithm Based on Two Dimension EMD and Gabor Filter", Elsevier Procedia Engineering, vol. 29, pp. 1840 - 184.

Zheng Goh. Y., Jin Teoh. A. B., Ong Goh. M. K., 2011, "Wavelet local binary patterns fusion as illuminated facial image preprocessing for face verification", Expert Systems with Applications, Elsevier, vol. 38, pp. 3959-3972.

Zhichao, L., Joo, E. M., " Face Recognition under Varying Illumination", InTechOpen book chapter of New Trends in Technologies: Control, Management, Computational Intelligence and Network Systems , Nanyang Technological University ,Singapore, 2010.



**حمید حسن پور** در سال ۱۳۸۳

تحصیلات مقطع دکتری خود را در  
مهندسی کامپیوتر گرایش پردازش  
سیگنال در دانشگاه صنعتی کوئینزلند  
استرالیا به اتمام رساند. ایشان مدرک

کارشناسی ارشد خود را سال ۱۳۷۵ در گرایش هوش  
مصنوعی از دانشگاه صنعتی امیرکبیر و مدرک کارشناسی  
خود را سال ۱۳۷۲ در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش  
سخت‌افزار از دانشگاه علم و صنعت ایران دریافت کرده‌اند.  
ایشان در حال حاضر استاد دانشکدهٔ مهندسی کامپیوتر و  
فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی شاهرود هستند و  
زمینه‌های تحقیقاتی ایشان پردازش سیگنال، پردازش تصویر،  
داده‌کاوی، معماری کامپیوتر و پردازش متن است.

نشانی رایانامهٔ ایشان عبارت است از:

h.hassanpour@shahroodut.ac.ir