مقاله پژوهشی

مجله ماشین‌بینایی و پردازش‌تصویر
سال یازدهم، شماره چهارم، بهار ۱۴۰۴

ترکیب الگوهای شانزده‌تایی در زوایای مختلف و گشتاورهای رنگ به‌منظور استفاده در سیستم‌های امنیتی بازشناسی دست

حدیث حیدری و عبداله چاله‌چاله

چکیده

بازشناسی هویت به‌منظور استفاده در سیستم‌های امنیتی خاص از دیرباز به‌عنوان یک موضوع تحقیقاتی با اهمیت و موردبحث، مطرح بوده که با اعمال روش‌های متعدد روی انواع مشخصه‌های زیست‌سنجی امکان‌پذیر است. یکی از این مشخصه‌های زیستی منحصربه‌فرد که در سایر پژوهش‌ها، چندان موردتوجه واقع نشده، مشخصه ناخن انگشتان دست است. در این مقاله جهت تشخیص هویت افراد مبتنی‌بر مشخصه موصوف، ابتدا تصاویر ناخن انگشتان دست گردآوری و سپس از توصیفگر قدرتمند و نوین الگوهای شانزده‌تایی در زوایای مختلف به‌عنوان ویژگی‌های بافت پیشنهادی و همچنین گشتاورهای رنگ، استفاده شده و برای طبقه‌بندی تصاویر نیز، ماشین بردار پشتیبان چند کلاسه با توابع هسته مختلف از جمله تابع هسته پایه شعاعی به‌کار گرفته شده است. پایگاه‌داده استفاده و گردآوری شده به‌نام مجموعه تصاویر Nail موردآزمایش واقع شده و نتایج به‌دست‌آمده نشانگر کارایی مطلوب روش پیشنهادی و درنتیجه امکان استفاده از روش بازشناسی دست ارائه‌شده در کاربردهای ویژه و امنیتی است. به‌علاوه، توصیفگر پیشنهادی روی مجموعه‌ای از تصاویر چروکیدگی انگشتان دست (FKP) نیز موردآزمون واقع شده که نتایج حاصله، گواه عملکرد مطلوب روش پیشنهادی است.

کلید واژه‌ها

الگوهای شانزده‌تایی در زوایای مختلف، بازشناسی هویت، ماشین بردار پشتیبان، ناخن دست، کاربردهای امنیتی.

۱- مقدمه

بازشناسی هویت براساس انواع مشخصه‌های زیستی و غیرزیستی صورت می‌گیرد. برخلاف مؤلفه‌های تشخیص هویت غیرزیستی، مشخصه‌های زیست‌سنجی را نمی‌توان امانت داد و نسبت به روش‌های تشخیص هویت غیرزیستی قابل اعتمادتر هستند.

این مقاله در اردیبهشت‌ماه سال ۱۴۰۳ دریافت شد؛ در آذرماه بازنگری و در بهمن‌ماه پذیرفته گردید.

[۱] حدیث حیدری، گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه رازی؛ استادیار گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی کرمانشاه،
رایانامه: hadis.heidari@kut.ac.ir

[۲] عبداله چاله‌چاله، دانشیار گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه رازی کرمانشاه،
رایانامه: chalechale@razi.ac.ir

نویسنده مسئول، عبداله چاله‌چاله

انواع مشخصه‌های زیستی شامل شبکیه [۱]، عنبیه [۲]، گوش [۳]، چهره [۴] و مشخصه‌های مبتنی‌بر دست از جمله اثرانگشت [۵]، خطوط رگه‌های دست [۶]، چروکیدگی انگشتان دست[۱] [۷] و ناخن [۸] است. در [۱۱-۹] نیز جهت بازشناسی هویت، مشخصه‌های زیست‌سنجی مختلفی به‌کار گرفته شده است.

مشخصه چهره به‌عنوان مؤلفه زیست‌سنجی مناسب جهت شناسایی هویت از دیرباز موردبررسی قرار گرفته و غالباً براساس تحلیل مؤلفه اصلی عمل نموده و افراد را شناسایی می‌نماید [۱۲]. مسئولین سازمان‌های مختلف برای حفاظت از اموال و دارایی‌های

[۱] Finger Knuckle Print (FKP)

خود، سامانه تشخیص هویت براساس یک مشخصه زیستی از جمله چهره را استفاده می‌کنند.

فضاهای رنگی مختلف برای شناسایی افراد در سامانه‌های زیست‌سنجی مبتنی‌بر مشخصه گوش استفاده می‌شود [۱۳]. در سامانه‌های تشخیص هویت مبتنی‌بر شبکیه نیز به‌منظور شناسایی هویت از مراحل پیش‌پردازش تصاویر، بخش‌بندی مویرگ شبکیه، استخراج ویژگی دیداری و مرحله مشابهت و انطباق استفاده می‌نمایند [۱۴]. همچنین، در سامانه‌های تشخیص هویت مبتنی‌بر مشخصه زیستی عنبیه، تشخیص و استخراج صحیح عنبیه از تصاویر چشم به روش‌های مؤثری نیاز دارد که می‌تواند تغییرات مهم در تصاویر عنبیه بخش‌بندی شده را شمارش و لحاظ نماید. برخی از تغییرات می‌تواند با سازگاری ویژگی‌های عنبیه انکدر شده و آگاهی از اینکه برای بهبود صحت انطباق کدام یک بیت‌های ناسازگار باید استخراج شوند، تصحیح شود [۱۵] که کیوماری یک سامانه تشخیص هویت زیستی مبتنی‌بر این مشخصه را پیشنهاد داده که به‌منظور تسریع روش خود، پردازنده کارت گرافیک[۱] را به‌کار گرفته است [۱۶]. همچنین، رحمانی و همکارش یک روش موازی مبتنی‌بر تبدیل Hough جهت تشخیص هویت مبتنی‌بر عنبیه پیشنهاد داده که به میزان نرخ تشخیص ۹۷% دست یافته است [۱۷].

در سامانه‌های زیستی مبتنی‌بر خطوط کف‌دست، مشخصاتی از خطوط شامل طول، پهنا و وسعت خطوط محاسبه و سپس براساس این اطلاعات، هویت اشخاص موردشناسایی قرار می‌گیرد [۱۸]. ویژگی‌های مبتنی‌بر اثرانگشت نیز به‌صورت وسیع در انواع سامانه‌های شناسایی زیست‌سنجی مورداستفاده واقع شده‌اند [۱۹].

بررسی هویت و بازشناسی دست به‌دلیل مقبولیت بالا، سادگی اخذ آن و در دسترس‌بودن از متداول‌ترین و موفق‌ترین روش‌های زیست‌سنجی محسوب می‌شود که در مقایسه با سایر مشخصه‌ها، باعث متمایزشدن آن در کاربردهای امنیتی شده است. چروکیدگی پشت انگشتان دست از خطوط و انحناهای مجزا و منحصر به فردی تشکیل شده و در افراد مختلف متفاوت است. بررسی این مشخصه دست می‌تواند به‌عنوان یک رفتار زیست‌سنجی قدرتمند در سامانه تشخیص هویت زیستی به‌کار گرفته شود [۲۰].

مشخصه زیستی ناخن انگشتان دست در تحقیقات پیشین چندان موردتوجه قرار نگرفته و طراحی سامانه زیست‌سنجی که بتواند هویت افراد را به‌کمک این مشخصه و با دقت بالایی شناسایی نماید، بسیار حائز اهمیت است. برای این منظور، در این مقاله از ویژگی‌های ناخن انگشتان دست به‌دلیل نوین بودن سامانه زیست‌سنجی مبتنی‌بر مشخصه موصوف و همچنین دقت بالا برای شناسایی هویت افراد استفاده شده زیرا جمع‌آوری تصاویر اکثر مشخصه‌های زیستی دیگر، مشکل بوده و اعمال سامانه زیست‌سنجی مبتنی‌بر ناخن انگشتان در مکان‌های امنیتی بسیار کاربردی و قابل‌استفاده است. همچنین بیش‌تر روش‌های احراز هویت بر مبنای ویژگی‌های موجود در سر و صورت از جمله مشخصات چهره و عنبیه هستند که در صورت عدم در دسترس‌پذیری مجموعه تصاویر مطلوب، بازشناسی هویت امکان‌پذیر نخواهد بود. بنابراین تشخیص هویت با استفاده از مشخصه دست و به‌طور ویژه، مشخصه ناخن، نسبت به تشخیص هویت از روی ویژگی‌های موجود در سر و صورت، جای بحث داشته و مقبولیت بیش‌تری در پی خواهد داشت.

در این مقاله، جهت بازشناسی هویت افراد روشی مبتنی‌بر ترکیب ویژگی‌های دیداری بافت و رنگ جهت استخراج ویژگی‌های ناخن انگشتان دست در مجموعه تصاویر جمع‌آوری‌شده Nail پیشنهاد شده که در آن طبقه‌بندی با استفاده از ماشین بردار پشتیبان[۲] انجام گرفته است. در واقع جهت استخراج ویژگی‌های ناخن انگشتان دست، از مجموعه‌ای از الگوهای شانزده‌تایی در زوایای مختلف و گشتاورهای رنگ سه مؤلفه‌ی تصویر استفاده شده که ارائه این توصیفگر نوین و قدرتمند پیشنهادی در راستای شناسایی هویت و کاربردهای امنیتی بسیار کارساز و مؤثر بوده است. علاوه‌بر مجموعه تصاویر ناخن، مجموعه داده FKP شامل تصاویر چروکیدگی انگشتان دست مجموعه‌ای از افراد مختلف نیز موردآزمایش قرار گرفته و نتایج حاصل از روش پیشنهادی، نمایانگر کارایی بسیار خوب روش پیشنهادی به‌خصوص امکان ارائه و استفاده از آن در سیستم‌های امنیتی است.

در ادامه پیشینه‌ای از روش‌های شناسایی هویت براساس مشخصه‌های زیست‌سنجی مختلف ذکر شده‌اند. بخش سوم به بررسی روش پیشنهادی برای شناسایی هویت اشخاص مبتنی‌بر مشخصه ناخن انگشتان دست می‌پردازد. بخش چهارم، پیاده‌سازی روش پیشنهادی تشخیص هویت، تحلیل زمانی و نتایج تجربی را بیان می‌کند. بخش پنجم، نتیجه‌گیری و مسیر آتی را در بر می‌گیرد.

۲- کارهای مرتبط

سامانه‌های زیست‌سنجی براساس مشخصه‌هایی از قبیل چهره، صدا، گام‌برداشتن، DNA[۳]، گوش، شبکیه، عنبیه، خطوط کف‌دست، اثرانگشت، چروکیدگی پشت انگشتان دست و مواردی دیگر، هویت افراد را موردشناسایی و بررسی قرار می‌دهند. الگوی دودویی محلی [۲۱]، الگوی دودویی محلی بهبودیافته [۲۲]، الگوی دودویی محلی چند وضوحی [۲۳] و واریانس الگوی دودویی محلی [۲۴] از جمله برخی روش‌های استخراج ویژگی در کاربردهای متعدد از جمله در سامانه‌های تشخیص هویت هستند.

روش‌های تشخیص هویت براساس چهره از مهم‌ترین روش‌های به‌کار رفته در احراز هویت است که در مکان‌های مختلفی

---

[۱] Graphics Processing Unit (GPU)

[۲] Support Vector Machine (SVM)

[۳] Deoxyribonucleic acid

کاربرد داشته و در منابع [۳۰-۲۵] از آن جهت تشخیص هویت اشخاص استفاده شده است. در سامانه‌های زیست‌سنجی مبتنی‌بر مشخصه صدا، مدل مخفی مارکوف[۱] یک روش آماری قدرتمند جهت تشخیص خودکار صدا بوده و در گستره وسیعی از کاربردها به‌کار گرفته شده‌اند [۳۱]. به‌عنوان مصداق، یکی از موارد کاربردی استفاده از مدل مارکوف، تعیین قابلیت اطمینان[۲] سیستم و درنتیجه محاسبه طول عمر یک سیستم با حل معادلات دیفرانسیل می‌باشد [۳۲]. یکی دیگر از مشخصه‌های زیستی، گام‌برداشتن اشخاص است که اولین مرحله جهت تحلیل آن، بخش‌بندی اشیای مختلف انسان است [۳۳] و برای توصیف آن سه مرحله اصلی شامل حذف سایه‌ها، بخش‌بندی و نمایش وجود دارد. با محاسبه مقادیر مدل، تحت تعدادی مدل پیش‌زمینه استاتیک، طرح پیش‌زمینه‌ای ایجاد و مدل‌سازی می‌شود. همچنین به‌منظور تشخیص هویت با DNA طول قطعات DNA و پروفایل‌ها محاسبه و در نظر گرفته می‌شوند [۳٤].

چروکیدگی انگشتان دست، مشخصه‌ی زیست‌سنجی کارا و امیدبخشی بوده و در منبع [۲۰] با استفاده از روش تناسب فاز، ویژگی‌های محلی تصاویر، محاسبه شده‌اند. تناسب فاز، جهت و فاز محلی هر تصویر، جنبه‌های مختلف اطلاعات محلی تصاویر را منعکس نموده و این ویژگی‌های محلی می‌توانند با ضرائب تبدیل فوریه ترکیب و به‌عنوان ویژگی‌های سراسری استفاده شوند. فیلتر گابور به‌صورت همزمان اطلاعات فرکانسی و فضایی را دریافت نموده و در منبع [۳۵] به‌منظور استخراج جهت تصاویر پایگاه‌داده FKP به‌کار گرفته شده‌اند.

همچنین در منبع [۳٦] نیز به‌منظور استخراج ویژگی تصاویر چروکیدگی انگشتان، فیلتر گابور مورداستفاده قرار گرفته که در آن ویژگی‌های گابور به‌دست‌آمده، ابعاد بالایی داشته و ارزیابی آن‌ها مشکل است. بنابراین به‌جای بررسی تمام ویژگی‌های به‌دست‌آمده، فقط مهمترین ویژگی‌ها انتخاب و روش تحلیل مؤلفه اصلی هسته جهت کاهش ابعاد ویژگی‌ها مورداستفاده قرار گرفته‌اند. یوشا و همکارش با استفاده از تبدیل موجک هاآر افراد را بر اساس مشخصه چروکیدگی انگشتان دست شناسایی نمودند [۳۷]. ترهونی و همکارانش الگوی دودویی محلی شیفت چند مقیاسی را جهت تشخیص هویت مبتنی‌بر مشخصه چروکیدگی انگشتان دست به‌کار گرفتند [۳۸]. آمرایی و همکارش نیز از الگوی دودویی محلی یکنواخت برای تشخیص هویت مبتنی‌بر مشخصه موصوف استفاده کردند [۳۹].

مراومیا و همکارانش از هیستوگرام گرادیان جهت‌دار[۳] و دسته-بند ماشین بردار پشتیبان برای تشخیص هویت براساس چروکیدگی انگشتان استفاده نمودند [٤۰] که جهت و بزرگی گرادیان برای هر پیکسل محاسبه، هیستوگرام این جهت‌ها برای هر سلول، شکل یافته و سپس بزرگی گرادیان به‌عنوان یک وزن مورداستفاده قرار گرفت. چا و همکارانش برای تشخیص هویت براساس این مشخصه از فیلتر گابور لگاریتم یک بعدی، بانک فیلتر گابور و تحلیل متمایزکننده خطی استفاده کردند [٤۱]. همچنین رودریجیز و همکارانش در این راستا از عملگر سوبل[۴] برای یافتن لبه‌ها و از یک روش کاهش نویز ساده استفاده نمودند [٤۲].

در منبع [۴۳] ویژگی دودویی جهت‌دار قابل تفکیک[۵] برای تشخیص هویت مبتنی‌بر FKP پیشنهاد شده که برای تشریح اطلاعات جهت تصاویر FKP بردار تفاضل کانولوشن جهت‌دار[٦] استفاده و یک رویه برای تبدیل این بردار به کدهای دودویی به‌کار گرفته شده است.

ناخن انگشتان دست نیز یکی دیگر از مشخصه‌هایی است که برای تشخیص هویت افراد مورداستفاده قرار می‌گیرد. گارج و همکارانش از شکل ناخن در تشخیص هویت افراد استفاده نمودند [٤٤]. همچنین آلقمدی و همکارانش یک سامانه شناسایی اشخاص براساس ترکیب مشخصه‌های چروکیدگی پشت انگشتان دست و ناخن مبتنی‌بر ویژگی‌های آموزش عمیق و یک معیار مشابهت دقیق ارائه نمودند که نتایج روی دست چپ نسبت به دست راست و انگشت شست نسبت به سایر انگشتان دقیق‌تر عمل نموده است [٤۵].

در واقع ناخن دست به‌عنوان یک مشخصه زیست‌سنجی امیدبخش مطرح و قابل استفاده بوده و استخراج مؤثر ویژگی و انطباق، نقش مهمی در سامانه مبتنی‌بر این مشخصه ایفا می‌کند. این مشخصه به‌صورت موفقیت‌آمیز در کاربردهای مختلفی از جمله تخمین سن افراد در رأی‌گیری، بازاریابی هدفمند سازگار با سن، طبقه‌بندی قومیت و تشخیص جنسیت می‌تواند به‌کار گرفته شود.

در این مقاله برای شناسایی دقیق هویت افراد براساس مشخصه ناخن دست از ترکیب ویژگی‌های جهت‌دار بافت و رنگ تصاویر استفاده شده که در آن طبقه‌بندی با استفاده از ماشین بردار پشتیبان چند کلاسه انجام شده است. به‌علاوه، روش تشخیص هویت پیشنهادی روی مجموعه‌ای از تصاویر چروکیدگی انگشتان دست نیز موردآزمایش واقع شده که نتایج حاصله گواه عملکرد مطلوب روش پیشنهادی است.

۳- روش پیشنهادی بازشناسی هویت مبتنی‌بر ناخن انگشتان دست

در تشریح راهکار پیشنهادی جهت بازشناسی هویت مبتنی‌بر مشخصه ناخن انگشتان دست، ابتدا به ارائه مجموعه تصاویر

---

۱ Hidden Markov Model

۲ Reliability

۳ Histogram of Oriented Gradients (HOG)

۴ Sobel

۵ Discriminative Direction Binary Feature Learning (DDBFL)

۶ Direction Convolution Difference Vector (DCDV)

دست گردآوری‌شده پرداخته می‌شود. در مرحله بعد نحوه استخراج ویژگی‌های دیداری تصاویر شامل ویژگی‌های قدرتمند بافت و رنگ به‌طور کامل بیان شده و سپس، دسته‌بند ماشین بردار پشتیبان که جهت طبقه‌بندی تصاویر مورداستفاده قرار گرفته، تشریح شده است. در انتهای این بخش موارد استفاده از روش پیشنهادی در برخی از کاربردهای امنیتی ذکر شده است.

۳-۱- مجموعه تصاویر

مجموعه تصاویر پشت دست در دسترس نیست و پس از مذاکره با گردآورنده‌ی آن، در اختیار قرار نگرفت. از این رو مجموعه تصاویر مربوط به این پژوهش، توسط نگارنده تهیه شده [۴۶] و تصاویر ناخن ۱۰۹ نفر شامل ۷۴ مرد و ۳۵ زن موردآزمون واقع شده‌اند. اندازه تصاویر ناخن ۷۵×۷۵ پیکسل بوده که در فضای رنگ RGB هستند. جهت بررسی چهار انگشت مختلف دست شامل تصاویر انگشت شست، انگشت میانی، انگشت حلقه و انگشت کوچک، ۴۳۶۰ تصویر از مجموعه تصاویر ناخن انگشتان مورداستفاده قرار گرفته که مجموعه داده Nail نام‌گذاری شده‌اند. از این مجموعه تصاویر ۹۰ درصد برای مرحله آموزش و ۱۰ درصد دیگر جهت آزمون در نظر گرفته شده است. در شکل ۱ نمونه‌هایی از تصاویر ناخن انگشتان افراد مختلف نشان داده شده است.

شکل۱ نمونه‌هایی از تصاویر ناخن انگشتان دست افراد مختلف

۳-۲- استخراج ویژگی‌های ناخن دست

اساسی‌ترین مرحله در شناسایی هویت، استخراج ویژگی‌های متمایزکننده و با اهمیت است که برای این منظور در این پژوهش از ترکیب ویژگی‌های بافت و رنگ استفاده شده که در ادامه ابتدا نحوه‌ی استخراج ویژگی‌های دیداری بافت و سپس چگونگی اعمال ویژگی‌های رنگ بیان شده است.

۳-۲-۱- استخراج ویژگی‌های بافت ناخن

در محاسبه ویژگی‌های بافت تصاویر موردآزمون، یک همسایگی ۵×۵ پیکسلی از مجموعه‌ای از پیکسل‌ها با مقدار مرکزی I_C لحاظ شده که پردازش تصویر ناخن از سطر و ستون سوم آغاز می‌شود. پیکسل‌هایی که در شعاع همسایگی یک (R=1) نسبت به پیکسل مرکزی واقع گشته‌اند به‌صورت $I_1I_3I_5I_7J_1J_3J_5J_7$ و پیکسل‌هایی که در شعاع همسایگی دو (R=2) از پیکسل مرکزی قرار دارند به‌صورت $I_0I_2I_4I_6J_0J_2J_4J_6$ هستند. نمایی از یک همسایگی ۵×۵ از مجموعه پیکسل‌ها در شکل ۲ نشان داده شده‌اند.

I_2		I_4		I_6
	I_3	I_5	I_7	
I_0	I_1	I_C	J_1	J_0
	J_7	J_5	J_3	
J_6		J_4		J_2

شکل۲ سازماندهی پیکسل‌ها در زیربلاک تصویر به‌اندازه ۵×۵ پیکسل

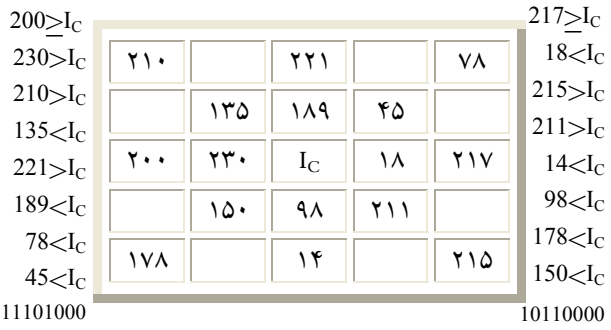
پیکسل‌های I_0، I_1، J_0 و J_1 نسبت به پیکسل مرکزی I_C، تحت زاویه صفر درجه قرار دارند. پیکسل‌های J_6، J_7، I_7 و I_6 نسبت به پیکسل مرکزی، تحت زاویه سی درجه هستند. همچنین پیکسل‌های J_4، J_5، I_5 و I_4 نسبت به پیکسل مرکزی، تحت زاویه نود درجه قرار گرفته‌اند. به‌علاوه، پیکسل‌های J_2، J_3، I_3 و I_2 نسبت به پیکسل I_C، تحت زاویه صد و سی و پنج درجه واقع شده‌اند. در حقیقت جهت استخراج ویژگی‌های دیداری ناخن دست، به‌ازای پیکسل مرکزی I_C، دو پیکسل قبل و بعد در جهت زوایای صفر، سی، نود و صد و سی و پنج درجه برگزیده شده‌اند.

هشت پیکسل I_0 تا I_7 که در جهت‌های مختلف نسبت به پیکسل مرکزی قرار گرفته‌اند با آن مقایسه و اگر هر کدام از این مقادیر پیکسل‌های همسایه از مقدار پیکسل مرکزی بزرگتر و یا مساوی بود بیت یک و در غیر این صورت بیت صفر در نظر گرفته می‌شود. همچنین هشت پیکسل J_0 تا J_7 نیز که در زوایای مختلف نسبت به پیکسل مرکزی قرار گرفته‌اند با آن مقایسه و اگر هر یک از این مقادیر پیکسل‌های همسایه از مقدار پیکسل مرکزی کوچکتر بود صفر و در غیر این صورت یک لحاظ می‌شود. شکل ۳ بررسی این مقایسه‌ها و کدگذاری جدید را نشان می‌دهد که برای پیکسل-های تصویر انجام و مجموعه‌ای از کدهای هشت‌بیتی به‌دست می‌آید که مطابق رابطه (۱) محاسبه شده‌اند که I_p و I_c مقادیر سطوح همسایه‌های در نظر گرفته شده در روش پیشنهادی و پیکسل مرکزی، P تعداد پیکسل‌های همسایه و R شعاع همسایگی است.

$$L_{P,R} = \sum_{p=0}^{P-1} s(I_p - I_c).2^p \qquad (۱)$$

$$s(p) = \begin{cases} 1 & if \quad I_p \geq I_c \\ 0 & else \end{cases}$$

با مقایسه پیکسل‌های همسایه با مقدار پیکسل مرکزی در چهار زاویه مختلف، دو مجموعه کد هشت بیتی حاصل شده که به‌ازای پیکسل مرکزی I_C، عبارت هم‌ارزی XNOR دو مجموعه کد محاسبه می‌شود. خروجی XNOR زمانی‌که هر دو ترمینال ورودی در سطح یکسان باشند به سطح منطقی HIGH می‌رود. به‌عبارت دیگر، تعداد زوجی از ورودی‌های سطح یک منطقی، منجر به سطح یک شده و در غیر این صورت خروجی در سطح صفر منطقی باقی می‌ماند.



شکل۳ کدگذاری چهار زاویه‌ای (زوایای ۰، ۳۰، ۹۰ و ۱۳۵ درجه) به‌ازای پیکسل مرکزی با مقدار I_C=200

با چرخش تصاویر مقدار الگوها نیز تغییر می‌یابد، درنتیجه، از روش مقاوم به چرخش استفاده شده است. معیار یکنواختی U تعداد دفعاتی است که دو بیت متوالی در کد هشت بیتی به‌دست آمده (C[p] و C[p+1]) تغییر یافته‌اند. تغییرات بیت اول و هشتم نیز در محاسبه معیار یکنواختی در نظر گرفته می‌شود [۴۷]. حال مقدار کمیت U بررسی می‌شود، اگر کوچک‌تر و یا مساوی دو بود، مجموع ارقام کد هشت بیتی و در غیر این صورت مجموع ارقام کد هشت بیتی و آستانه t در نظر گرفته می‌شود که رابطه (۲) نحوه این کدگذاری را بیان می‌نماید.

$$F = \begin{cases} \sum_{p=0}^{P-1} C[p] & if \ U \leq 2 \\ (\sum_{p=0}^{P-1} C[p]) + t & if \ U > 2 \end{cases} \qquad (۲)$$

آستانه t برابر Ceil(U/2) بوده و Ceil تابع ریاضی سقف است. پس از محاسبه رابطه (۲) برای مجموعه پیکسل‌های پردازش‌شده، هیستوگرام مقادیر به‌دست‌آمده به‌عنوان بردار ویژگی نواحی استخراج شده از تصاویر پشت دست در نظر گرفته می‌شود.

علت به‌کارگیری و استفاده از توصیفگر نوین پیشنهادی در زوایای مختلف، لحاظ کردن و درنظرگرفتن پیکسل‌های همسایه پیکسل مرکزی در زوایا و جهت‌های مختلف برای استخراج ویژگی‌های متمایزکننده و برجسته تصاویر مختلف دست افراد است که نسبت به روش‌هایی که این جهت‌های مؤثر را نادیده می‌گیرند می‌تواند بسیار کارا عمل نماید و این نکته با بررسی‌های تجربی به‌دست آمده است. شبه‌کد توصیفگر بافتی پیشنهادی در شکل ۴ آورده شده است.

```
1  Input: Image I
2  Output: Proposed Texture Patterns in Four Different
   Angels
3  for all i, j do
4  repeat:
5     A1 = I[i,j-2]
6     A2 = I[i,j-1]
7     A3 = I[i-2,j-2]
8     A4 = I[i-1,j-1]
9     A5 = I[i-2,j]
10    A6 = I[i-1,j]
11    A7 = I[i-2,j+2]
12    A8 = I[i-1,j+1]
13    B1 = I[i,j+2]
14    B2 = I[i,j+1]
15    B3 = I[i+2,j+2]
16    B4 = I[i+1,j+1]
17    B5 = I[i+2,j]
18    B6 = I[i+1,j]
19    B7 = I[i+2,j-2]
20    B8 = I[i+1,j-1]
21    for p=1 to P do
22      if Ap≥ I[i, j] then
23        s(p) = 1
24      else
25        s(p) = 0
26      end if
27    end for
28    A = Pattern based on Eq. (1)
29    for p=1 to P do
30      if Bp≥ I[i, j] then
31        s(p) = 1
32      else
33        s(p) = 0
34      end if
35    end for
36    B = Pattern based on Eq. (1)
37    C = A⊕B (XNOR)
38    F = Pattern based on Eq. (2)
39 end for
```

شکل۴ شبه کد الگوریتم استخراج ویژگی بافتی پیشنهادی

توصیفگر بافت پیشنهادی الگوهای شانزده‌تایی در چهار جهت مختلف[۱] یا SPA نامگذاری شده و به‌عنوان یک توصیفگر بافت قدرتمند در بسیاری از زمینه‌ها از جمله دسته‌بندی تصاویر مختلف بافت، بررسی نابه‌هنجاری‌ها در تصاویر پزشکی[۲]، شناسایی اسناد[۳]، شناسایی گونه‌های گیاهی برزیلی[۴]، تحلیل تصاویر تومور سینه[۵] و مواردی دیگر قابل‌استفاده است.

همان‌طور که در شبه‌کد مندرج در شکل ۴ ملاحظه می‌نمایید با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از الگوها در زوایای مختلف و استفاده از عبارت هم‌ارزی مناسب، الگوهای دودویی در توصیفگر بافت پیشنهادی به‌صورت مناسب مقداردهی و به‌ازای هر تصویر یک بردار ویژگی بافتی با تعداد ۸۷ ویژگی محاسبه و لحاظ شده است.

۳-۲-۲- استخراج ویژگی‌های رنگ تصاویر

رنگ یکی از ویژگی‌های دیداری برای استفاده در زمینه‌های کاربردی مختلف است که شامل هیستوگرام رنگ (هیستوگرام رنگ سراسری و هیستوگرام رنگ محلی)، گشتاورهای رنگ[۶] (CM)، بردار انسجام رنگ[۷]، همبستگی نگار رنگ[۸] و توصیفگر رنگ برجسته[۹] [۴۸] است. جهت استخراج ویژگی‌های رنگ تصاویر ناخن انگشت دست در فضای RGB از گشتاورهای رنگ شامل میانگین، انحراف استاندارد و ضریب نامتقارنی که به‌صورت روابط (۳) تا (۵) تعریف می‌شوند، استفاده شده است که P_{ij} مقدار i امین مؤلفه رنگ (i = r, g, b) پیکسل j ام تصویر و η تعداد کل پیکسل‌های پردازش‌شده است [۴۹].

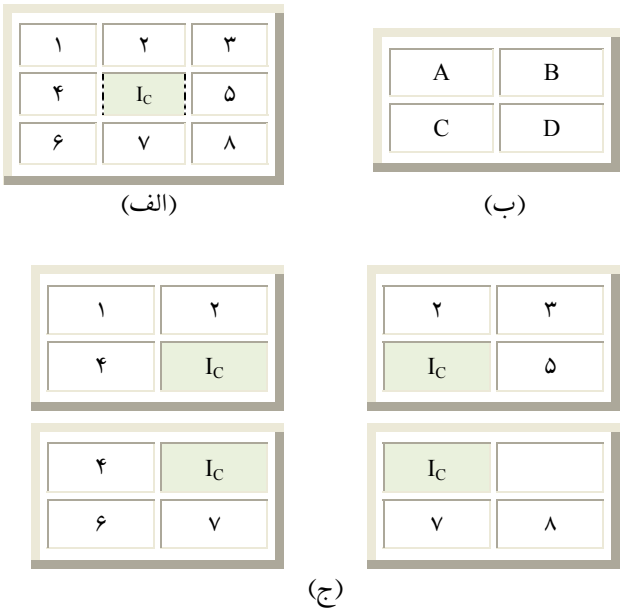
$$\mu_i = \frac{1}{\eta}\sum_{j=1}^{\eta} P_{ij} \qquad (۳)$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{\eta}\left(P_{ij}-\mu_i\right)^2}{\eta}} \qquad (۴)$$

$$S_i = \sqrt[3]{\frac{\sum_{j=1}^{\eta}\left(P_{ij}-\mu_i\right)^3}{\eta}} \qquad (۵)$$

برای هر تصویر با سه مؤلفه قرمز، سبز و آبی مقادیر گشتاورهای رنگ محاسبه و برای هر پیکسل I_C یک نقاب کانولوشن[۱۰] به ابعاد ۳×۳ تولید که این نقاب به چهار بلوک ۲×۲ که هر بلوک، پیکسل مرکزی را در بر دارد، تقسیم‌بندی شده که در شکل ۵ نشان داده شده است.

شروع پیمایش از گوشه بالا سمت چپ بوده و زیر بلاک‌های مختلف در نظر گرفته شده‌اند. در واقع هر پیکسل با چهار پیکسل مجاورش مرتبط و چهار ماتریس دو بعدی ساخته می‌شود. بر اساس این چهار ماتریس، ویژگی‌های رنگ کلیه‌ی زیربلاک‌ها تصویر محاسبه و در نهایت مقدار بیشینه آنها به‌عنوان ویژگی رنگ هر یک از مؤلفه‌ها لحاظ گردیده و در نهایت به‌ازای هر تصویر یک بردار ویژگی رنگ با تعداد ۹ ویژگی محاسبه شده است. انتخاب این ویژگی‌های دیداری به‌شکل نقاب‌های کانولوشن به ابعاد ۲×۲ با بررسی‌های تجربی و استفاده در زمینه‌های کاربردی مختلف از جمله بازیابی تصاویر صورت گرفته است.

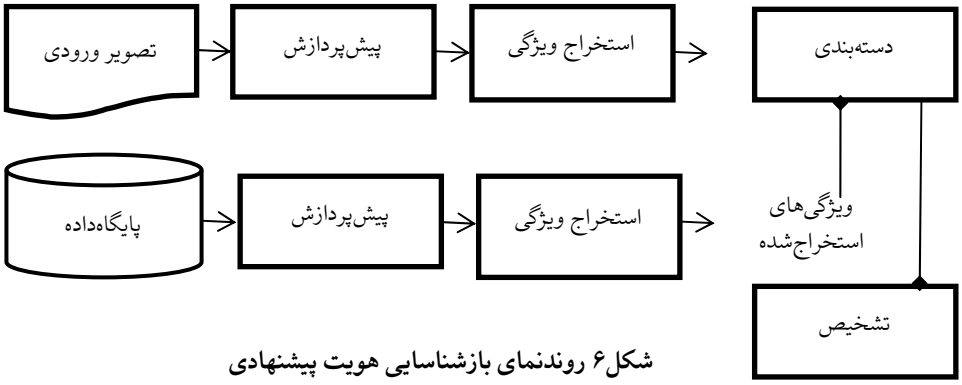


شکل۵ نقاب‌های کانولوشن (الف) در زیر تصویر ناخن انگشت دست به‌ابعاد ۳×۳ به‌ازای پیکسل مرکزی I_C (ب) یک بلوک ۲×۲ شامل پیکسل I_C در نقاب کانولوشن (ج) چهار بلوک ۲×۲ شامل پیکسل پردازش‌شده

استخراج این ویژگی‌های رنگ (CM) تأثیر بسزایی در بهبود دقت روش تشخیص هویت افراد دارد. در نهایت با ترکیب ویژگی‌های بافتی پیشنهادی (SPA) با ویژگی‌های رنگ و در واقع اعمال روش پیشنهادی SPAC تشخیص هویت افراد انجام و قابلیت استفاده از روش بازشناسی هویت پیشنهادی در کاربردهای امنیتی به‌طور کامل احساس می‌شود.

---

[۱] Sixteen Patterns of Four Different Angles
[۲] Abnormality Investigation in Medical Imaging
[۳] Signature Verification
[۴] Identification of Brazilian Plant Spaces
[۵] Mammogram Classification
[۶] Color Moments (CM)
[۷] Color Coherence Vector (CCV)
[۸] Color Correlogram (CC)
[۹] Dominant Color Descriptor (DCD)
[۱۰] Convolution Mask



شکل۶ روندنمای بازشناسایی هویت پیشنهادی

۳-۳- دسته‌بند ماشین بردار پشتیبان

در این مقاله جهت دسته‌بندی تصاویر دست از طبقه‌بند SVM استفاده شده که به‌دلیل داشتن قدرت تعمیم‌پذیری بالا و توانایی دسته‌بندی داده‌های پراکنده به‌طور ضمنی در یک فضا با ابعاد بالا، از عملکرد مطلوبی برخوردار بوده و به‌وفور در پژوهش‌های دیگر از جمله [۵۰-۵۲] مورداستفاده قرار گرفته است. با داشتن یک مجموعه از نمونه‌های برچسب‌گذاری‌شده به‌صورت $T=\{(x_i,y_i),\ i=1,2,...,l\}$ که در آن $x_i \in R^n$ و $y_i \in \{-1,1\}$ است، داده آزمایشی جدید x با استفاده از تابع تعریف‌شده در رابطه (۶) طبقه‌بندی می‌گردد.

$$f(x) = sign(\sum_{i=1}^{l} \alpha_i y_i K(x_i, x) + b) \qquad (۶)$$

که در آن α_iها و $K(x_i,x)$ به‌ترتیب ضرائب لاگرانژ مسئله بهینه‌سازی دوگانه و تابع هسته[۱] می‌باشند که این تابع هسته به‌صورت رابطه (۷) تعریف می‌شود.

$$K(x_i, x) = (\phi(x_i), \phi(x_j)) \qquad (۷)$$

که ϕ یک نگاشت غیر خطی بوده که داده‌های ورودی را به فضای ویژگی نگاشت می‌نماید. طبقه‌بند SVM یک فوق صفحه جدا کننده خطی را می‌یابد که بیشترین حاشیه را برای جدا کردن داده‌های آموزشی دو کلاس در فضای ویژگی ایجاد نماید. مجموع فاصله نزدیک‌ترین نقطه از هر دو کلاس تا صفحه جدا کننده، همان حاشیه است و ضریب b میزان حاشیه را مشخص می‌نماید [۵۰].

دسته‌بند موصوف امکان انتخاب توابع هسته مختلفی از جمله هسته‌های خطی، چند جمله‌ای و تابع پایه شعاعی[۲] را فراهم می‌نماید [۵۰]. این توابع به‌ترتیب مطابق روابط (۸) تا (۱۰) محاسبه می‌شوند.

$$K(x_i.x_j) = x_i^T x_j + c \qquad (۸)$$

$$K(x_i.x_j) = (\alpha x_i^T x_j + c)^d \qquad (۹)$$

$$K(x_i.x_j) = \exp(-\frac{\| x_i - x_j \|^2}{\sigma^2}) \qquad (۱۰)$$

که c، d و σ به‌ترتیب عبارت ثابت، درجه چند جمله‌ای و پارامتر قابل تنظیم می‌باشند. هسته RBF بر خلاف هسته خطی، به‌صورت غیر خطی، نمونه‌ها را به ابعاد فضایی بالاتری نگاشت می‌دهد و عملکرد مطلوبی در مسائل طبقه‌بندی از خود نشان می‌دهد [۵۳]. در اینجا از SVM با این سه تابع هسته، جهت کلاس‌بندی استفاده شده و آنها با تعدادی از تصاویر موجود ناخن انگشتان دست از هر نفر آموزش داده شده و با برخی دیگر که باقی مانده‌اند، آزمایش شده‌اند. این دسته‌بند جهت مجزا سازی تنها دو کلاس آموزش می‌بینند و برای طبقه‌بندی چند کلاسه می‌توان از روش‌های یک در مقابل یک[۳] و یک مقابل همه[۴] بهره گرفت که در در این مقاله از روش دوم (OvR) استفاده شده است.

---

۱ Kernel Function

۲ Radial Basis Function (RBF)

۳ One-Vs-One for Multi-Class Classification (OvO)

۴ One-Vs-Rest (OvR)

۳-۴- بازشناسی دست و کاربردهای امنیتی

مراحل کلیدی روندنمای شناسایی هویت پیشنهادی در شکل ۶ به تصویر کشیده شده که شامل جمع‌آوری تصاویر پشت دست افراد مختلف، مجزاسازی نواحی مطلوب از جمله ناخن انگشت دست، محاسبه ویژگی‌های بافت و رنگ تصاویر با استفاده از توصیفگر پیشنهادی (SPAC)، طبقه‌بندی با استفاده از SVM چند کلاسه و نهایتاً شناسایی هویت افراد با استفاده از مشخصه منحصر به فرد ناخن انگشتان دست می‌باشند.

در مرحله اول، تصاویر دست افراد مختلف جمع‌آوری شده است. با توجه به این‌که پایگاه‌داده استاندارد و در دسترس تصاویر دست تا کنون تولید نشده، بنابراین در این مرحله با استفاده از یک دوربین دیجیتال و یک محفظه‌ی چوبی، تصاویر گردآوری شده‌اند. نمایی از دوربین دیجیتال و محفظه چوبی تخت جهت اخذ تصاویر مختلف پشت دست در شکل ۷ آورده شده‌اند که از هر شخص تصاویری در زوایا و حالت‌های مختلف جمع‌آوری شده است.

شکل۷ نمایی از دوربین دیجیتال و وسیله مناسب اخذ تصاویر دست

به‌عنوان نمونه چند تصویر دست چپ و راست یکی از اشخاص در شکل ۸ نشان داده شده است. در مرحله دوم و اجرای عملیات پیش‌پردازش، قسمت‌های اضافی تصویری که توسط وسیله خودساخته اخذ شده، حذف و پوست دست افراد استخراج گردیده است.

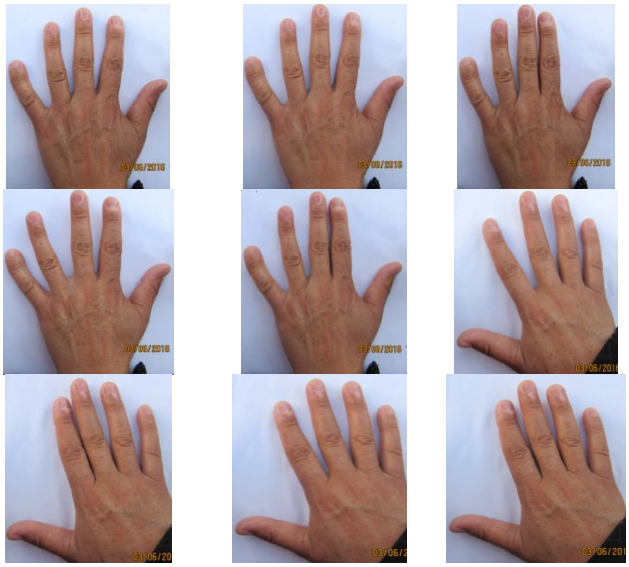
برای این منظور، محاسباتی ساده روی مؤلفه‌های تصویری که در فضای رنگی RGB قرار دارد، انجام شده است. در واقع اگر r، g و b به‌ترتیب مؤلفه‌های قرمز، سبز و آبی تصویر ورودی باشند آنگاه مؤلفه‌های جدید به‌نام‌های r_1، g_1 و b_1 به‌صورت روابط (۱۱) تا (۱۳) محاسبه می‌شوند.

$$r_1 = \frac{r + 2\times g + b}{4} \qquad (۱۱)$$

$$g_1 = r - g \qquad (۱۲)$$

$$b_1 = b - g \qquad (۱۳)$$

سپس، مؤلفه g_1 تصویر جدید بررسی و اگر مقادیر پیکسلی این مؤلفه، بین دو آستانه‌ی پیشنهادی T_1 و T_2 قرار گیرد مقادیر پیکسلی مؤلفه‌های r_1، g_1 و b_1 دارای مقدار ۲۵۵ و در غیر این صورت مقدار ۰ می‌گیرند. مقادیر دو آستانه‌ی مطلوب پیشنهادی به‌ترتیب ۲۰ و ۷٤ هستند. انتخاب این دو مقدار آستانه جهت تشخیص پوست می‌تواند در کاربردهای خاص دیگری نیز مورداستفاده قرار گیرد [٥٤]. در مرحله بعد، تصویر به‌دست‌آمده به یک تصویر دودویی تبدیل و نواحی ناخن انگشتان دست مطابق الگوریتم ارائه‌شده در [٥٥] مجزا شده است. در مرحله سوم، ویژگی‌های بافت و رنگ تصاویر با روش پیشنهادی الگوهای شانزده‌تایی در چهار جهت مختلف و گشتاورهای رنگ محاسبه شده‌اند.



شکل۸ تصاویر اخذ شده از دست چپ و راست یکی از افراد در مجموعه تصاویر جمع‌آوری شده

در تشریح کارایی توصیفگر قدرتمند بافتی پیشنهادی می‌توان اذعان نمود که این توصیفگر هنگام پردازش هر یک از پیکسل‌های تصویر، شانزده پیکسل همسایه آن در جهت زوایای مختلف را مدنظر قرار می‌دهد. این پردازش در جهت‌های مختلف منجر به استخراج ویژگی‌های دیداری با اهمیتی می‌گردد که قادرند در تشخیص هویت افراد با دقت بالایی عمل نمایند. به‌علاوه، استفاده از ویژگی‌های آماری از جمله گشتاورهای رنگ، نقش بسزایی در کدگذاری دقیق‌تر توصیفگر پیشنهادی داشته است.

در نهایت با استفاده از SVM چند کلاسه طبقه‌بندی تصاویر انجام شده است. شایان ذکر است که روش بازشناسایی هویت پیشنهادی در بسیاری از زمینه‌های امنیتی از جمله

- امور مالی، بیمارستان‌ها و فرودگاه‌ها

- کاربردهای دادگاهی[۱] مانند شناسایی مجرمان[۲] و اجساد[۳]
- مدیریت دولتی[۴]

کاربرد دارد. درنتیجه با توجه به اهمیت روش بازشناسایی هویت پیشنهادی در زمینه‌های امنیتی مختلف، اهمیت موضوع پژوهش حاضر به‌خوبی محسوس و قابل درک است.

۴- آزمایش و تحلیل نتایج

این بخش به تحلیل نتایج آزمایشات پرداخته که زیربخش اول جزئیات شبیه‌سازی و زیربخش دوم تحلیل زمانی روش پیشنهادی را بیان می‌نماید.

۴-۱- جزئیات شبیه‌سازی الگوریتم پیشنهادی و نتایج

تمامی آزمایشات با نرم‌افزار MATLAB R2021 با سیستم‌عامل Windows 7 Ultimate توسط سیستمی با مشخصات Intel core i5 3210M CPU 2.5GHz و حافظه فیزیکی چهار گیگابایت انجام گرفته و برای آموزش و آزمایش از تصاویر پایگاه‌داده Nail و مجموعه‌ای از تصاویر پایگاه‌داده چروکیدگی انگشتان دست استفاده شده است.

همان‌طور که واضح است شناسایی هویت افراد یک مسئله‌ی انطباق ۱ به N است. به‌عنوان مصداق، تصویر ناخن شخص نامشخص با کلیه تصاویر ناخن در پایگاه‌داده مقایسه و براساس کلیه مقایسه‌ها یک تصمیم اتخاذ می‌گردد. در واقع اطلاعات زیست‌سنجی یک فرد با پایگاه‌داده‌ای از هویت‌های احتمالی، مقایسه، انطباق و هویت وی کشف خواهد شد و این روشی است که مجری قانون و کنترل مرزها اغلب از ویژگی‌های زیست‌سنجی استفاده می‌کنند.

همچنین جهت انتخاب تعداد نمونه‌های آزمایش می‌توان از روش‌های مختلف از جمله استفاده از جدول‌های آماده، نظر پژوهش‌گر، محاسبات آماری و رابطه کوکران[۵] استفاده نمود. در آزمایشات این تحقیق تعداد نمونه‌های آزمایش براساس قانون کوکران [۵۶] انتخاب شده است. تعداد نمونه‌ها در این روش به‌صورت رابطه (۱۴) محاسبه شده که در آن N تعداد نمونه‌های جامعه آماری، p درصد توزیع صفت در جامعه، q درصد افرادی که فاقد صفت موردمطالعه هستند و z برابر ۱/۹۶ است. خطای قابل قبول e در برآورد (۰/۰۵) لحاظ شده است.

$$n=\frac{\frac{z^2pq}{e^2}}{1+\frac{1}{N}[\frac{z^2pq}{e^2}-1]} \qquad (۱۴)$$

به‌علاوه، انتخاب نمونه‌های آزمایش نیز براساس روش‌های متعددی از جمله نمونه‌گیری تصادفی ساده، نمونه‌گیری طبقه‌ای، نمونه‌گیری خوشه‌ای[۶]، نمونه‌گیری چند مرحله‌ای و روش نمونه-گیری با قاعده یا سیستماتیک[۷] انجام می‌شود که در این مقاله روش روش نمونه‌گیری خوشه‌ای برگزیده شده است.

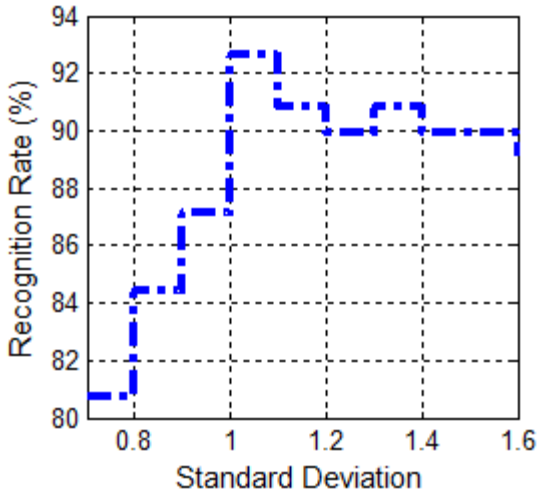
پس از مجزاسازی نواحی مطلوب تصاویر دست و انتخاب نمونه‌های آزمایش، بردارهای ویژگی تصاویر براساس توصیفگر پیشنهادی محاسبه و استخراج شده‌اند و جهت دسته‌بندی تصاویر از ماشین بردار پشتیبان استفاده شده است. این طبقه‌بند، دسته‌بندی براساس مجزاسازی ابرصفحات[۸] است. بردارهای ویژگی ورودی با استفاده از توصیفگر پیشنهادی محاسبه و دسته‌بند این نقاط ورودی را برای دست‌یافتن به یک مجزاسازی با استفاده از مجموعه‌ای از توابع ریاضی به‌نام هسته‌ها مجدداً مرتب می‌نماید.

در این مقاله از جعبه‌ابزار fitcecoc که یکی از ابزارهای بسیار پرطرفدار برای دسته‌بندی SVM است و از هسته‌های مختلفی پشتیبانی می‌کند، بهره گرفته شده است. در مرحله آموزش[۹]، SVM چند کلاسه به دو ورودی شامل بردار ویژگی x محاسبه‌شده توسط توصیفگر پیشنهادی و بردارهای برچسب متناظر با آنها نیاز دارد. این روند براساس تابع "fitcecoc" انجام می‌شود. خروجی این مرحله شامل آرایه‌ای از پارامترها و مقادیری است که در مرحله پیشگویی مورداستفاده قرار خواهد گرفت. در مرحله بعد تابع "predict" بردار ویژگی تصویر موردآزمون را دریافت و برچسب آن را محاسبه می‌نماید.

در چارچوب پیاده‌سازی روش ارائه‌شده، هسته‌های مختلفی به‌کار گرفته شده که در میان انواع این هسته‌ها، RBF بسیار به پارامتر σ (انحراف استاندارد) تعریف‌شده در رابطه (۱۰) وابسته بوده و تنظیم این پارامتر، تأثیر بسیار زیادی بر عملکرد SVM دارد. در پیاده‌سازی‌ها پس از آزمایشات متعدد از مقدار بهینه‌ی این پارامتر استفاده شده است. روی پایگاه‌داده جمع‌آوری‌شده Nail دقت تشخیص روش پیشنهادی SPAC، به‌ازای هسته RBF و مقادیر انحراف استانداردهای مختلف در شکل ۹ آورده شده است. کاملاً واضح است که انتخاب σ=1 میزان نرخ تشخیص هویت را به مقدار حداکثر ۹۲/۶۶ درصد نائل نموده که کارایی مطلوب روش پیشنهادی را اثبات می‌نماید.

---

[۱] Forensic Applications
[۲] Identify the Criminal
[۳] Identify the Missing Child (IMC)
[۴] Government Administrations
[۵] Cochran
[۶] Cluster Sampling
[۷] Systematic Sampling
[۸] Hyperplanes
[۹] Training Phase



شکل۹ تأثیر پارامتر انحراف استاندارد در پیاده‌سازی هسته RBF روی میزان دقت تشخیص هویت به‌ازای پایگاه‌داده Nail

همچنین با استفاده از توابع هسته چند جمله‌ای با درجه‌های مختلف، دقت روش پیشنهادی روی مجموعه تصاویر Nail محاسبه و در جدول ۱ ذکر شده‌اند.

همان‌طور که واضح است استفاده از تابع هسته چند جمله‌ای درجه سه (Kernel Function of Polynomial: Order 3) نسبت به توابع چند جمله‌ای درجه دوم و چهارم از دقت تشخیص بالاتری به‌میزان ۸۳/۴۹% برخوردار است.

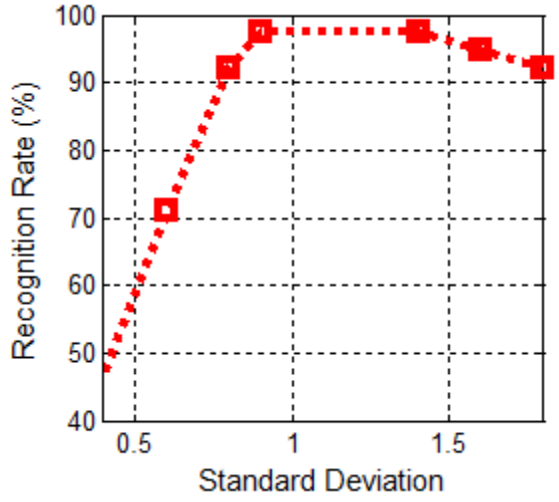
جدول۱ دقت روش پیشنهادی با استفاده از توابع هسته چند جمله‌ای با درجه‌های مختلف روی مجموعه تصاویر Nail

روش پیشنهادی	دقت (%)
تابع هسته چند جمله‌ای درجه ۲	۸۰/۷۳
تابع هسته چند جمله‌ای درجه ۳	**۸۳/۴۹**
تابع هسته چند جمله‌ای درجه ۴	۷۲/۴۸
میانگین نتایج	۷۸/۹۰

مجموعه داده دوم که موردبررسی قرار گرفته، مجموعه‌ای از تصاویر پایگاه‌داده جمع‌آوری‌شده FKP است که دقت تشخیص روش پیشنهادی SPAC، به‌ازای هسته RBF و مقادیر انحراف استانداردهای مختلف در شکل ۱۰ آورده شده است. در اینجا نیز انتخاب σ=0.9 میزان نرخ تشخیص هویت را به مقدار حداکثر ۹۷/۳۷ درصد رسانده است.

همچنین با استفاده از توابع هسته چند جمله‌ای با درجه‌های مختلف، دقت روش پیشنهادی روی مجموعه تصاویر FKP محاسبه و در جدول ۲ ذکر شده‌اند.

همان‌طور که مشخص است استفاده از تابع هسته چند جمله‌ای درجه دو (Kernel Function of Polynomial: Order 2) نسبت به توابع چند جمله‌ای درجه سه و چهار از دقت تشخیص بالاتری به‌میزان ۷۸/۹۵% برخوردار است.



شکل۱۰ مقادیر دقت تشخیص روش پیشنهادی روی مجموعه‌ای از تصاویر پایگاه‌داده FKP به‌ازای مقادیر مختلف σ در هسته RBF

در ارتباط با موضوع مقایسه روش پیشنهادی با روش‌های پیشین لازم به ذکر است که پایگاه‌داده استاندارد تصاویر پشت دست جز پایگاه‌داده آقای کال [۵۷] تا کنون تهیه نشده و طی مکاتبه‌ای که با ایشان صورت گرفت، پایگاه‌داده در اختیار نویسندگان قرار نگرفت. در حقیقت پایگاه‌داده‌ی جمع‌آوری‌شده در این پژوهش به‌عنوان اولین پایگاه‌داده‌ی استاندارد معرفی و قابلیت استفاده عمومی دارد.

جدول۲ دقت روش پیشنهادی با استفاده از توابع هسته چند جمله‌ای با درجه‌های مختلف روی مجموعه تصاویر FKP

روش پیشنهادی	دقت (%)
تابع هسته چند جمله‌ای درجه ۲	**۷۸/۹۵**
تابع هسته چند جمله‌ای درجه ۳	۷۱/۰۵
تابع هسته چند جمله‌ای درجه ۴	۶۵/۷۹
میانگین نتایج	۷۱/۹۳

۴-۲- تحلیل زمانی الگوریتم پیشنهادی

مدت زمان استخراج ویژگی روش پیشنهادی در جدول ۳ آورده شده است. همچنین مدت زمان دسته‌بندی و تشخیص کلیه تصاویر موجود در پایگاه‌داده ۱۰۱/۰۸ ثانیه است. درنتیجه روش بازشناسی هویت پیشنهادی در کاربردهای مختلفی، قابلیت استفاده دارد. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهندهٔ کارایی روش پیشنهادی در استخراج ویژگی و درنتیجه استفاده از آن در کاربردهای امنیتی و بلادرنگ نیز امکان‌پذیر است.

جدول۳ مدت زمان استخراج ویژگی‌های رنگ و ویژگی‌های ترکیبی در روش پیشنهادی

روش پیشنهادی	مدت زمان (میلی‌ثانیه)
استخراج ویژگی‌های رنگ	۱۶۰۰
استخراج ویژگی‌های ترکیبی	۲۳۶۰

۵- نتیجه‌گیری و مسیر آتی

در این مقاله یک روش جدید بازشناسی دست بر مبنای الگوهای شانزده‌تایی در جهت‌های مختلف و ویژگی‌های آماری ارائه شده که جهت دست‌یافتن به بردار ویژگی قدرتمند و تفکیک‌پذیر، الگوهای متعدد در جهت زوایای مختلف در نظر گرفته شده‌اند. جهت دسته‌بندی نیز، ماشین بردار پشتیبان چند کلاسه و توابع هسته مختلفی استفاده شده‌اند. نتایج تجربی حاصله، مطلوب‌بودن روش بازشناسی هویت پیشنهادی را در کاربردهای ویژه، مخصوصاً در زمینه‌های امنیتی اثبات می‌نماید.

به‌عنوان کار آتی، به‌منظور استفاده از روش بازشناسی هویت پیشنهادی در زمینه‌های خاص با مجموعه‌ی عظیمی از تصاویر دست، استفاده از توصیفگرهای مبتنی‌بر ترکیب بافت و شکل از جمله عملگر لبه Canny با در نظر گرفتن، یک آستانه بالا جهت حساسیت لبه پایین و یک آستانه پایین جهت حساسیت لبه بالا، توصیفگر فاصله شعاعی و گشتاورهای Hu می‌تواند موردتوجه قرار گیرد. همچنین استفاده از توازی در محاسبات و به‌کارگیری پردازنده کارت گرافیک مانند روش‌های کیوماری و رحمانی برای تسریع بیشتر پیشنهاد می‌شود و به‌عنوان یک زمینه تحقیقاتی گسترده در مسیر آتی می‌تواند موردبررسی قرار گیرد. به‌علاوه، استفاده از روش‌های یادگیری عمیق متناسب با پوست دست افراد از جمله PCANet و DCTNet نقش مؤثری در شناسایی هویت افراد در حجم انبوهی از تصاویر دست دارد که این امر می‌تواند در پژوهشی جداگانه در آینده بررسی شود. در ضمن، روش پیشنهادی مقاومت قوی به نویز نداشته و این موضوع می‌تواند در پژوهش-های آتی دنبال شود.

مراجع

[1] *Waheed Z., Akram M.U., Waheed A., and Shaukat A., Robust extraction of blood vessels, Second International Conference on Information Security and Cyber Forensics, pp. 1-5, 2015.*

[2] *Wang C., Muhammad J., Wang Y., He Z., and Sun Z., Towards complete and accurate iris segmentation using deep multi task attention network for non-cooperative iris recognition, IEEE Transactions on Information Forensics, Vol. 15, pp. 2944-2959, 2020.*

[3] *Balangue R., Padilla C., Linsangan N., Cruz J., Juanatas R., and Juanatas I., Ear recognition for ear biometrics using integrated image processing Techniques via raspberry Pi, 14th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management, pp. 1-4, 2023.*

[4] *He R., Cao J., Song L., Sun Z., and Tan T., Adversarial cross-spectral face completion for NIR-VIS face recognition, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 42, pp. 1025-1037, 2020.*

[5] *Elihos A., Selbes B., Balci B., and Artan Y., Comparison of matching score based fusion in latent fingerprint recognition, 30th Signal Processing and Communications Applications Conference, pp. 1-5, 2022.*

[6] *Swarnkar P., Jain P.K., Palm print recognition using neighboring direction indicator, 16th International Conference on Wireless and Optical Communication Networks, pp. 1-4, 2019.*

[7] *Kumar A., Chandralekha A., Himaja Y., and Sai S., Local binary pattern based multimodal biometric recognition using ear and FKP with feature level fusion, IEEE International Conference on Intelligent Techniques in Control, Optimization and Signal Processing, pp. 1-5, 2019.*

[8] *Dessai S., Borkar S., Finger nail recognition system using neural network, 2nd International Conference on I-SMAC, pp. 1-5, 2019.*

[9] *Yang M., Liao L., Ke K., and Gao G., Multi-feature sparse similar representation for person identification, Pattern Recognition, Vol. 132, pp. 1-10, 2022.*

[10] *Girija S., Baker T., Ahmed N., Khedr A., Aghbari Z., Jha A., Sobolev K., Asl S., and Phan A., Attribute recognition for person re-identification using federated learning at all-in-edge, Internet of Things, Vol. 22, pp. 1-10, 2023.*

[11] *Wu S., Zhai X., Hu Z., Sun Y., and Liu J., Advanced acoustic footstep-based person identification dataset and method using multimodal feature fusion, Knowledge-Based Systems, Vol. 264, pp. 1-10, 2023.*

[12] *Mohammed N., Khaleel M., Latif M., and Khalid Z., Face recognition based on PCA with weighted and normalized mahalanobis distance, International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences, pp. 1-5, 2018.*

[13] *Nanni L., Lumini A., Fusion of color spaces for ear authentication, Pattern Recognition, Vol. 42, pp. 1906-1913, 2009.*

[14] *Khakzar M., Pourghassem H., A rotation invariant retina identification algorithm using tessellation-based spectral feature, Iranian Conference on Biomedical Engineering, pp. 309-314, 2014.*

[15] *Hollingsworth K., Bowyer K., and Flynn P., The best bits in an iris code, IEEE Transactions on Pattern Analysis Machine Intelligence, Vol. 31, pp. 964-973, 2009.*

[16] *Kumari P., Naidu S.R., Fast approach for iris detection on GPU by applying search localization for circular Hough transform, International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics, pp. 774-778, 2018.*

[17] *Rahmani V., Narouei, Automated iris segmentation and robust features extraction based on parallel SURF feature model, 25th International Computer Conference, Computer Society of Iran (CSICC), pp. 1-9, 2020.*

[18] *Wibawa P., Agung T., and Sthevanie F., Palm print recognition using competitive hand valley detection, local*

operating with faults by using Markov process and NSGA-II, Reliability Engineering & System Safety, Vol. 236, pp. 1-6, 2023.

[33] *Sakkara P., P P.B., Analysis of algorithm models for gait recognition, International Conference on Electrical, Electronics, Signal, Communication and Optimization, pp. 1-6, 2015.*

[34] *Ficarra E., Benini L., Macii E., and Zuccheri G., Automated DNA fragments recognition and sizing through AFM image processing, IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, Vol. 9, pp. 508-517, 2005.*

[35] *MR S., Ravishankar M, Finger knuckle print recognition based on Gabor feature and KPCA+LDA, International Congress on Image and Signal Processing, pp. 1-5, 2011.*

[36] *Hegde C., Shenoy P.D., Venugopal K.R., and Patnaik L.M., FKP biometrics for human authentication using Gabor wavelets, IEEE Region 10 Conference, pp. 1-5, 2011.*

[37] *Usha K., Ezhilarasan M., Haar-wavelet transform based finger knuckle print recognition, International Congress on Recent Trends in Information Technology, pp. 1-6, 2014.*

[38] *Tarhouni W., Shaikh M., Boubchir L., and Bouridane A., Multi-scale shift local binary pattern based-descriptor for finger knuckle print recognition, International Conference on Microelectronics, pp. 184-187, 2014.*

[39] *Amraoui M., Aroussi M., Finger knuckle print recognition based on multi-instance fusion of local feature sets, International Conference on Multimedia Computing and Systems, pp. 1-6, 2014.*

[40] *Meraoumia A., Korichi M., Chitroub S., and Bouridane A., Finger knuckle print identification based on histogram of oriented gradients and SVM classifier, International Conference on New Technologies of Information and Communication, pp. 1-6, 2014.*

[41] *Chaa M., Boukezzoula N., Meraoula A., and Korichi M., An efficient biometric based personal authentication system using finger knuckle prints features, International Conference on Information Technology for Organizations Development, pp. 1-5, 2016.*

[42] *Rodrigues E., Porcino T., and Conci A., A simple approach for biometrics: finger knuckle prints recognition based on a sobel filter and similarity measures, International Conference on Systems, Signals and Image Processing, pp. 1-5, 2016.*

[43] *Fei L., Zhang B., Teng S., Zeng A., Tian C., and Zhang W., Learning discriminative finger knuckle print descriptor, International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, pp. 2137-2141, 2019.*

[44] *Garg S., Kumar A., and Hanmandlu M., Biometric authentication using finger nail surface, International Conference on IEEE, pp. 497-502, 2012.*

binary pattern and probabilistic neural network, International Conference on Information Technology Systems and Innovation, pp. 105-110, 2014.

[19] *Lastra M., Carabano J., Gutierrez P., Benitez J., and Herrera F., Fast fingerprint identification using GPUs, Information Science, Vol. 301, pp. 195-214, 2015.*

[20] *Zhang L., Zhang L., Zhang D., and Guo Z., Phase congruency induced local features for finger knuckle print recognition, Pattern Recognition, Vol. 45, pp. 2522-2531, 2012.*

[21] *Yurdakul O.C., Subathra S.P., and George S.T., Detection of parkinson's disease from gait using neighborhood representation local binary patterns, Biomedical Signal Processing and Control, Vol. 62, pp. 1-10, 2020.*

[22] *Yazid M., Rahman M.A., Variable step dynamic threshold local binary pattern for classification of atrial fibrillation, Artificial Intelligence in Medicine, Vol. 108, pp. 1-8, 2020.*

[23] *Liang P., Li S., and Qin J., Multi-resolution local binary patterns for image classifications, International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, pp. 1-5, 2010.*

[24] *Meena K., Suruliandi A., Local binary patterns and its variants for face recognition, International Conference on Recent Trends in Information Technology, pp. 1-5, 2011.*

[25] *Liu Y., Chen J., Unsupervised face frontalization for pose-invariant face recognition, Image and Vision Computing, Vol. 106, pp. 1-23, 2021.*

[26] *Zhu Y., Jiang Y., Optimization of face recognition algorithm based on deep learning multi feature fusion driven by big data, Image and Vision Computing, Vol. 104, pp. 1-15, 2020.*

[27] *Taskiran M., Kahraman N., and Erdem C.E., Face recognition: past, present and future (a review), Digital Signal Processing, Vol. 106, pp. 1-45, 2020.*

[28] *Terhorst P., Kolf J.N., Damer N., Kirchbuchner F., Juijper A., Post-comparison mitigation of demographic bias in face recognition using fair score normalization, Pattern Recognition Letters, Vol. 140, pp. 332-338, 2020.*

[29] *Dcruz L., Harirajkumar J., Contactless attendance system using Siamese neural network based face recognition, Materials Today Proceedings, pp. 1-7, 2020.*

[30] *Tatay C.M., Fortea I.B., and Sevilla M.D.G., Challenges and insights for the visual system: are face and word recognition two sides of the same coin, Journal of Neurolinguistics, Vol. 56, pp. 1-7, 2020.*

[31] *Zhang J., Wang B., A novel recognition models based on HMM and fuzzy PPM, ICSP Proceedings, pp. 637-640, 2010.*

[32] *Cheng D., Lu Z., Zhou J., and Liang X., An optimizing maintenance policy for airborne redundant systems*

[45] *Alghamdi M., Angelov P., and Alvaro L.P., Person identification from fingernails and knuckles images using deep learning features and the Bray-Curtis similarity measure, Neurocomputing, Vol. 513, pp. 83-93.*

[46] *Heidari H., Chalechale A., Biometric authentication using a deep learning approach based on different level fusion of finger knuckle print and fingernail, Expert Systems with Applications, Vol. 191, pp. 1-12, 2022.*

[47] *Cerkezi L., Topal C., Gender recognition with uniform local binary patterns, 26th Signal Processing and Communications Applications Conference, pp. 1-4, 2018.*

[48] *Machhour N, Nasri M, New color and texture features coding method combined to the simulated annealing algorithm for content based image retrieval, 4th International Conference on Intelligent Computing in Data Sciences, pp. 1-8, 2020.*

[49] *Afifa A., Ashour I., Image retrieval based on content using color feature, International Scholarly Research Network, pp. 1-12, 2012.*

[50] *Yang B., Guan X., Zhu J., Gu C., Wu K., and Xu J., SVMs multi-class loss feedback based discriminative dictionary learning for image classification, Pattern Recognition, Vol. 112, pp. 1-44, 2021.*

[51] *Zhai W., Xiong X., Mo G., Xiao Y., Wu C., Xu Z., Pan J., A bagging-SVM field-road trajectory classification model based on feature enhancement, Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 217, pp.1-7, 2024.*

[52] *Sugumar R., Suganya D., A multi-spectral image-based high-level classification based on a modified SVM with enhanced PCA and hybrid metaheuristic algorithm, Remote Sensing Applications: Society and Environment, Vol. 31, pp. 1-8, 2023.*

[53] *Lin D., Sun L., Toh K.A., Zhang J., and Lin Z., Biomedical image classification based on a cascade of an SVM with a reject option and subspace analysis, Computers in Biology and Medicine, Vol. 96, pp. 128-140, 2018.*

[54] *Paracchini M., Marcon M., Villa F., and Tubaro S., Deep skin detection on low resolution grayscale images, Pattern Recognition Letters, Vol. 131, pp. 322-328, 2020.*

[55] *Heidari H., Chalechale A., A new biometric identity recognition system based on a combination of superior features in finger knuckle print images, Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, Vol. 28, pp. 238-252, 2020.*

[56] *Uakarn C., Chaokromthong K., and Sintao N., Sample size estimation using Yamane and Cochran and Krejcie and Morgan and green formulas and Cohen statistical power analysis by G*Power and comparisons, APHEIT International Journal, Vol. 10, pp. 76-88, 2021.*

[57] *Kale K.V., Rode Y., Kazi M.M., Chavan S., Dabhade S., and Deshmukh P., Multimodal biometric system using finger knuckle and nail: a neural network approach, International Journal of Electrical Energy, Vol. 1, pp. 222-227, 2013.*

حدیث حیدری مدرک کارشناسی تا دکتری مهندسی کامپیوتر را طی سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۸۶ از دانشگاه رازی کرمانشاه اخذ نمود. ایشان هم‌اکنون استادیار گروه مهندسی کامپیوتر دانشکده فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی کرمانشاه است و در مقاطع تحصیلی خود رتبه اول و ممتاز، عضو گروه استعدادهای درخشان، پژوهشگر برتر و دارای مقالات علمی متعددی است. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه، پردازش تصویر و ویدئو، بازیابی مبتنی‌بر محتوا، دسته‌بندی تصاویر بافتی، تشخیص هویت زیستی، یادگیری عمیق، زمانبندی در سیستم‌عامل، نرمال‌سازی در پایگاه‌داده، تهیه برنامه‌های کاربردی مبتنی‌بر جاوا و مواردی دیگر است.

عبداله چاله‌چاله مدرک کارشناسی (مهندسی برق) و کارشناسی ارشد (مهندسی کامپیوتر-نرم‌افزار) خود را از دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران دریافت کرده است. وی مدرک دکتری مهندسی کامپیوتر خود را از دانشگاه ولونگونگ استرالیا در سال ۱۳۸۳دریافت نموده است. ایشان هم‌اکنون به‌عنوان عضو هیأت علمی در دانشگاه رازی کرمانشاه مشغول به کار می‌باشد. زمینه‌های علمی مورد علاقه ایشان شامل هوش مصنوعی، پردازش تصویر و ویدئو، سیستم‌های توزیع شده و اینترنت اشیا است.