

تشخیص نویسنده از دست‌خط‌های برون‌خط مستقل از زبان نوشتاری مبتنی بر بافت با بهره‌گیری از تبدیل موجک در محیط دو‌زبانه فارسی – انگلیسی

مصطفی سبزه‌کار^{۱*}، ریحانه خزاعی^۲، وحیده بابائیان^۳ و یونس اکبری^۴

اطلاعات مقاله	چکیده
دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۸/۲۴ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۱۰/۱۵	
واژگان کلیدی: شناسایی نویسنده دست‌خط، تشخیص دست‌خط مستقل از زبان، ایجاد بافت‌ها، تبدیل موجک، بعد فرکتالی	پیشرفت‌های اخیر در فناوری اطلاعات و همچنین نیاز روزافزون به امنیت بیشتر، منجر به توسعه سریع سیستم‌های هوشمند تشخیص هویت براساس خصوصیات بیومتریک شده است. پژوهش‌های اخیر اثبات نموده‌اند که دست‌خط افراد نیز منحصر به فرد بوده و می‌تواند به عنوان یکی از روش‌های احراز هویت مورد استفاده قرار بگیرد. تاکنون مطالعات بسیاری بر روی دست‌نوشته‌های فرد بر پایه یک زبان مشخص، انجام شده اما این روش‌ها استقلال از زبان نوشتاری نداشته‌اند. از طرف دیگر، حتی بانک اطلاعاتی نیز برای این کار نیز موجود نمی‌باشد. در این مقاله برای اولین بار، بانک اطلاعاتی دست‌خط ۳۰۰ نفر در دو زبان فارسی و انگلیسی جمع‌آوری گردید. هدف این مقاله، ارائه مدلی به منظور شناسایی نویسنده از روی دست‌خط، مستقل از زبان نوشته شده در زبان‌های فارسی و انگلیسی می‌باشد. پس از اعمال پیش‌پردازش بر روی تصاویر، دست‌خط هر فرد به بلاک‌هایی با اندازه‌های مشخص تبدیل شده که بافت نامیده می‌شود. سپس، با استفاده از این بافت‌ها که بر روی دست‌خط هر فرد در زبان فارسی و انگلیسی ایجاد شده، ویژگی‌های مورد نظر استخراج می‌شود. به منظور استخراج این ویژگی‌ها ابتدا تبدیل موجک دو بعدی بر روی تصویر اعمال شده و سپس با استفاده از الگوریتم جدید محاسبه بعد فرکتالی که برای اولین بار در این حوزه استفاده می‌شود، بردار ویژگی به دست می‌آید. در انتها نیز با استفاده از شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه طبقه‌بندی دست‌خط افراد صورت می‌گیرد و نتایج در سناریوهای مختلف گزارش می‌شود.

۱- مقدمه

کجی، تمیزی، واضحی، و الگوهای خاصی است که می‌تواند به شناسایی نویسنده کمک کند. تفاوت و ارتباط بین دست‌خط هر فرد با فرد دیگر توسط روانشناسان اثبات شده است [۲، ۳]. علاوه بر این، تفاوت بین دست‌خط در جنسیت، سن، راست یا چپ دست بودن و تفاوت‌های فرهنگی و ملیتی نویسنده نیز توسط روانشناسان بررسی

همان‌گونه که می‌توان افراد را در زندگی روزمره از روی ویژگی‌های خاصی مانند رانندگی، راه رفتن و غیره شناسایی کرد، در دست‌خط و امضا نیز عادات بی‌شماری وجود دارد که هر فرد را نسبت به دیگری متمایز می‌کند [۱]. دست‌خط هر فرد شامل ویژگی‌های زیادی مانند

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: sabzekar@birjandut.ac.ir

^۱ . استادیار، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی بیرجند

^۲ . دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند

^۳ . مربی، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی بیرجند

^۴ . دانشجوی پسادکتری، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه قطر

مراحل شناسایی نویسنده در این مقاله به این صورت می‌باشد که در ابتدا تصاویر دست‌خط پیش‌پردازش شده و در نهایت با استفاده از یک روش کارا این تصاویر به منظور تشخیص بهتر به بافت‌هایی تقسیم می‌شود. در مرحله استخراج ویژگی از روی این بافت‌ها از موجک‌ها و بعد فرکتالی بهره گرفته شده است. بعد فرکتالی از روی فرم موجی که پس از تبدیل موجک به دست آمده، محاسبه می‌شود. مرحله طبقه‌بندی از شبکه‌های عصبی چند لایه استفاده شده است. به منظور بررسی این چالش به بانک اطلاعاتی در دو زبان مختلف نیاز می‌باشد. به دلیل اینکه در ایران علاوه بر زبان فارسی، زبان انگلیسی کاربرد بیشتری نسبت به سایر زبان‌ها دارد، لذا از دو زبان فارسی و انگلیسی برای تشخیص نویسنده از روی دست‌خط استفاده شده است. اهمیت مقاله پیش رو از آن جهت است که تاکنون به مسئله شناسایی نویسنده بصورت مستقل از زبان نوشتاری در محیط دو زبانه فارسی-انگلیسی پرداخته نشده است. بانک اطلاعاتی برای ارزیابی این روش نیز برای اولین بار جمع‌آوری شده است.

ساختار مقاله پیش رو به این شکل است که در بخش دو، به بیان پیشینه مرتبط به حل مسئله شناسایی نویسنده از روی دست‌خط پرداخته می‌شود. روش پیشنهادی برای حل این مسئله در یک محیط دو زبانه فارسی-انگلیسی در بخش سوم ارائه می‌گردد. در بخش چهارم ابتدا ویژگی‌های بانک اطلاعاتی جمع‌آوری شده تبیین شده و سپس نتایج ارزیابی روش پیشنهادی بر روی این بانک اطلاعاتی گزارش می‌شود. در انتها نیز به بیان جمع‌بندی و کارهای آینده پرداخته خواهد شد.

۲- پیشینه

در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در حوزه تشخیص خودکار نویسنده از روی دست‌خط در سناریوهای مختلف به انجام رسیده است. نتایج به دست آمده از علم روانشناسی و پیشرفت علوم کامپیوتر در تحلیل تصاویر، لزوم طراحی و مدل‌سازی سیستم‌های خودکار تشخیص دست‌خط را موجب شده است. این سیستم‌ها به دلیل کاربرد یک ویژگی رفتاری که در احراز هویت از روی ویژگی دست‌خط استفاده می‌شود، در دسته سیستم‌های بیومتریک رفتاری قرار می‌گیرد [۹].

شده است [۴]. فرض منحصربفرد بودن دست‌خط افراد در حوزه تحلیل تصاویر به صورت کامپیوتری برای اولین بار در [۵] بررسی شد. از این رو در تقسیم‌بندی جدید سیستم‌های بیومتریک، شناسایی دست‌خط نیز جایگاه ویژه‌ای دارد.

شناسایی دست‌خط افراد را می‌توان به دو دسته تشخیص برون‌خط و برخط تقسیم‌بندی نمود [۶]. در شیوه برون‌خط، دست‌خط فرد بر روی کاغذ مورد بررسی قرار می‌گیرد و در نوع برخط، دست‌خط افراد از روی دستگاه‌های دیجیتال، به عنوان ورودی، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

چندین سناریو برای شناسایی نویسنده از روی دست‌خط در پژوهش‌های مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است. تا قبل از سال ۱۹۹۸، شناسایی نویسنده از روی دست‌خط فقط با فرضیه وابسته بودن دست‌خط نویسنده به متن نوشتاری انجام می‌گرفت. این سناریو بدین معنی است که افراد متن مشخصی به یک زبان مشخص نوشته و سیستم هوشمند نویسنده را تشخیص می‌دهد. در همین سال موضوع شناسایی نویسنده با چالش شناسایی نویسنده بدون وابستگی به متن نوشتار مورد بررسی قرار گرفت [۷]. همچنین، در سناریوهای جدیدتر استقلال دست‌خط از زبان نوشتاری نیز بررسی شده است. در سال‌های اخیر شناسایی نویسنده در چالش‌های دیگری نیز بررسی شده است که می‌توان به مستقل و وابسته بودن به زبان نوشتاری دست‌خط اشاره نمود [۸].

در این مقاله، روش جدیدی برای ایجاد بافت از روی دست‌خط افراد در زبان فارسی ارائه گردیده است. بافت‌ها بخش‌هایی با اندازه‌های مشخص هستند که دست‌خط هر فرد در این بخش‌ها قرار می‌گیرند تا تغییرات بر روی دست‌خط به صورت دقیق‌تری مشخص گردد. شناسایی نویسنده از روی دست‌خط تا کنون در زبان فارسی با فرض مستقل بودن متن دست‌خط از زبان بررسی نشده است. در این مقاله شناسایی نویسنده از روی نمونه‌های دست‌نوشته مستقل از زبان نوشتاری در دو زبان فارسی و انگلیسی به روشی جدید انجام می‌شود. این چالش به این موضوع می‌پردازد که در مرحله آموزش سیستم شناسایی نویسنده، دست‌خط نویسنده در یکی از زبان‌ها آموزش داده می‌شود و در زبان دیگر آزمایش می‌شود.

می‌کنند اما همین نکته یک محدودیت برای آن‌ها محسوب می‌شود. از پژوهش‌های انجام شده در دسته اول می‌توان به [۱۷] و در دسته دوم به [۱۸] و [۱۹] اشاره نمود. در [۱۸] به بررسی شناسایی نویسنده مبتنی بر دو زبان نوشتاری پرداخته شده است. زبان‌های به کار رفته در این تحقیق یونانی و انگلیسی می‌باشد. این مقاله اولین تلاش برای شناسایی نویسنده در دو زبان نوشتاری می‌باشد. روش استخراج ویژگی استفاده شده در این مقاله طول-اجرا می‌باشد که بر روی تصاویر در سطح خاکستری اعمال می‌شود. به منظور پیاده‌سازی این روش ابتدا چهار پیمایش در چهار جهت افقی، عمودی، قطری از راست (زاویه ۴۵ درجه) و قطری از چپ (زاویه ۱۳۵ درجه) در کل تصویر انجام می‌شود. در این الگوریتم یک اجرا به دنباله‌ای از پیکسل‌های به هم متصل با یک رنگ خاص گفته می‌شود. این اجرا می‌تواند در طول‌های مختلف در نظر گرفته شود. در مرحله بعدی ماتریس P به این صورت تعریف می‌شود که هر عنصر $p(i,j)$ تعداد اجراها با پیکسل رنگ i و طول j را نشان می‌دهد. در شکل (۱) یک نمونه تصویر با رنگ سیاه و سفید (صفر و یک) و ماتریس‌های متناظر برای چهار پیمایش نشان داده شده است.

0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1
0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	1
1	1	1	1	1	1

(a)

2	1	2	2	1	1
9	2	0	0	0	1

(b)

3	2	3	2	1	0	0	0
11	4	0	0	0	0	0	0

(c)

7	3	2	1	0	1
15	2	0	0	0	0

(d)

4	2	3	3	0	0
9	0	0	1	0	1

(e)

شکل ۱ - (a) یک تصویر ۸×۶ با دو رنگ صفر و یک (b) ماتریس طول اجرا برای پیمایش ۴۵ درجه (c) ماتریس طول اجرا برای پیمایش ۹۰ درجه (d) ماتریس طول اجرا برای پیمایش ۱۳۵ درجه (e) ماتریس طول اجرا برای پیمایش ۱۸۰ درجه [۱۸].

در نهایت نیز از دو طبقه‌بند پرکاربرد در حوزه آنالیز دست‌خط یعنی k -نزدیکترین همسایه (KNN) و ماشین بردار پشتیبان (SVM) بهره گرفته شده است.

برای اولین بار در حوزه پردازش تصاویر، در [۵] فرض منحصربفرد بودن دست‌خط افراد در این حوزه بررسی شده است. در این مطالعه هزار نفر از بین جمعیت چندین ایالت مختلف آمریکا بر اساس تفاوت‌های سن، نژاد، تحصیلات و جنسیت انتخاب شدند و از آن‌ها خواسته شد متن مشخصی شامل حروف بزرگ و کوچک و اعداد را سه مرتبه و روی یک کاغذ بدون خط و با خودکار مشکی بنویسند. سپس، ویژگی‌هایی در سطح کل متن، پاراگراف، خط و کلمه از متون دست‌خط استخراج شده و با کمک فاصله اقلیدسی تعیین هویت انجام می‌شد. این تحقیق شروعی برای بررسی جنبه‌های مختلف بر روی دست‌خط در تحقیقات بعدی به شمار می‌رود.

پژوهش‌های مختلف انجام شده بعدی در این حوزه را می‌توان از منظرهای گوناگونی بررسی نمود. از منظر اول، روش‌های تشخیص نویسنده از روی دست‌خط به دو دسته تایید و شناسایی تقسیم‌بندی می‌شوند. در دسته اول، هدف تشخیص دست‌خط یک نویسنده خاص از میان سایر نویسندگان است که در مسئله تشخیص دست‌نوشته جعلی نیز بسیار پرکاربرد است. لذا، مسئله به یک چالش طبقه‌بندی تک کلاسه یا دو کلاسه تبدیل می‌شود. پژوهش‌های انجام شده در [۱۰-۱۲] در این دسته قرار می‌گیرند. در دسته دوم، پژوهش‌هایی قرار دارند که هدف آن‌ها شناسایی یک دست‌خط یک نویسنده از سایرین است. در این حالت به حل یک مسئله تشخیص نویسنده به یک مسئله طبقه‌بندی چندکلاسی تبدیل می‌شود. پژوهش‌های انجام شده در [۱۳، ۱۴] در این زمره قرار می‌گیرند.

از منظر استقلال به متن نوشتار، پژوهش‌های انجام شده در تشخیص نویسنده از روی دست‌خط به دو دسته وابسته یا مستقل از متن نوشتار تقسیم می‌شوند. در دسته اول یک متن مشخص توسط تمامی نویسندگان نوشته شده و مبنای آموزش و آزمایش سیستم قرار می‌گیرد (به طور مثال در [۱۵])، اما پژوهش‌های دسته دوم مانند [۶] و [۱۶] تشخیص نویسنده را به صورت مستقل از متن انجام می‌دهند.

از منظر استقلال به زبان نوشتار نیز می‌توان مطالعات انجام شده را به دو دسته وابسته و مستقل از زبان نوشتار تقسیم نمود. بدیهی است که در روش‌های دسته اول، سیستم تشخیص وابسته به زبان نوشتار است. بنابراین، این دسته از روش‌ها برای آن زبان دقت بهتری را گزارش

حل مسئله بهره گرفته شده است. بدین منظور، ابتدا دست‌خط به بافت تبدیل می‌شود و سپس با استفاده از فیلتر گابور بر روی تصویر بافت، ۱۶ خروجی در زوایا و فرکانس‌های مختلف این تبدیل گرفته می‌شود. سپس با استفاده از یک تبدیل ساده، تصویر دو بعدی به یک بعدی تبدیل می‌شود. فرم موج به دست آمده از هر یک از خروجی‌های فیلتر گابور توسط تبدیل موجک به دو خروجی تقریب و جزئیات تبدیل می‌شود. در نهایت، بعد فرکتالی هر کدام از فرم موج‌ها بعنوان ویژگی به دست می‌آید. در [۲۱] نیز یک رویکرد مبتنی بر بافت برای شناسایی نویسنده در چندین اسکریپت و یک پتلفرم بررسی می‌شود. توصیفگرهای بافت بالقوه‌ای مانند الگوی باینری محلی، کوانتومی کردن فاز محلی، تبدیل موجک گسسته مبتنی بر الگوی محلی اکسترم، تبدیل موجک گسسته مبتنی بر الگوی اکسترم محلی و جهت دار، الگوی وقوع همزمان باینری محلی متقارن مرکزی و الگوی سه جهته محلی برای شناسایی نویسندگان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

در سال‌های اخیر در این حوزه استفاده از شبکه‌های عمیق از قبیل شبکه‌های عصبی کانولوشن مورد توجه قرار گرفته است [۲۲] و [۲۳]. موفقیت اکثر این روش‌ها به تعداد داده‌هایی است که در مرحله آموزش استفاده شده است. بدین منظور در این دو روش داده‌های آموزش در سطح کلمات جدا شده از متن در نظر گرفته شده است که این بدان معنی است که با در نظر گرفتن شناسایی نویسنده در سطح کلمه داده‌های آموزشی را به تعداد قابل توجهی افزایش می‌دهند.

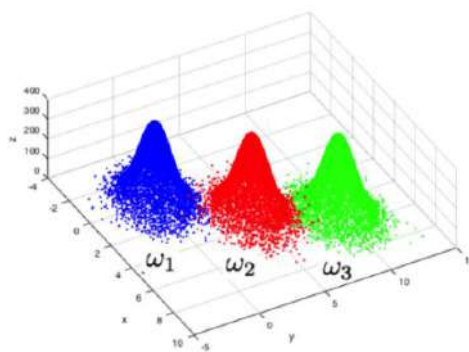
با مطالعه پژوهش‌های انجام شده موارد زیر به عنوان شکاف‌های تحقیقاتی معرفی می‌گردند:

- تاکنون روشی برای شناسایی نویسنده مستقل از زبان نوشتاری براساس دو زبان فارسی-انگلیسی ارائه نگردیده است.
- روش‌های مبتنی بر بافت که امروزه به عنوان یکی از روش‌های مهم در شناسایی نویسنده مورد استفاده قرار می‌گیرند، در محیط دو زبانه فارسی-انگلیسی مورد بررسی قرار نگرفته است. ذکر این نکته ضروری است که یکی از مشکلات اساسی در حل مسئله تشخیص نویسنده از روی دست‌خط در بحث قطعه‌بندی است. به گونه‌ای که هرگونه خطا در این مرحله، سبب شکست

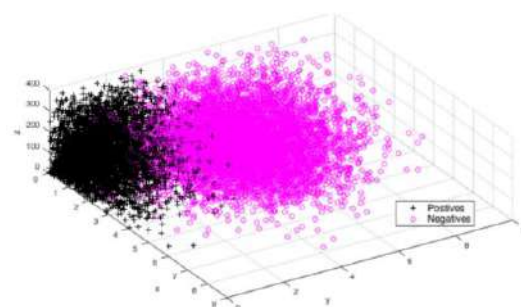
در پژوهش [۱۹] تلاشی به منظور شناسایی نویسنده در یک محیط دو زبانه انگلیسی-عربی با استفاده از رویکرد عدم تشابه برای طبقه‌بندی، صورت پذیرفت. در این روش فرض کنیم V و Q دو بردار در فضای ویژگی باشند که با برچسب‌های l_v و l_q طبقه‌بندی شده‌اند و بردار ویژگی Z از تفاضل دو بردار ویژگی V و Q به دست می‌آید. حال در فضای عدم تشابه، دو کلاس مستقل وجود دارند که اگر این بردار به صفر نزدیک باشد درون کلاس و در غیر این صورت خارج از کلاس می‌باشد. رابطه (۱) این مفهوم را نشان می‌دهد.

$$l_z = \begin{cases} + & \text{if } l_v = l_q \\ - & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

همانطور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، در (الف) سه داده در فضای ویژگی نشان داده شده است و در (ب) بردار ویژگی عدم تشابه بین این سه بردار نشان داده شده است.



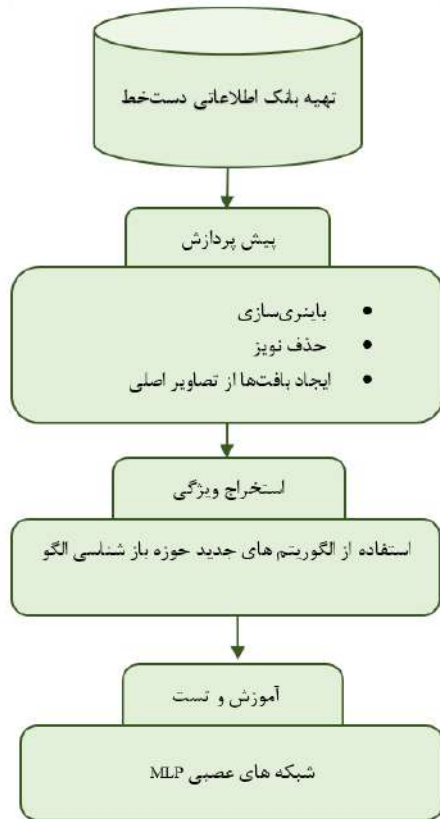
(الف)



(ب)

شکل ۲- الف) نمونه‌ای از فضای ویژگی سه بردار (ب) فضای تشابه و عدم تشابه به دست آمده [۶].

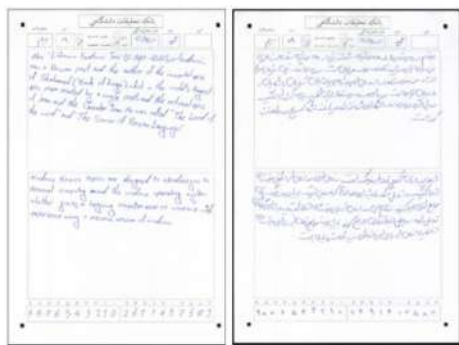
پژوهش‌های اخیر برای افزایش دقت مسئله تشخیص نویسنده به سمت استفاده از ریاضیات در انتخاب ویژگی‌های مهم از تصاویر معطوف شده‌اند. به طور مثال، در [۲۰] از بعد فرکتالی و موجک در فضای فیلتر گابور برای



شکل ۳- مراحل کلی سیستم پیشنهادی شناسایی نویسنده

۳-۱- تهیه بانک اطلاعاتی

به منظور جمع آوری دست‌خط‌ها دو نمونه فرم مطابق شکل (۴) به زبان‌های فارسی و انگلیسی برای هر فرد در نظر گرفته شده‌است. هر فرم متشکل از چهار بخش می‌باشد. بخش اول مشخصات هر شخص شامل نام، نام‌خانوادگی، جنسیت سن، تحصیلات و وضعیت چپ‌دست یا راست‌دست بودن می‌باشد. در بخش دوم و سوم یک ناحیه برای نوشتن متن در نظر گرفته شده است. در بخش چهارم دو سری اعداد از یک تا نه در نظر گرفته شده است. در کادر بالا یک متن ثابت و در کادر پایین یک متن دلخواه توسط هر فرد نوشته می‌شود.



شکل ۴- نمونه فرم‌های بانک اطلاعاتی

در حل مسئله می‌شود. یک راه حل موفق برای رفع این مشکل شناسایی نویسنده بر حسب نگاه و احساس کلی بر نوشتار است [۲۴]. به بیان دیگر، راه حل غلبه بر مشکل قطعه‌بندی، در نظر گرفتن دست‌نویسته به عنوان یک بافت است.

- بانک اطلاعاتی دو زبانه فارسی-انگلیسی برای آزمودن روش‌های پیشنهادی موجود نیست.

هدف این مقاله ارائه روشی در تشخیص نویسنده مستقل از زبان مبتنی بر بافت در یک محیط دو زبانه فارسی-انگلیسی می‌باشد.

۳- روش پیشنهادی

روند کلی سیستم پیشنهادی شناسایی نویسنده در شکل (۳) نشان داده شده است. مرحله اول از آن جهت در شکل نمایش داده شده که تاکید شود به منظور ارائه یک سیستم خودکار شناسایی نویسنده به کارگیری یک بانک اطلاعاتی الزامی می‌باشد.

در این مقاله با استفاده از فرم‌های اطلاعاتی، نمونه‌های مختلفی از دست‌خط افراد به زبان فارسی و انگلیسی جمع‌آوری شده است. در مرحله بعد، نمونه‌ها پس از اسکن، پیش پردازش شده می‌شوند. عملیاتی که در این مرحله انجام می‌شود شامل باینری‌سازی و حذف نویز از تصویر است. در نهایت نیز به وسیله یک الگوریتم کارا، تصویر به صورت بافت در خواهد آمد. سپس، ویژگی‌هایی که تمایز بین دست‌خط‌ها را بطور بارزتری نشان می‌دهند را استخراج می‌کنیم.

در این تحقیق متن دست‌نویس به صورت یک بافت در نظر گرفته می‌شود و سپس ویژگی‌های مورد نظر با استفاده از الگوریتم‌های جدید استخراج می‌گردد. از آنجا که الگوریتم‌های جدید در بازشناسی الگو، در حوزه سیستم‌های دینامیکی می‌باشد، در این مقاله از تحلیل بر روی موجک‌ها با استفاده از فرکتال‌ها که از ابزارهای ریاضی جدید ارائه شده در این حوزه است، بهره گرفته شده است. پس از این مرحله، گام آموزش سیستم انجام شده و در مرحله نهایی بر اساس داده‌های آزمایش، میزان موفقیت سیستم در شناسایی نویسنده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در ادامه، هر یک از مراحل را با جزئیات بیشتر بیان می‌نماییم.

مجموع احتمال دو کلاس به صورت رابطه (۴) تعریف می‌شوند.

$$w_1(t) = \sum_{i=0}^t p_i, \quad w_2(t) = \sum_{i=t+1}^{L-1} p_i \quad (4)$$

میانگین مقدار سطوح خاکستری دو کلاس با استفاده از رابطه (۵) تعریف به دست می‌آید.

$$\mu_1(t) = \sum_{i=0}^t \frac{ip_i}{w_1(t)} \quad (5)$$

$$\mu_2(t) = \sum_{i=t+1}^{L-1} \frac{ip_i}{w_2(t)}$$

حال، همان‌گونه که بیان شد مقدار حد آستانه t^* با ماکزیمم کردن واریانس بین دو گروه از رابطه (۶) بدست می‌آید.

$$t^* = \text{ArgMax}_{0 \leq t < L} \{\sigma_B^2(t)\}, \quad (6)$$

که واریانس بین کلاسی با استفاده از رابطه (۷) محاسبه می‌گردد.

$$\sigma_B^2(t) = w_1(t)(\mu_1(t) - \mu_T)^2 + w_2(t)(\mu_2(t) - \mu_T)^2 \quad (7)$$

در گام دوم، حذف نویز از تصویر انجام می‌شود. در این مقاله از فیلتر میانه برای این منظور استفاده می‌شود. در این روش مقدار نویز در عکس دیجیتال با مقدار میانه همسایه‌های آن جایگزین می‌گردد. پیکسل‌های ماسک به ترتیب سطح خاکستریشان، رتبه‌بندی می‌شوند و مقدار میانه آن‌ها، به جای مقدار آن پیکسل ذخیره می‌گردد. خروجی فیلتر میانه به صورت رابطه (۸) می‌باشد:

$$g(x, y) = \text{med} \{f(x - i, y - j), i, j \in W\}, \quad (8)$$

سپس، فرم‌های نوشته شده اسکن و عملیات اصلاح کج بودن و جداسازی فیلدهای فرم انجام می‌شود. اصلاح کج بودن فرم‌ها بعد از اسکن به وسیله شناسایی مستطیل‌های راهنما در فرم و تفاوت مرکز بین دو مستطیل انجام می‌شود.

جداسازی فیلدهای فرم شامل متن ثابت و دلخواه و اعداد می‌باشد. از آنجایی که فاصله هر بخش از فرم تا نقطه مرکز مستطیل‌های راهنما مشخص می‌باشد، به راحتی می‌توان هر کدام از بخش‌های فرم را جدا ساخت.

۳-۲- پیش‌پردازش

این فاز شامل سه عمل اصلی بر روی تصاویر شامل باینری‌سازی، حذف نویز و ایجاد بافت است. در گام باینری‌سازی، از الگوریتم اتسواکه یک روش آستانه‌گذاری به منظور جدا کردن پیش‌زمینه و پس‌زمینه می‌باشد، بهره گرفته شده است [۲۵]. روال کار در این الگوریتم بدین صورت است که با استفاده از یک مقدار آستانه، پیکسل‌ها را به دو کلاس پیش‌زمینه و پس‌زمینه تقسیم می‌نماید. این مقدار آستانه با مینیمم کردن واریانس شدت درون هر کلاس یا ماکزیمم کردن واریانس بین دو کلاس بدست می‌آید. برای توضیح بیشتر فرض کنید یک تصویر، با تابع $f(x, y)$ نشان داده شود. مقدار f میزان سطح خاکستری بوده که در بازه صفر و $L - 1$ تغییر می‌کند و L تعداد سطوح مشخص خاکستری است. احتمال وقوع سطح خاکستری i با استفاده از رابطه (۲) تعریف می‌شود.

$$p_i = \frac{n_i}{n}, \quad (2)$$

که n_i تعداد پیکسل‌ها با سطح خاکستری i و n تعداد پیکسل‌ها در تصویر می‌باشد. میانگین سطوح خاکستری تصویر با استفاده از رابطه (۳) بدست می‌آید.

$$\mu_T = \sum_0^{L-1} ip_i \quad (3)$$

وقتی یک حد آستانه تعریف می‌شود، پیکسل‌های تصویر بر اساس مقادیر پیکسل‌ها، به دو کلاس C_1 و C_2 تقسیم می‌شوند که $C_1 = \{0, 1, \dots, t\}$ و $C_2 = \{t+1, t+2, \dots, L\}$ مقدار سطح خاکستری است.

می‌آورد که دیگر مشکل جداسازی خط و کلمه که در روش‌های قبلی وجود داشت مرتفع گردد.

(۲) اجزای به هم پیوسته‌ای که بسیار کوچک باشند، نویز در نظر گرفته شده و حذف می‌شوند.

(۳) تمامی اجزای خط اول تصویر اصلی دست‌خط از مرکز هر جز به هم پیوسته ترازبندی می‌شوند.

(۴) میانگین ارتفاع هر یک از اجزای پیوسته مرحله قبلی محاسبه شده و به عنوان محور y خط بعدی در نظر گرفته می‌شود. و خط بعدی از افزایش این میانگین به محل تراز شده خط قبلی اضافه شده تا محل خط بعدی مشخص شود.

(۵) اگر در هنگام ساختن بلوک‌های 256×256 پیکسلی، پس از پایان یافتن متن اصلی همچنان به پایان بلوک مورد نظر نرسیده باشیم، از ابتدای بلوک شروع به پر کردن ادامه بلوک می‌شود.

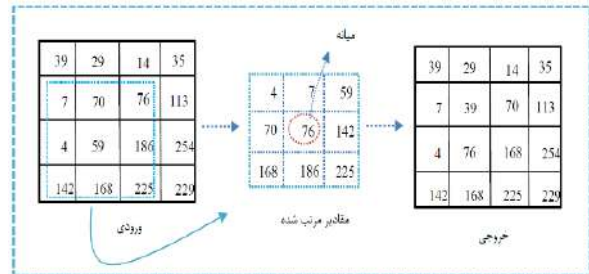
در این مقاله، از هر تصویر دست‌خط تعداد پنج بافت استخراج می‌کنیم. بدین ترتیب برای هر نفر در هر کدام از زبان‌های فارسی و انگلیسی ده بافت به دست می‌آید.

۳-۳- استخراج ویژگی

روش‌های زیادی در منابع به منظور استخراج ویژگی ارائه شده است. استخراج ویژگی در این مقاله در دو گام انجام می‌شود. گام اول شامل تبدیل موجک دو بعدی گسسته بر روی تصویر است که به ایجاد چهار زیرباند و ایجاد فرم موج از زیرباندها می‌انجامد. در گام دوم بعد فرکتالی فرم موج‌ها محاسبه خواهد شد. پیش از بیان جزئیات روش به کار گرفته شده در این مقاله برای استخراج ویژگی، مفاهیم تبدیل موجک و بعد فرکتال به اختصار بیان می‌شود.

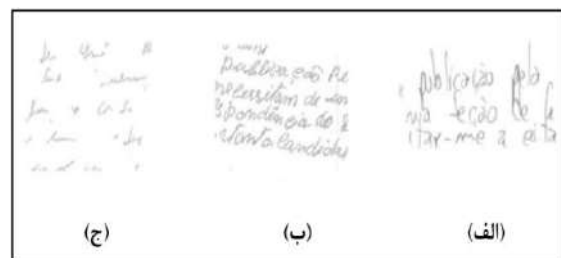
تبدیل موجک یکی از پرکاربردترین تبدیلات ریاضی در حوزه پردازشی و به ویژه پردازش سیگنال و تصویر می‌باشد [۲۶-۲۹]. در هر سیگنال دو بعدی که از آن عموماً به تصویر یاد می‌شود، یک ماتریس از المان‌ها موجود است که در سطر و ستون‌های مختلف چیده شده‌اند. با کمی دقت می‌توان دید که هر ستون یا هر سطر از یک تصویر را می‌توان به عنوان یک سیگنال یک بعدی تصور نمود که مقادیر دامنه آن، میزان روشنایی نقاط (پیکسل‌های) موجود در آن ستون یا سطر خاص را نشان می‌دهد.

که $f(x, y)$ تصویر اصلی، $g(x, y)$ تصویر خروجی مورد انتظار و w یک ماسک دوبعدی است با اندازه $n \times n$ می‌باشد. نمونه‌ای از اعمال این فیلتر در شکل (۵) نمایش داده شده است.



شکل ۵ - نحوه کار فیلتر میانه

گام نهایی شامل استخراج بافت از تصاویر است. پژوهش‌های زیادی از این روش به منظور کاهش تغییرات شدید در دست‌خط افراد از لحاظ اندازه متن نوشته شده و شکل دادن یک واحد مشخص از دست‌خط از تحلیل بافت‌ها به جای تحلیل کامل دست‌خط استفاده شده است. مشکلاتی زیاد پیرامون روش‌های کلاسیک از قبیل جداسازی خطوط در زمانی که خطوط دست‌خط تداخل با یکدیگر دارند و جداسازی کلمات از خطوط در زمان ایجاد بافت، لزوم استفاده از روش‌های مبتنی بر بافت را نشان داد. شکل (۶) نمونه‌هایی از این مشکلات را نشان می‌دهند.

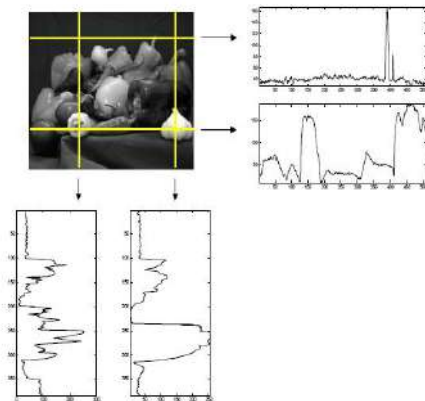


شکل ۶ - نمونه‌ای از مشکلات برای ساختن بافت با روش‌های کلاسیک

در این شکل تداخل بین خطوط و شیب زیاد خطوط در جداسازی خطوط و همچنین از بین رفتن بخش‌هایی از یک کلمه در هنگام جداسازی کلمات نشان داده شده است. در این مقاله از روش استفاده شده در [۲۴] بهره می‌گیریم که مشتمل بر پنج گام زیر است:

(۱) در این مرحله از تصویر باینری شده‌ی دست‌خط هر فرد اجزای به هم پیوسته دست‌خط به دست می‌آید. استفاده از اجزای به هم پیوسته این امکان را فراهم

شکل (۷) چند نمونه سیگنال متناظر با سطر یا ستون‌های مختلف یک تصویر را نشان می‌دهد.

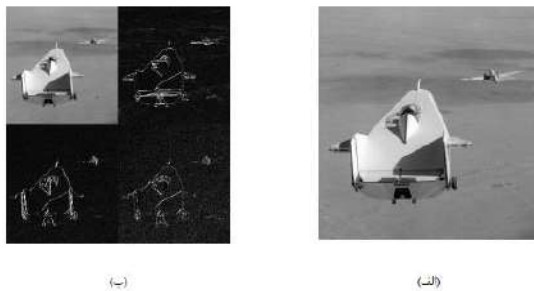


شکل ۷ - سیگنال‌های یک بعدی بدست آمده از چند سطر و ستون دلخواه از یک نمونه سیگنال دوبعدی.

به منظور اعمال، تبدیل موجک دو بعدی به تصویر، ابتدا تبدیل موجک یک بعدی به سطرها اعمال می‌شود و سپس ستون‌ها با نرخ دو، downsample می‌شوند تا فقط نمونه‌های واقع در محل‌های زوج باقی بمانند. در این حالت، مجدداً تبدیل موجک یک بعدی بر ستون‌ها اعمال می‌گردد و در نهایت سطرها با نرخ دو، downsample می‌شوند.

بدین ترتیب، چهار زیرباند مختلف به عنوان ضرایب تبدیل موجک تصویر بدست می‌آید. مشابه با حالت یک بعدی، اولین زیرباند از ضرایب تبدیل موجک مربوط به ضرایب تقریب است که از لحاظ مقدار و شکل ظاهری، مشابه با تصویر اولیه است. جدای از زیرباند تقریب، سه زیرباند جزئیات خواهیم داشت که یکی از آن‌ها مربوط به جزئیات افقی موجود در تصویر، یکی از آن‌ها مربوط به جزئیات عمودی موجود در تصویر و آخرین زیرباند مربوط به سایر جزئیات موجود در تصویر است.

شکل (۸) دو مرحله تبدیل موجک دو بعدی یک نمونه تصویر را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در تصویر مشخص است، در زیرباند تقریب (که بالا، سمت چپ واقع است) شکل اولیه حفظ شده است. همچنین، در زیرباند جزئیات افقی (بالا، سمت راست) بخش‌های دارای رفتار افقی موجود در تصویر به نمایش در می‌آید. مشابهاً، در زیرباند جزئیات عمودی (پائین، سمت چپ) بخش‌های دارای رفتار عمودی موجود در تصویر نمایش داده می‌شود. آخرین زیرباند نیز مربوط به جزئیات است که در پائین، سمت راست قرار دارد.



شکل ۸ - الف) یک نمونه تصویر شامل انواع جزئیات، ب) یک مرحله تبدیل ویولت تصویر و ۴ زیرباند ایجاد شده

فرکتال نیز ساختاری هندسی است که با بزرگ کردن هر بخش از این ساختار به نسبت معین، همان ساختار نخستین به دست آید. به گفتاری دیگر فرکتال ساختاری است که هر بخش از آن با کل‌اش همانند است. بعد خط یک، بعد صفحه دو و بعد فضا سه است. فرکتال برخلاف همه این‌ها بعد صحیح ندارد. بعد فرکتال‌ها از یک سری فرمول‌های لگاریتمی بدست می‌آیند مراحل محاسبه بعد فرکتالی در ادامه بیان می‌شوند.

- با فرض اینکه فرم موج به صورت $P = \{p(1), p(2), \dots, p(M)\}$ که $p(i) = x(i), y(i)$ و $x(i) < x(i+1)$ تعداد کل نقاط فرم موج باشد، نمونه‌گیری با فاصله $r = \frac{1}{f_s}$ ، $dt = x(i+1) - x(i) = 1/f_s$ به صورت $Q = \{q(1), q(2), \dots, q(N)\}$ به دست می‌آید.
- محاسبه تعداد جعبه‌ها (پنجره‌ها) با سایز dt که بین دو نقطه $q(i)$ و $q(i+1)$ را پوشش می‌دهند که برابر است با:

$$b(i) = \lceil |h|/dt \rceil, h = y(i+1) - y(i) \quad (9)$$

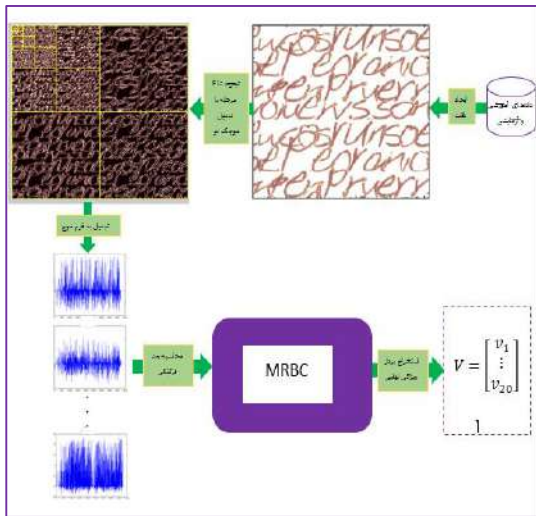
- به روز رسانی نقاط $y(i+1)$ به صورت

$$\begin{cases} y(i+1) = y(i) + |h| - dt & \text{if } h > 0 \\ y(i+1) = y(i) - |h| + dt & \text{if } h < 0 \end{cases} \quad (10)$$

- تکرار دو مرحله قبل تا زمانی که تمامی نقاط را با رزولیشن dt پوشش دهد.
- محاسبه مجموع جعبه‌هایی که کل فرم موج را محاسبه می‌کند در این رزولیشن به صورت

$$B(r) = \text{sum}(b(i)) \quad (11)$$

می‌آید، بردار نهایی ویژگی، به اندازه ۲۰ می‌باشد. مراحل رویکرد ارائه شده در شکل (۹) نشان داده شده است.



شکل ۹ - مراحل رویکرد ارائه شده در استخراج ویژگی

در یادگیری ماشینی یکی از روش‌های نشان دادن کارایی الگوریتم‌ها در مرحله استخراج ویژگی، نشان دادن خروجی این الگوریتم‌ها در فضای ویژگی می‌باشد. همچنین بهبود نتایج به دست آمده از الگوریتم‌ها بر روی مجموعه آزمایشی نیز نشان‌دهنده کارایی آن‌ها می‌باشد.

در شکل (۱۰)، تأثیر این دو مرحله در استخراج ویژگی و مقایسه آن با روش ارائه شده در [۱۸] نشان داده شده است. در این شکل فضای ویژگی‌های ایجاد شده بوسیله تبدیل موجک، ویژگی‌های استخراج شده بوسیله بعد فرکتالی و روش [۱۸] بوسیله ابزار t-SNE [۳۱] نمایش داده شده است.

با این روش می‌توان تأثیر مراحل استخراج ویژگی را در فضای ویژگی و تمایز نشان داده شده با اعمال بعد فرکتالی را مشاهده کرد. همچنین در این شکل تمایز بهتر روش پیشنهادی نسبت به روش [۱۸] قابل مشاهده می‌باشد. در بخش نتایج نیز کارایی روش استخراج ویژگی پیشنهاد شده نیز بر روی داده‌های آزمایش بررسی می‌شود.

- تغییر رزولیشن و انجام مراحل قبلی
- بعد فرکتالی به صورت ضریب خطی رگرسیون نمودار $\log(B(r))$ در مقابل $\log(1/r)$ به دست می‌آید.

از آنجایی که در دست‌خط افراد تغییرات ظاهری در شدت‌های متفاوتی قابل مشاهده می‌باشد [۳۰]، انگیزه اصلی برای استفاده از این دو مرحله در استخراج ویژگی می‌باشد. همانطور که اشاره شده است موجک‌ها قابلیت نشان دادن تغییرات در تصاویر را دارند و این کمک می‌کند دست‌خط‌ها با تغییرات مختلف در ظاهر بهتر نمایان شوند. به‌منظور به دست آوردن رفتار فرم‌های موج به دست آمده از موجک‌ها روش‌های مختلفی قابل پیاده‌سازی می‌باشد که به دلیل قدرت فرکتال‌ها در نشان دادن این رفتارها در تحلیل اسناد [۳۰]، در این تحقیق این روش مورد استفاده قرار گرفته است.

مراحل استخراج ویژگی در این مقاله به شرح زیر می‌باشد:

- ابتدا با استفاده از تبدیل موجک دو بعدی گسسته تصویر دست‌خط به چهار زیر باند تبدیل می‌شود. این زیرباندها از یک زیر باند با فرکانس پایین و سه زیر باند با فرکانس بالا تشکیل می‌شوند. بر اساس نتایج به دست آمده، بهترین حالت زمانی می‌باشد که پنج بار دیگر از زیرباند با فرکانس پایین تبدیل موجک اعمال گردد که در این حالت ۲۰ تبدیل موجک به دست می‌آید. اگر تصویر با I نشان داده شود زیر باندها به صورت $I = \{B_1, \dots, B_{20}\}$ نشان داده می‌شوند.
- در مرحله بعد، هر یک از زیرباندها که به صورت دوبعدی می‌باشند با استفاده از رابطه زیر به صورت یک فرم موج تبدیل می‌شوند [۲۰]:

$$B_i \Rightarrow C_i: C_i(y \times width + x) = b_i(x, y) \quad (12)$$

- در این مرحله بعد فرکتالی هر کدام از فرم‌های موج محاسبه می‌شود. بعد فرکتالی استفاده شده در این مقاله، یک عدد در بازه یک تا دو می‌باشد.
- در مرحله پایانی، تمام ویژگی‌های به دست آمده برای هر زیر باند در کنار هم قرار گرفته تا بردار نهایی ویژگی استخراج شود. به دلیل اینکه ۲۰ فرم موج داریم و از هر کدام یک عدد متناظر با بعد فرکتالی به دست

نورون‌های لایه خروجی برابر با تعداد کلاس‌ها که در این مقاله ۳۰۰ می‌باشد (تعداد نفرات بانک اطلاعاتی) در نظر گرفته شده است. شبکه‌های عصبی در کاربرد تشخیص نویسنده از روی دست‌خط کاربردهای وسیعی دارد و در مقایسه با دیگر روش‌های یادگیری ماشین، کارآیی خود را به اثبات رسانده است.

۴- نتایج

در این بخش به ارزیابی روش ارائه شده برای تشخیص نویسنده خواهیم پرداخت.

۴-۱- ساختار بانک اطلاعاتی

در این مقاله یک بانک اطلاعاتی از دست‌خط ۳۰۰ فرد با زمینه‌های مختلف در جنسیت، راست و چپ دستی، سن و سطوح مختلف تحصیلی جمع‌آوری و ایجاد شد. جدول (۱) توزیع افراد این مجموعه داده‌ای را نمایش می‌دهد.

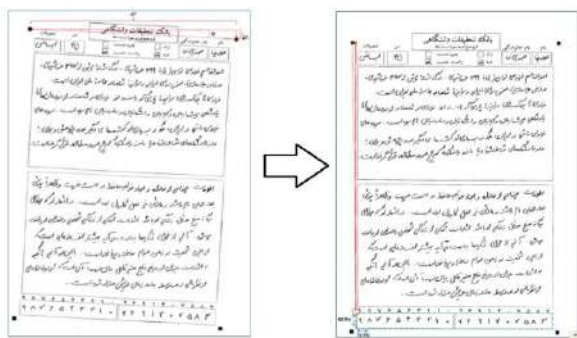
جدول ۱- توزیع جمعیتی بانک اطلاعاتی

بازه سنی نویسندگان	۶۰-۱۵ سال
تعداد افراد راست دست	۲۷۰ نفر
تعداد افراد چپ دست	۳۰ نفر
تعداد مردها	۲۰۰ نفر
تعداد زنها	۱۰۰ نفر

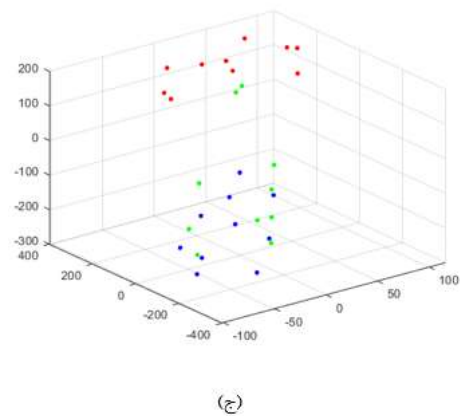
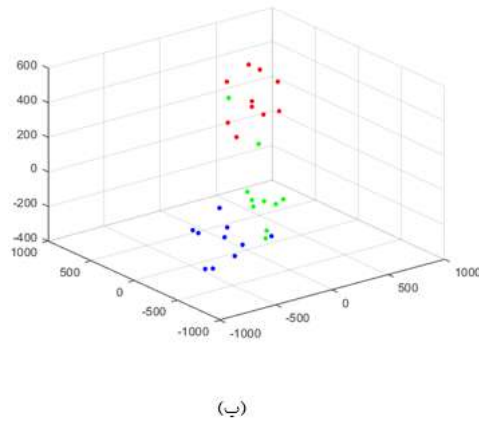
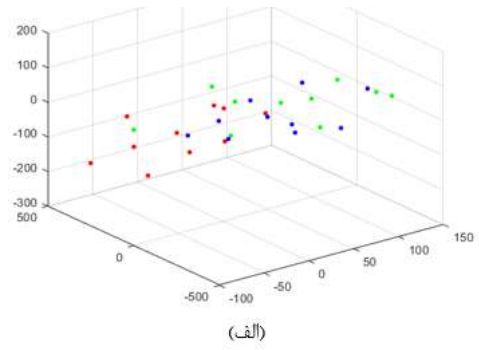
۴-۲- پیش‌پردازش

همان‌گونه که عنوان شد، در گام پیش‌پردازش عملیات باینری‌سازی، حذف نویز و استخراج بافت از هر تصویر انجام می‌شود. پیش از این مراحل نیز اصلاح کجی برای هر تصویر انجام شده است.

شکل‌های (۱۱) و (۱۲) به ترتیب مراحل اصلاح کجی و استخراج بافت از تصویر را نمایش می‌دهند.



شکل ۱۱- اصلاح کجی تصویر



شکل ۱۰ - فضای ویژگی تصاویر سه نویسنده با ده نمونه آموزشی برای هر فرد. (الف) فضای ویژگی خروجی تبدیل موجک، (ب) فضای ویژگی بعد فرکتالی اعمال شده بر روی خروجی موجک و (ج) فضای ویژگی روش ارایه شده در [۱۸]

۴-۳- آموزش و تست

در این مقاله برای آموزش و آزمایش داده‌ها با بردارهای ویژگی که از مرحله قبل بدست آمد، از طبقه‌بند شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) بهره گرفته شده است. توضیحات بیشتر در مورد این الگوریتم در [۳۲] بحث شده است.

در اینجا، نورون‌های لایه ورودی به اندازه تعداد ویژگی‌ها یعنی بیست نورون، نورون‌های لایه پنهان برابر با ۹ (نصف نورون‌های لایه ورودی منهای یک) و تعداد

شناسایی نویسنده بر روی نمونه‌ها، حالت‌های زیر بررسی می‌شود:

- **حالت اول:** در ابتدا نمونه بالای فرم که به بافت تبدیل شده در زبان فارسی را برای هر نویسنده در مجموعه آموزش و نمونه بالای فرم که به بافت تبدیل شده در زبان انگلیسی را در مجموعه آزمایش قرار می‌دهیم.
- **حالت دوم:** برعکس حالت اول، متون بالای فرم در زبان انگلیسی هر فرد را در مجموعه آموزش و متون بالای فرم در زبان فارسی را در مجموعه آزمایش قرار می‌گیرد.
- **حالت سوم:** متن پایین فارسی هر فرد را در مجموعه آموزش و متن پایین انگلیسی هر فرد در مجموعه آزمایش قرار می‌گیرد.
- **حالت چهارم:** متن پایین انگلیسی هر فرد را در مجموعه آموزش و متن پایین فارسی در مجموعه آزمایش قرار می‌گیرد.
- **حالت پنجم:** تمامی بافت‌های هر دو بخش را در نظر گرفته و در این حالت بافت‌های فارسی در مجموعه آموزش و بافت‌های انگلیسی را در مجموعه آزمایش قرار می‌گیرد.
- **حالت ششم:** تمامی بافت‌های هر دو بخش انگلیسی در مجموعه آموزش و بافت‌های فارسی در مجموعه آزمایش قرار می‌گیرد.
- **حالت هفتم:** تاثیر تعداد بافت‌ها بر میزان درصد شناسایی بررسی برای هر یک از حالت‌های بالا بررسی می‌شود.

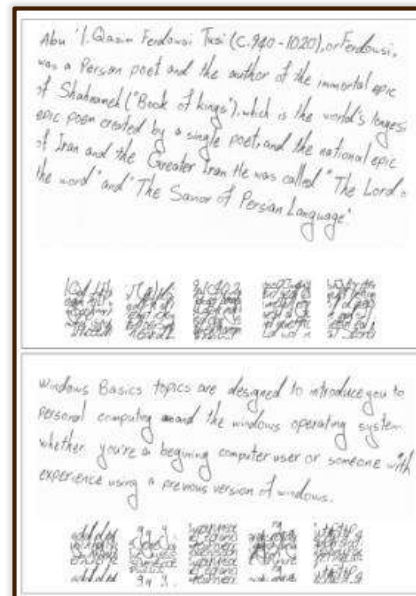
برای افزایش خوانایی نتایج حاصل شده، متغیرهایی برای داده‌های سیستم به صورت جدول (۲) تعریف می‌گردد.

جدول ۲- متغیرهای به کار رفته جهت نمایش مجموعه داده‌ها

متن بالای فرم در زبان فارسی	MBF
متن بالای فرم در زبان انگلیسی	MBE
متن پایین فرم در زبان فارسی	MPF
متن پایین فرم در زبان انگلیسی	MPE
تمامی بافت‌ها در زبان فارسی	ATF
تمامی بافت‌ها در زبان انگلیسی	ATE



(الف)



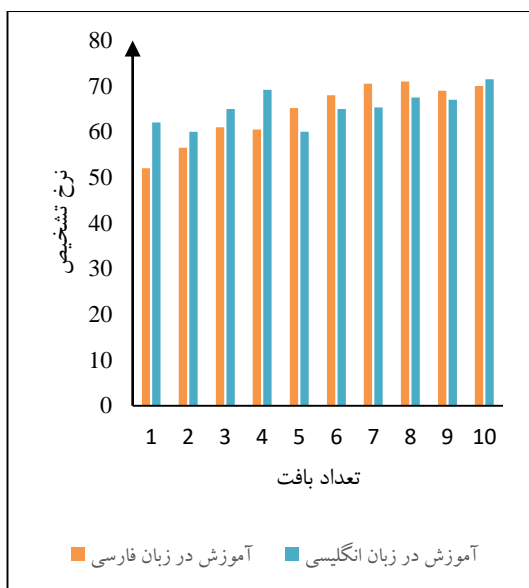
(ب)

شکل ۱۲- استخراج بافت از تصویر (الف) زبان فارسی و (ب) زبان انگلیسی.

۳-۴- ارزیابی

در این بخش، جهت بررسی کارایی روش پیشنهادی که شیوه جدیدی را جهت استخراج ویژگی مبتنی بر موجک و با استفاده از بعد فرکتالی ارایه می‌نماید، سناریوی مستقل از زبان نوشتاری را بر روی دو زبان فارسی و انگلیسی در بانک اطلاعاتی معرفی شده آزمایش می‌شود.

برای بررسی تاثیر تعداد نمونه‌های موجود در مجموعه‌های آموزش و آزمایش به منظور اندازه‌گیری دقت



شکل ۱۳ - مقایسه تاثیر تعداد بافت‌ها در مجموعه های آموزش و آزمایش

۵- نتیجه گیری و کارهای آینده

بررسی دست‌خط در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه محققان قرار گرفته و سیستم‌های تشخیص دست‌خط روزبه‌روز در حال پیشرفت می‌باشند. این سیستم‌ها به مرور زمان از حالت تحقیقاتی به کاربردی تغییر نقش داده‌اند. یکی از جنبه‌هایی که می‌تواند کمک شایانی به این سیستم‌ها باشند، شناسایی نویسنده از روی دست‌خط است. در این مقاله، روش جدیدی جهت استخراج ویژگی مبتنی بر بافت‌ها ارائه گردید. در این روش به دلیل خطاهای بالای روش‌های مبتنی بر جداسازی خط و کلمات از روش دیگری که مبتنی فقط بر اجزای به هم پیوسته بود استفاده شده است. همچنین در این تحقیق از ابزار بسیار پرکاربرد موجک برای استخراج ویژگی به همراه محاسبه بعد فرکتالی استفاده شده است که یکی از اهداف این مقاله که بررسی ابزارهای نوین ریاضی در بازشناسی الگو می‌باشد تحقق یابد. ذکر این نکته حائز اهمیت است که این پژوهش برای اولین بار کار تشخیص نویسنده از روی دست‌خط را برای دو زبان فارسی و انگلیسی بصورت همزمان انجام داده‌است.

نتایج بدست آمده امیدواری بسیاری برای بهبود و پژوهش بیشتر به خصوص در مورد زبان فارسی ایجاد نموده است. یکی از کارهایی که در آینده قابل انجام می‌باشد، آزمایش روش پیشنهادی بر روی بانک‌های اطلاعاتی دیگر به منظور بررسی کارایی این روش می‌باشد.

نتایج آزمایشات مراحل اول تا چهارم در جداول (۳ و ۴) نشان داده شده‌است. تعریف معیار ارزیابی یا همان درصد تشخیص در سیستم، نسبت تعداد پاسخ‌های صحیح به کل پاسخ‌ها می‌باشد. نتایج بدست آمده از روش پیشنهادی با یکی از مهم‌ترین پژوهش‌های انجام شده در حیطه تشخیص نویسنده از روی دست‌خط در [۱۸] مقایسه شده است.

جدول ۳ - ارزیابی متون مستقل از زبان نوشتاری برای متن بالای فرم‌ها

مجموعه آموزش	مجموعه آزمایش	نرخ تشخیص روش پیشنهادی	نرخ تشخیص روش [۱۸]
MBF	MBE	۶۵/۲۰	۵۹/۵۰
MBE	MBF	۶۸/۰۰	۶۲/۶۰

جدول ۴ - ارزیابی متون مستقل از زبان نوشتاری برای متن پایین فرم‌ها

مجموعه آموزش	مجموعه آزمایش	نرخ تشخیص روش پیشنهادی	نرخ تشخیص روش [۱۸]
MPF	MPE	۶۶/۰۰	۵۹/۰۰
MPE	MPF	۶۴/۲۰	۶۳/۳۰

نتایج آزمایشات مراحل پنجم و ششم در جدول (۵) نشان داده شده‌است.

جدول ۵ - ارزیابی متون مستقل از زبان نوشتاری برای تمامی بافت‌ها

مجموعه آموزش	مجموعه آزمایش	نرخ تشخیص روش پیشنهادی	نرخ تشخیص روش [۱۸]
ATF	ATE	۷۰/۰۰	۶۷/۰۰
ATE	ATF	۷۱/۵۰	۶۸/۸۰

نتایج نشان می‌دهد روش ارائه شده با بعد فرکتالی در این مقاله، کارایی بالاتری در مساله دقت شناسایی نویسنده مستقل از زبان نوشتاری دارا می‌باشد.

در آزمایش هفتم هدف این است که تاثیر تعداد بافت‌های استخراج شده بر نرخ تشخیص نویسنده از روی دست‌خط را در هر دو زبان فارسی و انگلیسی بررسی نماییم. شکل (۱۳) نتایج بدست آمده از این آزمایش را نمایش می‌دهد. همان‌گونه که در شکل مشخص است با افزایش تعداد بافت‌ها که به معنی افزایش اطلاعات استخراج شده از متن است، در بیشتر موارد درصد تشخیص نیز افزایش می‌یابد.

یادگیری عمیقی مانند شبکه‌های عصبی سیامی^۱ [۳۳] و سه گانه^۲ [۳۴] استفاده کنیم که با تعداد داده‌های آموزش کم نیز نتایج قابل قبولی بدست آورده‌اند. همچنین می‌توان همانند رویکردهای ارایه شده در [۲۲] و [۲۳]، تصاویر دست‌خط نویسندگان را به کلمات تشکیل دهنده آن‌ها جدا کرد و سپس مرحله تشخیص نویسنده را مبتنی بر کلمات جدا شده برای هر نویسنده انجام داد و مرحله آگمنت کردن داده‌ها نیز بر روی تصاویر کلمات اعمال نمود.

از آنجا که روش پیشنهادی با کمی تغییر، قابلیت پیاده‌سازی بر روی سایر حوزه‌های تحلیل اسناد از قبیل تشخیص متن، تشخیص زمان نوشته‌های تاریخی، تشخیص جنسیت و شناسایی دست چپ یا راست دست بودن نویسنده را نیز دارد، این روش در کارهای آینده به عنوان یک روش قابل مقایسه در نظر گرفته خواهد شد.

در این مقاله، فقط از تصاویر اسکن شده نمونه دست‌خط، برای تشخیص نویسنده استفاده نموده‌ایم. یکی دیگر از کارهای آینده، استفاده از نمونه دست‌خط برخط (آنلاین) افراد و بررسی و مقایسه آن با دست‌خط‌های آفلاین می‌باشد. همچنین می‌توان در آینده میزان تشخیص نویسنده را پس از شناخت جنسیت یا چپ یا راست دستی فرد بررسی کرد و تاثیر این عوامل را بررسی نمود.

بعلاوه، انتظار می‌رود که با استفاده از شبکه‌های عمیق بتوان نتایج در این حوزه را بهبود بخشید. با این وجود، همانطور که در بخش توضیح بانک اطلاعاتی استفاده شده در این مقاله آمده است، تعداد ده ساختار بافتی برای هر فرد استخراج شده است که این تعداد برای آموزش یک شبکه عمیق کافی نیست. لذا، می‌توان با استفاده از روش‌های افزایش داده (آگمنت کردن داده‌ها) از قبیل تغییرات از لحاظ اندازه، زاویه، بزرگنمایی یا کوچک نمایی، تغییر شدت نور، داده‌های آموزش را افزایش داد. با وجود اینکه حتی با این روش‌ها نیز ممکن است داده کافی برای مرحله آموزش بدست نیاید، ما قصد داریم از شبکه‌های

مراجع

- [1] M. K. Sharma and V. Chanderiya, "Writer identification using graphemes," *Sādhanā*, vol. 45, no. 1, p. 42, 2020.
- [2] C. Fuglsby, C. P. Saunders, and J. Buscaglia, "U-statistics for estimating performance metrics in forensic handwriting analysis," *Journal of Statistical Computation and Simulation*, vol. 90, no. 6, pp. 1082-1117, 2020.
- [3] K. Chaudhari and A. Thakkar, "Survey on handwriting-based personality trait identification," *Expert Systems with Applications*, vol. 124, pp. 282-308, 2019.
- [4] Z.-R. Wang, J. Du, and J.-M. Wang, "Writer-aware CNN for parsimonious HMM-based offline handwritten Chinese text recognition," *Pattern Recognition*, vol. 100, p. 107102, 2020.
- [5] S. N. Srihari, S.-H. Cha, H. Arora, and S. Lee, "Individuality of handwriting," *Journal of forensic science*, vol. 47, no. 4, pp. 1-17, 2002.
- [6] A. Chahi, Y. Ruichek, and R. Touahni, "Cross multi-scale locally encoded gradient patterns for off-line text-independent writer identification," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 89, p. 103459, 2020.
- [7] H. Said, G. Peake, T. Tan, and K. D. Baker, "Writer Identification from Non-uniformly Skewed Handwriting Images," in *BMVC*, 1998, pp. 1-10.
- [8] A. Rehman, S. Naz, M. I. Razzak, and I. A. Hameed, "Automatic visual features for writer identification: a deep learning approach," *IEEE access*, vol. 7, pp. 17149-17157, 2019.
- [9] B. Helli and M. E. Moghaddam, "A text-independent Persian writer identification based on feature relation graph (FRG)," *Pattern Recognition*, vol. 43, no. 6, pp. 2199-2209, 2010.
- [10] C. Djeddi, L. Souici-Meslati, and A. Ennaji, "Writer recognition on arabic handwritten documents," in *International Conference on Image and Signal Processing*, 2012, pp. 493-501: Springer.
- [11] A. Hamadene and Y. Chibani, "One-class writer-independent offline signature verification using feature dissimilarity thresholding," *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, vol. 11, no. 6, pp. 1226-1238, 2016.

- [12] Y. Guerbai, Y. Chibani, and B. Hadjadji, "The effective use of the one-class SVM classifier for handwritten signature verification based on writer-independent parameters," *Pattern Recognition*, vol. 48, no. 1, pp. 103-113, 2015.
- [13] Y. Kessentini, S. BenAbderrahim, and C. Djeddi, "Evidential combination of SVM classifiers for writer recognition," *Neurocomputing*, vol. 313, pp. 1-13, 2018.
- [14] A. Bennour, C. Djeddi, A. Gattal, I. Siddiqi, and T. Mekhaznia, "Handwriting based writer recognition using implicit shape codebook," *Forensic science international*, vol. 301, pp. 91-100, 2019.
- [15] M. Z. Al-Shamaileh, A. B. Hassanat, A. S. Tarawneh, M. S. Rahman, C. Celik, and M. Jawthari, "New Online/Offline text-dependent arabic handwriting dataset for writer authentication and identification," in *2019 10th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS)*, 2019, pp. 116-121: IEEE.
- [16] H. T. Nguyen, C. T. Nguyen, T. Ino, B. Indurkha, and M. Nakagawa, "Text-independent writer identification using convolutional neural network," *Pattern Recognition Letters*, vol. 121, pp. 104-112, 2019.
- [17] Y.-J. Xiong, L. Liu, S. Lyu, P. S. Wang, and Y. Lu, "Improving Text-Independent Chinese Writer Identification with the Aid of Character Pairs," *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, vol. 33, no. 02, p. 1953001, 2019.
- [18] C. Djeddi, I. Siddiqi, L. Souici-Meslati, and A. Ennaji, "Text-independent writer recognition using multi-script handwritten texts," *Pattern Recognition Letters*, vol. 34, no. 10, pp. 1196-1202, 2013.
- [19] D. Bertolini, L. S. Oliveira, and R. Sabourin, "Multi-script writer identification using dissimilarity," in *2016 23rd International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, 2016, pp. 3025-3030: IEEE.
- [20] Z. He, X. You, L. Zhou, Y. Cheung, and J. Du, "Writer identification using fractal dimension of wavelet subbands in gabor domain," *Integrated Computer-Aided Engineering*, vol. 17, no. 2, pp. 157-165, 2010.
- [21] P. Singh, P. P. Roy, and B. Raman, "Writer identification using texture features: A comparative study," *Computers & Electrical Engineering*, vol. 71, pp. 1-12, 2018.
- [22] He, S., & Schomaker, L. (2019). Deep adaptive learning for writer identification based on single handwritten word images. *Pattern Recognition*, 88, 64-74.
- [23] Nguyen, H. T., Nguyen, C. T., Ino, T., Indurkha, B., & Nakagawa, M. (2019). Text-independent writer identification using convolutional neural network. *Pattern Recognition Letters*, 121, 104-112.
- [24] D. Bertolini, L. S. Oliveira, E. Justino, and R. Sabourin, "Texture-based descriptors for writer identification and verification," *Expert Systems with Applications*, vol. 40, no. 6, pp. 2069-2080, 2013.
- [25] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms," *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, vol. 9, no. 1, pp. 62-66, 1979.
- [26] I. Daubechies, *Ten lectures on wavelets*. SIAM, 1992.
- [۲۷] سکینه اسدی امیری؛ حمید حسن پور، "ارائه روشی برای پیش‌پردازش تصویر جهت بهبود عملکرد JPEG 2000 در فشرده‌سازی تصویر"، *مدل سازی در مهندسی*، دوره ۱۵ شماره ۴۸، سال ۱۳۹۶، صفحه ۲۵۸-۲۴۷.
- [۲۸] سید امیر فرهاد قاضی میرسعید؛ محسن معدنی؛ مهدی زارع، "بهبود سیستم پایش سلامت سازه در شناسایی محل ترک‌های ریز تیر با استفاده از تبدیل موجک و فیلتر دیجیتال"، *مدل سازی در مهندسی*، دوره ۱۷ شماره ۵۸، سال ۱۳۹۸، صفحه ۳۱۶-۳۰۵.
- [۲۹] امیر عزالدین؛ حسین نادرپور؛ علی خیرالدین؛ غلامرضا قدرتی امیری، "تشخیص محل و میزان ترک در تیرها با استفاده از تبدیل موجک"، *مدل سازی در مهندسی*، دوره ۱۲ شماره ۳۹، سال ۱۳۹۳، صفحه ۱۱-۱.
- [30] Akbari, Y., Nouri, K., Sadri, J., Djeddi, C., & Siddiqi, I. (2017). Wavelet-based gender detection on off-line handwritten documents using probabilistic finite state automata. *Image and Vision Computing*, 59, 17-30.
- [31] Maaten, L. V. D., & Hinton, G. (2008). Visualizing data using t-SNE. *Journal of machine learning research*, 9(Nov), 2579-2605.
- [۳۲] فاطمه کریمی زاد گوهری؛ اکبر شاهسون. "مقایسه نتایج حاصل از شبکه های عصبی MLP و RBF در پیش‌بینی نتایج حاصل از همزمانی پدیده های انتقال جرم و انتقال حرارت". *مدل سازی در مهندسی*، دوره ۱۱ شماره ۳۳، سال ۱۳۹۲، صفحه ۴۳-۲۷.
- [33] G. Koch and G. Koch, "Siamese Neural Networks for One-Shot Image Recognition," University of Toronto, 2015.
- [34] E. Hoffer and N. Ailon, "Deep metric learning using triplet network," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 9370, no. 2010, pp. 84-92, 2015.