مجله نخبگان علوم و مهندسی
Journal of Science and Engineering Elites
جلد ۴- شماره ۶- سال ۱۳۹۸
www.ElitesJournal.ir

شناسایی هویت نویسنده بر مبنای ترکیب ویژگی‌های ساختاری و بافتی دست‌خط

علیرضا نقش[۱]، سید حسام الدین هاشمی*[۲]، فاطمه سادات بهشتی نژاد[۳]، قاسم گنجی زاده[۴]

۱- استادیار، دانشکده مهندسی برق، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد هوش مصنوعی و رباتیک، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف آباد، ایران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد هوش مصنوعی و رباتیک، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف آباد، ایران
۴-کارشناسی فناوری اطلاعات، دانشگاه علمی کاربردی، علم و صنعت اصفهان، اصفهان، ایران

*Hessam_2013@yahoo.com

ارسال: بهمن ماه ۹۸ پذیرش: بهمن ماه ۹۸

چکیده

در این پژوهش رویکردی برون خط و مستقل از متن مبتنی بر ترکیب ویژگی‌های بافتی و ساختاری به منظور شناسایی و تایید هویت نویسنده یک دست‌خط ارائه شده است. ویژگی‌های بافتی توانایی استخراج ویژگی‌های ساختاری از جمله فاصله بین کلمه‌ای یا فاصله بین خطی را ندارند، به همین منظور در این تحقیق سعی شده است علاوه بر معرفی یک ویژگی بافتی و ساختاری جدید، با ترکیب این دو دسته ویژگی، دقت سیستم پیشنهادی افزایش یابد. روش پیشنهادی ابتدا سه ویژگی ساختاری شامل متوسط فاصله بین کلمه‌ای، متوسط فاصله بین خطوط و توزیع توأم جهت و مساحت حلقه‌های بسته را استخراج می‌کند و سپس سه ویژگی توسعه یافته بر مبنای الگوی دودویی محلی را به منظور استخراج ویژگی بافتی از متن استخراج می‌کند. هر سند دست‌نویس به صورت ترکیب سه هیستوگرام از الگوهای دودویی موجود در تصویر بازنمایی می‌شود و در نهایت ترکیب ویژگی‌های ساختاری و بافتی به عنوان ویژگی نهایی به طبقه‌بند نزدیک‌ترین همسایه ارائه می‌شود تا شناسایی نویسنده انجام گیرد. روش پیشنهادی بر روی دو مجموعه پایگاه داده یکی به زبان فارسی و دیگری به زبان عربی مورد ارزیابی قرار گرفت که بالاترین دقت با ترکیب ویژگی‌های بافتی به صورت یکنواخت و ویژگی‌های ساختاری به‌دست آمد

کلمات کلیدی: شناسایی هویت نویسنده، الگوی دودویی توسعه یافته، ویژگی ساختاری.

۱- مقدمه

با رشد و گسترش توان کامپیوتر ها، استفاده از این ابزار قدرتمند در تحلیل اسناد متنی به وضوح دیده می‌شود .با اینکه که این سیستم‌های کامپیوتری، نمی‌توانند به طور کامل جایگزین تحلیل های انسانی شوند، اما نقش اساسی در کمک به انسان برای تحلیل اسناد متنی از جمله بخش بندی، کاهش فضای جستجو، مصورسازی و پردازش سریعتر ایفا می‌کنند. تشخیص و یا تایید هویت نویسنده از روی یک سند متنی دست‌نویس یکی از موضوعاتی است که همواره در اموری مانند جرم شناسی مورد توجه بوده است. شناسایی نویسنده

دست خط بستگی به سبک دست خط بین افراد مختلف دارد و لذا با شناسایی تفاوت بین سبک های نوشتاری و استخراج ویژگی‌های کارآمد از کاراکترها و کلمات در یک سند دست‌نویس می‌توان به شناسایی و یا تایید هویت نویسنده دست یافت.

با این حال مانند بسیاری از سیستم‌های هوشمند دیگر چالش‌هایی در شناسایی دست خط وجود دارند که دست یابی به یک دقت تشخیص بالا را با مشکل مواجه می‌کنند. به عنوان مثال عوامل بسیاری هستند که دست خط یک فرد را تحت تاثیر قرار می‌دهند، که از آن جمله می‌توان به محدودیت بیومکانیکی فردی، آموزش‌های مرتبط به دست خط، موقعیت روحی فرد، ابزار نوشتاری و حتی هدف از دست خط (تفاوت بین متن مربوط به یک لیست خرید و نامه رسمی) اشاره کرد. علاوه بر این دست نوشته یک فرد بر پایه یک الگوی خاص قرار دارد که شخص طی سالیان متوالی با تمرین به‌دست می‌آورد و با اینکه دارای شکل و منحنی مشابه هستند اما هیچ دو نمونه از دست نوشته یک شخص دقیقا همانند نیستند. نتایج اخیر از شناسایی نویسنده در مباحث دادگاهی نشان می‌دهد که دست خط هر فرد صفات کافی از فرد را برای اهداف شناسایی هویت به همراه دارد مرجع [۱].

علاوه بر چالش‌های ذاتی دست خط که در بالا اشاره شد مواردی مانند بخش‌بندی پیش زمینه و پس زمینه در اسناد متنی با کیفیت پایین و یا محدود بودن متن موجود از نویسنده ناشناخته می‌تواند مشکلات کار را دو چندان کند مرجع [۱].

شناسایی و تایید هویت نویسنده یکی از زیر شاخه‌های علم بیومتریک است که به معنای شناسایی هویت یک فرد براساس ویژگی‌های فیزیکی و یا رفتاری وی است مرجع [۲]. منظور از ویژگی‌های فیزیکی، صفات کمی بیولوژیکی قابل اندازه گیری مانند اثر انگشت، عنبیه و یا چهره است و ویژگی‌های رفتاری به معنای صفات متمایزی است که فرد هنگام انجام برخی از رفتارها مانند راه رفتن، گفتار و یا نوشتن یک دست خط از خود نشان می‌دهد.

روش‌های تشخیص نویسنده از روی سند دست نوشته بر حسب رویه اکتساب داده ورودی به دو دسته عمده ایستا و پویا تقسیم بندی می‌شوند مرجع [۳]. در روش‌های ایستا کاربران دست نوشته‌های خود را بر روی یک کاغذ می نویسند و سپس با استفاده از یک اسکنر نوری یا یک دوربین، نسخه دیجیتالی از دست نوشته تهیه می‌شود و سیستم بیومتریک، هویت نویسنده را با تحلیل تصویر دیجیتالی دست نوشته مشخص می‌کند. این روش به نام برون خط[۱] نیز شناخته می‌شود. در روش‌های پویا، کاربر دست نوشته خود را از طریق دستگاه‌هایی همچون تبلت های حساس به فشار به صورت بلادرنگ ضبط می‌کند. در این حالت جهت حرکت دست، میزان فشار قلم و سرعت قلم نیز قابل دریافت است. وجود این اطلاعات موجب شده است روش‌های پویا نسبت به دست اول نتایج بهتری را از نظر دقت تشخیص ارائه دهند.

روش‌های تشخیص دست خط از جنبه دیگری نیز قابل بررسی و دسته‌بندی هستند. وابستگی و استقلال از متن[۲] یکی از مواردی است که در روش‌های تشخیص نویسنده از روی سند دست نوشته مورد توجه می باشد. در روش‌های وابسته به متن[۳] به نویسندگان یک متن (ثابت) داده شده که این متن می‌تواند شامل یک صفحه کامل یا کلمات منفرد و حتی کاراکترهای متفاوت باشد. در این حالت، تشخیص تنها بر مبنای یک متن شاخص انجام می گیرد. در مقابل روش‌های مستقل از متن نیاز به کاراکترها و متن ثابتی ندارند و به همین دلیل از نظر کاربرد گسترده هستند مرجع [۴].

در این پژوهش رویکردی ترکیبی برای تعیین و تایید هویت نویسنده یک سند دست‌نوشته به صورت برون خط و وابسته به متن ارائه شده است.

۲- مرور پیشینه

با توجه به اهمیت موضوع شناسایی نویسنده از روی دست خط در دهه گذشته روش‌های بسیاری ارائه شده است. که تفاوت آن‌ها را می‌توان در دو بخش استخراج ویژگی و رویکرد دسته‌بندی عنوان کرد. به طور کلی ویژگی‌های استخراج شده از دست خط را می‌توان به دو دسته ویژگی‌های ساختاری[۴] و بافتی[۵] طبقه‌بندی کرد مرجع [۵]. ویژگی‌های ساختاری در سطح محلی و سراسری قابل استخراج هستند و هدف آن‌ها استخراج خصوصیات ساختاری متن از قبیل ارتفاع متوسط خطوط، فاصله خالی درون کلمه‌ای و برون کلمه‌ای، انحراف زاویه کلمه‌ای با سطح افق و مواردی از این قبیل است. با وجود اینکه ویژگی‌های ساختاری دارای تفسیر هندسی هستند با این حال استخراج این ویژگی‌ها زمان بر بوده و موجب افزایش بار محاسباتی سیستم می‌شود چرا که به طور معمول برای استخراج ویژگی‌های ساختاری نیاز به بخش‌بندی

جمله، کلمه و یا حتی حروف می باشد. ویژگی‌های مبتنی بر بافت، متن را به عنوان یک سطح شامل بافت در نظر می گیرند و ویژگی‌های بافتی را در سطح بلوک یا کل متن استخراج می‌کنند. مزیت این روش‌ها نسبت به دسته اول سرعت بالای اجرا در استخراج ویژگی است.

در مرجع [۶] روشی برای شناسایی نویسنده مبتنی بر کاراکترهای دست‌نویس ارائه شده است که از ویژگی‌های ساختاری به منظور توصیف دست نوشته استفاده می‌کند. به منظور استخراج ویژگی، از ویژگی‌های نظیر نسبت طول به عرض کاراکتر، نقاط نهایی[۶] (تعداد، جهات و موقعیت نسبی) و گشتاورهای مرتبه دوم و سوم کاراکتر استفاده کرده‌اند. همچنین در گام طبقه‌بندی از یک شبکه عصبی شعاعی پایه استفاده شده است. نویسندگان کارایی روش پیشنهادی را بر روی یک پایگاه داده خود ساخته شامل ۲۰ نویسنده ارزیابی کردند و به دقت ۹۵/۴۵ درصد دست یافتند.

در مرجع [۷] نویسندگان از ۷۰ نویسنده با تحصیلات، سن و جنسیت مختلف برای جمع آوری یک پایگاه داده به زبان فارسی استفاده کردند و از هر یک از نویسندگان خواسته شد تا دو متن از پیش مشخص شده حاوی یک پاراگراف را بنویسند. به منظور استخراج ویژگی، عملیات مورفولوژی بستن، با استفاده از المان‌های ساختاری متفاوت به تصویر اعمال شده است. المان‌های ساختاری همگی خطوط با زوایای شیب متفاوت هستند که اعمال آن به تصویر نشان دهنده موقعیت هایی از تصویر دست نوشته است که آن المان ساختاری حضور دارد. پس از این مرحله تعداد اشیاء سیاه باقی مانده در تصویر حاصل از عملیات استخراج زاویه، طول و مساحت کل اشیاء سیاه باقی مانده از عملیات استخراج ویژگی، به عنوان ویژگی نهایی استفاده شده است. در نهایت از یک طبقه بند مدل مخفی مارکف برای طبقه‌بندی استفاده شده است. روش پیشنهادی با ۱۲ زاویه برای استخراج ویژگی بیش‌ترین نرخ تشخیص برابر ۸۱ درصد را روی پایگاه داده جمع آوری شده ارائه کرده است.

در مرجع [۸] روشی برای شناسایی نویسنده به روش مستقل از متن از روی دست نوشته به زبان کانادهایی (یکی از زبان‌های مرسوم در هند) ارائه شده که از یک پایگاه داده شامل ۲۵ نویسنده برای آموزش و تست استفاده شده است. بردار ویژگی شامل ویژگی‌های مکانی چند رزولوشنی بر پایه تبدیل رادون و تبدیل کسینوسی گسسته و همچنین ویژگی‌های ساختاری شامل نسبت طول به عرض و نرخ پیکسلی از هر کلمه است. منظور از نرخ پیکسلی تعداد پیسکل‌های روشن در تصویر مربوط به یک کلمه به کل پیکسل‌های آن است. در واقع روشی جدید برای ترکیب ویژگی‌های استخراج شده از دو یا چند کلمه ارائه شده است. همچنین برای طبقه‌بندی از طبقه بند نزدیک‌ترین همسایه با تکنیک ارزیابی متقابل[۷] پنج بخشی استفاده شده است. نرخ متوسط تشخیص ۹۳/۲ درصد با استفاده از تنها یک کلمه و نرخ ۱۰۰ درصد با استفاده از ترکیب ویژگی‌های سه یا بیشتر از سه کلمه به‌دست آمده است.

بررسی پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد ویژگی‌های بافتی نتایج امیدوارکننده‌ای را ارائه کرده‌اند با این حال واضح است که ویژگی های بافتی قابلیت استخراج اطلاعات ساختاری را ندارند. هدف این پژوهش ارائه یک ویژگی ساختاری و یک ویژگی بافتی جدید از تصاویر دست نوشته و ترکیب آنها به منظور افزایش دقت نهایی است.

این مقاله به صورت زیر سازماندهی شده است: در بخش سوم جزئیات مربوط به روش پیشنهادی از جمله نحوه استخراج ویژگی‌های ساختاری، ویژگی‌های بافتی و طبقه‌بندی به طور کامل تشریح شده است. بخش چهارم به ارائه نتایج و آزمایشات انجام شده اختصاص داده شده است و در نهایت در بخش پنجم نتیجه‌گیری مطرح خواهد شد.

۳- روش پیشنهادی

همان طور که در بخش مروری بر ادبیات بیان شد الگوریتم‌های بسیاری مبتنی بر اطلاعات بافتی برای توصیف یک سند دسته نوشته ارائه شده است و دلیل این امر را می‌توان سهولت استخراج ویژگی‌های بافتی کارآمد بیان کرد. با این حال توسعه توصیف‌گرهای بافتی قوی‌تر و متمایزکننده‌تر همواره مورد توجه بوده است. از طرف عدم استخراج ویژگی‌های ساختاری از سند دست نوشته را می‌توان به عنوان یکی از معایب الگوریتم‌های استخراج بافت در نظر گرفت. چرا که این ویژگی‌ها قادر به استخراج ویژگی‌های سراسری از جمله فواصل بین خطوط و یا فواصل بین کلمات که می‌توانند اهمیت بالایی در تشخیص نویسنده داشته باشد نیستند. به منظور حل هر دو مساله، در این پژوهش از ترکیب یک ویژگی بافتی جدید با نام الگوی محلی دودویی توسعه یافته با ویژگی‌های ساختاری استفاده شده است.

سیستم پیشنهادی شامل ۳ گام کلی است. ابتدا مجموعه‌ای از پیش پردازش‌ها روی تصویر ورودی انجام می‌شود. سپس ویژگی‌های ساختاری و ویژگی‌های بافت از تصاویر پیش پردازش شده استخراج می‌شوند و در نهایت در گام سوم ویژگی‌های استخراج شده از هر تصویر جهت شناسایی نویسنده یا تایید هویت وی به طبقه بند نزدیک‌ترین همسایه ارائه می‌شود. در ادامه هر یک از زیر بخش‌های سیستم پیشنهادی به طور کامل تشریح خواهد شد.

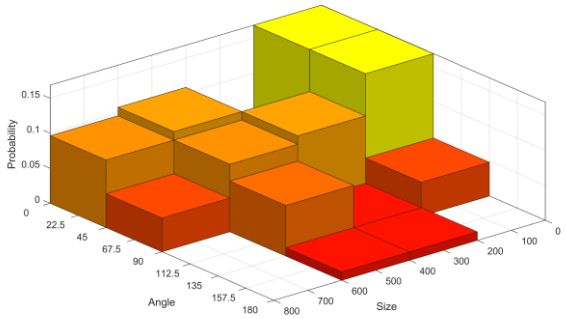
۳-۱- استخراج ویژگی‌های ساختاری

ویژگی‌های ساختاری اغلب به طور سراسری و از کل متن استخراج می‌شوند و اطلاعاتی را در رابطه با شکل کاراکترها ارائه می‌دهند. در این پژوهش از نحوه توزیع جهت و اندازه حلقه‌های درون متنی و همچنین فاصله بین کلمه‌ای و بین خطی به عنوان ویژگی‌های ساختاری استفاده شده است.

۳-۱-۱- توزیع جهت و اندازه حلقه‌های درون متن

منظور از حلقه در اینجا، کاراکترهای با فرم بسته هستند، مانند کاراکترهای ف و م در فارسی می باشد. به منظور تشخیص حلقه‌ها سند دست نوشته از عملیات ریخت شناسی ریاضیاتی استفاده شده است. ابتدا تمامی حفره‌ها با استفاده از الگوریتم پر کردن[۸] پر شده و سپس تفاضل بین تصویر حاصل و تصویر باینری اولیه محاسبه می‌شود.

پس از استخراج حلقه‌ها، زاویه حلقه با محور افقی در چهار بخش ۰ تا $\pi/4$، $\pi/4$ تا $\pi/2$، $\pi/2$ تا $3\pi/2$ و $3\pi/2$ تا π چندی سازی[۹] می‌شود همچنین مساحت هر حلقه از نظر تعداد پیکسل‌ها محاسبه و سپس در یکی از چهار محدوده ۰ تا ۲۰۰، ۲۰۰ تا ۴۰۰، ۴۰۰ تا ۶۰۰ و ۶۰۰ تا ۸۰۰ کوانتیزه می‌شود. در نهایت یک هیستوگرام دو بعدی که نحوه توزیع حلقه‌ها با توجه به جهت و اندازه را توصیف می‌کند، ساخته می‌شود. سپس مقادیر هیستوگرام بر مجموع کل مقادیر آن تقسیم می‌شود تا یک هیستوگرام نرمال به‌دست آید. در شکل ۱ یک نمونه هیستوگرام دو بعدی برای دست نوشته دیده می‌شود. به عنوان مثال این هیستوگرام نشان می‌دهد که نویسنده تمایل بیش‌تری به ترسیم حلقه‌های کوچک با سایز ۰ تا ۲۰۰ و جهت ۰ تا ۹۰ درجه داشته است.



شکل ۱- هیستوگرام دو بعدی توزیع حلقه‌ها با توجه به جهت و اندازه

۳-۱-۲- فاصله بین خطوط و بین کلمات

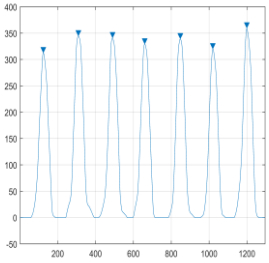
برای استخراج فاصله بین خطوط و فاصله بین کلمات به ترتیب از دو مفهوم پروفایل افقی و پروفایل عمودی تصویر استفاده شده است. که توسط روابط (۱) و (۲) بیان می‌شود.

$$Profile_H(x) = \sum_{y=1}^{M} I(x,y) \quad (۱)$$

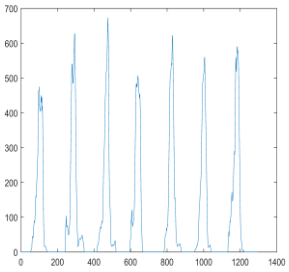
$$Profile_v(y) = \sum_{x=1}^{N} I(x,y) \quad (۲)$$

قله‌های ظاهر شده در پروفایل افقی شکل (۲)، متناظر با خطوط موجود در متن هستند. قله‌های برجسته ظاهر شده در پروفایل افقی متناظر با خطوط موجود در متن هستند با این حال همان طور که دیده می‌شود قله‌های کوچک بسیاری در پروفایل افقی ظاهر شده‌اند که یافتن قله‌های

برجسته را با مشکل مواجه می‌کند به همین منظور در گام اول پروفایل افقی با استفاده از فیلتر میانگین هموار می‌شود و سپس قله‌های اصلی به‌دست می‌آیند. در نهایت میانگین فاصله بین قله‌های به‌دست آمده به عنوان ویژگی در نظر گرفته می‌شود.



پروفایل هموار شده



پروفایل اصلی

شکل ۲- پروفایل افقی به‌دست آمده از متن

در مرحله بعد هر یک از خطوط سند دست نوشته با استفاده از پروفایل افقی به صورت جداگانه، بخش بندی می‌شوند و سپس پروفایل عمودی برای هر خط به طور جاگانه محاسبه می‌شود. مکان‌هایی از پروفایل عمودی که دارای مقدار صفر است متناظر با فضای خالی بین کلمه‌ای می باشند. در نهایت میانگین بین فواصل خطوط و فضاهای خالی بین کلمات به عنوان ویژگی در نظر گرفته می‌شود.

۳-۲- ویژگی بافت

از آنجا که هدف این پژوهش بر روی ویژگی‌ها بافتی متمرکز است، به منظور استخراج ویژگی‌های بافتی، به جای استفاده از تصویر اصلی از تصویر بافتی[۱۰] استفاده می‌شود. ساخت تصویر بافتی باعث می‌شود نیازی به تصحیح زاویه خطوط برای نرمال‌سازی متن نباشد.

۳-۲-۱- ساخت تصویر بافتی

در ابتدا برای ساخت تصویر بافتی، به دلیل اینکه تصویر ورودی در قالب یک تصویر سطح خاکستری دریافت می‌شود، از آستانه گذای اتسو[۱۱] برای تبدیل سند دست نوشته به یک تصویر دودویی استفاده می‌شود. در گام بعد با استفاده از الگوریتم تشخیص مولفه‌های همبندی، هر یک از مولفه‌های همبند موجود در متن استخراج می‌شوند.

فرآیند بعدی که به عنوان پیش پردازش جهت استخراج ویژگی‌های بافتی در نظر گرفته می‌شود حذف نویزهای ناشی از فرآیند آستانه‌گذاری و یا مربوط به نقطه، کاما و سایر مولفه‌هایی هستند که اطلاعات مفیدی در رابطه با دست نوشته فراهم نمی‌کنند و تاثیری در تعیین نویسنده ندارند. بدین منظور مولفه‌های هم بندی با تعداد پیکسل‌های کم‌تر از ۲۰ عدد حذف خواهند شد.

بعد از استخراج مولفه‌های هم بندی ابتدا مستطیل محدود کننده هر یک از مولفه‌های هم بندی مشخص شده، سپس مرکز ثقل هر مولفه از طریق روابط (۳) و (۴) محاسبه می‌شود.

$$COG_X = \frac{1}{m \times n} \sum_{x=1}^{N} \sum_{y=1}^{M} I(x,y) \times x \quad (۳)$$

$$COG_y = \frac{1}{m \times n} \sum_{x=1}^{N} \sum_{y=1}^{M} I(x,y) \times y \quad (۴)$$

که در این رابطه $I(x,y)$ تصویر مولفه ی هم بند می باشد.

پس از محاسبه مرکز ثقل هر مولفه هم‌بند، به گونه‌ای در کنار یکدیگر قرار می گیرند که مرکز ثقل آنها بر روی خط پایه[۱۲] قرار گیرد.

در این بخش متن تک خطی به طول ۲۵۶ پیکسل جدا می‌شود و خط اول را تشکیل می‌دهد. سپس میانگین ارتفاق خط اول (h) محاسبه شده و خط دوم در موقعیت $y_{newLine}$ قرار می گیرد.

۳-۲-۲- الگوی دودویی محلی توسعه یافته

عملگر LBP (local binary pattern) برای اولین بار توسط Ojala و همکارانش [۹] ارائه شد. طی آزمایش‌های انجام شده مشخص شد که عملگر LBP توانایی بالایی در بازنمایی بافت دارد.

همان‌طور که در رابطه (۷) مشخص شده است، ویژگی‌های محلی LBP معمولا در یک همسایگی دایره‌ای متقارن، با مقایسه‌ی پیکسل‌های تصویر با همسایگی‌های آن استخراج می‌شود.

$$LBP(P,R) = \sum_{i=0}^{P-1} u(g_i - g_c)2^i \quad (۷)$$

در رابطه (۷)، p تعداد همسایگی‌ها، R شعاع همسایگی، g_i شدت روشنایی پیکسل همسایگی ام i $(i = 0, \dots, P-1)$، g_c شدت روشنایی پیکسل مرکزی و $U(x)$ تابع پله‌ای است که به صورت رابطه (۸) تعریف می‌شود.

$$G(x) = \begin{cases} 1 & if\ x \geq 0 \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (۸)$$

اگر از ۸ همسایگی برای استخراج الگوهای LBP استفاده شود در این صورت ۵۶ الگوی معنادار یکنواخت و دو الگو برای حالتی که شدت روشنایی همسایگی‌ها همگی بیش‌تر یا کم‌تر از پیکسل مرکزی است و یک الگوی برای بقیه حالت‌ها در نظر گرفته می‌شود. در مجموع پیکسل‌های تصویر با ۵۹ الگو برچسب گذاری می‌شوند. که هیستوگرام نرمال شده تکرار این الگوها ویژگی‌های LBP را تشکیل می‌دهد. همچنین برای مقاوم‌سازی الگوها نسبت به دوران از کمینه مقدار الگوی دودویی تولید شده به صورت رابطه (۹) استفاده می‌شود؛

$$LBP^{riu2}(P,R) = \begin{cases} \sum_{i=0}^{P-1} u(g_i - g_c) & if\ U(LBP(P,R) \leq 2 \\ P+1 & otherwise \end{cases} \quad (۹)$$

برای همسایگی ۸ تایی تعداد الگوهای معنادار مقاوم به دوران ۱۰ عدد خواهد شد.

از آنجایی که LBP تنها رابطه بین نقطه مرکزی و همسایه‌های آن را کد می‌کند، در مرجع [۱۰] روشی تحت عنوان ELBP ارائه شده است که روابط مکانی در یک منطقه محلی را نیز کد می‌کند و در نتیجه حاوی اطلاعات مکانی می باشد. رویکرد ELBP شامل سه توصیف‌گر شبه LBP است: ELBP_CI، ELBP_NI و ELBP_RD که به ترتیب اطلاعات شدت روشنایی پیکسل مرکزی، پیکسل‌های مجاور آن و تفاوت های شعاعی را استخراج می‌کنند. در توصیف‌گر ELBP_CI شدت روشنایی پیکسل مرکزی از طریق آستانه‌گذاری به صورت رابطه (۱۰) محاسبه می‌شود و یک هیستوگرام دو ستونی برای کل تصویر به‌دست می‌آید.

$$ELBP_CI(X_c) = s(x_c - \beta) \quad (۱۰)$$

که در این رابطه β میانگین کل تصویر است.

در توصیف‌گر ELBP_NI به جای استفاده از مقدار شدت روشنایی پیکسل مرکزی به عنوان مقدار آستانه، از متوسط شدت روشنایی پیسکل های همسایه برای آستانه‌گذاری و تولید الگوی دودویی استفاده می‌شود که در رابطه (۱۱) نشان داده شده است.

$$ELBP_NI_{r,p}(x_c) = \sum_{n=0}^{P-1} s(x_{n,r} - \beta_{r,p}) \times 2^n \quad (۱۱)$$

که در این رابطه $\beta_{r,p} = \frac{1}{p}\sum_{n=0}^{p-1} x_{r,p,n}$ می باشد. در نهایت توصیف‌گر ELBP_RD از طریق آستانه‌گذاری براساس تفاضل شعاعی پیکسل ها به‌دست می‌آید که در رابطه (۱۲) آورده شده است.

$$ELBP_RD_{r,r-1,p}(x_c) = \sum_{n=0}^{P-1} s(x_{r,p,n} - x_{r-1,p,n}) \times 2^n \quad (۱۲)$$

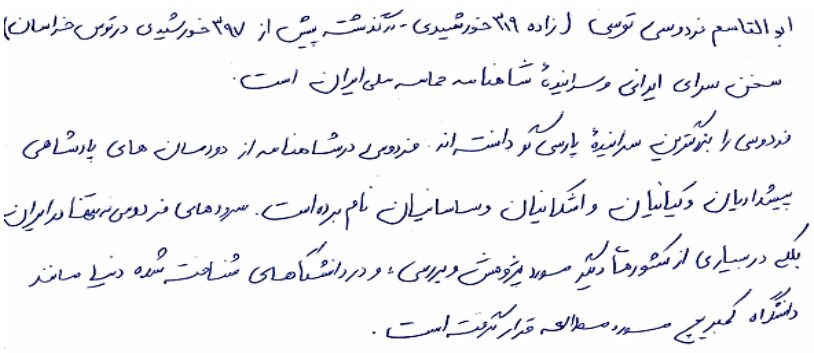
همانند الگوریتم LBP توصیف‌گرهای E LBP نیز می‌توانند دارای نسخه مقاوم به دوران و الگوهای یکنواخت باشند.

۳-۳- دسته بند نزدیک‌ترین همسایه

در مبحث بازشناسی الگو، الگوریتم k نزدیک‌ترین همسایه، یکی از الگوریتم‌های غیر پارامتری برای طبقه‌بندی و رگرسیون به شمار می‌آید. در هر دو حالت، ورودی شامل k نزدیک‌ترین همسایه از میان نمونه‌های آموزشی به نمونه مورد نظر برای طبقه‌بندی است. در این حالت یک نمونه جدید در کلاسی طبقه‌بندی می‌شود که بیش‌ترین رای را در میان k همسایه نزدیک خود دارد. طبقه بند k نزدیک‌ترین همسایه دارای فاز آموزش نیست و این از مزایای این طبقه‌بند محسوب می‌شود.

۴- نتایج و پیاده‌سازی

میزان کارآمدی روش پیشنهادی با توجه به ویژگی‌های بافتی مختلف و همچنین ترکیب ویژگی ساختاری با ویژگی بافتی پیشنهادی بر روی پایگاه داده IFN/ENIT با ۴۱۱ نویسنده مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین برای ارزیابی روش پیشنهادی بر روی متون به زبان فارسی با توجه به عدم وجود یک پایگاه داده قابل دسترس از ۲۰ نویسنده خواسته شد تا هر یک سه پاراگراف به زبان فارسی را بنویسند که در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل ۳- نمونه‌ای از سند متنی در پایگاه داده فارسی

نرخ تشخیص نویسنده برای هر یک از پایگاه داده‌ها به طور جداگانه در جدول (۱) و جدول (۲) نشان داده شده است. علاوه بر نرخ تشخیص top1 از نرخ تشخیص top5 و top10 نیز استفاده شده است. منظور از نرخ تشخیص top_k آن است که برچسب واقعی یک نمونه تست در یکی از k همسایگی نزدیک دیده شود. به عبارت دیگر برای مثال با فرض این که نمونه تست مربوط به کلاس c1 باشد، در این صورت اگر نزدیک‌ترین همسایه به نمونه تست، از کلاس c2 باشد از دید معیار top1 خطای طبقه‌بندی رخ داده است، با این حال اگر دومین نزدیک‌ترین همسایه مربوط به کلاس c1 باشد در این صورت از دید معیار top2 خطای طبقه‌بندی رخ نداده است. بدیهی است با افزایش مقدار k خطا کاهش پیدا می‌کند. نتایج نشان می‌دهد بر روی هر دو پایگاه داده روش پیشنهادی یعنی ترکیب ویژگی ساختاری با الگوی دودویی محلی توسعه یافته بالاترین نرخ تشخیص را ارائه می‌دهد.

جدول ۱- نرخ تشخیص برای پایگاه داده IFN/ENIT

ویژگی	Top 1	Top 5	Top 10
LBP	۷۶/۲۳	۷۹/۴۹	۸۳/۲۸
ELBP	۹۱/۵۶	۹۳/۳۶	۹۵/۳۶
ELBP+ Structural	۹۴/۲۳	۹۷/۵۶	۱۰۰

جدول ۲- نرخ تشخیص برای پایگاه داده فارسی

ویژگی	Top 1	Top 5	Top 10
LBP	۷۰/۰۰	۷۷/۲۳	۷۹/۵۸
ELBP	۸۸/۲۵	۹۲/۶۳	۹۵/۰۱

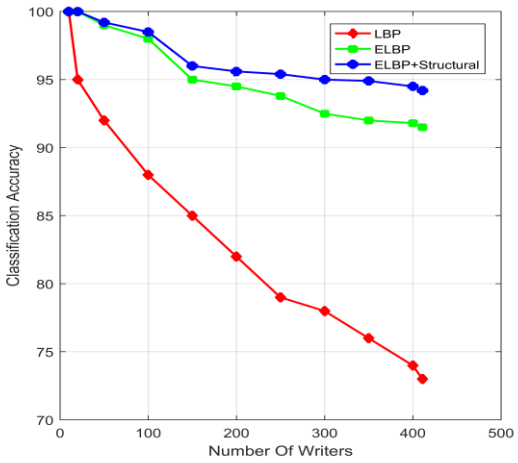
ELBP+ Structural	۹۶/۲۳	۹۸/۵۹	۱۰۰

همچنین نرخ تشخیص روش پیشنهادی بر روی پایگاه داده IFN/ENIT با دو رویکرد دیگر که اخیرا ارائه شده‌اند، مقایسه شده است که نتایج در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳- مقایسه روش‌های مختلف از نظر نرخ طبقه‌بندی

روش	پایگاه داده	زبان	تعداد نویسنده‌ها	نرخ شناسایی
[۱۱]	IFN/ENIT	Arabic	۳۵۰	۸۸
[۱۲]	IFN/ENIT	Arabic	۴۱۱	۹۰
روش پیشنهادی	IFN/ENIT	Arabic	۴۱۱	۹۴/۲۳

شکل (۴) نشان می‌دهد که ELBP نسبت به تعداد نویسندگان پایداری بیش‌تری از خود نشان می‌دهد.



شکل ۴- نرخ تشخیص برای پایگاه داده IFN/ENIT بر حسب تعداد نویسندگان

۵- نتیجه گیری

شناسایی هویت یک سند دست‌نویس یکی از موضوعات مورد توجه در حوزه پزشکی قانونی و موارد دادگاهی است که توجه بسیاری از محققان در حوزه پردازش تصویر را در دهه گذشته به خود جلب کرده است. تحقیقات نشان داده است که ویژگی‌های بافتی با وجود فرایند استخراج ساده‌تر نسبت به ویژگی‌های ساختاری، قابلیت تفکیک بالاتری را برای شناسایی نوسنده یک سند دست‌نویس ارائه می‌دهند. یکی از ویژگی‌های بافتی مطرح در زمینه پردازش تصویر الگوی دودویی محلی است که می‌تواند روابط یک پیکسل با پیکسل‌های اطراف آن را به صورت یک کد دودویی بیان کند. با این حال این ویژگی نقاط ضعفی دارد که منجر شده نسخه‌های توسعه‌یافته آن ارائه شود. در این تحقیق از الگوی دودویی محلی توسعه‌یافته برای توصیف یک سند دست‌نویس استفاده شد. علاوه بر این از با توجه به از دست رفتن ویژگی ساختاری در تصویر بافتی، به طور موازی وجداگانه سه ویژگی ساختاری نیز از تصویر دست نوشته استخراج شد. در نهایت روش پیشنهادی بر روی دو پایگاه داده IFN/ENIT به زبان عربی ویک پایگاه داده جمع‌آوری شده به زبان فارسی ارزیابی شد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد روش پیشنهادی نسبت به تعداد نویسندگان در پایگاه داده تا حدی مقاوم است و بسیار کارامدتر نسبت به الگوریتم استاندارد الگوی دودویی محلی عمل می‌کند.

۶- مراجع

1. M. Yadav, A. Kumar, T. Patnaik, and B. Kumar, "A survey on offline signature verification," International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT) Volume, vol. ۲, pp. ۳۴۰-۳۳۷, .۲۰۱۳

2. A. Jain, P. Flynn, and A. A. Ross, Handbook of biometrics: Springer Science & Business Media, 2007.

3. S. M. Awaida and S. A. Mahmoud, "State of the art in off-line writer identification of handwritten text and survey of writer identification of Arabic text," Educational Research and Reviews, vol. ۷, p.445,۲۰۱۲ .

4. G. Ghiasi and R. Safabakhsh, "Offline text-independent writer identification using codebook and efficient code extraction methods," Image and Vision Computing, vol. ۳۱, pp. ۳۹۱-۳۷۹, 2013.

5. S. M. Idicula, "A survey on writer identification schemes," Writer, vol. ۲۵, p. ۱۵,2011.

6. J. Ashok, "Writer Identification and Recognition Using Radial Basis Function ۱," 2010.

7. H. Khotanlou, "Writer Identity Recognition and Confirmation Using Persian Handwritten Texts," Advances in Computer Science: an International Journal, vol. ۴, pp. ۳۰-۲۴,2015.

8. B. Dhandra and M. Vijayalaxmi, "A Novel Approach to Text Dependent Writer Identification of Kannada Handwriting," Procedia Computer Science, vol. ۴۹, pp. ۴۱-۳۳, 2015.

9. T. Ojala, M. Pietikainen, and T. Maenpaa, "Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns," IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. ۲۴, pp. ۹۸۷-۹۷۱,2002.

10. L. Liu, L. Zhao, Y. Long, G. Kuang ,and P. Fieguth, "Extended local binary patterns for texture classification," Image and Vision Computing, vol. ۳۰, pp. ۹۹-۸۶,2012.

11. M. Bulacu, L. Schomaker, and A. Brink, "Text-independent writer identification and verification on offline arabic handwriting," Ninth International Conference on Document Analysis and Recognition, pp. .۷۷۳-۷۶۹,2007.

12. M. N. Abdi and M. Khemakhem, "A model-based approach to offline text-independent Arabic writer identification and verification ",Pattern Recognition, vol. ۴۸, pp. ۱۹۰۳-۱۸۹۰, 2015.

[1] Offline
[2] Text Independent Writer Identification
[3] Text Dependent Writer Identification
[4] Structural
[5] Textural
[6] End Point
[7] Cross Validation
[8] Fill Holes
[9] Quantize
[10] Texture Image
[11] Otsu
[12] Base Line