Scientific Journal of Electronic & Cyber Defense
Vol. 11, No. 4, Winter 2024, Serial No. 44
ISSN: 2322-4347 , E-ISSN: 2980-8979

Modular Human Face Recognition Method based on Principal Component Analysis and Mahalanobis Distance

Ali Reza Shojaefard*, Hamid Reza Yazdani , Ramin Nasiri

* Assistant Professor, Department of Mathematics and Statistics ،Faculty and Institute of Basic Sciences, Imam Hossein Comprehensive University, Tehran, Iran

(Received: 2023/07/05, Revised: 2023/12/05, Accepted: 2023/12/18, Published: 2024/01/18)

DOR: https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224347.1402.11.4.8.5

ABSTRACT

The principal component analysis (PCA) method is one of the well-known dimensional reduction methods, The PCA has many applications in big data analysis from various fields. PCA is an essential method for image processing that is used directly or after several stages of preprocessing and in combination with other methods. Face recognition methods based on principal component analysis have many applications in face detection and recognition. In this paper, we present a cost-effective algorithm for human face recognition based on principal component analysis, which combines the Mahalanobis distance with the PCA method, the ability to detect faces in the shortest possible time for low-quality and black and white images. The architect of this method is modular, and every part of it can be hybridized with other methods. The proposed method is expressed and discussed in terms of parameters for determining the complexity and computational efficiency. Overall, it can be said that the method presented compared to other methods can process images with very low resolution and color depth, is able to recognize the face based on the B&W images, has no need for robust and costly computer systems, has a modular structure, and customizable based on distance (For example, a 30 percent increase of recognition rate from 49 % to 79 % in some implementations).

Keywords: Principal Component Analysis (PCA), Face Recognition, Classifiers, Euclidean Distance, Mahalanobis Distance.

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

Publisher: Imam Hussein University © Authors

* Corresponding Author Email: ashojaeifard@ihu.ac.ir

نشریه علمی "پدافند الکترونیکی و سایبری"
سال یازدهم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲، ص۹۳-۹۸
شاپا الکترونیکی: ۸۹۷۹-۲۹۸۰ شاپا چاپی: ۴۳۴۷-۲۳۲۲

علمی – پژوهشی

روش تشخیص چهره انسانی ماژولار مبتنی بر تحلیل مؤلفه اصلی و فاصله ماهالانوبیس

علیرضا شجاعی فرد[۱]، حمیدرضا یزدانی[۲*]، رامین نصیری[۲*]

۱و۳- استادیار، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، ۲- پژوهشگر، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران.

(دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۴، بازنگری: ۱۴۰۲/۰۹/۱۴، پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۷، انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۲۸)
DOR: https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224347.1402.11.4.8.5

* این مقاله یک مقاله با دسترسی آزاد است که تحت شرایط و ضوابط مجوز Creative Commons Attribution (CC BY) توزیع شده است.

ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع) نویسندگان

چکیده

روش تحلیل مؤلفه اصلی یکی از روش‌های شناخته‌شده کاهش بعد است که دارای کاربردهای فراوانی در تجزیه‌وتحلیل کلان‌داده‌ها در زمینه‌های گوناگون می‌باشد. این روشی اساسی در پردازش تصاویر است که به‌صورت مستقیم یا بعد از چند مرحله پیش‌پردازش و در ترکیب با روش‌های دیگر به کار می‌رود. روش‌های تشخیص چهره مبتنی بر تحلیل مؤلفه اصلی دارای کاربردهای فراوانی در زمینه شناسایی و تشخیص چهره هستند. در این مقاله، الگوریتم دارای صرفه محاسباتی در زمینه تشخیص چهره انسانی مبتنی بر تحلیل مؤلفه اصلی را ارائه می‌کنیم که با ترکیب فاصله ماهالانوبیس با روش تحلیل مؤلفه اصلی، توانایی تشخیص چهره در کوتاه‌ترین زمان ممکن برای تصاویر باکیفیت پایین و حتی تصاویر سیاه‌وسفید را دارد. طراحی این روش ماژولار است و می‌توان هر بخش از آن را با روش‌های دیگر ترکیب نمود. روش بیان شده و از نظر پارامترهای مطرح در تعیین پیچیدگی و کارآمدی محاسباتی موردبحث و بررسی قرار می‌گیرد. در مجموع می‌توان گفت روش ارائه شده نسبت به روش‌های دیگر دارای توانایی پردازش تصاویر با وضوح و عمق رنگ بسیار پایین، توانایی تشخیص چهره بر مبنای پایگاه‌داده تصاویر سیاه‌وسفید، عدم نیاز به سیستم‌های رایانه‌ای نیرومند و هزینه‌بر، ساختار ماژولار، سفارشی‌سازی بر اساس فاصله و سنجه محاسبه تشابه، افزایش نرخ تشخیص ۳۰ درصدی از ۴۹ به ۷۹ درصد است.

کلیدواژه‌ها: تحلیل مؤلفه اصلی، تشخیص چهره، دسته‌بندی سازها، فاصله اقلیدسی، فاصله ماهالانوبیس

۱- مقدمه

الگوریتم‌های کامپیوتری قابلیت استفاده به‌عنوان مدل‌هایی برای شناسایی مولفه‌های چهره انسانی را دارا هستند. مقایسه مستقیم این مدل‌ها با کارایی انسان، امکان ارزیابی توانایی این مدل‌ها در بازشناخت پارامترهای زیستی انسانی را فراهم می‌نماید. سامانه‌های شناسایی و تشخیص چهره، دارای کاربردهای فراوانی در سامانه‌های احراز هویت و مسائل امنیتی هستند. از طرف دیگر، در صنعت روباتیک نیز مسائل ماشین بینایی در زمینه ایجاد درک و مفهوم مناسب انسانی برای انواع ماشین‌ها از جمله روبات‌ها کاربرد بسیاری دارند.

در این مقاله روش تشخیص چهره ماژولار مبتنی بر تحلیل مؤلفه اصلی[۱] در ترکیب بافاصله ماهلانوبیس[۲] را بیان، پیاده‌سازی و از نظر کارآیی و پیچیدگی محاسباتی مورد بررسی قرار می‌دهیم. ابتدا به‌صورت مختصر به معرفی روش تحلیل مؤلفه اصلی می‌پردازیم، سپس الگوریتم‌های تشخیص چهره مبتنی بر آن را بیان نموده و در نهایت پس از پیاده‌سازی بر اساس پارامترهای مرتبط با یکدیگر مقایسه می‌نماییم.

سازماندهی مقاله به این صورت است: در بخش ۲، به پیشینه موضوع پژوهش می‌پردازیم. بخش ۳، پیش‌نیازها و مفاهیم مورد نیاز را بیان می‌نماید. بخش ۴، تشخیص چهره براساس روش تحلیل مولفه اصلی را مورد بررسی قرار می‌دهد. بخش ۵، به بیان الگوریتم و روش اصلی ارائه شده در این مقاله پرداخته، پیاده‌سازی و اجرای الگوریتم مطرح شده و نتایج جمع‌بندی می‌شوند. در پایان، بخش ۶ شامل نتیجه‌گیری است.

۲. روش تحقیق

در سال ۱۹۸۶ تحلیل مولفه اصلی به‌عنوان یک روش کاهش بعد آماری، با حفظ اکثریت انواع ویژگی‌های مجموعه داده‌ها به صورت ابزاری کارآمد در زمینه‌های گوناگون بویژه تشخیص چهره انسانی مطرح شد. این روش به دلیل سهولت استفاده و صرفه محاسباتی بالا، به‌سرعت مورد توجه قرار گرفته و به ابزاری مهم در زمینه کاهش بعد و افزایش دقت و سرعت محاسبه و اجرای

[1] Principal Component Analysis (PCA)
[2] Mahalanobis Distance

الگوریتم تبدیل شد[۱]. این روش را کربی و سیروویچ در سال ۱۹۹۰ برای نمایش چهره به‌کار بردند. در سال ۱۹۹۱ ترک و پنتلند تحلیل مولفه اصلی را برای شناسایی چهره توسعه دادند. به‌صورت رسمی الگوریتم‌های تشخیص چهره مبتنی بر تحلیل مولفه اصلی، از سال ۱۹۹۷ مورد توجه قرار گرفته‌اند. تحلیل مولفه اصلی در زمینه‌های گوناگونی از قبیل شناسایی چهره، تشخیص چهره، دسته بندی جنسیت، تشخیص حالات چهره و زبان بدن به‌وفور به‌کار رفته است [۲].

این الگوریتم مبنای بسیاری از پروژه‌های پژوهشی در حوزه روان‌شناسی، زبان بدن و ماشین بینایی است. ازآنجاکه تحلیل مؤلفه اصلی روشی آماری برای کنترل و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها است، الگوریتم‌های تشخیص چهره مبتنی بر آن، نیازمند ساختار محاسبات پشتیبان است؛ این ساختار بر کارآیی کلی الگوریتم‌ها تأثیرگذار است.

راما و همکاران از روش تحلیل مؤلفه اصلی جزئی برای تطابق تصاویر چهره دوبعدی با داده‌های چهره سه‌بعدی استفاده کرده‌اند [۳] . ریچیو روش تشخیص چهره دو و سه‌بعدی را بر مبنای ۱۶ پایایی هندسی ارائه داد که از شماری نقاط کنترلی استفاده می‌نماید [۴] . وانگ روش ترکیب تصاویر سطح پیکسل را بر اساس تحلیل مؤلفه اصلی ارائه نموده است [۵] . راوی و همکاران ترکیب روش تحلیل مؤلفه اصلی با چهره ویژه[1] را برای آنالیز و پردازش تصاویر دیجیتالی به کار برده‌اند [۶] . مین پال و همکاران تحلیل مؤلفه اصلی را برای کاهش بعد و استخراج ویژگی همراه با سه سنجه فاصله اقلیدسی، منهتن و ماهالانوبیس به کار برده‌اند و نتایج را در پایگاه‌داده ترکیبی ییل[2] و ابر دین[3] گزارش نموده‌اند، تصاویر به‌کاررفته باکیفیت و رنگی هستند [۷] . در کاری متفاوت مولیونو و همکاران، ترکیب تحلیل مؤلفه اصلی و چهره ویژه را برای غلبه بر چالش‌های تشخیص چهره نظیر زاویه سر، میزان نوردهی و ... به کار برده و نرخ تشخیص مؤثر حدود ۶۰ درصدی درست یافته‌اند [۸] . ماهسواری و همکاران به مطالعه مسئله تشخیص چهره انسانی با استفاده از تحلیل مؤلفه اصلی پرداخته و بر اساس پایگاه‌های داده گوناگون در شرایط محیطی متفاوت به نرخ تشخیص ۷۹ تا ۸۵ درصدی در پایگاه‌داده استاندار جافی[4] رسیده‌اند [۹] .

هر یک از این روش‌ها، نقاط قوت و ضعف خود را دارند، اما مسئله اصلی این است که اکثریت آن‌ها نیازمند تصاویر باکیفیت بالا یا رنگی هستند، کیفیت بالای تصاویر نیازمند ذخیره‌سازی و انتقال حجم بالایی از داده‌هاست، مسئله‌ای که حتی در محاسبات نیز بار کاری بسیاری را بر سیستم محاسباتی تحمیل می‌نماید.

۳. پیش‌نیازها

در این بخش پاره‌ای پیش‌نیازها، تعریف‌ها و مفاهیم مورداستفاده را بیان می‌کنیم. تحلیل مؤلفه اصلی به‌عنوان یک روش کاهش بعد بیان و معرفی می‌شود. ضمناً ازآنجایی‌که به‌عنوان سنجش از فاصله ماهالانوبیس برای محاسبات در ماتریس‌های تشابه در تحلیل مؤلفه اصلی استفاده شده است، در بخشی جداگانه این فاصله را معرفی می‌کنیم.

۳-۱. روش‌های کاهش بعد

مسئله کاهش بعد یعنی استخراج ساختار بعد پایین مناسب از فضای داده بعد بالا، بر خواسته از حوزه‌های مطالعاتی گوناگون نظیر یادگیری آماری و شناسایی الگوها، یادگیری ماشینی و یادگیری منیفلدی است. فضاهای داده بعد بالا در اشکال گوناگونی از کتابخانه‌های تصویری دیجیتالی تا ریزآرایه‌های بیان ژنی، از فعالیت شبکه‌های عصبی تا سری‌های زمانی در بازارهای مالی نظیر بورس و اوراق بهادار، ظاهر می‌شوند [۱۰] . با فرمول‌بندی مناسب مسئله کاهش بعد در مبنای کلی، می‌توانیم انواع متفاوت داده‌ها را در چارچوب ریاضی یکسانی، تجزیه‌وتحلیل نماییم. بسیاری از مسائل هوش مصنوعی با نمایش و تجسم داده‌های ورودی حسگری سروکار دارند. چگونگی کاوش حجم عظیمی از داده‌ها، همچنان مسئله‌ای چالش‌برانگیز است. در این زمینه روش‌هایی نظیر تحلیل مؤلفه اصلی برای کاهش بعد بسیار کاربردی هستند [۱۱].

ابزار اصلی در این دست روش‌ها، مجموعه بردارهای ویژه مرتبط با مقادیر ویژه بالا یا پایین یک ماتریس تصادفی مناسب است، به‌عبارت‌دیگر فضای خطی نشانده شده در فضای داده بعد بالا، به‌صورت فضای تولید شده توسط آرایه‌ای مستقل خطی از این بردارهای ویژه، استخراج می‌شود [۱۲].

۳-۲. تحلیل مولفه اصلی

یکی از روش‌های کاهش بعد پرکاربرد است که مبتنی بر محاسبه بعد پایین مجموعه‌داده‌های بعد بالا است که ساختار کوواریانس خودش (تا حد دوران) را حفظ می‌نماید. به بیان دیگر اگر $\{e_\alpha\}_\alpha$ پایه متعامد یکه‌ای برای فضای داده ورودی $X = \{x_i\}_i$ باشد، هدف اصلی PCA بهینه‌سازی مساله است، در عمل این روش، ورودی‌ها را بر زیر فضاهای بعد پایینی تصویر می‌نماید که واریانس تصویر کمینه شده و بردارهای پایه‌ای این زیر فضاها، همان بردارهای ویژه بالایی ماتریس مربعی از مرتبه p کوواریانس هستند [۱].

$$Min\ \varepsilon_{PCA} \sum_i \left\| x_i - \sum_{\alpha=1}^{m} (x_i . e_\alpha) . e_\alpha \right\|^2 \quad (1)$$

[1] Eigen-face
[2] Yale database
[3] Aberdeen database
[4] JAFFE database

از دیدگاهی دیگر، تحلیل مؤلفه اصلی به دنبال یافتن زیر فضایی است که به بهترین شکل واریانس داده‌ها را حفظ نماید. این روش دارای کاربردهای گسترده‌ای در زمینه‌های گوناگون علوم و فناوری نظیر ستاره‌شناسی، ژنتیک، زیست‌شناسی و علوم رایانه است. از این روش در ماشین بینایی هم برای مطالعه اشکال، صورت‌ها و حرکات جهت شناسایی چهره یا اجسام استفاده می‌شود. این روش با فشرده‌سازی داده‌های تصویری بعد را کاهش می‌دهد [۲].

۳-۳. فاصله ماهالانوبیس

مفهوم فاصله یا متر برای اندازه‌گیری فاصله بین دونقطه به کار می‌رود، زوج مرتب را که در آن X مجموعه‌ای از نقاط و d تابعی حقیقی است، فضایی متریک و d را متری بر X خوانیم هرگاه:

۱. برای هر $p \neq q$ داشته باشیم: $d(p,q) \geq 0$.

۲. $d(p,q) = 0$ اگر و تنهااگر $p = q$.

۳. $d(p,q) = d(q,p)$.

۴. $d(p,q) + d(q,r) \geq d(p,r)$.

یکی از شناخته‌شده‌ترین انواع مترها یا فاصله‌ها، فاصله اقلیدسی است، برای مجموعه اعداد حقیقی $\mathbb{R}$، تابع فاصله $d(x,y) = |x-y|$ برای هر دو نقطه $x, y \epsilon \mathbb{R}$ را فاصله اقلیدسی بین این دو نقطه می‌نامند [۱۳].

برای مسائل ریاضی گوناگون، فاصله‌های متنوعی تعریف شده است که بسته به نوع مسئله بهینه شده‌اند، یکی از این فاصله‌ها که در فضاهای داده‌ای دارای کاربردهای فراوانی است، فاصله ماهالانوبیس است که نخستین‌بار در سال ۱۹۳۶، توسط پی. سی. ماهالانوبیس معرفی شد. از این فاصله برای اندازه‌گیری فاصله بین یک نقطه P و یک توزیع D استفاده می‌شود. این تعمیمی چندبعدی از ایده اندازه‌گیری میزان انحراف استاندارد P از میانگین D است. این مقدار برای P در میانگین D صفر است و با دورشدن P از میانگین توزیع D در راستای مولفه‌های اصلی افزایش می‌یابد. اگر هر محور مؤلفه اصلی به‌گونه‌ای مقیاس‌بندی کنیم که واریانس آن واحد باشد، فاصله ماهالانوبیس متناظر بافاصله اقلیدسی استاندارد در فضای تبدیلی می‌شود [۱۱].

فاصله ماهالانوبیس عنصر مشاهده شده $X = (x_1, x_2, \dots, x_N)^T$ از مجموعه مشاهدات با میانگین

$$\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_N)^T$$

و ماتریس کوواریانس S به این صورت تعریف می‌شود:

$$D_M(X) = \sqrt{(X-\mu)^T S^{-1} (X-\mu)} \quad (2)$$

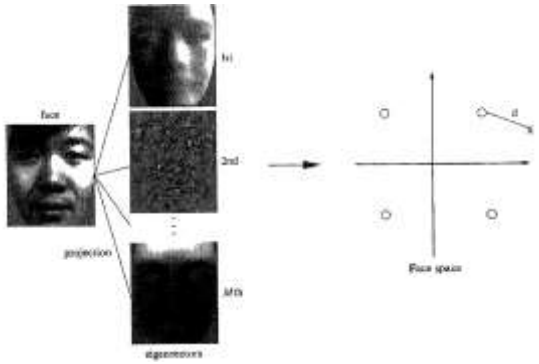
این فاصله را می‌توان به‌صورت معیار عدم تشابه بدون دو بردار تصادفی نیز در نظر گرفت. فاصله ماهالانوبیس تحت تبدیلات خطی رتبه کامل فضاهای داده‌ای پایاست. این بدان معناست که داده‌ها دارای فضای پوچ نابدیهی هستند [۱۲].

۴. تشخیص چهره با تحلیل مولفه اصلی

تشخیص چهره فرآیندی پیچیده است که به عوامل گوناگونی از قبیل کیفیت تصویر ورودی، زاویه قرارگیری سر، میزان نوردهی، عمق رنگ و ... وابسته است. هر یک از این مؤلفه‌ها می‌توانند توانایی و کارآیی الگوریتم‌های مرتبط را به چالش بکشند. از طرفی افزایش کیفیت تصاویر دیجیتالی با استفاده از دوربین‌های مداربسته باکیفیت و پیکسل بالا، مسئله دشواری در انتقال داده‌ها باتوجه‌به محدودیت‌های پهنای باند و پیچیدگی محاسباتی و نیاز به ابزارهای محاسباتی با توان پردازشی بالا را پیش می‌کشد، ازاین‌رو ارائه روش‌های توانا برای تشخیص چهره بر مبنای تصاویر باکیفیت و عمق رنگ پایین می‌تواند بسیار راهگشا باشد [۱۴].

روش‌های کاهش بعد نظیر تحلیل مؤلفه اصلی با استخراج ویژگی‌های اصلی بر مبنای بردارهای ویژگی مؤثر، بعد فضای داده اصلی را کاهش داده و با پارامترهای ریاضی و آماری مناسب نظیر فاصله اقلیدسی و فاصله ماهالانوبیس در این زمینه بسیار راهگشاست [۱۵].

عملاً یک چهره با تصویرش بر زیرمجموعه‌ای از M بردار ویژه نمایش داده می‌شود. مجموعه تصاویر چهره به مجموعه نقاطی در فضای چهره تبدیل می‌شوند. شکل (۱) نمایی از نمایش چهره به صورت مجموعه ای از نقاط در فضای چهره را نشان می‌دهد.



شکل (۱). نمایی از عملکرد روش تشخیص چهره بر مبنای تحلیل مولفه اصلی، سمت چپ: تصویر ورودی براساس بردارهای ویژه ماتریس تشابه به M مولفه تجزیه می‌شود، در هر مولفه ویژگی های موثر استخراج می‌شوند. تصویر سمت راست: هر ویژگی به نقطه ای در فضای چهره مدل سازی شده، تصویر می‌شود [۱۵].

مسئله اصلی انتخاب فاصله مناسب است، پس از مدل‌سازی تصویر در فضای چهره مبتنی بر روشی نظیر تحلیل مؤلفه اصلی، در مرحله بعدی برای تشخیص چهره، تصاویر ورودی جدید نیز به

همین روش به فضای چهره تصویر شده و سپس ماتریس‌های متناظر با آن‌ها با فاصله‌هایی نظیر فاصله اقلیدسی یا فاصله ماهالانوبیس مقایسه می‌شوند، تصاویر با کمترین فاصله مشابه تلقی شده و به‌عنوان تصویر دارای بیشترین تطابق، در خروجی نمایش داده خواهند شد. در بخش بعدی الگوریتم بیان شده و بر پایگاه‌داده استانداردی نظیر FERETdatabase اجرا می‌شود.

۵. بیان و پیاده‌سازی الگوریتم

روش تشخیص چهره ارائه شده در این مقاله، در مأموریت‌های پردازش تصاویر در محل[1] در سامانه‌های پرتابل[2] نظیر پهپادها که مسئله اصلی پهنای باند و سرعت پایین انتقال و نیاز مبرم به پردازش و شناسایی در محل می‌باشد، بسیار مهم و حائز اهمیت است. در ادامه ابتدا پایگاه‌داده مورداستفاده، سپس الگوریتم و روش اصلی به همراه اجرا و پیاده‌سازی و در نهایت بحث و نتیجه‌گیری آمده است. پارامتر کانفیگ و بهینه شده در این جا، متر است که بر اساس تجربیات، از متر اقلیدسی به متر ماهالانوبیس تغییریافته و به طبع آن سایر پارامترها نظیر ماتریس تشابه، مقادیر ویژه متناظر و فضای ویژه کاهش بعد یافته حاصل نیز به‌نوعی بهینه‌سازی و کانفیگ شده‌اند. لازم به ذکر است که جهت مقایسه بهتر، به‌صورت هم‌زمان نتایج اجرا برای فاصله‌های اقلیدسی و ماهالانوبیس آمده است.

۵-۱. پایگاه داده

تصاویر پایگاه‌داده بکار رفته تصاویر چهره انسانی با ابعاد ۳۲ در ۳۲ پیکسل با عمق رنگ ۸ بیتی شامل ۳۳۲۳ تصویر ورودی جهت تولید فضای چهره و ۳۸۱۶ تصویر جهت آزمون و جستجو به‌صورت تمام‌رخ هستند.

۵-۲. بیان الگوریتم

مراحل انجام الگوریتم به این صورت است:

۱) پایگاه‌داده حاوی تصاویر مدنظر، وارد می‌شود.

الف) ماژول پیش‌پردازش تصاویر:

۲) هر تصویر از نظر فیلترگذاری، فشرده‌سازی، ترازسازی هندسی و تنظیم میزان نوردهی بررسی و نرمال‌سازی می‌شود.

ب) ماژول استخراج ویژگی:

۳) برای ورود به فضای چهره، هر تصویر به یک بردار ستونی، بردارسازی‌شده و تصاویر گردآوری می‌شوند.

۴) تصویر میانگین محاسبه‌شده و ماتریس کوواریانس به دست می‌آید.

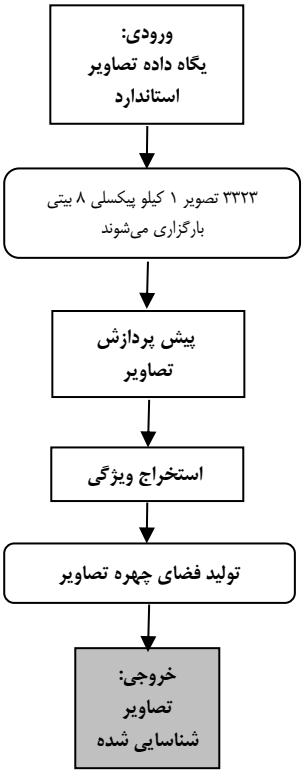
۵) بردارهای ویژه به‌دست‌آمده و به ترتیب نزولی بر اساس مقادیر ویژه، مرتبط می‌شوند تا گالری تصاویر را بسازند.

ج) ماژول تولید فضای چهره تصاویر:

۶) M بردار ویژه بزرگ‌تر انتخاب‌شده و به‌عنوان پایه برای تولید مدل چهره بکار می‌روند، در این مرحله پروجشکن بر بردارهای ویژه پایه‌ای صورت می‌گیرد. دسته‌بندی ساز همسایگی بر اساس محاسبه فاصله با متر مناسب (اقلیدسی یا ماهالانوبیس) اعمال می‌شود.

۷) اکنون در فاز نهایی، با تصویر آزمون ارائه شده توسط کاربر، مراحل ۱ تا ۶ اجرا شده و نزدیک‌ترین تصاویر به تصویر اصلی بر اساس سه ماژول اشاره شده، در خروجی نمایش داده می‌شوند.

شکل (۲) نمودار بلوکی الگوریتم را نشان می‌دهد.



شکل (۲). نمودار بلوکی الگوریتم ارائه شده در مقاله

۵-۳. پیاده‌سازی الگوریتم

کلیه پیاده‌سازی‌ها در محیط نرم‌افزار متلب۳ نسخه R2021a پلتفرم ۶۴ بیتی بر روی سیستم لپ‌تاپ ایسوس مدل N53SV

[1] In situ
[2] Portable Systems
[3] MATLAB

انجام شده است، توان پردازشی این سیستم رایانه‌ای همان‌طور که در جدول (۱) نشان داده شده است، براساس بنچمارک نرم افزار AIDA64 در حدود ۴۴۲ گیگافلاپس[1] یا ۰/۴۴۲ ترافلاپس[2] است.

جدول (۱). مشخصات سخت افزاری سیستم مورد استفاده

CPU	Intel Core i7-2670QM (Quad Cores)
RAM	16 GB (DDR3-1600MHz)
GPU	Geforce GT 540M (2GB)
H.D.D	750 GB (7200 rpm)
O.S	Win-10 Pro (64 bit)
Performance	0.442 Tflops

آزمایش‌های صورت‌گرفته نشان می‌دهد که روش ارائه شده در کسری از ثانیه بافاصله اقلیدسی برای تشخیص تشابه در گام (۷) دارای نرخ تشخیص بسیار پایین ۴۹ درصد است، با استفاده از فاصله ماهالانوبیس نرخ تشخیص به میزان ۷۲ تا ۷۹ درصد ارتقا می‌یابد. البته می‌توان از فاصله‌های اطلاعاتی دیگری هم استفاده نمود؛ بنابراین نوع فاصله به‌کاررفته بسیار حائز اهمیت است. شکل (۳) نمایی از اجرای برنامه در محیط نرم‌افزار متلب را نشان می‌دهد.

(الف)

(ب)

شکل (۳). محیط اجرای الگوریتم در نرم افزار متلب. (الف): اجرای الگوریتم، فاز آموزش تصاویر و محاسبه تصویر میانگین برای آزمون. (ب): تصویر بالای سمت چپ، تصویری ورودی و سپس سه تصویر شناسایی شده از پایگاه داده، توجه داشته باشید که محاسباتی براساس میزان تطابق با فاصله ماهالانوبیس انجام شده‌است.

۵-۴. نتایج و بحث

در مقایسه این روش با روش‌های دیگر که در ادامه می‌آید به نرخ تشخیص مناسب چهره بر اساس نوع فاصله به‌کاررفته و کیفیت تصاویر ارسالی پی می‌بریم، به‌عنوان نمونه در *[۱۴]* با استفاده از نمونه‌گیری سه‌بعدی تصاویر چهره به نرخ تشخیصی از مرتبه ۹۰ درصد رسیده‌ایم، اما در آنجا تصاویر باکیفیت و عمق رنگ بالا استفاده شده‌اند و محاسبات دارای پیچیدگی بیشتری است، درست است که نرخ تشخیص بالاست و حتی روش قادر به شناسایی تصاویر چهره در حالت نیم‌رخ نیز هست، ولی از تصاویر رنگی ۳۲ بیتی باکیفیت بالا و در حالت سه‌بعدی استفاده شده است.

روش بیان‌شده، دارای نقاط قوتی به شرح زیر است:

۱. این روش قادر به تشخیص چهره انسانی در تصاویر با وضوح پایین و سیاه‌وسفید است، این امر پردازش تصاویر باکیفیت پایین در سامانه‌های پرتابل را مقدور می‌سازد.
۲. روش مطرح شده قادر به پیاده‌سازی روی سیستم‌های محاسباتی پرتابل با توان پردازشی پایین است، به عبارتی هزینه محاسباتی مکانی (فیزیکی) پایین است: این مسئله ازاین‌رو حائز اهمیت است که به دلیل صرفه‌جویی در پهنای باند یا عدم دسترسی به توان محاسباتی بالا، نیازمند روش‌هایی بادقت مناسب هستیم که بتوانند تشخیص چهره را بر اساس تصاویر باکیفیت پایین یا شرایط نوردهی نامناسب انجام دهند.
۳. روش مزبور به دلیل ساختار محاسباتی و ماژولار، دارای صرفه محاسباتی بالا در عین حفظ دقت و افزایش سرعت تشخیص سوژه موردنظر است، این روش دارای صرفه محاسباتی زمانی بالا در عین کاهش هزینه و پیچیدگی محاسباتی است.

در مجموع می‌توان گفت که روش ارائه شده در این مقاله قابلیت استفاده روی دستگاه‌های پرتابل با قابلیت رایانش در مه[3] و در محل[4] را دارد و نیازی به کیفیت بسیار بالای تصاویر ورودی نیست، محاسبات روی تصاویر سیاه‌وسفید یا عمق رنگ پایین (در حد ۸ بیت) نیز قابل‌انجام است. از طرفی ساختار ماژولار این روش، امکان تغییر بخش‌های گوناگون را به‌صورت مرحله‌ای بدون تغییر کلی در الگوریتم فراهم می‌نماید.

۶. نتیجه‌گیری

در این مقاله، به بیان یکی از روش‌های کاهش بعد مطرح در زمینه تشخیص چهره انسانی پرداختیم. روش تحلیل مؤلفه اصلی مطرح و الگوریتم تشخیص چهره ماژولار مبتنی بر آن در ترکیب

[1] Giga-flops (Giga Floating Point Operations)
[2] Tera-flops (Tflops)
[3] Fog Computing

بافاصله ماهالانوبیس بیان شد. این روش دارای طراحی ماژولار است و در بخش‌های گوناگون می‌توان روش‌های نرمال‌سازی، فیلترگذاری، کدگذاری و کدگشایی تصاویر، روش‌های کاهش بعد (در این جا تحلیل مؤلفه اصلی)، استخراج ویژگی و تشخیص چهره را به فراخور نیاز تغییر داد.

پس از پیاده‌سازی بر اساس پارامترهای مؤثر در سنجش کارآیی و پیچیدگی محاسباتی از جمله نرخ تشخیص، مقایسه‌ای بین فاصله‌های این روش صورت پذیرفت. با تغییر فاصله اندازه‌گیری تشابه بین نقاط از فاصله اقلیدسی به فاصله ماهالانوبیس شاهد افزایش دقت و کارآیی روش بودیم. بررسی‌های صورت‌گرفته نشان می‌دهد که با تغییر فاصله، روش تشخیص چهره دارای نرخ تشخیص ۷۲ تا ۷۹ درصدی است.

نکته مهم درباره این روش سرعت عمل آن می‌باشد. به هر صورت باید موازنه و مصالحه‌ای بین دقت، پیچیدگی محاسباتی و سرعت تشخیص در نظر گرفته شود، تجربه نشان می‌دهد که انتخاب روش مناسب وابسته به نوع این موازنه است.

در مجموع می‌توان گفت روش ارائه شده نسبت به روش‌های دیگر دارای این نقاط قوت است:

۱. توانایی پردازش تصاویر با وضوح و عمق رنگ بسیار پایین.
۲. توانایی تشخیص چهره بر مبنای پایگاه‌داده تصاویر سیاه‌وسفید.
۳. قابلیت پیاده‌سازی بر بستر سیستم‌های رایانه‌ای پرتابل با توان محاسباتی پایین و عدم نیاز به سیستم‌های رایانه‌ای نیرومند و هزینه‌بر.
۴. ساختار ماژولار و توانایی ترکیب انواع پارامترها در بخش‌های گوناگون (شکل (۲) را ببینید).
۵. سفارشی‌سازی بر اساس فاصله و سنجه محاسبه تشابه (به‌عنوان‌مثال در این جا با تغییر فاصله از اقلیدسی به ماهالانوبیس، شاهد افزایش ۳۰ درصدی نرخ تشخیص از ۴۹ به ۷۹ بودیم).

۷. منابع

[1] *Weinberger, K. Q.; Saul, L. K. "An Introduction to Nonlinear Dimensionality Reduction by Maximum Variance Unfolding"; American Association for Artificial Intelligence, 2006.*

[2] *Yazdani, H. R.; Shahrezaee, M.; Shojaeifard, A. R. "Introduction to Data Science, Big Data, and Intelligent Learnings"; Tafresh University in cooperation with Shar Publication. 2022, ISBN: 978-600-91089-0-9 (In Persian).*

[3] *Rama, A; Tarres, D; Onofrio, D; Tubaro, S. "Mixed 2D-3D information for pose estimation and face recognition"; International Conference on Acoustic, Speech and Signal Processing (ICASSP); 2006, 361-364.*

[4] *Riccio, D.; Dugelay, J. L. "Geometric invariants for 2D/3D face recognition"; Pattern Recognition Letters; 2007, 1907-1914.*

[5] *Yang, W.; Lei, Z.; Sang, J. "2D-3D face matching using CCA method"; International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition"; Beijing, 2008, 1-6.*

[6] *Ravi, K., and M. Kttswamy. "Face recognition using PCA and eigenface approach." Int J Mag Eng Manag Res 1.10, 2014.*

[7] *Meenpal, T., Aarti Goyal, and Ankita Meenpal. "Face recognition system based on principal components analysis and distance measures." Int. J. Eng. Technol 7.2, 2018, 15-19.*

[8] *Mulyono, Ibnu Utomo Wahyu, et al. "Performance Analysis of Face Recognition using Eigenface Approach." 2019 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic), IEEE, 2019.*

[9] *Maheswari, Vannya, Christy Atika Sari, and Eko Hari Rachmawanto. "Study Analysis of Human Face Recognition using Principal Component Analysis." 2020 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic). IEEE, 2020.*

[10] *Fu, Y.; " Manifold Learning Theory and Applications"; London, CRC Press, Taylor Francis, 2012.*

[11] *Maesschalck, R. De; Jouan-Rimbaud, D.; Massart, D.L. "The Mahalanobis distance", Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 50 (1), 2000, 1-18.*

[12] *Myung, G. K.; "Multivariate outliers and decompositions of Mahalanobis distance", Communications in Statistics - Theory and Methods, 29(7), 2000, 1511-1526.*

[13] *Searcóid, M. Ó.; "Metric Spaces", Springer, 2006.*

[14] *Shojaeifard, A. R.; Shahrezaee, M.; Yazdani, H. R.; "Fixing security defects of video authentication systems with face recognition based on 3D structure and shape evaluation"; Scientific Journal of electronic and cyber defense; Onilne Published: ECDJ-2109-1327, 2022.*

[15] *Xiao, H.; Huang, M.; Zhu, X. "From One Point to A Manifold: Knowledge Graph Embedding for Precise Link Prediction", arXiv:1512.04792v5, 2017.*