بهبود محلی کیفیت تصاویر چهره با سایهٔ شدید به‌منظور ارتقای شناسایی

شقایق نادری[1]، نصرالله مقدم چرکری[2] و احسان اله کبیر[3]
[1و2] آزمایشگاه پردازش تصویر، دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر، [3] آزمایشگاه سیستم‌های الکترونیک، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده:

تغییر شرایط نوری، به‌خصوص تأثیر نورپردازی‌های جانبی در تصاویر چهره، یک مانع اصلی در سیستم‌های شناسایی چهره محسوب می‌شود. روش‌های مختلفی برای حل این مسأله پیشنهاد شده‌اند که با مدل‌سازی تغییرات نور و یا استخراج ویژگی‌های پایای تصویر به شناسایی چهره می‌پردازند. بسیاری از این روش‌ها به دانش قبلی دربارهٔ منبع نور، زاویهٔ نورپردازی و تشخیص ناحیه سایه نیاز دارند. در این مقاله روش جدیدی مبتنی بر تبدیل h-minima برای ناحیه‌بندی تصویر و اصلاح نورپردازی در تصاویر چهره ارائه می‌شود. روش پیشنهادی طی چند مرحله به استخراج و اصلاح الگوی سایه می‌پردازد و درنهایت با استفاده از معیار مبتنی بر گرادیان، بهترین الگوی سایه را برای تصویر مشخص می‌کند. سپس، الگوی سایه پیشنهادی برای بهبود روش Retinex (که با تفاضل الگوی روشنایی از تصویر اصلی در دامنهٔ لگاریتمی، مؤلّفهٔ انعکاس را به‌عنوان ویژگی پایا از تصویر استخراج می کند) استفاده می‌شود. نتایج به‌دست آمده روی پایگاه‌های تصویری Yale B و Extended YaleB نشان می‌دهد که روش پیشنهادی دقّت شناسایی در روش Retinex را به نحو مطلوبی افزایش داده و نتایج مؤثری را در اصلاح نورپردازی تصاویر چهره حتی در سایه‌های شدید ارائه می‌دهد.

واژگان کلیدی: اصلاح نورپردازی، بهبود کیفیت تصویر، تبدیل H-minima، شناسایی چهره.

۱- مقدمه

تغییرات نور یکی از مشکلات عمده در روش‌های شناسایی چهره محسوب می‌شود. تصویر یک فرد تحت شرایط نوری مختلف الگوهای به‌طور کامل متفاوتی ایجاد می کند و دقیق‌ترین سیستمهای شناسایی چهره، به‌شدّت حساس به تغییرات نور هستند. به‌عبارتی مشکل اصلی بازشناسی چهره تحت شرایط نوری متفاوت، عدم اطلاع از زاویه نورپردازی است که منجر به ایجاد سایه های عادی و غیرعادی متفاوت در تصویر چهره می شود *(نادری، ۱۳۹۰)*.

روش‌های مختلفی برای حل مسأله بازشناسی چهره تحت شرایط نوری متفاوت پیشنهاد شده‌اند که با مدل‌سازی تغییرات نور و یا استفاده از ویژگی‌های پایای تصویر به حل مسأله می پردازند. عمده روش‌های پیشنهاد شده عبارتند از: مخروط روشنایی *(Georghiades, 2001)*، هارمونیک‌های کروی *(Lee, 2007)*، تصویر خارج قسمت *(Shashua, 2001)* و فیلتر همبستگی *(Savvides, 2004)* که به‌طور کلی می‌توان آنها را در سه گروه اصلی استفاده از ویژگیهای پایای تصویر، ایجاد شکل‌های متعارف و مدل‌سازی تغییرات *(Chen T., 2006)*، و *(Georghiades, 2001)* دسته‌بندی کرد. مدل‌سازی تغییرات نور، علاوه‌بر پیچیدگی محاسباتی زیاد، نیاز به دانش قبلی دربارهٔ منبع نور و یا حجم زیادی از داده‌های آموزشی دارد. از این‌رو روش‌های نرمال‌سازی و استفاده از ویژگی‌های پایای تصویر، چون نیاز به دانش قبلی ندارند و به‌عنوان پیش پردازش استفاده می‌شوند، مورد توجّه بیشتری قرار گرفته‌اند.

از جمله روش‌های نرمال‌سازی تغییرات نور می‌توان به تبدیل لگاریتمی *(Chen W., 2006)*، الگوریتم‌های Retinex یک و چندمقیاسی *(Jobson, 1997)* و *(Jobson-Rahman, 1997)*، تصویر خارج قسمت *(Wang, 2004)* و هموارسازی تطبیقی *(Gross, 2003)* و *(Park, 2008)* اشاره کرد. اکثر این روش‌ها پایه تئوری یکسان و هر کدام نقاط قوت و ضعف خاصی دارند. برخی از این روش‌ها با استخراج

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-05]

ویژگی‌های پایای نوری مبتنی بر اطلاعات فرکانسی (Cao, 2012) یا بافت تصویر (Zheng-Goh, 2011)، که تغییر زاویهٔ نورپردازی تأثیری زیادی بر آنها ندارد، به شناسایی چهره می‌پردازند و. و برخی دیگر با ارائه تکنیک‌های حذف سایه به اصلاح نورپردازی در تصویر ورودی می‌پردازند (Sang, 2007) و (Xie, 2011).

با توجّه به اینکه مشکل عمدهٔ روش‌های نرمال‌سازی تغییرات نور در تصاویر چهره، عدم اطلاع از زاویهٔ نورپردازی و تشخیص ناحیهٔ سایه است، در این مقاله دیدگاه جدیدی را تحت عنوان شناسایی ناحیهٔ سایه و اصلاح نورپردازی مبتنی بر ناحیه در تصاویر چهره پیشنهاد داده‌ایم. در بخش دو به بیان مسأله و روش انجام کار می‌پردازیم. ساختار کلی روش پیشنهادی را در بخش سه مطرح می‌نماییم و در بخش‌های چهار و پنج به بررسی و تحلیل روش پیشنهادی می‌پردازیم. نتایج ارزیابی را در بخش شش ارائه می‌دهیم و در انتها به جمع‌بندی می‌پردازیم.

۲- بیان مسأله

(شکل ۱) تصویر فردی را از پایگاه YaleB (Georghiades, 2001) تحت نورپردازی‌های متفاوت نشان می‌دهد. این پایگاه یکی از غنی‌ترین پایگاه‌های تصویری چهره است که برای مسأله تغییرات نور استفاده می‌شود. تصاویر این پایگاه بر اساس زاویهٔ بین منبع نور و محور دوربین، مطابق (شکل ۱) به پنج زیرمجموعه (با زاویه‌های کمتر از ۱۲، ۲۵~۱۳، ۵۰~۲۶، ۷۷~۵۱، و بیشتر از ۷۷ درجه) تقسیم می‌شوند. تصاویر زیرمجموعهٔ یک دارای نورپردازی به‌طور تقریبی عادی بوده و هر چه به زیرمجموعهٔ پنج نزدیک می‌شویم، زاویهٔ نورپردازی و سایه‌های به‌وجود آمده بیشتر می‌شود. در این مقاله به تصاویر زیرمجموعه‌های چهار و پنج، تصاویری با سایه شدید می‌گوییم.

همان‌طور که در (شکل ۱) دیده می‌شود، در سایه‌های شدید (زیرمجموعه های چهار و پنج) عمل بازشناسی چهره بسیار مشکل است. با این وجود روش‌های مختلفی برای بازشناسی چهره تحت نورپردازی‌های مختلف ارائه شده‌اند که هر کدام نقاط قوت و ضعف مخصوص به خود را دارند. مقایسهٔ نتایج ارائه شده روی پایگاه تصویری Extended Yale B (Shan, 2010) نشان می‌دهد که برخی روش‌ها روی زیرمجموعه‌های نوری خاصی بهتر جواب می‌دهند و مهم‌تر از همه اینکه بسیاری از روش‌هایی که دقّت خوبی در سایه‌های شدید (طبقه‌های چهار و پنج) ارائه می‌دهند، دارای افت دقّت در نورپردازی‌های عادی (طبقه‌های یک و دو) هستند. به‌عنوان مثال انتخاب ویژگی‌های پایا به‌دلیل حذف برخی ویژگی‌های با ارزش تصویر، منجر به کاهش دقّت شناسایی در پایگاه‌های تصویری بزرگ می‌شود و استفاده از روش مبتنی بر لگاریتم، به‌خاطر تشدید روشنایی در نواحی روشن تصویر، در تصاویری با نورپردازی نرمال چندان مناسب نمی باشد. با اطلاع از زاویهٔ نورپردازی می‌توان برای نورپردازی‌های متفاوت از روش‌های مختلفی استفاده کرد و دقّت شناسایی را در نورپردازی‌های مختلف بهبود داد (نادری، ۱۳۹۰).

(شکل ۱): نمونه تصاویر پایگاه Yale B. سطرهای ۱ تا ۵ نمونه تصاویر در زیر مجموعه‌های نوری ۱ تا ۵ را نشان می دهند.

(جدول ۱) روش‌های ارائه شده در نرمال‌سازی تغییرات نور را بر اساس روش انجام کار و نتایج حاصل از هر روش با یکدیگر مقایسه کرده است. همان‌طور که در ستون روش کار دیده می‌شود، روش‌های مختلفی برای افزایش وضوح ناحیهٔ تاریک تصویر و حذف لبه‌های سایه به‌کار گرفته می‌شود که اعمال آنها روی کل تصویر باعث ایجاد تغییرات ناخواسته و محو شدن لبه‌ها (ویژگی‌های اصلی چهره) در ناحیهٔ روشن تصویر می‌شود. علاوه‌بر آنچه در (جدول ۱) ذکر شده است، از جمله پیامدهای مشترک روش‌های موجود، کاهش دقّت در نورپردازی‌های عادی، به‌دلیل محو شدن تصویر و یا حذف برخی ویژگی‌ها، و همچنین کاهش دقّت در پایگاه‌های تصویری بزرگ، به‌دلیل کاهش ویژگی‌های تصویر، است.

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-05]

(جدول ۱): مقایسهٔ روش‌های مختلف مبتنی بر نرمال‌سازی تغییرات نور

روش نرمال‌سازی	روش کار	مشکلات روش
روش لگاریتمی (Adini, 1997)	• بسط مقادیر تاریک تصویر با تبدیل لگاریتمی	• حذف جزییات و محو شدن تصویر • کاهش دقت بازشناسی چهره در نورپردازی عادی
حذف ضرایب فرکانس پایین DCT *(Chen W., 2006)*	• استخراج ویژگی‌های پایای نوری در فرکانس میانی • حذف ویژگی‌های فرکانس پایین به‌دلیل وابستگی به تغییرات نور	• حذف ویژگی‌های اصلی چهره (فرکانس پائین) در تصاویری با نورپردازی عادی • کاهش دقّت بازشناسی با افزایش حجم پایگاه به‌دلیل حذف برخی ویژگی‌های فرکانس پایین چهره به‌خصوص در نورپردازی‌های عادی
هموارسازی تطبیقی *(Park, 2008)*	• تخمین مؤلّفهٔ روشنایی تصویر با استفادهٔ مکرر از معیارهای ناهمبستگی نوری	• محو شدن لبه‌های چهره با افزایش تکرار • کاهش دقت بازشناسی چهره در نورپردازی عادی
تصویر خارج قسمت *(Shashua, 2001)*	• محاسبهٔ تصویر لبه‌های چهره با تقسیم تصویر بر تصویر هموار شده	• از دست دادن بافت پوست • ایجاد لبه‌های ناشی از سایه‌های شدید در تصویر نهایی
روش Retinex *(Jobson, 1997)*	• محاسبهٔ الگوی روشنایی به‌صورت محلی و تفاضل آن از تصویر اصلی در دامنه لگاریتمی تصویر	• خطای تشدید روشنایی در مجاورت سایه‌های شدید

در این راستا، مشکل اصلی عدم وجود دانش قبلی دربارهٔ میزان نورپردازی و شکل سایه است. اینطور به‌نظر می‌رسد که با تعیین ناحیهٔ تاریک چهره و استخراج ویژگی‌های پایا و نرمال‌سازی تغییرات نور در این ناحیه، به‌توان ضمن حفظ دقّت شناسایی در نورپردازی‌های شدید، مانع حذف ویژگی‌ها در ناحیهٔ روشن و نورپردازی عادی چهره و افت دقّت در نورپردازی‌های عادی شد. در این مقاله روشی مبتنی بر تبدیل H-minima برای تعیین ناحیهٔ سایه در تصاویر چهره با نورپردازی‌های نامشخص ارائه شده است که می‌توان از آن برای بهبود نرمال‌سازی نور در بازشناسی چهره استفاده کرد.

۲-۱- تبدیل H-minima

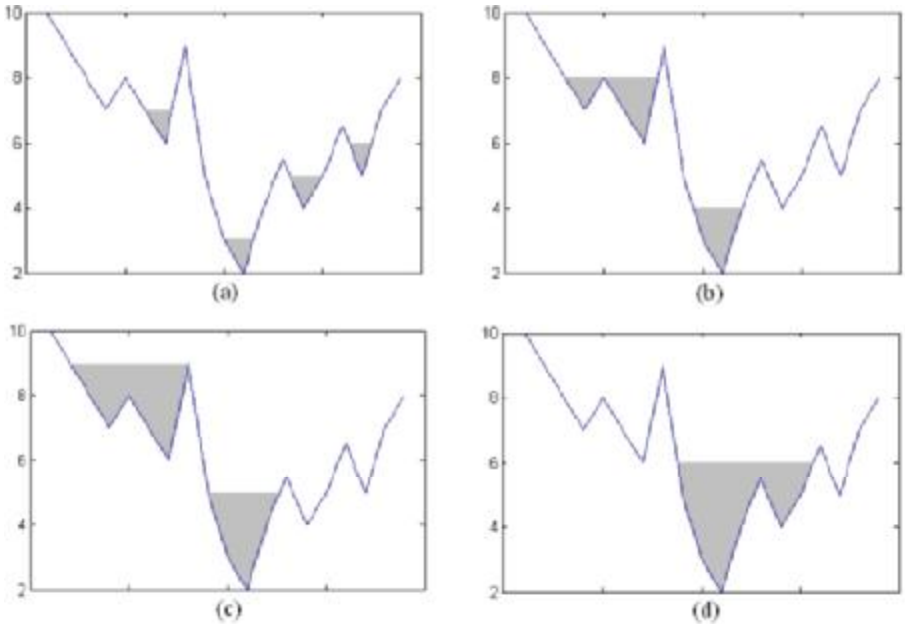
طیف گسترده‌ای از تبدیل‌های ریخت‌شناسی ژئودزیک[1] وجود دارند که برای کاربردهای مختلفی از جمله پر کردن حفره‌ها یا تشخیص کمینه‌های ناحیه‌ای در پردازش تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرند *(Soille, 1999)*. تبدیل H-minima یکی از تبدیل‌های ریخت‌شناسی ژئودزیک است که به‌طور معمول در تصاویر پزشکی از جمله تصاویر MRI *(Zhu, 2009)* و تصاویر سلولی میکروسکوپی *(Cheng, 2009)* و *(Jung, 2010)* برای بهبود قطعه‌بندی تصویر و حل مشکل بیش‌افرازی[2] مورد استفاده قرار می‌گیرد. این تبدیل در کمینه‌های محلی بسته به دینامیک[3] کمینه، برخی از مقادیر خاکستری را حذف می‌کند. دینامیک یک کمینهٔ محلی، حداقل مقداری است که باید به آن اضافه شود تا به کمینهٔ محلی دیگری با مقدار کمتر دست یابد *(Ohser, 2006)* و *(MAVI 2009)*. به‌عبارتی در تبدیل H-minima کمینه‌های محلی با عمق کمتر از h حذف می‌شوند. نسخهٔ توسعه‌یافتهٔ H-minima نواحی متصل در اطراف کمینه‌های محلی را برای یک تصویر استخراج کرده و یک تصویر باینری به‌دست می‌آورد *(MAVI, 2009)*. دراین مقاله نواحی استخراج شده توسط تبدیل H-minima در تصویر خروجی با مقدار صفر و بقیهٔ نواحی با مقدار یک نشان داده می‌شوند. به عبارت دیگر، تبدیل H-minima نوعی بازسازی توسط فرسایش[4] است که در آن تصویر اصلی (f) به‌عنوان شاخص و $f+h$ به‌عنوان تصویر ماسک به‌کار گرفته می‌شود *(Schladitz, 2008)*:

$$hmin_h(f) = rec_f(f+h) \qquad (۱)$$

f تصویر اصلی و h پارامتر عمق در تبدیل H-minima است. عملکرد تبدیل h-minima شبیه به پر کردن گودال‌ها توسط بارانی به عمق h است به شرطی که عمق گودال بیشتر از h باشد. درصورتی‌که عمق گودال‌ها کمتر از h باشد، اولویت با عمیق‌ترین گودال است و در صورت سرریزشدن آب، گودال‌های مجاور هم پر می شوند. اگر روشنایی پیکسل‌ها را به‌عنوان عمق تصویر در نظر بگیریم، گودال‌ها همان کمینه‌های محلی هستند و نواحی‌ای که از آب پر می شوند، ناحیهٔ تاریک در چهره را نشان می‌دهند. (شکل ۲) نمونه‌ای از نتایج به‌دست آمده با استفاده از تبدیل h_minima روی یک تابع فرضی را نشان می دهد.

[1] Geodesic morphological transformations
[2] Over segmentation
[3] Dynamic
[4] Erosion

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-05]



(شکل ۲): نتایج به‌دست آمده از روش h-minima روی تابع فرضی با مقادیر مختلف h . a) h=1، b) h=2، c) h=3، و d) h=4.

(شکل ۳) خروجی تبدیل H-minima را برای تصویر نمونه بازای مقادیر مختلف h نشان می دهد. همان‌طور که دیده می‌شود بسته به مقدار پارامتر h الگوهای متفاوتی استخراج می‌شود.

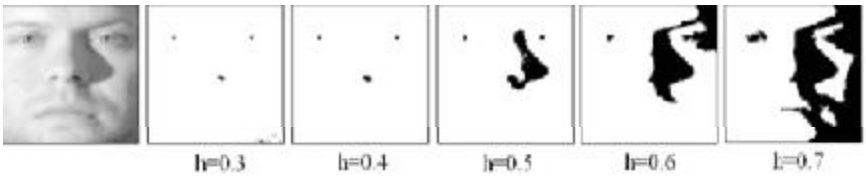
بررسی ما نشان می‌دهد که خروجی تبدیل H-minima، به شرط تعیین مقدار مناسب h بسته به مشخصات تصویر، توانایی ارائهٔ الگوی سایهٔ مناسب برای تصویر چهره را دارد. در ادامه به معرفی روش پیشنهادی و نحوهٔ انتخاب پارامتر h می‌پردازیم.

۳- روش پیشنهادی

(شکل ۴) نمودار جعبه‌ای روش پیشنهادی برای استخراج ناحیهٔ سایه را نشان می‌دهد. تصویر ورودی ابتدا به بازهٔ [0, 1] نگاشت می‌شود و سپس از تبدیل لگاریتمی برای بهبود قسمت‌های تاریک تصویر استفاده می‌گردد. درصورتی‌که تصویر ورودی مانند آنچه در (شکل ۴) نشان داده شده است، شامل مو و پس‌زمینه باشد، ناحیهٔ اصلی چهره با تعیین محل چشم‌ها و نرمال‌سازی بر اساس فاصلهٔ بین چشم‌ها از تصویر استخراج می‌شود. البته در این مقاله از نسخهٔ برش‌یافتهٔ پایگاه تصویری Extended YaleB استفاده شده و درنتیجه نیازی به استخراج ناحیهٔ اصلی چهره نداریم.

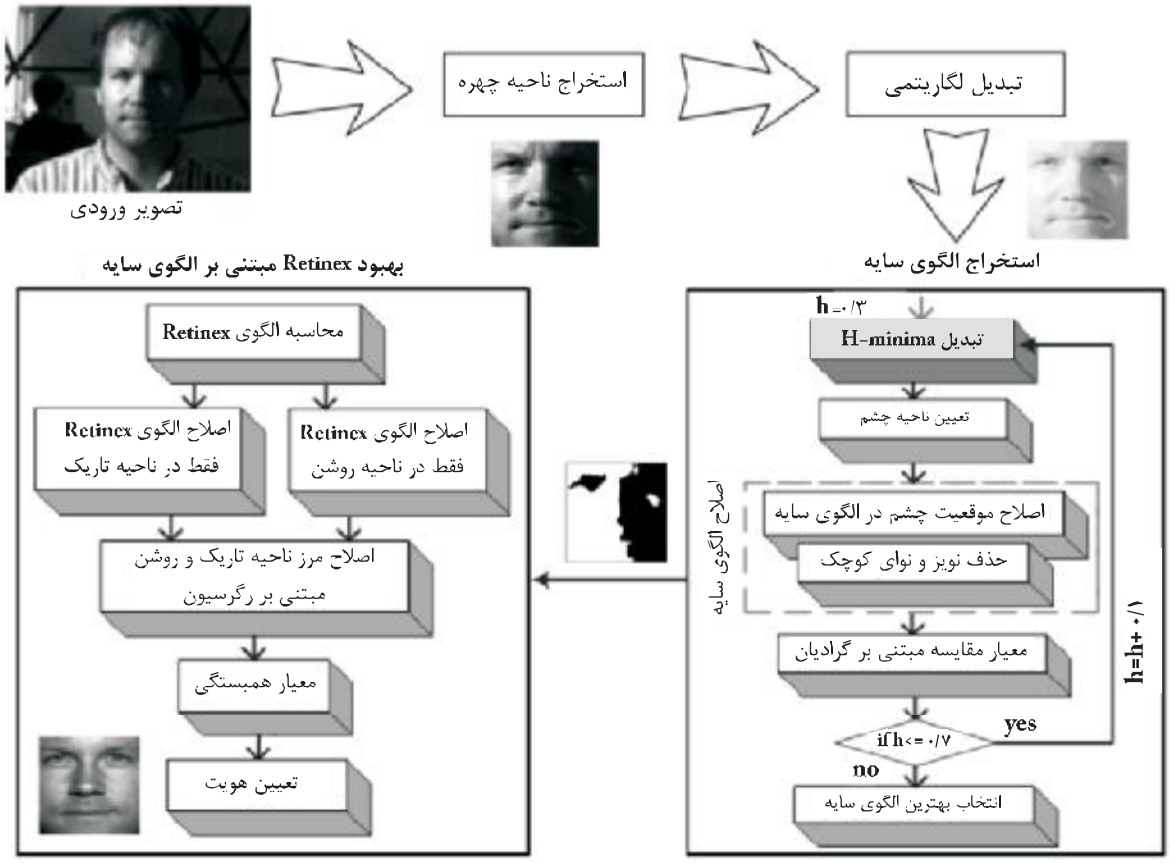
روش پیشنهادی از دو بخش کلی تشکیل شده است: استخراج الگوی سایه و بهبود روش Retinex.

در بخش اوّل، هدف تعیین الگوی بهینهٔ سایه در تصویر چهره است. برای تعیین الگوی سایه، روشی مبتنی بر تبدیل H-minima پیشنهاد شده است که پس از استخراج و اصلاح الگوی سایه از معیاری مبتنی بر اطلاعات گرادیان تصویر (که جلوتر در بخش ۴-۳ توضیح داده خواهد شد) برای انتخاب بهترین الگوی سایه استفاده می‌کند. در بخش دوم، هدف تعیین نقش الگوی سایه در بهبود روش‌های مبتنی بر نرمال‌سازی تغییرات نور است. برای این منظور روش Retinex را به‌عنوان یکی از روش‌های مبتنی بر نرمال‌سازی انتخاب نموده و نسخهٔ بهبودیافته آن را مبتنی بر الگوی سایه پیشنهاد داده‌ایم.



(شکل ۳): تبدیل H-minima با تغییر پارامتر h. از چپ به راست: تصویر اصلی (با محدوده مقادیر روشنایی [۰،۱])، لگاریتم تصویر، و خروجی H-minima به‌ازای مقادیر مختلف h

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-05]



(شکل ۴): نمودار جعبه‌ای روش پیشنهادی

نتایج ارزیابی روش پیشنهادی روی پایگاه Completed YaleB نشان می‌دهد که تعیین الگوی سایه می‌تواند به نحو مؤثری در بهبود روش‌های مبتنی بر نرمال‌سازی تغییرات نور به‌کار گرفته شود. در ادامه به توضیح جزییات روش پیشنهادی می‌پردازیم.

۴- استخراج الگوی سایه

در این مقاله الگوی سایه به تصویر باینری گفته می‌شود که در آن پیکسل‌های متناظر با نواحی تاریک تصویر چهره با مقدار صفر و پیکسل‌های متناظر با نواحی روشن تصویر چهره با مقدار یک نشان داده می‌شوند. همان‌طور که در بخش ۲-۱ گفته شد خروجی تابع H-minima به ازای مقادیر مختلف پارامتر h الگوهای متفاوتی را برای سایه ارائه می‌دهد و تعیین بهترین الگوی سایه، نیاز به تخمین پارامتر h و یا تعریف معیاری برای انتخاب دارد که در (بخش ۴-۳) به توضیح آن خواهیم پرداخت. از طرفی به‌دلیل سطح خاکستری تیرهٔ ناحیهٔ مردمک و عنبیهٔ چشم، همان‌طور که در (شکل ۳) هم دیده می‌شود، این نواحی در خروجی تابع H-minima اغلب به اشتباه در ناحیهٔ تاریک تصویر طبقه‌بندی می‌شوند. برای حلّ این مشکل با استفاده از الگوی مردمک چشم به تعیین ناحیهٔ چشم پرداخته و سپس با بررسی نواحی اطراف چشم، در مورد اینکه آیا چشم در سایه قرار گرفته است یا نه تصمیم می‌گیریم. در این رابطه پس از اعمال تبدیل H-minima، مراحل "تعیین ناحیه چشم"، "اصلاح الگوی سایه" و درنهایت "انتخاب بهترین الگوی سایه" به‌منظور نیل به الگوی سایه صورت می‌پذیرد که در ادامه به توضیح آنها می‌پردازیم.

۴-۱- تعیین ناحیهٔ چشم

برای یافتن ناحیهٔ چشم‌ها ابتدا نرمال‌سازی اولیه‌ای بر روی تصویر انجام می‌گیرد. به این صورت که میانگین همسایگی برای هر پیکسل محاسبه می‌شود و تصویر نرمال از تقسیم روشنایی هر پیکسل بر میانگین همسایگی‌های آن، به‌دست می‌آید. معادلهٔ دو نحوهٔ محاسبهٔ تصویر نرمال را نشان می‌دهد.

$$\forall i,j \; Norm_{i,j} = \frac{I_{i,j}}{M_{i,j}} \qquad (۲)$$

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-05]

I تصویر اصلی، M تصویر میانگین و Norm، تصویر نرمال نهایی است. N_{neigh} تعداد همسایگی‌های یک پیکسل را نشان می‌دهد. هر چه ابعاد همسایگی بزرگتر باشد، تصویر میانگین محوتر شده و تصویر نرمال، به تصویر اصلی شبیه‌تر می‌شود. لذا برای حذف تأثیرات نور به‌طور معمول از همسایگی‌های کوچک استفاده می شود. در این مقاله ابعاد همسایگی ۵×۵ در نظر گرفته شده است و N_{neigh} =۲۵ است. (شکل ۵) تصویر نرمال به‌دست آمده به این روش را نشان می دهد.

(شکل ۵): a) تصویر اصلی، a) تصویر میانگین و c) تصویر نرمال

روش‌های مختلفی برای آشکارسازی چشم در تصویر چهره وجود دارد *(Peng, 2005)* و *(Hansen, 2010)* که مبتنی بر الگوها و ویژگی‌های چشم به جستجوی ناحیهٔ چشم در تصویر می‌پردازند. (شکل۶) الگوی مورد استفاده در این مقاله را برای یافتن ناحیهٔ چشم نشان می‌دهد.

(شکل ۶): الگوی مورد استفاده برای تعیین ناحیه چشم

به عبارتی ما از تفاوت روشنایی در دو ناحیهٔ سیاه و سفید در (شکل ۶) که به‌ترتیب نشان دهندهٔ ناحیهٔ تاریک عنبیه- مردمک (Iris) و ناحیهٔ روشن سفیدهٔ چشم (Sclera) هستند، برای تعیین محل چشم‌ها استفاده می‌کنیم. با توجّه به مشخص بودن ناحیهٔ چشم‌ها در تصویر صورت می‌توان جستجو را به نیمهٔ بالای تصویر و در دو نیمهٔ چپ و راست محدود کرد؛ به این معنی که پنجره‌ای با بیشترین شباهت به الگوی چشم (شکل ۶) در نیمه چپ و راست تصویر، ناحیهٔ چشم‌ها را مشخص می‌کند.

اگر فرض کنیم W پنجره‌ای لغزان روی تصویر است و W_{Iris} و W_{Sclera} به‌ترتیب نواحی متناظر با مردمک و سفیدهٔ چشم متناظر با (شکل ۶) در پنجرهٔ W هستند. مختصات مرکز چشم‌ها به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$C_{Eye} = Min_{i,j}\ (sum(w_{Iris}) - \tfrac{1}{2} * sum(w_{Sclera})) \qquad (۳)$$

عبارت $sum(w_{Iris})$ روشنایی ناحیهٔ متناظر با مردمک-عنبیه و عبارت $sum(w_{Sclera})$ روشنایی ناحیهٔ متناظر با سفیدهٔ چشم در پنجرهٔ W را نشان می دهد. از آنجا که ناحیهٔ سفیدهٔ چشم به‌دلیل جهت نگاه و همچنین میزان باز بودن چشم ممکن است در دو طرف عنبیه قابل رؤیت نباشد، برای تطابق الگوی سفیدهٔ چشم ضریب ½ در نظر گرفته شده است.

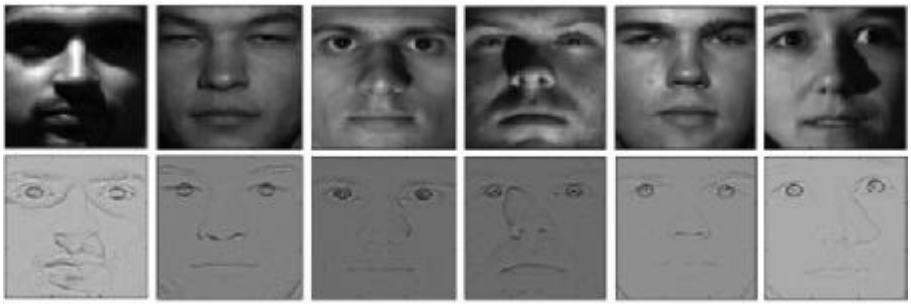
(شکل ۷) نتایج تعیین ناحیهٔ عنبیه را بسته به میزان باز بودن چشم در نورپردازی‌های مختلف نشان می‌دهد. در صورت نیاز می‌توان از الگوی عنبیهٔ بیضی‌شکل / چندمقیاسی برای تعیین دقیق‌تر عنبیه در چشم‌های نیمه‌باز / اندازه‌های مختلف عنبیه استفاده کرد.

اصلاح الگوی سایه

اصلاح الگوی سایه در روش پیشنهادی طی دو مرحله انجام می‌گیرد:

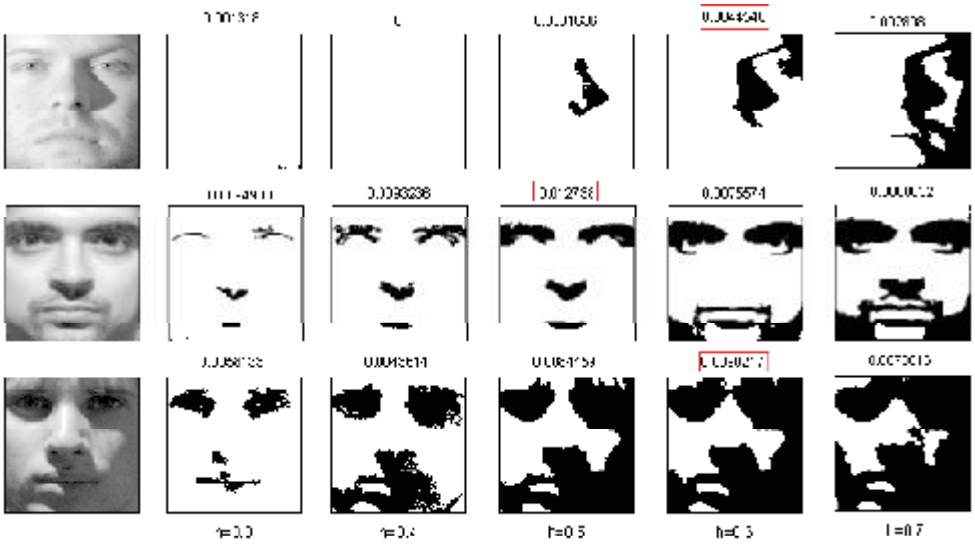
- ***اصلاح الگوی سایه بر اساس وضعیت چشم‌ها:***

- با مشخص‌شدن محل چشم‌ها، می‌توان خطاهای الگوی سایه در ناحیهٔ چشم‌ها را اصلاح نمود. خطای ناحیهٔ چشم وقتی اتفاق می‌افتد که چشم در ناحیهٔ روشن باشد؛ ولی ناحیهٔ عنبیه یا بخشی از آن (به‌خاطر سطح خاکستری تیره‌اش) به‌عنوان سایه در نظر گرفته شده باشد (مانند تصویر شکل ۸). در این حالت با تطبیق ناحیهٔ عنبیه (شکل ۶) روی الگوی سایه (به‌دست آمده بر اساس تبدیل 11-minima)، سایه‌ای که در ناحیهٔ مردمک چشم استخراج شده از الگوی سایه حذف می‌شود.



(شکل۷): تعیین ناحیهٔ عنبیه با استفاده از الگوی چشم پیشنهادی در نورپردازی‌های مختلف

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-05]



(شکل ۹): الگوی سایه و مقدار متوسط گرادیان (C_h) به‌ازای hهای مختلف

۵- بهبود Retinex مبتنی بر الگوی سایه

روش Retinex یکی از روش‌های شناسایی چهره در نورپردازی‌های مختلف است که نتایج به‌نسبه خوبی را ارائه می‌دهد *(Jobson-Rahman, 1997)* و *(Park, 2008)*. در این روش ابتدا الگوی روشنایی تصویر بر اساس میانگین وزن‌دار همسایگی‌ها در شعاعی مشخص مطابق معادله ۶ برای هر پیکسل محاسبه می‌شود.

$$L_{(i_{cent}\,,\,j_{cent})} = \frac{\sum_{i,j\,\epsilon\,neighboring\,of\,cent} I(i,j).W(i,j)}{\sum_{i,j\,\epsilon\,neighboring\,of\,cent} W(i,j)} \qquad (۶)$$

که در آن I تصویر ورودی و W ماتریس وزن است.

وزن همسایگی‌ها برای هر پیکسل (i_{cent}, j_{cent}) بر اساس فاصلهٔ همسایگی تا پیکسل طبق معادلهٔ ۷ محاسبه می شود:

$$W_{i,j} = e^{-\left(\frac{Distance_{i,j}}{Radius}\right)^2} \qquad (۷)$$

$$Distance_{i,j} = \sqrt{(i_{cent} - i)^2 + (j_{cent} - j)^2}$$

منظور از cent مختصات پیکسلی است که می‌خواهیم میزان روشنایی آن را محاسبه کنیم و Radius شعاع پیش‌فرض برای همسایگی است که در این مقاله، پانزده در نظر گرفته شده است. سپس با تفاضل الگوی روشنایی از تصویر اصلی در دامنهٔ لگاریتمی، تصویر نهایی محاسبه می‌شود. R مؤلّفهٔ انعکاس و L مؤلّفهٔ روشنایی تصویر است.

$$Log(R) = Log(I) - Log(L) \qquad (۸)$$

(شکل ۱۰(b)) تصویر به‌دست آمده توسط روش Retinex را نشان می دهد. از جمله مشکلات روش Retinex این است که در نورپردازی‌های شدید، روشنایی قسمت روشن چهره در حاشیهٔ ناحیهٔ سایه تشدید می‌شود، به این دلیل که ناحیهٔ تاریک مجاور آن در محاسبهٔ الگوی روشنایی‌اش دخیل است. همچنین در نواحی تاریک مجاور با ناحیهٔ روشن، به‌دلیل دخالت ناحیه روشن در محاسبهٔ الگوی روشنایی، که باعث می‌شود روشنایی ناحیهٔ تاریک بیش از مقدار واقعی آن به‌دست آید، روشنایی ناحیهٔ تاریک به‌صورت کامل اصلاح نمی‌شود (شکل ۱۰(b)) و ناحیهٔ سایه به‌خصوص در سایه‌های شدید به‌طور کامل محسوس است.

۵-۱- اصلاح الگوی Retinex در ناحیه روشن و ناحیه تاریک تصویر

در روش پیشنهادی با استفاده از الگوی سایهٔ محاسبه شده برای تصویر، الگوی روشنایی برای ناحیهٔ روشن (L_{light}) و الگوی روشنایی برای ناحیهٔ تاریک (L_{dark}) به‌صورت مجزا محاسبه می‌شود. به این صورت که برای محاسبه الگوی روشنایی در ناحیهٔ روشن، تنها از متوسط وزن‌دار همسایگی‌هایی که در ناحیهٔ روشن الگوی سایه قرار گرفته‌اند، استفاده می‌شود. نحوهٔ محاسبهٔ الگوی روشنایی در روش پیشنهادی برای ناحیهٔ روشن تصویر در معادلهٔ ۹ نشان داده شده است.

$$L_{light\,(i_{cent}\,,\,j_{cent})} = \frac{\sum_{i,j\,\epsilon\,neighboring\,of\,cent} I(i,j).W(i,j).BW(i,j)}{\sum_{i,j\,\epsilon\,neighboring\,of\,cent} W(i,j).BW(i,j)} \qquad (۹)$$

که BW تصویر باینری الگوی سایه است. به همین ترتیب برای محاسبه الگوی روشنایی در ناحیهٔ تاریک هم مطابق با معادلهٔ ۱۰ تنها از متوسط وزن‌دار همسایگی‌هایی که در ناحیهٔ تاریک الگوی سایه قرار گرفته‌اند، استفاده می‌شود.

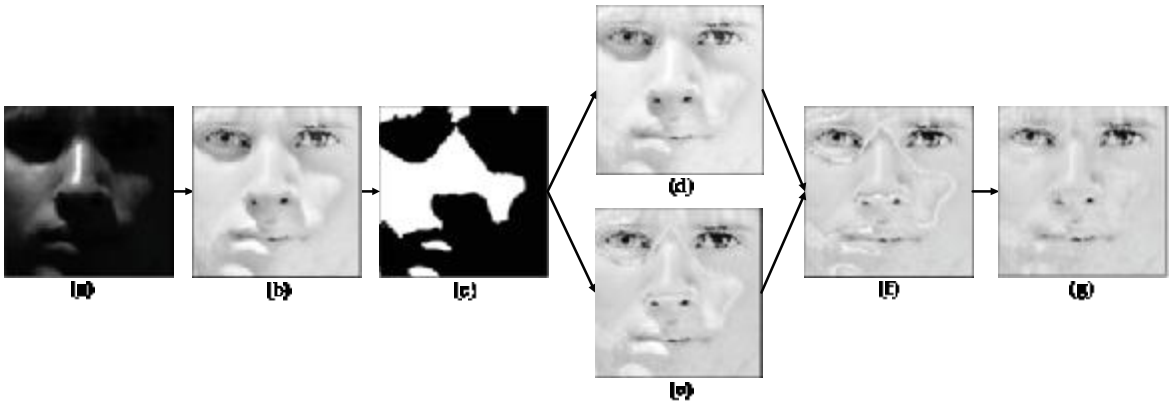
[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-05]

$$L_{Dark}(i_{cent}, j_{cent}) = \frac{\sum_{i,j \in neighboring\ of\ cent} I(i,j).W(i,j).(1-BW(i,j))}{\sum_{i,j \in neighboring\ of\ cent} W(i,j).(1-BW(i,j))} \quad (۱۰)$$

بدین ترتیب مسألهٔ تشدید روشنایی در ناحیهٔ روشن و اصلاح ناقص سایه در ناحیهٔ تاریک حل می‌شود.

(شکل ۹) مراحل مختلف روش پیشنهادی را روی تصویر فردی در نورپردازی شدید نشان می‌دهد. الگوی سایه (شکل ۱۰(c)) ناحیهٔ روشن و تاریک چهره را مشخص می‌کند. سپس با اعمال معادلات ۹ و ۱۰ الگوی روشنایی برای ناحیه‌های روشن و تاریک به‌صورت مجزا محاسبه شده و با تفاضل آنها از تصویر اصلی در دامنه لگاریتمی به‌ترتیب تصاویر ۱۰(d) و۱۰(e) حاصل می‌شوند.

تصویر نهایی از ترکیب تصاویر اصلاح شده Retinex برای ناحیه تاریک و روشن تصویر مطابق (شکل ۱۰(f)) بدست می‌آید. همانطور که در شکل دیده می‌شود، به‌دلیل محاسبهٔ مجزای الگوی روشنایی در ناحیهٔ تاریک و روشن، ناهم‌گونی در مرز بین دو ناحیه (لبه‌های الگوی سایه) دیده می‌شود. البته تصویر حاصل علی‌رغم ناهم‌گنی مرز سایه، برای شناسایی مناسب بوده و نرخ شناسایی خوبی را نسبت به روش Retinex ارائه می‌دهد (به بخش ۶ رجوع شود). با این‌حال اگر هدف اصلاح نورپردازی باشد، ما استفاده از روش رگرسیون خطی در مرز ناحیه تاریک و روشن را برای اصلاح نهایی تصویر به‌دست آمده پیشنهاد می‌کنیم (شکل ۱۰(g)).

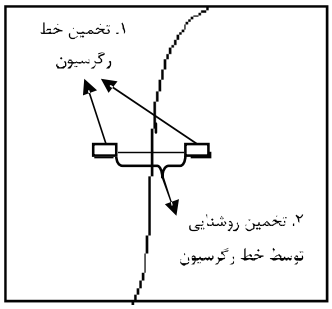


(شکل ۱۰): مراحل روش پیشنهادی برای بهبود Retinex با استفاده از الگوی سایه. a) تصویر فرد در نورپردازی شدید ، b) تصویر حاصل از روش Retinex، c) الگوی سایه، d) اصلاح Retinex فقط در ناحیهٔ روشن، e) اصلاح Retinex فقط در ناحیهٔ تاریک، f) روش پیشنهادی و g) اصلاح مرز ناحیهٔ تاریک و روشن در تصویر f با رگرسیون خطی.

۵-۲- اصلاح مرز ناحیه تاریک و ناحیه روشن مبتنی بر رگرسیون

اگرچه تصویر حاصل از روش پیشنهادی (شکل ۱۰(f)) نتایج خوبی را برای شناسایی چهره در تغییرات نورپردازی ارائه می‌دهد (بخش ۶)، با این حال می‌توان از رگرسیون خطی برای اصلاح ناهم‌گنی ایجاد شده در مرز سایه استفاده کرده و تصویر حاصل را (شکل ۱۰(g)) در کاربردهای اصلاح نورپردازی در تصاویر چهره نیز استفاده کرد.

برای اصلاح ناهمگنی محلی و تنظیم روشنایی پیکسلها در مجاورت مرز ناحیه‌های تاریک و روشن تصویر، ابتدا بردار گرادیان تصویر اصلی برای پیکسل‌های مرزی (در الگوی سایه) محاسبه می‌شود. سپس برای هر پیکسل مرزی، یک رگرسیون خطی در جهت بردار گرادیان اعمال می‌شود. همانطور که در (شکل ۱۱) نشان داده شده ، اگر پاره‌خطی را در جهت بردار گرادیان روی نقاط مرزی تصویر رسم کنیم، پیکسل‌های انتهایی این پاره‌خط برای تخمین خط رگرسیون مورد استفاده قرار گرفته و مقدار روشنایی برای پیکسل‌های میانی بر اساس این خط محاسبه و اصلاح می‌گردد.

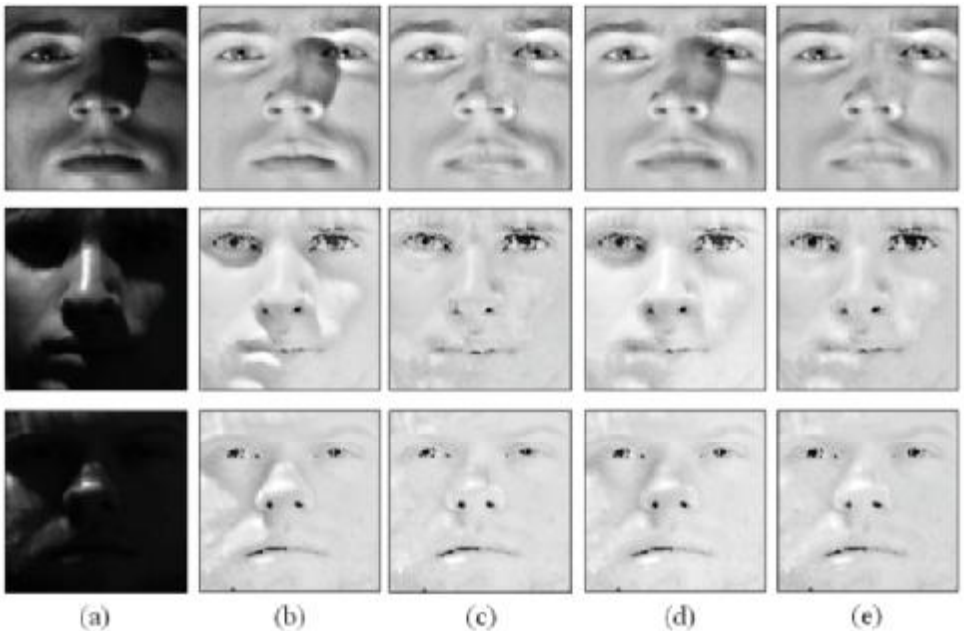


(شکل ۱۱): تخمین خط رگرسیون جهت اصلاح مرزها

فرض کنید n داده به شکل (Xi,Yi) به ازای i=1,…,n داریم. هدف، یافتن معادلهٔ خط مستقیمی است که بهترین تطابق را با نقاط موجود داشته باشد:

$$y = \alpha + \beta x \quad (۱۱)$$

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-05]

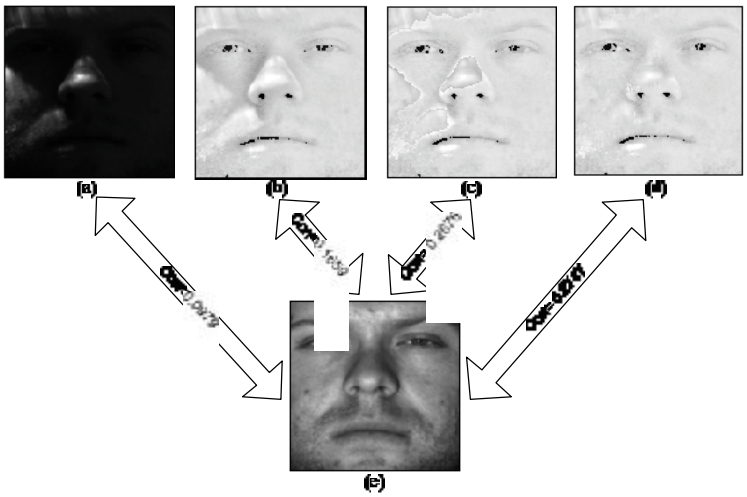


(شکل ۱۲): a) تصاویر فردی در نورپردازی‌های مختلف، نتایج اصلاح نورپردازی با روشهای: b) Retinex، c) روش پیشنهادی، d) بهبود Retinex فقط در ناحیه روشن، و e) بهبود Retinex فقط در ناحیه تاریک

(شکل ۱۲) نرمال‌سازی تصاویر در نورپردازی‌های مختلف، توسط روشهای مقایسه شده در (جدول ۲) را نشان می‌دهد. در تصاویر ستونهای (c) تا (e) ناهم‌گنی مرز سایه با استفاده از رگرسیون خطی هموار شده است. مقایسهٔ ستون‌های (b) و (c)، کارآیی روش پیشنهادی برای اصلاح Retinex با استفاده از الگوی سایه را به‌خوبی نشان می‌دهد.

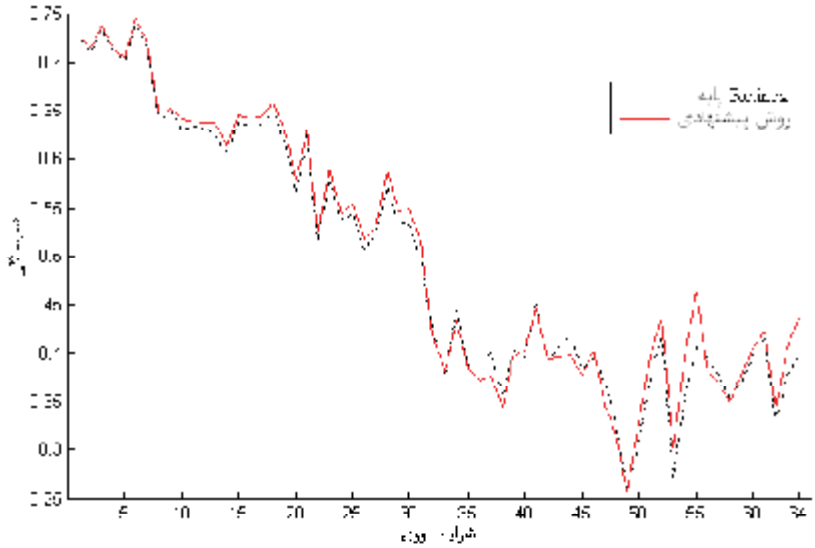
همبستگی تصاویر افراد در زیرمجموعه‌های نوری مختلف با تصویر نرمال آنها، معیار دیگری است که ما در این مقاله از آن استفاده کرده‌ایم. (شکل ۱۳) تصویر فردی با نورپردازی نامناسب و خروجی روش Retinex و روش پیشنهادی قبل و بعد از اصلاح لبه ها و میزان همبستگی آنها با تصویر عادی فرد را نشان می‌دهد.

نمودار (شکل ۱۴) متوسط همبستگی بین تصاویر افراد در حالات نوری مختلف (شامل ۶۴ حالت نوری موجود در پایگاه Completed YaleB) با تصویر نرمال آنها را برای روش Retinex و روش پیشنهادی نشان می‌دهد. حالات نوری ۱ تا ۶۴ به ترتیب شامل ۷، ۱۲، ۱۲، ۱۴ و ۱۹ حالت نوری مربوط به زیرمجموعه‌های نوری ۱ تا ۵ هستند که در (شکل ۱) نشان داده شده‌اند.



(شکل ۱۳): مقایسهٔ میزان همبستگی بین a) تصویر فرد در نورپردازی شدید ، b) Retinex، c) روش پیشنهادی و d) روش پیشنهادی پس از اصلاح لبه‌ها، با تصویر فرد در نورپردازی عادی.

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-05]



(شکل ۱۴): مقایسهٔ متوسط میزان همبستگی در حالات نوری مختلف با تصویر نرمال.

نکتهٔ قابل توجه در این نمودار این است که از مجموع ۶۴ حالت نوری موجود در پایگاه تصویری Completed YaleB، به‌جز حالات نوری متعلق به زیرمجموعه چهار (حالات نوری ۳۲ تا ۴۵) در سایر حالات میزان همبستگی با نورپردازی عادی در روش پیشنهادی نسبت به روش Retinex افزایش یافته است. با نگاه دوباره به نتایج ارائه شده در (جدول ۲) مشاهده می‌شود که نرخ شناسایی در زیرمجموعه چهار علی‌رغم کاهش میزان همبستگی نسبت به روش Retinex افزایش داشته است. از آنجا که روش پیشنهادی منجر به ایجاد ناهمگنی در مرز ناحیه سایه می‌شود، این طور به نظر می‌رسد که دلیل اصلی کاهش همبستگی در این زیرمجموعهٔ نوری، مرز زیاد ناحیهٔ تاریک و روشن در الگوهای سایه است.

۶-۲- پیچیدگی زمانی روش پیشنهادی

اگرچه تأکید و محدودیتی بر اندازهٔ زمان اجرای الگوریتم پیشنهادی وجود نداشته است، ولی بهتر است درکی از زمان اجرای آن داشته باشیم.

برای این منظور، الگوریتم پیشنهادی را با تصاویر ورودی مختلف در محیط MATLAB اجرا نموده و میانگین زمان مورد نیاز بلوک‌های مختلف را به‌دست آوردیم که در (جدول ۳) نشان داده شده است.

مشخصات رایانهٔ مورد استفاده به‌صورت زیر است:

Processor	Intel® Core™ i7-2600 CPU@3.40GHz
Memory (RAM)	8.00 GB
System Type	64-bit Operating System

(جدول ۳): زمان مورد نیاز (msec) برای هر یک از بلوک‌های پردازش تصویر چهره در سیستم پیشنهادی

نگاشت لگاریتمی	استخراج و اصلاح الگوهای سایه	محاسبه گرادیان و انتخاب الگوی بهینه
۰.۸۳۴	۵۱۲.۴۵۰	۱۹.۳۵۸۶
اصلاح نورپردازی با Retinex پیشنهادی	اصلاح لبه های سایه با روش رگرسیون	کل زمان مورد نیاز (msec)
۱۳.۴۰۵	۳۲۲۴.۵۵۷	۳۷۷۰.۶۰۴۹

همان‌طور که در (جدول ۳) دیده می شود زمان مورد نیاز برای بازسازی یک تصویر توسط روش Retinex پیشنهادی در حدود ۳.۷ ثانیه می باشد. از آنجایی‌که برای شناسایی چهرهٔ نیازی به اصلاح لبه‌های سایه با روش رگرسیون نیست (این مرحله می‌تواند جهت کاربردهای بازسازی تصویر به‌صورت Offline انجام گیرد)، زمان مورد نیاز برای شناسایی چهره در روش پیشنهادی در حدود ۰.۵ ثانیه است.

با استفاده از الگوی سایهٔ پیشنهادی می‌توان میزان ناحیهٔ سایه در تصویر چهره را مشخص کرد. درنتیجه درصورتی‌که تصویر نورپردازی نرمالی داشته باشد، با صرف‌نظر از مرحلهٔ اصلاح نورپردازی، می‌توان زمان شناسایی چهره در تغییرات نورپردازی را کاهش داد.

۷- جمع بندی

در این مقاله دو رویکرد مقابله با تغییرات نورپردازی شامل: ۱) شناسایی چهره در شرایط نوری مختلف و ۲) اصلاح نورپردازی (با هدف بازسازی تصویر) در تصاویر چهره مد نظر

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-05]

قرار گرفته و روشی برای اصلاح آگاهانهٔ نورپردازی در تصاویر چهره پیشنهاد گردیده است. پس از بررسی روش‌های مختلف مبتنی بر نرمالسازی تغییرات نور در شناسایی چهره، روشی مبتنی بر تبدیل H-minima برای تعیین ناحیهٔ سایه با هدف بهبود روش‌های موجود پیشنهاد شده است. روش پیشنهادی طی چند مرحله به استخراج و اصلاح الگوی سایه می‌پردازد و درنهایت با استفاده از معیار مبتنی بر گرادیان، بهترین الگوی سایه را برای تصویر مشخص می‌کند. الگوی سایهٔ پیشنهادی می‌تواند جهت اصلاح نورپردازی در روش‌های مبتنی بر نرمالسازی تغییرات نور جهت بهبود دقت شناسایی به‌کار گرفته شود. ما الگوی سایهٔ پیشنهادی را برای بهبود روش Retinex به‌کار برده و به نتایج امیدوار کننده‌ای دست یافتیم. نتایج به‌دست آمده روی پایگاه تصویری Completed YaleB نشان می‌دهد که روش پیشنهادی دقت شناسایی را به نحو مطلوبی افزایش داده و در اصلاح نورپردازی نیز مؤثر است.

علاوه‌بر این در روش‌های مبتنی بر ویژگی‌های پایای نوری نیز می‌توان با تفکیک لبه‌های سایه (که از الگوی سایه پیشنهادی قابل استخراج هستند) از ویژگی‌های چهره آنها را حذف نموده و یا وزن کمتری در محاسبات به آنها اختصاص داد. در راستای توسعهٔ روش پیشنهادی، استفاده در تصاویر زاویه دار چهره و بهبود سایر روش‌ها جهت کارهای بعدی در نظر گرفته شده است.

۸- مراجع

نادری، شقایق. مقدم چرکری، نصرالله و کبیر، احسان‌اله. "تحلیل عملکرد یادگیرنده‌های با نظارت جهت استخراج دانش مربوط به زاویه نورپردازی در تصاویر تمام رخ چهره"، نشریه مهندسی برق و کامپیوتر ایران، ۱۳۹۰، جلد ۹، شماره ۱، ۲۸-۲۱.

Adini, Y., Moses, Y., Ullman, S., 1997. "Face recognition:the problem of compensating for changes in illumination direction", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 19(7):721–732.

Cao, X., Shen, W., Yu, L.G., Wang, Y.L., Yang, J.Y., Zhang, Z.W., 2012. "Illumination invariant extraction for face recognition using neighboring wavelet coefficients," Pattern Recognition, 45: 1299-1305.

Chen, T., 2006. "Total Variation Models for Variable Lighting Face Recognition", IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 28: 1519-1524.

Chen, W., 2006. "Illumination Compensation and Normalization for Robust Face Recognition Using Discrete Cosine Transform in Logarithm Domain", IEEE transactions on systems, man, and cybernetics part B: cybernetics, 36: 458-466.

Cheng, J. and Rajapakse, J. C., 2009. "Segmentation of Clustered Nuclei With Shape Markers and Marking Function." IEEE transaction on biomedical engineering, 56(3): 741-748.

Georghiades, A. S., 2001. "From Few to Many: Illumination Cone Models for Face Recognition under Differing Pose and Lighting", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 23: 643-660.

Gross, R., Brajovic, V., 2003. "An Image Preprocessing Algorithm for Illumination Invariant Face Recognition." Proceeding of Audio- and Video-Based. Biometric Person Authentication, 3: 10–18.

Hansen, D.W., Qiang, Ji., 2010. "In the Eye of the Beholder: A Survey of Models for Eyes and Gaze." IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 32(3): 478 – 500.

Jobson, D.J., 1997. "Properties and Performance of a Center/Surround Retinex." IEEE Transactions on Image Processing, 6(3): 451–462.

Jobson, D.J., Rahman, Z., Woodell, G.A., 1997. "A Multiscale Retinex for Bridging the Gap Between Color Images and the Human Observations of Scenes." IEEE Transactions on Image Processing, 6(7): 897–1056.

Jung, Ch. and Kim, Ch., 2010. "Segmenting Clustered Nuclei Using H-minima Transform-Based Marker Extraction and Contour Parameterization." IEEE transaction on biomedical engineering, 57(10): 2600-2604.

Lee, K.C., Ho, J., and Kriegman, D., 2005. "Acquiring Linear Subspaces for Face Recognition under Variable Lighting", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 27(5).

Lee, S.W., 2007. "Face recognition under arbitrary illumination using illuminated exemplars", Pattern Recognition, 40: 1605 - 1620.

MAVI handbook., 2009. "Modular Algorithms for Volume Images V1.3.2." by Image Processing Department, chapter 6.4.2.

Ohser, J., Schladitz, K., 2006. "Geodesic morphological transformations." Image Processing and Analysis book, 20-22.

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-05]

Park, Y.K., Park, S.L., Kim, J.K., 2008. "Retinex Method Based on Adaptive smoothing for Illumination Invariant Face Recognition." Signal Processing, 88(8): 1929–1945.

Peng, K., Chen, L., Ruan, S., Kukharev, G., 2005. "A robust algorithm for eye detection on gray intensity face without spectacles." Journal of Computer Science & Technology. 5(3): 27-132.

Sang, C., 2007. "Shadow compensation in 2D images for face recognition." Elsevier Science Inc, 40: 2118-2125.

Savvides, M., 2004. "Corefaces-Robust Shift Invariant PCA Based Correlation Filter for Illumination Tolerant Face Recognition", in Proceedings of Computer Vision and Pattern Recognition, 834-841.

Schladitz, K., Redenbach, C., Sych, C., Godehardt, M., 2008. "Microstructural characterisation of open foams using 3d images." Report of the Fraunhofer ITWM No. 148.

Shan, Du., Ward, R.K., 2010. "Adaptive Region-Based Image Enhancement Method for Robust Face Recognition Under Variable Illumination Conditions", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 20(9): 1165-1175.

Shashua, A., 2001. "The Quotient Image: Class-Based Re-Rendering and Recognition with Varying Illuminations", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 23: 129-139.

Soille, P., 1999. "Morphological image analysis: principles and applications", chapters 6.4.3-6.4.8.

Wang, H., Li, S.Z., Wang, Y., Zhang, J., 2004. "Self Quotient Image for Face Recognition", Proceeding of the Internatinal Conference on Pattern Recognition, 1397–1400.

Xie, X., Zheng, W.S., Lai, J., Yuen, P.C., and Suen, C.Y., 2011. "Normalization of Face Illumination Based on Large-and Small-Scale Features", IEEE Transactions on image processing, 20(7): 1807-1821.

Xie, X., Zheng, W., Lai, J., Yuen, P. C., 2008. "Face illumination normalization on large and small scale features", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1–8.

Zheng Goh, Yi, Beng Jin Teoh, Andrew, Kah Ong Goh, Michael., 2011. " Wavelet local binary patterns fusion as illuminated facial image preprocessing for face verification", Expert Systems with Applications, 38(4): 3959-3972.

Zhu, H., Zhang, B., Song, A., Zhang, W., 2009. "An Improved Method to Reduce Over-Segmentation of Watershed Transformation and its Application in the Contour Extraction of Brain Image." Eighth IEEE International Conference on Dependable, Autonomic and Secure Computing (DASC '09), 407 – 412.

شقایق نادری تحصیلات خود را در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد کامپیوتر گرایش نرم‌افزار در دانشگاه‌های تربیت معلم تهران و تربیت مدرس به ترتیب در سالهای ۱۳۷۹ و ۱۳۸۱ به پایان رسانده است. او در حال حاضر دانشجوی مقطع دکتری دانشگاه تربیت مدرس در گرایش نرم‌افزار است. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقهٔ ایشان پردازش تصویر و بازشناسی الگو به ویژه بازشناسی تصاویر چهره است.
نشانی رایاناک ایشان عبارتست از:
naderi@modares.ac.ir

نصرالله مقدم چرکری کارشناسی خود را در علوم کامپیوتر از دانشگاه شهید بهشتی تهران در سال ۱۳۶۵دریافت کرد. تحصیلات کارشناسی ارشد و دکترای خود را در رشته‌های مهندسی کامپیوتر و مهندسی سیستم‌های اطّلاعاتی در دانشگاه یاماناشی ژاپن به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۷۱ و ۱۳۷۴ به پایان رسانده است. او در حال حاضر استادیار دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس است. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان الگوریتم‌های موازی، هوش مصنوعی و درک تصویر است.
نشانی رایاناک ایشان عبارتست از:
charkari@modares.ac.ir

احسان‌اله کبیر کارشناسی ارشد پیوسته خود را در مهندسی برق و الکترونیک از دانشکدهٔ فنی دانشگاه تهران و دکترای خود را در مهندسی سیستم‌های الکترونیک از دانشگاه اسکس در انگلستان، به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۶۹ دریافت کرد. او اکنون استاد دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس است. زمینهٔ پژوهشی مورد علاقه ایشان بازشناسی الگو، به ویژه بازشناسی متون چاپی و دستنویس است.
نشانی رایاناک ایشان عبارتست از:
kabir@modares.ac.ir

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2025-11-05]