روش ریخت‌شناسی مقیاس خاکستری و بدون ناظر برای سنتز چهره انسان مبتنی بر تصویر نمونه

امیررضا امیرفتحیان[1] و حسین ابراهیم‌نژاد[2]

[1]کارشناسی ارشد مهندسی برق-مخابرات سیستم، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی سهند،
a_amirfathiyan@sut.ac.ir

[2]**نویسنده مسئول**، استاد گروه مخابرات، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی سهند،
ebrahimnezhad@sut.ac.ir

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۴/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۲۶)

دانشگاه صنعتی سهند

نشریه سامانه‌های غیرخطی در مهندسی برق

دوره ۶ - شماره ۱

بهار و تابستان ۱۳۹۸

صفحات ۶۶ الی ۸۴

ISSN: 2322-3146

http: //jnsee.sut.ac.ir

چکیده

سنتز چهره انسان از تصویر نمونه به عنوان یکی از ملزومات کاربردهای بیومتریک با هدف شناسایی هویت اشخاص مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مقاله، سنتز چهره شامل سه مرحله اصلی است. در مرحله اول آشکارسازی خطوط معنادار و لبه‌های تصویر نمونه با روش ریخت‌شناسی مقیاس خاکستری انجام می‌پذیرد. سپس نواحی مو از چهره نمونه، شناسایی می‌شوند. مرحله نهایی ترکیب تصاویر حاصل از مراحل قبل را ارایه می‌کند. میزان شباهت و تطابق بین طرح چهره ساخته شده و طرح هنری، با دو روش استخراج ویژگی، واکاوی مؤلفه‌های اساسی و جداساز خطی، مقایسه شده و مدت زمان اجرای فرآیند محاسبه می‌شود. آزمایش‌ها روی جفت تصاویر پایگاه CUHK نشان می‌دهد که روش پیشنهادی در مقایسه با آخرین فناوری‌ها از جمله: تبدیلات ویژه، LLE و MRF ، پیچیدگی محاسباتی ندارد و چهره فرد را با کیفیت خوب و در زمان خیلی کمتری ایجاد می‌کند. تطابق طرح چهره تولید شده با این روش، وقتی که از تحلیل جداساز خطی برای استخراج ویژگی استفاده شود، بیشترین مقدار و برابر با ۹۰ درصد بدست می‌آید. همچنین روش پیشنهادی در برابر اثرات پس زمینه و شدت روشنایی تصاویر نمونه مقاوم است.

واژه‌های کلیدی

سنتز چهره از تصویر نمونه،
سنتز طرح چهره از عکس،
نگاشت عکس چهره به طرح،
ریخت شناسی مقیاس خاکستری،
سنتز چهره انسان.

[Downloaded from jnsee.sut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23223146.1398.6.1.2.7]

Sahand University of Technology

Journal of Nonlinear Systems in Electrical Engineering

Vol.6, No.1

Spring and Summer 2019

ISSN: 2322 – 3146

http: //jnsee.sut.ac.ir

Grayscale Morphological and Unsupervised method for Human Facial Synthesis based on an Example Image

Amirreza Amirfathiyan[1] and Hossein Ebrahimnezhad[2]

[1]Faculty of Electrical Engineering, Sahand University of Technology, Tabriz, Iran. a_amirfathiyan@sut.ac.ir

[2]**Corresponding Author**, Faculty of Electrical Engineering, Sahand University of Technology, Tabriz, Iran. ebrahimnezhad@sut.ac.ir

ABSTRACT

Human facial generation of example image is used as a requirement for biometric applications for the purpose of identifying individuals. In this paper, face generation consists of three main steps. In the first step, detection of significant lines and edges of the example image are carried out using grayscale morphology. Then, hair areas are identified from the face of sample. The final step combines images from previous steps. Similarity and matching between synthesized face sketch and artistic sketch are compared with two methods of extracting features, Principle Component Analysis and Linear Discriminant Analysis, and time of the process is calculated. The experiments on the pair of CUHK database images show that the proposed method compared with state-of-the-art methods such as: Eigen transformation, LLE, and MRF, has no computational complexity and creates a person's face with good quality and much less time. Matching of synthesized face sketch of the proposed method is achieved with a maximum value of 90% when Linear Discriminant Analysis is used to extract feature. The proposed method is also resistant to background effects and brightness of example images.

Keywords

Face Sketch Synthesis,

Photo to Sketch Synthesis,

Photo to Sketch Mapping,

Grayscale Morphology,

Human Facial Synthesis.

[Downloaded from jnsee.sut.ac.ir on 20 -12]

[DOR: 20.1001.1.23223146.1398.6.1.2.7]

۱- مقدمه

علم بیومتریک[1] در رسیدگی به جرایم و تعیین هویت مجرمان نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند. از این رو محققان همیشه تلاش دارند تا اسناد و مدارک بیومتریک را برای شناسایی جنایتکاران پیدا کنند. از آنجائی که ویژگی‌های ممتاز هر شخص در طرح کلی از چهره آن فرد قابل ارایه است، از این رو طرح چهره افراد به عنوان یکی از اسناد بیومتریک به حساب می‌آید [۱]. به‌طورکلی سنتز چهره به مسأله ایجاد طرح گرافیکی از تصویر مشخص بر می‌گردد که تعدادی از جفت تصاویرعکس و طرح چهره به عنوان مجموعه‌ای از داده‌های آموزشی، مد نظر است. این بحث، علاوه بر کمک در اجرای قوانین اجتماعی در زمینه سرگرمی‌های دیجیتالی نیز به پیشرفت‌های گسترده‌ای دست یافته است [۲]. در اکثر سیستم‌های تشخیص چهره به دلیل استفاده از اطلاعات محدودی که از دوربین‌ها و ویدئوهای نظارتی با کیفیت پایین گردآوری می‌شوند، هویت مجرم بدرستی شناسایی نمی‌شود. از این رو، ارایه طرحی از چهره مبتنی بر توصیف شاهدان عینی بهترین جایگزین است. ایجاد طرح چهره از یک عکس نمونه با کار تبدیلات ویژه[2] تانگ و وانگ شروع شد [۳-۵]. آنها با روش واکاوی مؤلفه های اساسی[3] و افکنش[4] تصویر نمونه به فضای مجموعه تصاویر عکس‌های آموزشی، ضرایب ترکیب خطی را آموزش می‌دادند. اما آموزش یک مدل بازسازی کامل برای نمایش نگاشت‌های غیرخطی از عکس و طرح چهره‌ها کار دشواری بود. به همین دلیل، لیو و همکاران او رابطه نگاشت غیرخطی جامعی را تخمین زدند که با نگاشت‌های خطی تکه‌های بیشتری از عکس و طرح چهره بدست می‌آمد [۶]. در روش آنها، تعداد k تکه عکس از مجموعه داده‌های آموزشی در عبارتی از فاصله اقلیدسی جستجو شده و سپس ضرایب بازسازی در قالب کدهای خطی محلی محاسبه می‌شد [۷]. البته، فرض آنها بر این بود که همه نزدیکترین همسایه‌های انتخابی با احتمال مساوی در فرآیند محاسبه ضرایب بازسازی مشارکت داشته و فاصله‌ای هم بین این همسایه‌ها و تکه آزمون وجود نداشته باشد. اما سانگ و همکاران او، مسأله تولید چهره را به صورت یک مسأله حذف نویز مکانی از طرح چهره[5] در نظر گرفتند [۸]. آنها ضرایب بازسازی را با محاسبه گرادیان همجوشی[6] بدست آوردند. از طرف دیگر گائو و همکاران او، پیشنهادی ارایه کردند که در آن به‌جای انتخاب تعداد ثابت k تکه (k تا نزدیکترین همسایه‌ها)، گزینش تکه‌ها را به صورت تطبیقی و با نمایش نامتراکم انجام دادند [۹-۱۱]. استفاده از یک مدل چندبعدی تصادفی مارکوف[7] برای ایجاد چهره روش جدیدی بود که توسط وانگ و همکاران او، ارایه شد. روش آنها تفاوت بین عکس‌ها و طرح‌های چهره افراد را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌داد. اما قادر نبود تکه‌هایی از طرح چهره شخص را که در مرحله آموزشی شرکت نداشتند، تولید نماید. به‌همین دلیل، مقداری تغییر شکل در طرح نهایی چهره وجود داشت. در واقع، محاسبه ضرایب بازسازی در روش آنها معادل با یافتن تکه طرح چهره با بیشترین شباهت بود و ضریب وزنی واحد برای آن تنظیم می‌شد [۱۲]. در ادامه تحقیقات انجام شده در زمینه تولید چهره، زو و همکاران او از روشی استفاده کردند که ضرایب و ترکیب‌های خطی بدست آمده در مدل چند بعدی تصادفی مارکوف در آن تأثیرگذار بود. به‌همین دلیل مدل چندبعدی وزن‌دار مارکوف[8] را معرفی کردند [۱۳]. در حقیقت، آنها مشکل تغییر شکل طرح نهایی چهره در مدل چندبعدی تصادفی مارکوف را با

[1] Biometric
[2] Eigen Transformation
[3] Principle Component Analysis
[4] Projection
[5] Spatial Sketch Denoising
[6] Conjugate Gradient Solver
[7] Markov Random Fields
[8] Markov Weight Fields

[Downloaded from jnsee.sut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23223146.1398.6.1.2.7]

جستجوی تکه طرح یکپارچه و وزن دهی بیشتری به آن، حل کردند. به‌طور کلی، تفاوت روش تولید چهره در مدل وزن‌دار مارکوف با روش کدهای خطی محلی[1] در اهمیت قایل شدن به شباهت‌ها و وابستگی بین تکه‌های همسایه از طرح تولید شده بود. روش اخیر، توسط پنگ و همکاران او بهبود داده شده و منجر به ارایه مدلی برای اهداف چند منظوره شد. به‌طوری‌که روش آنها در مقابل اثرات پس‌زمینه و تغییرات نورانی، مقاوم بوده و مدل قبلی (مدل چندبعدی وزن‌دار مارکوف) را اصلاح می‌کرد [۱۴]. با توجه به کارهای پیشین، ملاحظه می‌شود که انتخاب همسایگی تکه انتخابی در اکثر روش‌ها با جستجوی KNN[2] اجرا می‌شوند. بنابراین با افزایش تعداد تصاویر پایگاه داده، پیچیدگی محاسباتی به‌طور خطی افزایش می‌یابد. همچنین مدت زمانی هم لازم خواهد بود تا داده‌ها آموزش داده شوند. از این رو، زمان اجرای فرآیند تولید چهره نیز افزایش می‌یابد.

در این مقاله، سیستم پیشنهادی با حجم عملیاتی کمتر، ویژگی‌های مختلف تصویر چهره را با بلوک‌های مختلف استخراج کرده و برای دستیابی به تصویر طرح چهره، ویژگی‌های حاصل را با یکدیگر ادغام می‌کند. از جمله مزایای روش پیشنهادی، اجرای عملیات تولید چهره بدون نیاز به فرآیند آموزش است. به‌طوری‌که منجر به افزایش قابل ملاحظه سرعت شده و می‌تواند برای داده‌های مختلف تصویری، طرح چهره مطلوب را در مدت زمان کمی ایجاد کند. در روش پیشنهادی، تولید چهره از تصویر نمونه طی سه مرحله اصلی انجام می‌شود. در مرحله اول، خطوط قوی و لبه‌های عکس چهره و ویژگی‌های غالب و برجسته از تصویر ورودی با بکارگیری روش‌های ریخت‌شناسی مقیاس خاکستری[3] آشکارسازی می‌شوند. شناسایی و آشکارسازی نواحی شامل مو از عکس چهره در مرحله دوم انجام می‌شود. در نهایت، تصاویر حاصل از دو مرحله قبل که حاوی ویژگی‌های مختلف تصویر چهره هستند با بکارگیری روش‌های همجوشی و استفاده از تبدیل موجک ادغام شده و طرح چهره از تصویر نمونه ارایه می‌شود. بعد از تولید چهره با روش ذکر شده برای اندازه‌گیری میزان شباهت یا تطابق آن با طرح هنری، دو گام اساسی اجرا می‌شوند. در گام اول، روش‌های متفاوت واکاوی مؤلفه‌های اساسی و تحلیل جداساز خطی[4] برای استخراج ویژگی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در گام دوم، بردار تطابق یا میزان شباهت با روش جستجوی KNN مبتنی بر فاصله اقلیدسی[5] بدست می‌آید. درصد تطابق روش پیشنهادی و معیارهای کیفی و کمی آن با مدل‌های بنچ مارک و آخرین فناوری‌ها[6] مانند روش‌های تبدیلات ویژه، LLE، MRF، MWF، SSD مورد بررسی و مقایسه قرار می‌گیرد.

این مقاله، به صورت زیر سازماندهی شده است: در بخش دوم، روش پیشنهادی همراه با نتایج تولید چهره روی پایگاه داده CUHK تشریح می‌شود. آزمایش‌ها و واکاوی روی نتایج در بخش سوم گنجانده شده‌اند. در بخش چهارم، نتایج روش پیشنهادی با برخی از کارها مقایسه شده‌اند. بخش پنجم به نتیجه‌گیری از این کار تحقیقاتی اختصاص داده شده است.

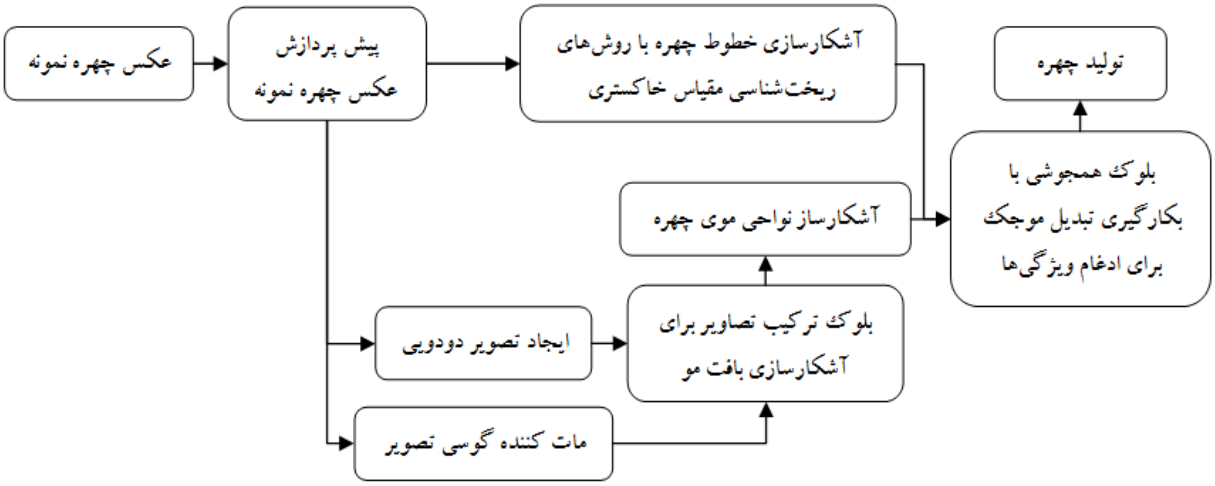
۲- روش پیشنهادی

با بررسی‌های انجام شده روی یک تصویر مشاهده می‌شود که هر تصویر چهره شامل دو بخش، نواحی مو و خطوط چهره است. توجه به این موضوع زمینه کاری ما قرار گرفت. ادامه بررسی‌ها روی طرح‌های هنری از عکس چهره افراد، نشان داد که ویژگی‌های

[1] Locally Linear Embedding
[2] K Nearest Neighbor
[3] Grayscale Morphology
[4] Linear Discremenant Analysis
[5] Euclidean Distance
[6] State of the Art

[Downloaded from jnsee.sut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23223146.1398.6.1.2.7]

فیزیولوژی و روانی چهره در تولید طرحی از آن، تأثیرگذار هستند. همچنین مقایسه چشمی روی طرح هنری از عکس‌های چهره نشان می‌دهد که ساختار مشابهی بین این طرح‌ها وجود دارد و همه آنها شامل مو و ویژگی‌های غالب چهره هستند. اما، هر عکس چهره و طرح هنری آن از نظر بافت و شکل چهره تفاوت اساسی با هم دارند. به‌طوری‌که ممکن است در شکل طرح، برخی از ویژگی‌های چهره بزرگ نمایی شده و حتی به حالت بد شکل ظاهر شوند. بنابراین، لازم است که در تولید چهره تفاوت‌های بافت و شکل چهره ایجاد شود. بر این اساس، روش پیشنهادی ما از یک قالب ساده و مؤثر برای تولید چهره از تصویر نمونه استفاده می‌کند. این روش، ویژگی‌های بافتی و شکلی از تصویر چهره را با بلوک‌های مختلف استخراج کرده و با بکارگیری روش‌های همجوشی و استفاده از تبدیل موجک آنها را با هم ادغام می‌کند تا به تصویر طرح چهره دست یابد. این کار، بدون نیاز به اجرای زمانبر فرآیند آموزش انجام می‌شود و بنابراین منجر به افزایش قابل ملاحظه سرعت شده و می‌تواند برای داده‌های مختلف تصویری، طرح چهره مطلوب را در مدت زمان کوتاهی تولید کند. شکل ۱ بلوک دیاگرام و چارچوب روش پیشنهادی ما را برای تولید چهره نشان می‌دهد.



شکل ۱. بلوک دیاگرام و چارچوب روش پیشنهادی برای تولید چهره از تصویر نمونه

۲-۱- پایگاه داده تصاویر

در این مقاله، از جفت تصاویر عکس و طرح چهره دانشجویان چینی دانشگاه هنگ کنگ موسوم به پایگاه داده طرح چهره CUHK[1] [۱۵] استفاده شده است. این پایگاه داده شامل ۱۸۸ جفت عکس و طرح‌های چهره از دانشجویان مرد و زن چینی است. همه تصاویر این پایگاه داده در شرایط حالت طبیعی افراد و به صورت تمام رخ[2] تصویربرداری شده‌اند. ابتدا مرحله پیش پردازش بر روی عکس و طرح‌های چهره انجام می‌شود تا از نظر هندسی بر اساس دو نقطه (مراکز چشم‌ها) نرمال‌سازی شوند. سپس تصاویر حاصل به ابعاد ۲۰۰×۲۵۰ پیکسل تغییر اندازه داده می‌شوند. در شکل ۲ تعدادی از جفت تصاویر پایگاه داده CUHK نشان داده شده است. همه آزمایش‌ها روی سیستم عامل ویندوز ۸ با پردازنده دو هسته‌ای، سرعت ۲/۲ گیگاهرتز و با حافظه ۴ گیگا بایت و با نرم‌افزار MATLAB R2015a، پیاده‌سازی و اجرا شده‌اند.

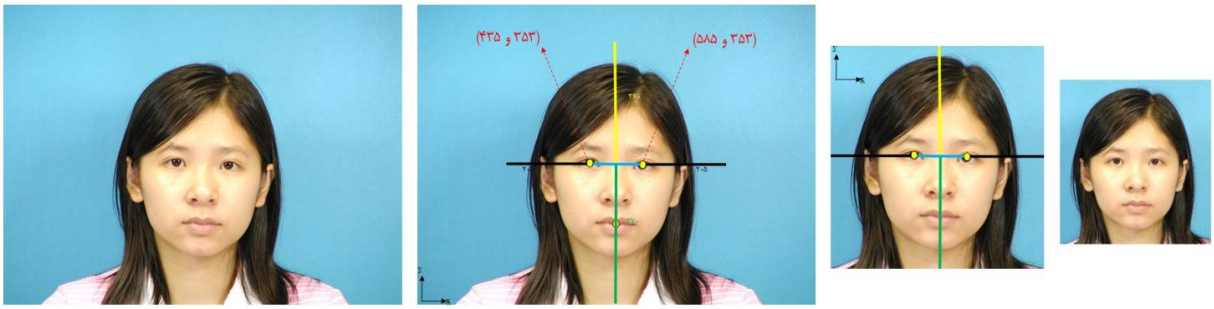
[1] Chinese University of Hong Kong
[2] Frontal Pose

[Downloaded from jnsee.sut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23223146.1398.6.1.2.7]

شکل ۲. نمونه تصاویر عکس و طرح متناظر آن از پایگاه داده CUHK، بعد از اجرای مرحله پیش پردازش.

۲-۲- پیش پردازش تصاویر

مرحله پیش پردازش یک مرحله حیاتی برای افزایش دقت و کارآیی روش پیشنهادی است. در این مرحله با تنظیم و نرمال‌سازی چهره‌ها تصاویر در یک محل خاص ثابت می‌شوند. علت این کار، کاهش تغییرات مقیاس، چرخش و جابجایی در تصاویر چهره است. برای تنظیم چهره‌ها، ابتدا به‌طور دستی موقعیت مرکز چشم‌ها در تصاویر آموزشی علامت‌گذاری می‌شوند. برای تغییرناپذیری تصاویر در برابر مقیاس، نرمال‌سازی چهره‌ها طوری انجام می‌شود که فاصله مراکز چشم‌ها به یک مقدار ثابت (به‌طور مثال ۱۵۰ پیکسل) تبدیل شود. با این کار، تمام تصاویر چهره در هر مقیاسی که باشند به یک اندازه ثابت تبدیل می‌شوند. سپس برای از بین بردن اثر چرخش و جابجایی تصاویر، چهره‌ها طوری دوران و انتقال داده می‌شوند تا خط متصل‌کننده بین چشم‌ها به حالت افقی درآمده و در همه تصاویر مراکز چشم‌ها در موقعیت (۵۸۵،۳۵۳) و (۴۳۵،۳۵۳) پیکسل قرار گیرند. به این ترتیب فاصله مراکز چشم‌ها برابر با ۱۵۰ پیکسل می‌شود و در همه تصاویر در یک موقعیت ثابت قرار می‌گیرند. این عملیات باعث می‌شود تا تغییرات مقیاس، چرخش و جابجایی در تصاویر به حداقل برسد. بعد از تنظیم تصاویر، آنها بریده می‌شوند تا اثرات پس زمینه تا حد امکان کاهش پیدا کند. برای این کار از روش ساده‌ای که مبتنی بر موقعیت قرارگیری جدید مراکز چشم‌ها است، استفاده می‌شود. بنابراین تصاویر بریده شده با اندازه ۶۰۰ × ۷۵۰ پیکسل بدست می‌آیند. برای افزایش سرعت کار در اجرای فرآیند استخراج ویژگی، ابعاد تصاویر بریده شده را با ضریب یک سوم کوچکتر کرده و به ابعاد ۲۵۰ × ۲۰۰ تغییر اندازه داده می‌شوند. در شکل ۳ مراحل پیش پردازش یک عکس از تصاویر پایگاه داده، نشان داده شده است. از این پس برای مراحل بعد، تصویر بدست آمده از مرحله پیش پردازش را به یک تصویر مقیاس خاکستری تبدیل کرده و به عنوان عکس چهره نمونه مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۳. عملیات پیش پردازش (الف) تصویر اصلی (ب) تصویر تنظیم شده (نرمال‌سازی شده) (پ) تصویر بریده شده (ت) تصویر نهایی مرحله پیش پردازش با اندازه ۲۵۰ × ۲۰۰.

[Downloaded from jnsee.sut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23223146.1398.6.1.2.7]

۲-۳- آشکارسازی خطوط چهره

براساس بلوک دیاگرام شکل ۱، ابتدا خطوط معنادار یا لبه‌های قوی از عکس چهره نمونه آشکارسازی می‌شوند. برای این کار، از روش ریخت‌شناسی مقیاس خاکستری استفاده می‌شود. بدین ترتیب که دو عملگر ریخت‌شناسی مقیاس خاکستری گسترش[1] و فرسایش[2] به عکس چهره نمونه اعمال می‌شوند. برای یک تصویر مقیاس خاکستری با جزء ساختاری هموار[3]، عملگر ریخت‌شناسی گسترش مانند یک فیلتر بیشینه عمل می‌کند. بنابراین، مقادیر سطوح خاکستری از عکس چهره نمونه در محل هر پیکسل دریافت شده و با مقدار متناظر آن در جزء ساختاری، جمع می‌شود و سپس در همسایگی تعیین شده بیشترین مقدار سطح خاکستری انتخاب می‌شود. نتیجه استفاده از این عملگر، روشن‌تر شدن تصویر است. برعکس، عملگر فرسایش مقادیر سطوح خاکستری عکس چهره نمونه را در محل هر پیکسل دریافت کرده و از مقدار متناظر آن در جزء ساختاری، کم می‌کند و در همسایگی تعیین شده کمترین مقدار سطح خاکستری را انتخاب می‌کند. در حقیقت، عملگر فرسایش مانند یک فیلتر کمینه عمل کرده و تصویر را تاریک می‌کند. اکنون با بدست آوردن اختلاف بین تصاویر حاصل از این دو عملگر ریخت‌شناسی، خطوط چهره و لبه‌های عکس چهره نمونه آشکار شده و لبه‌های تصویر با وضوح بهتری نشان داده می‌شوند. خطوط چهره بدست آمده حاوی اطلاعات پنهان قابل مشاهده بوده و اثرات نویز نیز در آن حذف می‌شود. شکل ۴ نتیجه کار آشکارسازی خطوط چهره با روش پیشنهادی را روی تعدادی از عکس‌های چهره پایگاه CUHK نشان می‌دهد.

شکل ۴. آشکارسازی خطوط چهره با روش ریخت‌شناسی مقیاس خاکستری. ردیف بالا: عکس‌های چهره. ردیف پایین: خطوط چهره یا لبه‌های شناسایی شده از عکس‌ها.

۲-٤- تشخیص نواحی مو از چهره

یکی از ویژگی‌های یک طرح با نقاشی چهره، افزودن مو به آن طرح است. در شکل ۱ قالب روش استفاده شده برای تشخیص و آشکارسازی نواحی موی چهره از یک عکس نمونه، نشان داده شد. با توجه به اینکه در هر تصویر مقیاس خاکستری مقادیر سطوح خاکستری برای نواحی شامل موی چهره را می‌توان نزدیک صفر و یا صفر درنظر گرفت، بنابراین برای تفکیک پیکسل‌های مربوط به بافت مو از چهره و آشکارسازی این نواحی، کافی است با آستانه‌گذاری[4] روی تصاویر مقیاس خاکستری و تبدیل آن به تصاویر دودویی[5] استفاده کرد. این کار، با انتخاب آستانه به روش غیرپارامتری و بدون نظارت برای بخش‌بندی تصویر ارایه شده است.

[1] Dilation
[2] Erosion
[3] Flat Structuring Element
[4] Thresholding
[5] Binary Image

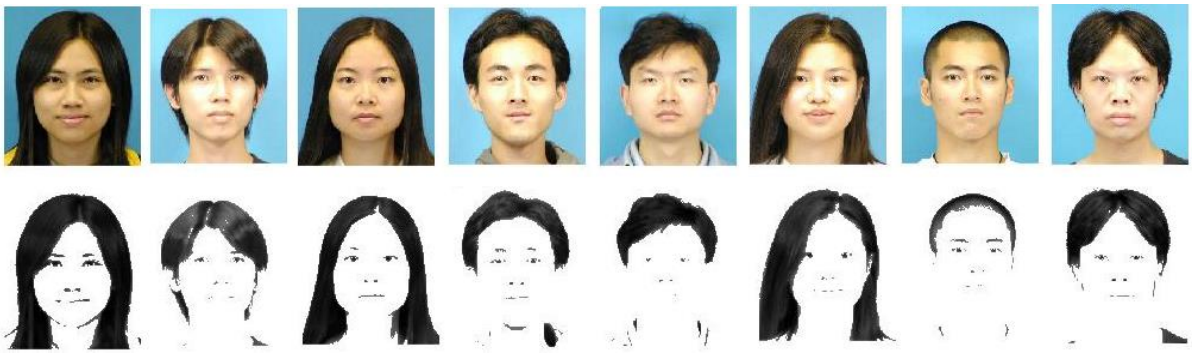
[Downloaded from jnsee.sut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23223146.1398.6.1.2.7]

آستانه بهینه بصورت خودکار و با استفاده از فراوانی تجمعی هیستوگرام مقیاس خاکستری محاسبه می‌شود. به‌طوری‌که بین کلاس‌های حاصل حداکثر جدایی را بوجود آورد. در واقع، آستانه بهینه با حداقل‌سازی واریانس درون کلاسی پیکسل‌های سیاه و سفید انتخاب می‌شود. حد آستانه بدست آمده، نرمالیزه و در بازه صفر تا یک قرار دارد که در تبدیل تصویر مقیاس خاکستری به تصویر دودویی استفاده می‌شود. از این رو، در گام اول آستانه بهینه از روی تصویر مقیاس خاکستری عکس چهره بدست می‌آید. سپس حد آستانه محاسبه شده برای تبدیل تصویر به یک تصویر دودویی (سیاه و سفید) استفاده شده و پیکسل‌های مو از سایر پیکسل‌های عکس چهره، جدا می‌شوند. به‌عبارتی، اگر مقدار پیکسل بزرگتر یا مساوی با حد آستانه باشد، مقدار "یک" به آن پیکسل اختصاص داده می‌شود و در صورتی‌که مقدار پیکسل کوچکتر از حد تعریف شده باشد، مقدار "صفر" به پیکسل نسبت داده می‌شود. با این کار، مقادیر سطوح خاکستری در نواحی شامل موی چهره با مقدار "صفر" بیان می‌شوند.

نتایج حاصل نشان داد که در این حالت، موی تولید شده به موی طرح هنرمند شباهت خوبی ندارد و به‌طور کامل سیاه در نظرگرفته می‌شود. در واقع، تصاویر حاصل نسبت به اثرات انعکاسی نور محیط و تغییرات شدت روشنایی در عکس چهره، بی‌تفاوت خواهند بود. در گام دوم و برای رفع این مشکل، عکس چهره توسط یک فیلتر گوسی با پارامتر σ مساوی یک، مات می‌شود. به‌عبارتی در مات‌کردن[1] با فیلترگوسی از ماسک کرنل وزن‌دار استفاده می‌شود تا پیکسل‌های مرکزی وزن‌های بیشتری نسبت به پیکسل‌های مجاور داشته باشند. این وزن‌ها از یک تابع با توزیع گوسی ناشی شده و اندازه ماسک و پارامتر σ به عنوان عوامل تأثیرگذار روی فرآیند مات‌شدگی تلقی می‌شوند.

با اجرای این عملیات روی عکس چهره ضمن کاهش نویز، اثرات شدت روشنایی بالای تصویر نیز حذف خواهد شد. در گام نهایی و برای تکمیل شدن فرآیند آشکارسازی موی چهره، تصاویر حاصل از گام‌های اول و دوم با هم ترکیب می‌شوند.

شکل ۵ نتیجه آشکارسازی نواحی موی چهره با روش پیشنهادی را روی تعدادی از عکس‌های چهره پایگاه CUHK نشان می‌دهد.



شکل ۵. آشکارسازی و شناسایی نواحی موی چهره با روش پیشنهادی. ردیف بالا: عکس‌های چهره. ردیف پایین: شناسایی نواحی موی از عکس‌های چهره.

[1] Blurring

[Downloaded from jnsee.sut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23223146.1398.6.1.2.7]

۲-۵- تولید چهره از عکس نمونه

از یک دیدگاه بکارگیری فیلتر مات‌کننده[1] برای بیان اثرات شدت روشنایی تصویر، ممکن هست منجر به از بین رفتن رزولوشن مکانی[2] چهره شود و ویژگی‌های برجسته چهره مثل بینی، لب‌ها، چشم‌ها و دهان را تحت تأثیر قرار دهد. اما، با توجه به چارچوب روش پیشنهادی این کار فقط جهت شناسایی و آشکارسازی بافت موی چهره بکار می‌رود. از این‌رو، تصاویر حاصل از مراحل تشخیص موی چهره و اجرای عملیات ریخت‌شناسی مقیاس خاکستری با روش‌های همجوشی ادغام می‌شوند تا ویژگی‌های غالب و برجسته چهره حفظ گردد. در نتیجه با همجوشی تصاویر مذکور، امکان استخراج طرح چهره از عکس نمونه فراهم می‌شود. راه حل مورد استفاده در مرحله همجوشی، بکارگیری تبدیل موجک است. با این کار، ضرایب تقریب‌ها شامل مؤلفه‌های مقیاس بالا و فرکانس پایین (کلیات تصویر) و ضرایب جزئیات حاوی اطلاعات مؤلفه‌های مقیاس پایین و فرکانس بالا (جزئیات تصویر) حاصل از تجزیه موجک‌های تصاویر مراحل قبل، با همدیگر ادغام می‌شوند. شکل ۶ نتیجه کار تولید چهره به روش پیشنهادی را روی تعدادی از عکس‌های چهره پایگاه CUHK نشان می‌دهد.

شکل ۶. تولید چهره با روش پیشنهادی. ردیف بالا: عکس‌های چهره. ردیف پایین: طرح چهره تولید شده.

۳- آزمایش‌ها و واکاوی نتایج

۳-۱- معیار ارزیابی

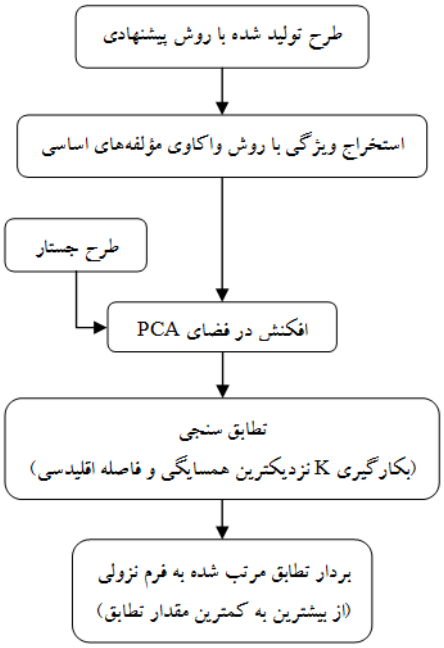
بعد از ایجاد طرح چهره با روش پیشنهادی، لازم هست تا بین طرح تولیدی و طرح هنرمند متناظر با عکس چهره در پایگاه داده، مقایسه‌ای صورت گیرد. برای انجام مقایسه، تطابق بین آن دو اندازه‌گیری می‌شود. از این رو، درصد تطابق به عنوان معیار ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی استفاده می‌شود. بنابراین، دو مرحله استخراج ویژگی[3] و تطابق[4] اجرا می‌شود. در مرحله استخراج ویژگی از دو روش مختلف، واکاوی مؤلفه‌های اساسی (PCA) [۱۶] و تحلیل جداساز خطی (LDA) [۱۷]، استفاده می‌شود. سپس در مرحله تطابق با استفاده از روش تخمین KNN[5] و محاسبه فاصله اقلیدسی[6] طبق رابطه ۱ [۱۸]، مقدار تشابه[7] طرح تولید شده با طرح هنرمند بررسی و تطبیق انجام می‌شود تا بردار تطابق[8] بدست آید.

[1] Blurring Filter
[2] Spatial Resolution
[3] Feature Extraction
[4] Matching
[5] K Nearest Neighbor
[6] Euclidean Distance
[7] Similarity Value
[8] Matching Vector

[Downloaded from jnsee.sut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23223146.1398.6.1.2.7]

$$D((a,b) = \left(\sum_{k=1}^{d}(a_k - b_k)^2\right)^{0.5} \qquad (۱)$$

در رابطه ۱، a و b نقاط مفروض، d بعد ویژگی‌ها و D فاصله اقلیدسی بین دو نقطه است. شکل ۷ بلوگ دیاگرام مربوط به ارزیابی و تطابق بین طرح‌ها را با استفاده از روش واکاوی مؤلفه‌های اساسی برای استخراج ویژگی، نشان می‌دهد.



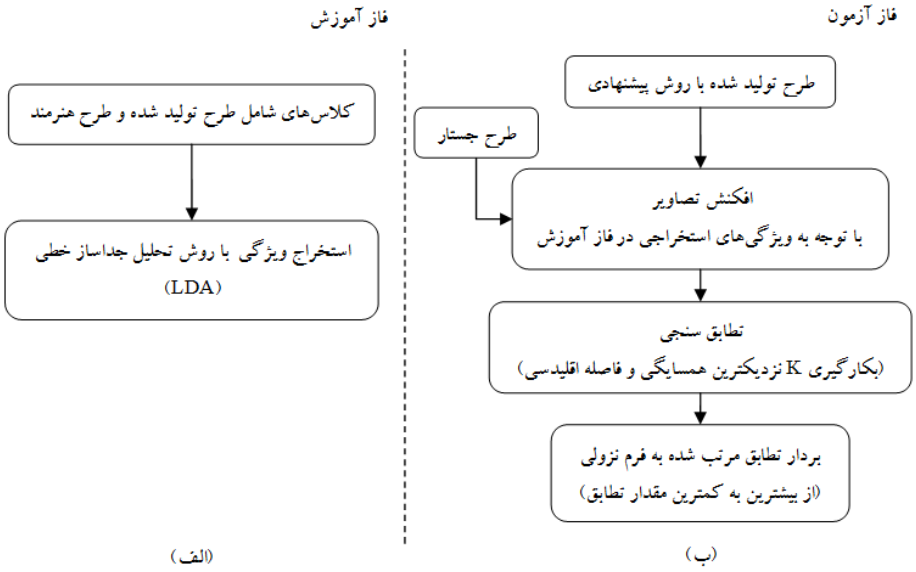
شکل ۷. بلوک دیاگرام ارزیابی و تطابق بین طرح‌ها با استخراج ویژگی به روش واکاوی مؤلفه‌های اساسی.

با توجه به اینکه بعد بالای ویژگی‌ها باعث پیچیدگی محاسباتی و تجسم فکری می‌شود، پس یک راه حل برای رهایی از بعد بالا، ترکیب خطی ویژگی‌ها است. اما این کار منجر به حذف اطلاعات مربوط به برخی ویژگی‌های چهره خواهد شد. به‌طور مثال، نواحی بینی و لب‌ها در چهره‌ها به خوبی تشخیص داده نمی‌شوند. راه حل دیگر، آن هست که داده‌های ابعاد بالاتر به روی یک سطح با ابعاد پایین‌تر افکنش داده شوند. در حقیقت PCA تلاش می‌کند تا بعد داده‌ها را با یافتن ترکیب‌های خطی متعامد کمتری از مقادیر اصلی با بزرگترین واریانس کاهش دهد. چنین تبدیلی می‌تواند داده‌ها را توسط تعداد کاهش یافته‌ای از ویژگی‌های مؤثر ارایه نماید، در حالی که هنوز محتوی اطلاعات ذاتی حفظ شده است. این روش به هیچ‌گونه اطلاعات قبلی از الگوهای نمونه یا توزیع کلاس‌ها نیاز ندارد و هدف آن به حداقل رساندن خطای بازسازی هست. در روش PCA، افکنشی بکار برده می‌شود که می‌تواند داده‌ها را از نظر کمترین مربع به صورت بهتری ارایه کند. استفاده از آن باعث می‌شود تا به ویژگی‌های کلی چهره اهمیت بیشتری داده شود. با توجه به ویژگی‌های استخراجی با روش PCA، طرح چهره تولید شده روی طرح جستار افکنش داده می‌شود. به‌عبارتی، طرح هنرمند در پایگاه داده به عنوان یک تصویر جستار فرض شده و با طرح تولید شده، تطابق داده می‌شود. برای این کار از روش K نزدیکترین همسایگی با فاصله اقلیدسی استفاده شده و بردار تطابق تولید می‌شود. درایه‌های این بردار با توجه به مقدار تشابه، به صورت نزولی مرتب می‌شوند.

برای اینکه تأثیر تغییر روش استخراج ویژگی در نتیجه کار بررسی شود، از تکنیک دیگری استفاده می‌شود. در ادامه، روش تحلیل جداساز خطی یا LDA برای استخراج ویژگی‌های طرح‌ها، بکار برده می‌شود. تحلیل جداساز خطی یا LDA، بیانگر افکنش داده‌ها

[Downloaded from jnsee.sut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23223146.1398.6.1.2.7]

از d بعد (بعد ویژگی‌ها) بر روی یک خط است. بنابراین، با فرض وجود دو کلاس متفاوت ۱ و ۲ برای داده‌ها، ابتدا میانگین نمونه‌های هر کلاس محاسبه شده و به ترتیب m_1 و m_2 نام‌گذاری می‌شوند. سپس، ماتریس پراکندگی[1] هر کلاس نیز محاسبه شده و با S_1 و S_2 بیان می‌شوند. مجموع دو ماتریس S_1 و S_2، ماتریس پراکندگی درون کلاسی نامیده شده و با نماد S_W نشان داده می‌شود. ماتریس S_W متناسب با ماتریس کوواریانس نمونه‌ها برای داده‌های d بعدی جدید هست که متقارن و نیمه معین مثبت بوده و با فرض اینکه تعداد مشاهدات خیلی بزرگتر از تعداد ویژگی‌ها باشد، به‌طور یقین یک ماتریس معکوس‌پذیر خواهد بود. با چنین فرض معقولی ماتریس مذکور اغلب نامنفرد است. همچنین نماد S_B را برای نمایش ماتریس بین‌کلاسی در نظر گرفته و به صورت $(m_1 - m_2)(m_1 - m_2)^t$ محاسبه می‌شود. ماتریس S_B نیز نیمه معین مثبت بوده و برای هر W مفروضی $S_B \times W$ در راستای اختلاف میانگین داده‌های دو کلاس بوده و به‌طور کامل نامنفرد هم هست. در واقع، LDA ویژگی‌های تصویر را با افکنش مجموعه آزمون در فضای مجموعه آموزش استخراج کرده و بهترین جداسازی بین دو مجموعه افکنش شده را ارایه می‌کند. این روش از استخراج ویژگی، به ساختار خوشه‌ها اهمیت داده و به صورت با نظارت اجرا می‌شود که نیاز به مجموعه‌های آموزش و آزمون دارد. با توجه به شکل ۸ و بلوک دیاگرام‌های نشان داده شده در فاز آموزش، کلاس‌ها شامل تصاویر طرح هنرمند و طرح تولید شده می‌باشند که ویژگی‌های آنها با روش LDA استخراج می‌شود. در فاز آزمون با توجه به ویژگی‌های استخراجی از فاز آموزش، طرح تولید شده روی طرح جستار افکنش داده می‌شود. در حقیقت، هر طرح هنرمند در پایگاه داده به عنوان یک تصویر جستار فرض شده و با طرح تولید شده، تطابق داده می‌شود. برای این کار نیز از روش K نزدیکترین همسایگی با فاصله اقلیدسی استفاده می‌شود. بعد از اجرای فاز تطابق، بردار تطابق تولید شده و درایه‌های آن با توجه به مقدار تشابه، به‌طور نزولی مرتب می‌شوند. در اینجا، تعداد تصاویر مجموعه‌های آموزش و آزمون به ترتیب شامل ۱۳۰ و ۵۸ جفت از تصاویر پایگاه داده چهره CUHK می‌باشند.



شکل ۸. بلوک دیاگرام تطابق بین طرح‌ها با استخراج ویژگی به روش تحلیل جداساز خطی.(الف) مرحله آموزش (ب) مرحله آزمون.

[1]Scatter Matrix

[Downloaded from jnsee.sut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23223146.1398.6.1.2.7]

بعد از استخراج ویژگی‌های چهره، یک تکنیک غیرپارامتری برای مرحله تطابق استفاده می‌شود. در حالت کلی، روش‌های غیرپارامتری دارای توزیع‌های دلخواهی هستند. به‌همین دلیل، تخمین چگالی شرطی وابسته به کلاس با استفاده از روش تخمین K نزدیکترین همسایگی و محاسبه فاصله اقلیدسی پیاده‌سازی می‌شود. اگر فرض شود n تعداد مجموعه‌ها از نمونه‌های d بعدی ویژگی‌ها، شامل هر دو کلاس بوده و حجم سلول تابعی از داده‌ها باشد، آنگاه بعد از قرار دادن مرکز سلول حول نمونه دلخواه، رشد داده می‌شود تا اینکه به تعداد K_n نمونه را در برگیرد. در واقع، K_n تابعی از n است. با این کار، K_n نزدیکترین همسایه از نمونه مربوطه پیدا می‌شوند. برای انتخاب K_n در صورتی که چگالی نزدیک به نمونه زیاد باشد، سلول کوچک و روزلوشن خوبی فراهم می‌شود. اما بر عکس، اگر چگالی نزدیک نمونه پایین باشد، سلول بزرگ خواهد شد و زمانی رشد متوقف می‌شود که به چگالی بالایی برسد. در نتیجه، اگر مقدار K بزرگ باشد و سلول به اندازه کافی کوچک، کارآیی به حداکثر خواهد رسید. از این رو، هر چه عدد K بزرگ باشد، احتمال طبقه‌بندی اشتباه نیز کمتر می‌شود. از طرفی بایستی K نسبت به تعداد نمونه‌ها کوچک باشد تا نقاط به اندازه کافی نزدیک به نمونه بوده و یک برآورد دقیقی از کلاس واقعی نمونه، پیدا شود. بنابراین نیاز به اندازه‌گیری فاصله نمونه نامعلوم از تک تک نمونه‌ها خواهد بود تا با توجه به فاصله‌ها، برچسب زنی نمونه نامعلوم به‌طور مناسب انجام شود.

۳-۲- ارزیابی پارامترها

روش پیشنهادی ما دارای دو پارامتر مهم و قابل تنظیم است که تغییر در آنها روی عملکرد سیستم، تأثیر می‌گذارد. این پارامترها عبارتند از: تغییر نوع روش استخراج ویژگی و میزان تطابق. در اینجا، پارامتر میزان تطابق با نماد اختصاری cv[1] نشان داده می‌شود که تعداد تصاویر طرح چهره از پایگاه داده با بیشترین تشابه به طرح چهره تولید شده را بیان می‌کند. از این‌رو، برای ارزیابی پارامترهای اشاره شده و بررسی تأثیر توابع فاصله‌سنجی، آزمایش‌هایی را ترتیب داده و نتایج هریک مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

۳-۳- تأثیر تغییر نوع روش استخراج ویژگی

در آزمایش اول، تأثیر تغییر روش استخراج ویژگی بررسی می‌شود. برای این کار بلوک دیاگرامی که در شکل ۷ نشان داده شد، در نظر گرفته شده و با بکارگیری روش واکاوی مؤلفه‌های اساسی برای استخراج ویژگی، بردار تطابق بدست می‌آید. سپس، مقادیر درایه‌های بردار حاصل بر اساس میزان تطابق، از بیشترین به کمترین مقدار تشابه مرتب می‌شوند. به‌ازای مشابه‌ترین تصویر جستجو شده ($\mathbf{cv = 1}$)، درصد تطابق روش پیشنهادی برابر با ۸۰ است. در آزمایش دوم، از روش دیگری برای استخراج ویژگی استفاده می‌شود. به‌عبارتی دیگر، روش تحلیل جداساز خطی را جایگزین نموده و بردار تطابق محاسبه می‌شود. طبق بلوک دیاگرام شکل ۸، در این روش نیاز به داده‌های آموزشی است. بنابراین، تعداد ۱۳۰ جفت از تصاویر طرح چهره هنرمند و طرح چهره تولید شده برای مرحله آموزش و بقیه برای مرحله آزمون اختیار می‌شوند. مراحل آموزش و آزمون را اجرا نموده و بردار تطابق به صورت نزولی مرتب می‌شود. نتایج عمل تطبیق در قالب بردار تطابق از مشابه‌ترین تا نامشابه‌ترین طرح چهره در دو گروه جداگانه، دسته‌بندی می‌شوند. از این رو، حذف داده‌های غیرمؤثر نیاز هست تا نتایج حاصل از آزمایش محدود شود. به‌عبارتی، برای محدودسازی نتایج و افزایش سرعت عملیات تولید چهره تصاویر نامشابه و یا با شباهت کمتر حذف می‌شوند. بهمین دلیل پارامتر **cv** در شباهت‌سنجی دخالت داده می‌شود. نتایج آزمایش دوم نشان می‌دهد که به‌ازای مشابه‌ترین طرح چهره، درصد تطابق روش پیشنهادی برابر با ۹۰

[1] Correlation Value (Matching Value)

[Downloaded from jnsee.sut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23223146.1398.6.1.2.7]

است. با توجه به نتایج آزمایش‌های این بخش ملاحظه می‌شودکه با تغییر نوع روش استخراج ویژگی، سیستم پیشنهادی به میزان ۱۰ درصد بهتر عمل می‌کند. اما به علت اجرای فرآیند به‌صورت با ناظر، زمان بیشتری لازم دارد.

۳-٤- تأثیر پارامتر میزان تطابق

اکنون تأثیر پارامتر cv مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این کار، نیاز به تکرار آزمایش‌های قبل است. با این تفاوت که در هر کدام از آزمایش‌ها پارامتر cv به ترتیب ۳، ۵ و ۷ اختیار می‌شود. همچنانکه در زیر بخش ۳-۲ اشاره شده است، پارامتر مذکور تعداد طرح‌های با بیشترین تشابه را بیان می‌کند. به عنوان مثال اگر پارامتر cv برابر با پنج شود، یعنی از بردار تطابق بدست آمده پنج تصویر اول که بیشترین تشابه را دارند، انتخاب می‌شوند. بدون در نظر گرفتن نوع روش استخراج ویژگی، آزمایش‌ها نشان می‌دهند که با افزایش مقدار پارامتر cv، عملکرد سیستم پیشنهادی بهبود پیدا می‌کند. در واقع، افزایش مقدار پارامتر cv منجر به افزایش دقت شناسایی در یک سیستم تشخیص هویت می‌شود. بر اساس نتایج آزمایش‌ها در جدول ۱، ملاحظه می‌شود که بیشترین درصد تطابق با هر دو نوع روش استخراج ویژگی در سیستم پیشنهادی به‌ازای انتخاب هفت طرح مشابه از بردار تطابق حاصل می‌شود. همچنین نتایج نشان می‌دهند که بیشترین بهبودی در عملکردی سیستم پیشنهادی با تغییر نوع روش استخراج ویژگی از PCA به LDA بوده و به‌ازای انتخاب مشابه‌ترین طرح حاصل می‌شود.

جدول ۱. درصد تطابق روش پیشنهادی با افزایش پارامتر cv.

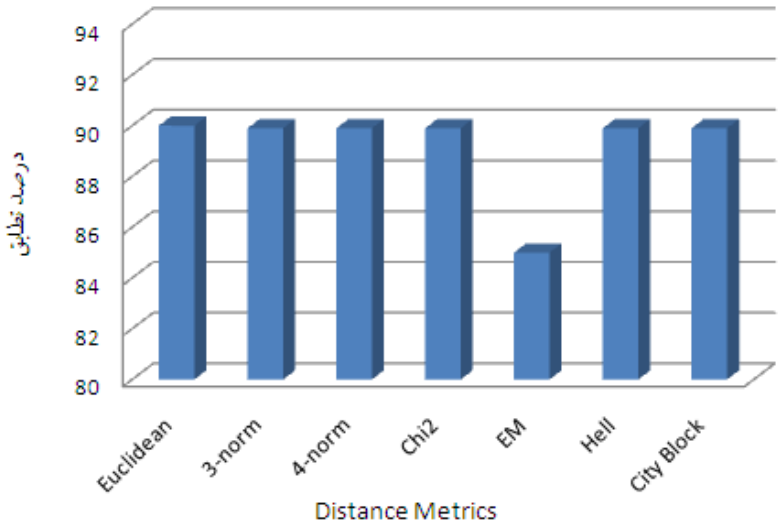
درصد تطابق روش پیشنهادی با LDA	درصد تطابق روش پیشنهادی با PCA	پارامتر (cv)
٪ ۹۰	٪ ۸۰	۱
٪ ۹۳	٪ ۸۶	۳
٪ ۹۶	٪ ۹۲	۵
٪ ۹۸	٪ ۹۴	۷

۳-۵- تأثیر معیارها و توابع فاصله

در این قسمت تأثیر روش‌های فاصله‌سنجی مانند توابع اقلیدسی، 3-norm، 4-norm، مجذورکای[1]، Hell[2]، EM[3] و City Block مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرد [۱۹-۲۱]. همان‌طور که در شکل ۹ نشان داده شده است، تابع فاصله اقلیدسی نسبت به سایر فاصله‌ها بهتر عمل می‌کند. هر چندکه فاصله‌های 3-norm، 4-norm، مجذور کای، Hell و City Block نیز به‌طور تقریبی عملکرد مشابهی با فاصله اقلیدسی دارند. فاصله EM نسبت به فاصله‌های دیگر کمی ضعیف‌تر ظاهر می‌شود. فاصله اقلیدسی علاوه بر برتری در تطابق‌سنجی تصاویر، بسیار ساده و سریع است. بنابراین فاصله اقلیدسی برای تطابق‌سنجی و روش KNN استفاده می‌شود.

[1] Chi squared Distance
[2] Hellinger Distance
[3] Earth Mover Distance

[Downloaded from jnsee.sut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23223146.1398.6.1.2.7]



شکل ۹. تأثیر معیارها و توابع مختلف فاصله بر روی نتایج آزمایش با روش پیشنهادی.

٤- مقایسه نتایج روش پیشنهادی با برخی از کارها

٤-١- مقایسه کیفی و کمی نتایج

در این زیر بخش، طرح ایجاد شده با روش پیشنهادی با برخی روش‌های شناخته شده در تولید چهره، مورد بررسی و مقایسه قرار می‌گیرد. برای این کار، از روش‌های بنچ مارک حاوی پایگاه داده CUHK و معیارهای ارزیابی مشابه که بتوانند امکان مقایسه خوبی با روش پیشنهادی را فراهم کنند، استفاده می‌شود. با توجه به اینکه تصاویر پایگاه داده CUHK در شرایط طبیعی و تمام رخ تصویربرداری شده‌اند، از این رو، مقایسه‌ها بدون در نظر گرفتن تغییر وضعیت چهره افراد و تغییر نوردهی تصاویر، انجام شده است. همچنین در این پایگاه داده از اثر تغییرات غیرخطی وابسته به ظاهر چهره‌ها مانند رنگ پوست و سن افراد صرفنظر شده است. در ادامه، مقادیر پارامترهای کیفی از جمله شاخص شباهت ساختاری[1] [۲۲] یا SSIM، شاخص شباهت ویژگی[2] [۲۳] یا FSIM، انحراف شباهت اندازه گرادیان[3] [۲۴] یا GMSD و ارزیابی اطلاعات بصری[4] [۲۵] با نماد اختصاری VIF برای روش پیشنهادی ارایه می‌شوند. تمام روش‌ها در یک کامپیوتر ثابت با پردازنده دو هسته‌ای، سرعت ۲/۲ گیگاهرتز، حافظه ۴ گیگابایت و با نرم‌افزار متلب بر روی تصاویر چهره پایگاه داده CUHK پیاده‌سازی شده‌اند. پارامتر cv، طوری در نظر گرفته شده است که فقط مشابه‌ترین طرح از بردار تطابق انتخاب شود. در آزمایش نخست، مقایسه‌ای بر اساس تغییر نوع روش استخراج ویژگی انجام می‌شود. برای این کار، از روش تبدیلات ویژه و روش کدهای خطی محلی(LLE) با نسخه‌های مختلف استخراج ویژگی استفاده می‌شود. با توجه به وجود داده‌های مورد نیاز و معیارهای ارزیابی بکار رفته در روش‌های بنچ مارک اشاره شده، امکان مقایسه با روش پیشنهادی فراهم می‌شود. جدول ۲ نتایج آزمایش‌ها را نشان می‌دهد که در آن درصد تطابق مربوط به هر روش با توجه به نوع روش استخراج ویژگی محاسبه شده است.

[1] Structural Similarity Index Metric
[2] Feature Similarity Index Metric
[3] Gradient Magnitude Similarity Deviation
[4] Visual Information Fidelity

[Downloaded from jnsee.sut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23223146.1398.6.1.2.7]

جدول ۲. درصد تطابق روش‌های مختلف تولید چهره از تصویر نمونه بر اساس نوع استخراج ویژگی.

نام روش تولید چهره	نوع روش استخراج ویژگی	درصد تطابق
روش تبدیلات ویژه	Baysian	٪ ۸۱
روش تبدیلات ویژه	PCA	٪ ۷۵
روش LLE	KNLDA	٪ ۸۷
روش LLE	LDA	٪ ۸۴
روش پیشنهادی	PCA	٪ ۸۰
روش پیشنهادی	LDA	٪ ۹۰

بر اساس اطلاعات جدول ۲، ملاحظه می‌شود که بیشترین درصد تطابق با روش پیشنهادی مبتنی بر LDA بوده و برابر با ۹۰ ٪ بدست می‌آید. در مقایسه با سایر کارها، درصد تطابق روش پیشنهادی مبتنی بر PCA نیز در حد قابل قبول است. البته، اشاره شد که این مقایسه از نظر تغییر نوع روش استخراج ویژگی و با تکنیک‌های مختلف انجام شده است. در صورتی که مدت زمان اجرای فرآیند تولید چهره نیز در نظر گرفته شود، روش پیشنهادی مبتنی بر واکاوی مؤلفه‌های اساسی یا همان PCA، مناسب‌ترین گزینه است. زیرا، روش مذکور به صورت بدون نظارت اجرا شده و به همین علت مدت زمان زیادی برای اجرای فرآیند تلف نمی‌کند. در آزمایش بعدی، شاخص‌های کیفی کلاسیک و پیشرفته برای روش پیشنهادی و برخی از آخرین فناوری‌ها محاسبه شده و در جدول ۳ مقایسه می‌شوند. نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که چهره تولید شده با روش پیشنهادی از نظر شباهت‌های ساختاری و ویژگی‌ها، تفاوت چندانی با سایر کارها ندارد. اما، اطلاعات بصری بالاتری نسبت به بقیه دارد و به این دلیل ویژگی‌های برجسته چهره را بیشتر از سایر کارها حفظ می‌کند.

جدول ۳. شاخص‌های کیفی کلاسیک و پیشرفته برای مقایسه روش پیشنهادی با روش‌های مختلف تولید چهره

نام روش تولید چهره	SSIM	FSIM	GMSD	VIF
روش تبدیلات ویژه	۰/۶۰۹	۰/۷۰۸	۰/۲۴۳	۰/۹۱۰
روش MRF	۰/۶۰۰	۰/۷۲۴	۰/۲۵۲	۰/۹۲۱
Peng et al. [۲۶]	۰/۵۱۳	۰/۷۳۴	–	۰/۸۶۰
روش MWF	۰/۶۱۹	۰/۷۳۶	۰/۲۴۰	۰/۹۰۶
روش SSD	۰/۶۲۵	۰/۷۱۷	۰/۲۴۴	۰/۹۰۲
روش LLE	۰/۵۹۹	۰/۷۱۳	۰/۲۵۳	۰/۹۰۷
Radman et al. [۲۷]	–	۰/۶۴۸	–	–
روش پیشنهادی	۰/۶۰۱	۰/۶۹۹	۰/۲۴۸	۰/۹۷۵

[Downloaded from jnsee.sut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23223146.1398.6.1.2.7]

در شکل ۱۰ تصاویر ایجاد شده از عکس چهره نمونه با روش پیشنهادی و برخی از آخرین فناوری‌ها نشان داده شده است. بر اساس نتایج آزمایش‌های قبل و بررسی‌های ادراکی، ملاحظه می‌شود که طرح تولید شده با روش پیشنهادی وضوح بهتر و تطابق بیشتری نسبت به روش‌های دیگر دارد و از این رو، می‌تواند تشخیص هویت افراد را تسهیل کند.

(۱) (۲) (۳) (۴) (۵)

شکل ۱۰. مقایسه طرح تولید شده با روش پیشنهادی و برخی از آخرین فناوری‌ها. (۱) تصویر اصلی (۲) طرح تولید شده با روش LLE [۶] (۳) طرح تولید شده با روش تبدیلات ویژه [۳] (۴) طرح تولید شده با روش پیشنهادی (۵) طرح هنرمند.

٤-۲- مقایسه مدت زمان اجرای فرآیند تولید چهره

اکنون هدف آن است که مدت زمان اجرای تولید چهره با روش پیشنهادی محاسبه شود. همچنین زمان محاسبه شده با مدت زمان اجرای روش‌های دیگر از جمله روش تبدیلات ویژه، LLE، MRF، MWF، SSD و مراجع [۲۸-۳۱] مقایسه می‌شود. برای این کار، تمام روش‌ها در یک کامپیوتر ثابت با پردازنده دو هسته‌ای، سرعت ۲/۲ گیگاهرتز، حافظه ۴ گیگابایت و با نرم‌افزار متلب بر روی تصاویر چهره پایگاه داده CUHK پیاده‌سازی شده‌اند. جدول ۴ متوسط زمان اجرا شده برای تولید چهره از یک عکس نمونه را با روش‌های مختلف نشان می‌دهد. نتایج بیانگر آن است که مدت زمان اجرا برای تولید چهره با روش‌های اشاره شده خیلی بیشتر از روش پیشنهادی است. زیرا، همواره وابسته به مقیاس و تعداد داده‌های آموزش بوده و برای یاددهی داده‌ها نیز به زمان نیاز دارند.

در بیشتر روش‌های تولید چهره، مدت زمان اجرا و پیچیدگی محاسبات به فرآیند انتخاب همسایگی وابستگی دارند. آخرین فناوری‌ها، این عملیات را برای داده‌های مؤثر با جستجوی نزدیکترین همسایگی اجرا می‌کنند. به‌همین دلیل، مدت اجرای فرآیند تولید چهره در آنها افزایش می‌یابد. همچنین برای انتخاب تکه همسایه مناسب، به بررسی تمام داده‌های آموزشی نیاز دارند. از این رو، هرچه تعداد داده‌های آموزشی بیشتر شود، پیچیدگی محاسباتی آنها افزایش می‌یابد. در ادامه کار، مقایسه‌ای بین پیچیدگی محاسباتی روش پیشنهادی با مدل‌های بنچ مارک و آخرین فناوری‌ها از جمله LLE، MRF، MWF، SSD، بر اساس معیار Big O notation انجام شد. نتایج نشان می‌دهند که پیچیدگی محاسباتی روش‌های اشاره شده، $O(cp^2MN)$ است که در آن c

[Downloaded from jnsee.sut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23223146.1398.6.1.2.7]

تعداد انتخاب‌های ممکن در ناحیه جستجو، p اندازه تکه انتخابی، M تعداد تکه‌های هر تصویر، N تعداد جفت تصاویر عکس و طرح آموزشی هستند. با توجه به اینکه روش پیشنهادی ما مبتنی بر PCA نیاز به اجرای فرآیند آموزش ندارد، پیچیدگی آن ثابت و به صورت O(1) است. بنابراین، کمترین زمان با پیچیدگی ثابت برای اجرای فرآیند تولید چهره از تصویر نمونه مربوط به این روش است. از این رو، سریع‌ترین و مناسب‌ترین روش در مقایسه با روش‌های اشاره شده است و همین برتری نسبی آن را نشان می‌دهد.

جدول ۴. متوسط زمان اجرا برحسب ثانیه برای تولید چهره با روش‌های مختلف روی تصاویر چهره پایگاه CUHK.

نام روش تولید چهره	متوسط زمان اجرا شده برای تولید چهره (برحسب ثانیه)
روش تبدیلات ویژه	۷۴
روش MRF	۵۹
روش MWF	۴۶
روش SSD	۳۷
X. Li and X. Cao [۲۸]	< ۳۵
Y. Dang et al. [۲۹]	۵۷/۴۷
C. Cao et al. [۳۰]	> ۲۵۰
W. Zhang et al. [۳۱]	۱۲۰
روش LLE	۵۳۶
روش پیشنهادی	۱۰

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله، یک قالب ساده و مؤثر برای تولید چهره از تصویر نمونه بر اساس روش‌های ریخت‌شناسی مقیاس خاکستری ارایه شد. استفاده از روش بدون ناظر PCA برای یافتن درصد تطابق چهره تولید شده با روش پیشنهادی، منجر به افزایش سرعت کار می‌شود. زیرا برعکس تکنیک‌های رایج، دیگر نیازی به جستجوی داده‌ها در مجموعه آموزشی وجود ندارد. از طرفی، روش ریخت‌شناسی مقیاس خاکستری و در کنار آن بکارگیری فرآیند تشخیص موی چهره، تضمین‌کننده آن هستند که ویژگی‌های غالب از عکس چهره با وضوح بهتر و بدون تأثیر نور انعکاسی محیط، باکیفیت مناسب نمایش داده شوند. بنابراین، آزمایش‌های مختلفی شامل بررسی‌های ادراکی از طرح‌های چهره تولید شده و تطابق‌سنجی بین تصاویر، ترتیب داده شد. بر اساس این آزمایش‌ها، روش پیشنهادی در برابر تغییر نوع روش استخراج ویژگی و افزایش پارامتر میزان تطابق (cv) تأثیرپذیر بوده و بهبود عملکرد در نتیجه کار، نشان داده شد. در بهترین حالت با تغییر نوع روش استخراج ویژگی از PCA به LDA، درصد تطابق ۹۰ حاصل شد. اما مدت زمان اجرای تولید چهره به دلیل استفاده از تکنیک با ناظر افزایش یافت. همچنین بررسی چهره‌های ساخته شده با شاخص و پارامترهای کیفی کلاسیک و پیشرفته نشان داد که روش پیشنهادی با تکنیک بدون ناظر در تطابق‌سنجی از نظر شباهت‌های ساختاری و ویژگی‌ها، تفاوت چندانی با سایر کارها ندارد. اما اطلاعات بصری بالاتری نسبت به بقیه داشته و به‌همین

[Downloaded from jnsee.sut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23223146.1398.6.1.2.7]

دلیل ویژگی‌های برجسته چهره را بیشتر از سایر کارها حفظ می‌کند. علاوه بر آن، مقایسه از نظر پیچیدگی محاسباتی و مدت زمان اجرا برای تولید چهره‌ها نشان داد که این روش مناسب‌تر و سریع‌تر از کارهای دیگر بوده و در مدت زمان کمتری طرح چهره از عکس نمونه را ایجاد می‌کند. موارد اشاره شده اثر بخشی و برتری روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.

در روش پیشنهادی تغییرات غیرخطی شدید مانند رنگ پوست و سن افراد که اغلب وابسته به ظاهر چهره‌ها هستند، می‌توانند فرآیند تولید چهره را با چالش روبرو کنند. در ادامه این تحقیق و به عنوان کارهای بعدی، در نظر است تا قالب روش پیشنهادی روی تصاویر چهره‌های پایگاه داده دیگر مورد مطالعه قرار گرفته و خروجی روش پیشنهادی بر روی چهره اشخاص با نژادهای پوستی مختلف، با سنین متفاوت و حتی از نظر ظاهری با مدل موهای متفاوت بررسی شود. در واقع، هدف آن است تا روش پیشنهادی با ترکیب بیشتر ویژگی‌های مقاوم بهبود داده شود.

مراجع

[1] S. Elliott, S. Massie, and Sutton"The Perception of Biometric Technology A Survey", IEEE, 2007, 259-264.
[2] N. Wang, D. Tao, X. Gao, and X. Li, "A comprehensive survey to face hallucination" International Journal of Computer Vision, 2014, Vol. 31, No. 1, pp. 9–30.
[3] X. Tang and X. Wang, "Face Sketch Synthesis and Recognition", Proc. IEEE Int'l Conf. Computer Vision, 2003.
[4] X. Tang and X. Wang, "Face sketch recognition" IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2004, Vol. 14, No. 1, pp. 1–7.
[5] L. Zhang, L. Lin, X. Wu, S. Ding, and L. Zhang, "End-to-end photo-sketch generation via fully convolution representation learning" in Proceedings of the 5th ACM on International Conference on Multimedia Retrieval, 2015, pp. 627–634.
[6] Q. Liu, X. Tang, H. Jin, H. Lu, and S. Ma, "A nonlinear approach for face sketch synthesis and recognition" in Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, , 2005, pp. 1005–1010.
[7] S. Roweis and L. Saul, "Nonlinear dimensionality reduction by locally linear embedding" Science, 2000, Vol. 290, No. 5500, pp. 2323–2326.
[8] Y. Song, L. Bao, Q. Yang, and M. Yang, "Real-time exemplar-based face sketch synthesis" in Proceedings of European Conference on Computer Vision, 2014, pp. 800–813.
[9] X. Gao, N. Wang, D. Tao, and X. Li, "Face sketch-photo synthesis and retrieval using sparse representation" IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2012, Vol. 22, no. 8, pp. 1213–1226.
[10] J. Wright, Y. Ma, J. Mairal, G. Sapiro, T. Huang, and S. Yan, "Sparse representation for computer vision and pattern recognition" Proceedings of the IEEE, 2010, Vol. 98, no. 6, pp. 1031–1044.
[11] S. Wang, L. Zhang, Y. Liang, and Q. Pan, "Semi-coupled dictionary learning with applications to image super-resolution and photo-sketch synthesis" in Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2012, pp. 2216–2223.
[12] X. Wang and X. Tang, "Face photo-sketch synthesis and recognition" IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2009, Vol. 31, no. 11, pp. 1955–1967.
[13] H. Zhou, Z. Kuang, and K. Wong, "Markov weight fields for face sketch synthesis" in Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2012, pp. 1091–1097.
[14] C. Peng, X. Gao, N. Wang, D. Tao, X. Li, and J. Li, "Multiple representations-based face sketch-photo synthesis" IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 2016, Vol. 27, no. 11, pp. 2201–2215.
[15] http://mmlab.ie.cuhk.edu.hk/facesketch.html
[16] I. Jolliffe, Principal component analysis. New York, Springer, 2002.

[Downloaded from jnsee.sut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23223146.1398.6.1.2.7]

[17] Mu Zhu, "Feature Extraction and Dimension Reduction with Applications to Classification and the Analysis of Co-occurrence Data, "submitted to the department of statistics and the committee on graduate studies of Stanford university, June 2001.
[18] Richard O. Duda, Peter E. Hart, David G. Stork, "Pattern classification", Wiley, 2001, pp. 187-188.
[19] Prasath V.B. Surya, Alfeilat H.A., Lasassmeh Omar, Hassanat Ahmad, "Distance and Similarity Measures Effect on the Performance of K-Nearest Neighbor Classifier ", Elsevier, August 2017.
[20] Miller Philip, Lyle Jamie, "The Effect of Distance Measures on the Recognition Rates of PCA and LDA Based Facial Recognition", Clemson University, 2010.
[21] Kokare Manesh, Chatterji B.N. and Biswas P.K., "Comparison of Similarity Metrics for Texture Image Retrieval", IEEE, 2003.
[22] Zhou Wang, Alan Conrad Bovik, Hamid Rahim Sheikh, and Eero P. Simoncelli, "Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity", IEEE Transacctions on Iamge Processing, April 2004, VOL. 13, NO.4.
[23] Lin Zhang, Lei Zhang, Xuanqin Mou, and David Zhang, "A Feature Similarity Index for Image Quality Assessment", IEEE Transacctions on Iamge Processing, August 2011, VOL.20, NO.8.
[24] Wufeng Xue, Lei Zhang, Xuanqin Mou, and Alan C. Bovik, "Gradient Magnitude Similarity Deviation: A Highly Efficient Perceptual Image Quality Index", IEEE Transacctions on Iamge Processing, February 2014, VOL.23, NO.2.
[25] Hamid Rahim Sheikh, and Alan C. Bovik, "Image Information and Visual Quality", IEEE Transacctions on Iamge Processing, February 2006, VOL.15, NO.2.
[26] C. Peng, X. Gao, N. Wang, D. Tao, X. Li, and J. Li, "Multiple Representations-Based Face Sketch–Photo Synthesis", IEEE Transacctions on Neural Networks and Learning Systems, 2015.
[27] A. Radman, S. A. Suandi, "Robust face pseudo-sketch synthesis and recognition using morphological-arithmetic operations and HOG-PCA", Multimedia Tools and Applications, February 2018.
[28] X. Li, and X. Cao, "A Simple Framework for Face Photo-Sketch Synthesis", Mathematical Problems in Engineering Volume 2012, pp. 1-19.
[29] Y. Dang, F. Li, Z. Li, and W. Zuo, "Detail-Enhanced Cross-Modality Face Synthesis via Guided Image Filtering", Communications in Computer and Information Science Computer Vision, 2015, pp. 200–209.
[30] C. Gao, B. Sheng, and R. Shen, "Structure-Preserved Face Cartoonization", Neural Information Processing Lecture Notes in Computer Science, 2017, pp. 622-631.
[31] W. Zhang, X. Wang, and X. Tang, "Lighting and Pose Robust Face Sketch Synthesis", Computer Vision – ECCV 2010 Lecture Notes in Computer Science, 2010, pp. 420-433.

[Downloaded from jnsee.sut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23223146.1398.6.1.2.7]