بازشناسی برون‌خط کلمات دستنویس فارسی با تاکید بر تشخیص نام چند شهر

امید هاشمی قوچانی[۱]، علیرضا سیدین[۲]
[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد برق مخابرات دانشگاه فردوسی مشهد omid.hashemi87@gmail.com
[۲] دانشیار گروه برق دانشگاه فردوسی مشهد seyedin@um.ac.ir

چکیده

در این مقاله، هدف تشخیص و بازشناسی کلمات دستنویس فارسی از روی تصاویر اسکن شده آنها می‌باشد. تشخیص بدین صورت انجام می‌شود که تصویر اسکن شده کلمه دستنویس، بصورت یک فایل تصویری، به یک نرم افزار داده شده و نرم افزار وظیفه تشخیص خودکار کلمه مورد نظر را بر عهده دارد. به طور کلی به تشخیص ارقام، حروف، کلمات، متون و علائم نوشتاری دستنویس یا تایپی توسط تصاویر اسکن شده آنها، بازشناسی نوری کاراکترها گفته می‌شود. کلماتی که بازشناسی می‌شوند تعداد ۳۰ شهر از شهرهای استان‌های خراسان‌های شمالی، رضوی و جنوبی می‌باشند. به علت عدم وجود چنین پایگاه داده‌ای، برای هر شهر تعداد ۵۰ نمونه دستنویس از دست‌خط ۵۰ فرد مختلف تهیه و به عنوان پایگاه داده در این مقاله استفاده کردیم. در این مقاله از یک رویکرد Holistic جهت بازشناسی کلمات استفاده کرده‌ایم و جهت اختصاص ویژگی به کلمات از ماتریس‌های GLCM و ممان‌های هیو جهت اختصاص ویژگی‌های آماری استفاده کرده‌ایم و همچنین به طور جداگانه چند ویژگی ساختاری به کلمات اختصاص داده‌ایم.

کلمات کلیدی

بازشناسی، دستنویس، کلمات، برون‌خط، انتخاب ویژگی، شبکه عصبی، ویژگی ساختاری، ویژگی آماری

۱- مقدمه

در حال حاضر بازشناسی نوری کاراکترها[۱] به یکی از بخش های مهم و پرکاربرد حوزه پردازش تصویر تبدیل شده است و روز به روز کاربردهای جدیدی در این زمینه شناسایی می‌شود.

هم اکنون نرم‌افزارهای قدرتمندی در زمینه تشخیص و بازشناسی علائم، ارقام، حروف، کلمات، متون و نوشتارهایی از این قبیل در زبان‌های رایج دنیا از قبیل انگلیسی، فرانسوی، آلمانی، چینی و... طراحی و تولید شده است و بسیاری از این نرم افزارها کاربردی و تجاری شده‌اند و در بسیاری از مراکز از قبیل: در بانک‌ها جهت تشخیص مبالغ چک‌ها و تشخیص صحت امضا، در ادارات پست جهت تشخیص رایانه‌ای و خودکار آدرس گیرنده نامه‌های پستی، در دوربین های کنترل سرعت راه ها و جاده‌ها جهت تشخیص پلاک خودروها و مواردی از این قبیل مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مقاله هدف بازشناسی کلمات دستنویس ۳۰ شهر از شهرهای استان خراسان به منظور استفاده در سیستم خودکار تشخیص آدرس گیرنده‌های پستی نامه‌ها می‌باشد.

تاریخچه بازشناسی نوری کاراکترها به اوایل قرن بیستم بر می‌گردد و به سه مرحله تقسیم می‌شود [1] :

الف- مرحله شکل‌گیری و نیازسنجی (۱۹۰۰ الی ۱۹۸۰)
ب- مرحله توسعه (۱۹۸۰ الی ۱۹۹۰)
پ- مرحله تکوین و تجاری سازی (۱۹۹۰ تاکنون)

در مورد زبان‌های فارسی و عربی بدلیل ویژگی‌های خاص[2] این زبان‌ها که از پیچیدگی‌های نوشتاری بیشتری نسبت به زبان‌های انگلیسی، فرانسوی، آلمانی و زبان‌های مشابه برخوردارند، الگوریتم‌ها و نرم‌افزارهای طراحی شده در زمینه تشخیص و بازشناسی نوری کاراکترها از دقت کمتر و نرخ تشخیص پایینتری برخوردارند. در مورد بازشناسی نوشتارهای تایپی زبان‌های فارسی و عربی پیشرفت‌های قابل توجهی صورت گرفته است ولی در مورد بازشناسی نوشتارهای دستنویس هنوز الگوریتم‌ها و نرم‌افزارهای موجود از دقت قابل قبولی برخوردار نیستند و به تحقیقات بیشتر و طراحی الگوریتم های کارآمدتر نیاز است.

ما در این مقاله به چالش‌های و مشکلات موجود در زمینه تشخیص و بازشناسی نوشتارهای دستنویس فارسی می‌پردازیم، کارها و تحقیقات انجام شده‌ی گذشته را بررسی خواهیم کرد و پیشنهادها و راه‌کارهایی در زمینه رفع این کاستی ها ارائه خواهیم داد.

۲- مطالب اصلی

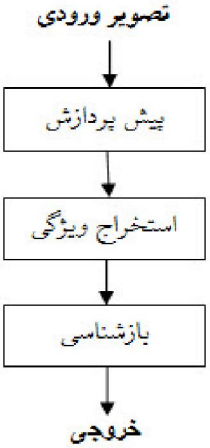
۲-۱- مبانی سیستم‌های بازشناسی نوری کاراکترها (OCR)

سیستم‌های OCR سیستم‌هایی هستند که ورودی آن یک فایل تصویری است که تصویر مورد نظر حاوی نواحی‌ای از کاراکترها و علائم نوشتاری است. یک نرم افزار OCR ،تصویر

ورودی را مي خوانـد، محتويـات آن شـامل متـون، خطـوط، تصـاوير،کاراکترها،علائم نوشـتاری، جـداول و ... را شناسـايی می‌نماید و سپس فایل تصویری مورد نظر را بـه یـک فایـل متنی استاندارد قابل ویرایش تبدیل می‌کند.

۲-۱-۱- بلوک دیاگرام یک سیستم OCR

در شـکل(۱) بلـوک دیـاگرام کلـی یـک سیسـتم OCR را مشاهده می‌کنید.



شکل(۱): بلوک دیاگرام یک سیستم OCR

تصویر ورودی: یک فایل تصویری است که حاوی نـواحی‌ای از کاراکترها و نواحی نوشتاری است.

پیش پردازش[۲]: در این قسمت یـک سـری از الگـوریتم‌هـا وظیفـه تشخیص نواحی متنی از غیر متنی را بر عهده دارند و یـک سـری از الگوریتم‌ها وظیفه حذف نویز و بهبود کیفیت تصـویر ورودی را در راستای بازشناسی بهتر نواحی متنی بر عهده دارند.

استخراج ویژگی[۳] : در ایـن مرحلـه بردارهـای ویژگـی[۴] بـه اجـزای نواحی متنی جهت بازشناسی اختصاص داده می‌شوند.

بازشناسـی[۵]: در ایـن مرحلـه توسـط الگـوریتم‌هـای بازشناسـی و طبقه‌بندی، کاراکترها و علائم نوشتاری بازشناسی می‌شـوند و بـه فایل متنی تبدیل می‌شوند.

خروجی: خروجی سیسـتم OCR تبـدیل شـده‌ی فایـل تصـویری ورودی به فایل متنی قابل ویرایش است.

۲-۱-۲- انواع تقسیم بندی سیستم‌های OCR

سیستم‌های OCR را از جنبه‌های مختلفی می‌توان تقسیم‌بندی کرد. در زیر به دو تقسیم‌بندی مهم اشاره می‌کنیم.

تقسیم بندی از لحاظ نوع الگوی ورودی :

الف- سیستم‌های برخط[۶] ب- سیستم‌های برون‌خط[۷]

در بازشناسی بـرخط، نوشـتار در همـان زمـان نگـارش توسـط سیستم تشخیص داده می شوند و دستگاه ورودی این سیسـتم‌هـا یک قلم نوری است. در این روش علاوه بر اطلاعـات مربـوط بـه موقعیت قلم، اطلاعات زمانی مربوط به مسیر قلم نیـز در اختیـار است.

در بازشناسـي بـرون‌خـط، از تصـوير دوبعـدي مـتن ورودي استفاده مي شـود. در ايـن روش تفسـير داده‌هـا مسـتقل از فراينـد توليد آنها و تنها براساس تصوير متن صورت مي گيرد.

تقسیم‌بندی از لحاظ نوشتار :

الف- تایپی ب- دستنویس

منظور از نوشـتارهای تـایپی نوشـتاری اسـت کـه توسـط نـرم-افزارهای مختلف با فونت‌های استاندارد نوشته شده باشد.

در این مقاله بازشناسی در یک سیستم برون‌خط جهت بازشناسی کلمات دستنویس فارسی انجام می‌شود.

۲-۲- بررسی مقالات و کارهای قبلی

در ابتدا جهت توضیح کارهای قبلی چند مفهوم کلی را شرح می-دهیم.

شناسایی کلمات با دو رویکرد کلی صورت می‌گیرد:

الف- رویکرد Holistic ب- رویکرد Analytical

در رویکرد Holistic کل کلمه بـه عنـوان یـک عنصـر واحـد در نظر گرفته می‌شود و بازشناسی بـر اسـاس ویژگـی‌هـای کـل کلمـه صورت می‌گیرد. بیشتر هنگـامی کـاربرد دارد کـه کـلاس‌هـایی کـه بایستی تشخیص داده شوند محدود باشند مثل بازشناسی استان-های یک کشور.

در رویکرد Analytical کلمه به بخش‌های مجـزای کلمـه و یـا حروف تشکیل دهنده کلمه تفکیک می‌شود و ایـن بخش‌هـا و یـا حروف به طور مجزا بازشناسی می‌شوند.

اختصاص ویژگی بر اساس دو نوع ویژگی صورت می‌گیرد:

الف- ویژگی‌های ساختاری ب- ویژگی‌های آماری

ویژگی‌های ساختاری مربوط بـه سـاختار کلمـه مـی‌باشـند. از ویژگی‌های ساختاری یک کلمه می‌توان بـه طـول کلمـه، چگـونگی انحنای محیط کلمه، ویژگـی‌هـای جهتـی بخـش‌هـای کلمـه اشـاره کرد.

ویژگی‌های آمـاری مربـوط بـه مقـادیر آمـاری مـرتبط بـا کلمـه می‌باشند.

بررسی کارهای قبلی:

در [3] دو روش Holistic جهـت بازشناسـی کلمـات دسـتنویس عربی معرفی شده است کـه در روش اول از ویژگـی آمـاری تبـدیل فوریـه و در روش دوم از ویژگـی‌هـای سـاختاری اسـکلت کلمـه جهـت بازشناسـی اسـتفاده شـده اسـت. در [4] یـک روش Analytical جهت تشخیص کلمات دستنویس عربی معرفی شده است، در این روش ابتدا حروف کلمه تشخیص داده مـی‌شـوند و سپس از روی حروف، کلمه مورد نظر تشخیص داده می‌شـود. در

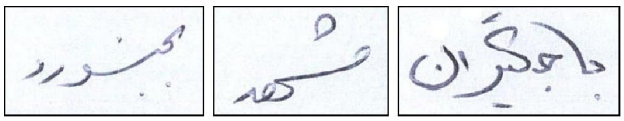
مرجع [5] از یک روش Holistic جهت بازشناسی کلمات یک متن تایپی عربی استفاده شده است در این روش از ویژگی‌های ساختاری جهت بازشناسی استفاده شده است. در [6] یک روش Holistic جهت شناسایی کلمات دستنویس فارسی ارائه شده است، در این روش از ویژگی ساختاری بردارهای جهتی[8] جهت بازشناسی کلمات استفاده شده است. در [7] از یک روش Holistic جهت بازشناسی متون چاپی فارسی استفاده شده است. در [8] بازشناسی کلمات دستنویس فارسی با واژگانی نامحدود در یک سیستم برخط صورت گرفته است. در [9] از یک روش Analytical جهت بازشناسی برون‌خط کلمات دستنویس نام ۱۶ شهر استفاده شده است. در مرجع [۱۰] از یک روش Analytical جهت بازشناسی کلمات تایپی فارسی و عربی استفاده شده است، در این مقاله از تبدیل ویولت[9] جهت استخراج ویژگی از کلمات استفاده شده است.

با بررسی مقالات بالا و تحقیقات مشابه مشاهده می‌گردد که نتایج بازشناسی در مورد نوشتارهای تایپی فارسی و عربی به نرخ بازشناسی قابل قبولی نزدیک شده‌اند ولی در مورد نوشتارهای دستنویس هنوز نیاز به الگوریتم‌های بازشناسی کارآمدتری می‌باشد. در ادامه به شرح الگوریتم پیشنهادی جهت بازشناسی کلمات دستنویس فارسی می‌پردازیم.

۳- الگوریتم پیشنهادی

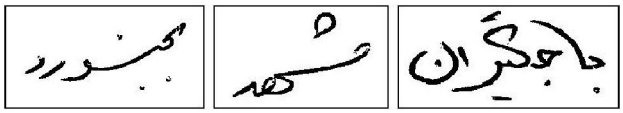
در این مقاله هدف بازشناسی شهرهای استان خراسان از یکدیگر می‌باشد. تعداد شهرهای انتخاب‌شده ۳۰ شهر می‌باشد که از هر شهر تعداد ۵۰ نمونه دستنویس در اختیار داریم.

نحوه جمع آوری پایگاه داده بدین صورت بود که ۳۰ شهر مورد نظر را در جداولی تنظیم کردیم و آنها را ۵۰ فرد مختلف توسط خودکار به صورت دستنویس پر کردند. بدین صورت از هر شهر تعداد ۵۰ نمونه دستنویس جمع‌آوری شد. سپس جداول مورد نظر را اسکن کرده و شهرها را تفکیک کرده و با فرمت های تصویری استاندارد JPG و GIF ذخیره کردیم. ورودی سیستم OCR این مقاله همین شهرهای تفکیک شده دست نویس می‌باشد. در شکل(۲)، ۳ نمونه را مشاهده می‌کنید.



شکل(۲): ورودی اولیه سیستم OCR

در مرحله بعدی جهت کاهش حجم اطلاعات و افزایش سرعت پردازش، تصاویر Grayscale اسکن شده را به تصاویر باینری مطابق شکل(۳) تبدیل کردیم.



شکل(۳): تصاویر باینری شده

بدلیل آنکه کلاس‌هایی که باید از یکدیگر بازشناسی شوند محدود است (۳۰ شهر)، جهت بازشناسی شهرها از رویکرد Holistic استفاده می‌کنیم. بدین معنا که جهت تحلیل و اعمال الگوریتم‌های مختلف، کل تصویر یک کلمه را به عنوان یک عنصر واحد در نظر می‌گیریم و کلمه شهر مورد نظر را به زیر-بخش‌ها و یا حروف تشکیل دهنده آن کلمه تفکیک نمی‌کنیم.

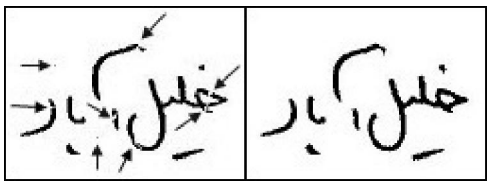
همانند بلوک دیاگرام شکل شماره(1) سیستم OCR این مقاله از سه بخش اصلی **پیش‌پردازش**، **استخراج ویژگی** و **بازشناسی** تشکیل شده است. در ادامه این بخش‌ها را جداگانه توضیح می‌دهیم.

۳-۱- پیش‌پردازش

مرحله پیش‌پردازش جهت حذف نویز و بهبود کیفیت تصویر ورودی جهت بازشناسی بهتر انجام می‌شود. نویز در اینجا بدلیل کیفیت پایین تصویر برداری و یا اسکن به وجود می‌آید و معمولا باعث به وجود آمدن نقطه‌ها یا پیکسل‌های اضافی در تصویر می‌شود و یا تصویر کلمه دچار بریدگی‌ها و یا ایجاد قسمت‌های باریک اضافی می‌شود.

جهت حل این مشکلات ابتدا توسط عملگرهای مورفولوژیک نقطه‌های تک پیکسلی تصویر را که غالبا نویز می-باشند را حذف کردیم و سپس با اعمال مناسب دو عملگر مورفولوژیک Erosion و Dilation بریدگی‌های نا خواسته و همچنین المان‌های باریک اضافی ایجادشده در تصویر کلمه (ناشی از اسکن نا مناسب تصویر ورودی) را تا جای ممکن حذف کردیم.

در شکل شماره(۴) تغییرات ناشی از اعمال پیش‌پردازش را بر روی یک ورودی دلخواه مشاهده می‌کنید.



بعد از پیش‌پردازش قبل از پیش‌پردازش

شکل(۴)

همانطور که مشاهده می‌کنید پس از پیش‌پردازش دو نقطه تک پیکسلی که نویز می‌باشند حذف شده اند و گسستگی‌های ناخواسته در تصویر ورودی حذف شده اند.

۳-۲- استخراج ویژگی

مرحله استخراج ویژگی یکی از مهمترین بخش‌های یک سیستم OCR می‌باشد. انتخاب بردار ویژگی مناسب تاثیر مستقیم بر روی نتایج بازشناسی دارد. در ادامه به تفکیک، ویژگی‌های انتخاب شده جهت بازشناسی را شرح می‌دهیم.

۳-۲-۱- استخراج ویژگی‌های جهتی کلمه از روی ویژگی‌های آماری ماتریس GLCM[10] :

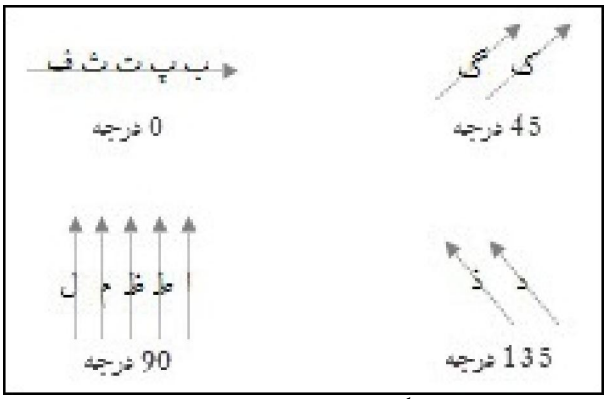
استخراج ویژگی از ماتریس GLCM از زمان تعریف آن توسط دو محقق در سال ۱۹۷۳ در مرجع [11] به یکی از مهمترین روش‌های آماری کلاس‌بندی بافت[11] تبدیل شده است.

ماتریس GLCM، تعداد تکرار رویداد یک جفت پیکسل در درون تصویر را براساس فاصله و زاویه خاص فضایی تعیین‌شده بین آن‌ها محاسبه می‌کند [12].

به طورکلی در کلاس‌بندی بافت به‌کمک ماتریس GLCM از چهار زاویه ۰، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه جهت استخراج ویژگی-های جهتی بافت استفاده می‌شود [12,13] که همین ویژگی‌های جهتی معیار اصلی کلاس‌بندی بافت‌ها می‌باشند.

ما در این مقاله از ویژگی‌های ماتریس‌های GLCM جهت بازشناسی کلمات دستنویس فارسی استفاده کرده‌ایم و به نتایج بازشناسی مناسبی دست یافتیم. دلیل این امر این است که ویژگی‌های جهتی کلمات دستنویس را توسط ماتریس GLCM استخراج کردیم و یکی از ویژگی‌های مهم متمایز کننده کلمات دستنویس همین ویژگی‌های جهتی آنها می‌باشد.

توضیح اینکه برخی از حروف فارسی دارای ویژگی‌های جهتی خاصی می‌باشند، بعنوان مثال سرکش حرف "ک" دارای زاویه‌ای حدود ۴۵ درجه می‌باشد. در شکل (۵) چند نمونه دیگر از این ویژگی‌های جهتی را در راستاهای ۰، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه مشاهده می‌کنید.



شکل(۵): ویژگی‌های جهتی برخی از حروف فارسی

۳-۲-۲- استخراج ویژگی به کمک Hu مومنت[12]

مومنت‌ها یکی از ویژگی‌های آماری پرکاربرد در زمینه استخراج ویژگی برای اشکال و حوزه تشخیص الگو[13] می‌باشند [14,15]. در سال ۱۹۶۱، Hu [16] جهت اختصاص ویژگی به اشکال هفت مومنت را معرفی کرد که نسبت به تغییرات اندازه، چرخش و موقعیت شکل مورد نظر ثابت می‌باشند.

در بازشناسی کلمات دستنویس فارسی اگر بتوانیم یک سری ویژگی پیدا کنیم که نسبت به تغییرات اندازه، چرخش و موقعیت کلمه ثابت باشند در بازشناسی بسیار مفید خواهند بود. بنابراین با توجه به ویژگی‌هایی که برای Hu مومنت ذکر کردیم در این مقاله از آن جهت اختصاص ویژگی استفاده کردیم. روابط ریاضی Hu مومنت را می‌توانید در مرجع [16] مشاهده کنید.

۳-۲-۳- استخراج ۸ ویژگی ساختاری با توجه به شکل ظاهری کلمات

با بررسی مقالات در زمینه سیستم‌های OCR، به ویژه مقالات مرتبط با بازشناسی نوشتارهای دستنویس، ۸ ویژگی ساختاری متداول را با توجه به ویژگی‌های خاص کلمات دستنویس فارسی انتخاب کردیم که در زیر مشاهده می‌کنید.

- قطر دایره محاطی کلمه
- نسبت طول به عرض کلمه
- گریز از مرکز بیضی محاطی کلمه
- طول محور اصلی بیضی محاطی که دارای ممان مرکزی دوم نرمالیزه یکسانی با کلمه مورد نظر باشد
- نسبت تعداد پیکسل‌های داخل جعبه محاطی کلمه به مساحت جعبه محاطی
- نسبت مساحت چند وجهی محاطی کلمه به مساحت مستطیل محاطی
- محیط کلمه
- مساحت کلمه

۳-۳- بازشناسی

در این بخش از شبکه‌عصبی MLP[14] جهت بازشناسی شهرها از یکدیگر استفاده کردیم. از ۵۰ نمونه موجود برای هر شهر، ۴۰ نمونه را برای آموزش شبکه‌عصبی و ۱۰ نمونه را جهت تست شبکه‌عصبی استفاده کرده‌ایم.

در جدول(۱) نتایج بازشناسی ناشی از اعمال شبکه‌عصبی MLP دولایه با تعداد نرون های متفاوت در لایه مخفی و با تفکیک استفاده از ویژگی‌ها مشاهده می‌کنید.

جدول(۱): نتایج بازشناسی شبکه عصبی MLP دولایه

تعداد نرون‌های لایه مخفی / ویژگی‌ها	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	٤٠	٤٥
۱۲ ویژگی – GLCM Matrix	٪۱۷	٪۳۲	٪۳۷	٪٤٠	٪٤۲	٪۳۹
۷ ویژگی – Hu Moments	٪۱٤	٪۲۷	٪۳٦	٪۳٤	٪۳۱	٪۲۹
۸ ویژگی – ویژگی‌های ساختاری	٪۱٦	٪۲۸	٪۳٤	٪۳۳	٪۳۱	٪۳۰
۲۷ ویژگی – Hu,GLCM,ساختاری	٪٦۳	٪٦۹	٪۷۳	٪۷٥	٪۷٤	٪۷۲

همانطور که در جدول بالا مشاهده می‌کنید در حالتی که از تمام ویژگی‌ها استفاده کرده‌ایم و تعداد نرون های لایه مخفی در تعداد بهینه ۳۵ نرون می‌باشد به بالاترین نرخ بازشناسی یعنی ۷۵% رسیده‌ایم.

۴- نتیجه گیری

در این مقاله جهت بازشناسی کلمات دستنویس نام ۳۰ شهر از رویکرد Holistic جهت استخراج ویژگی به دلیل محدود بودن تعداد کلاس‌ها استفاده کردیم. در انتخاب ویژگی از ویژگی آماری Hu Moment بدلیل وابسته نبودن آن به اندازه، چرخش و موقعیت کلمه، از ماتریس GLCM به دلیل استخراج ویژگی‌های جهتی مناسب از کلمه و از چند ویژگی آماری و ساختاری دیگر مربوط به ساختار نوشتاری کلمه استفاده کردیم. استفاده همزمان از این ویژگی‌ها و استفاده از شبکه عصبی MLP جهت بازشناسی شهرها از یکدیگر در مجموع نتایج بازشناسی مناسبی (نرخ بازشناسی ۷۵%) را سبب شدند.

در تحقیقات بعدی برای افزایش نرخ بازشناسی می‌توان بر روی موارد روبرو تمرکز کرد: افزایش تعداد نمونه‌های دستنویس هر شهر، تحقیق و بررسی بیشتر بر روی ماتریس GLCM جهت اختصاص ویژگی، تست چندین طبقه‌بند[15] دیگر از قبیل SVM، RBF، HOPFIELD و... در مرحله بازشناسی.

مراجع

[1] Arica N., Fatos T., "*An Overview of Character Recognition Based Focused on Off-line Handwriting*", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-Part C: Applications and Reviews, Vol. 31, No. 2, 2001.

[2] Amin A., "*Off-Line Arabic Character Recognition: The State of the Art*", Pattern Recognition, pp. 517-530, 1998.

[3] Khorsheed M.S., Clocksin W.F., "*Multi-font Arabic Word Recognition Using Spectral Features*", 15th International Conference on Pattern Recognition, vol.6, pp. 3754-3577, June 2000.

[4] Trenkle J., Gillies A., Erlandson E., and Schlosser S., "*Arabic Character Recognition*", in Proc Symposium of Document Image Understanding Technology, Bowie, Maryland, USA, pp. 191-195, 1995.

[5] Erlandson E., Trenkle J., and Vogt R., "*Word-Level Recognition of Multifont Arabic Text Using a Feature-Vector Matching Approach*", Proccedings of the SPIE, vol. 2660-08, 1996.

[6] Dehghan M., Faez K., Ahmadi M., and Shridhar M., "*Handwritten Farsi Word Recognition: A Holistic Approach Using Discrete HMM*", Pattern Recognition, vol. 34, pp. 1057-1065, 2001.

[۷] عزمی، رضا، "**بازشناسی متون چاپی فارسی**"، پایان نامه دکتری مهندسی برق، دانشکده فنی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۷.

[۸] رضوی س.م.، کبیر ا.، "**بازشناسی برخط کلمات دستنویس فارسی با واژگانی گسترده**"، پنجمین کنفرانس بینایی ماشین و پردازش تصویر ایران، تبریز، ۱۳۸۷.

[۹] سیدین س.ع، طباطبایی مشهدی ن.، سیدین س.م، "**دسته بندی پاکت‌های نامه با استفاده از بینایی ماشین در خواندن و پردازش آدرس‌های دستنویس**"، پنجمین کنفرانس بینایی ماشین و پردازش تصویر ایران، تبریز، ۱۳۸۷.

[10] Broumandnia A., Shanbehzadeh M.J., Nourani M., "*Segmentation of Printed Farsi/Arabic Words*" International Conference on Computer Systems and Applications, IEEE/CSA07, pp.761-766, 2007.

[11] Haralick R. M., Shanmugam K., And Dinstein I., "*Textural Features for Image Classification*", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernatics, pp. 610-621, 1973.

[12] Petrou M., and Sevilla P. G., "*Image Processing Dealing with Texture*", Wiley, 2006.

[13] Chandraratne M. R., "*Comparison of Three Statistical Texture Measures for Lamb Grading*", First International Conference on Industrial and Information Systems, ICIIS, August 2006.

[14] Pakchalakis S., and Lee P., "*Pattern Recognition in Gray Level Images Using Moment Based Invariants Features*", IEEE Conference Publication on Image Processing and its Applications, No. 465, pp. 245-249, 1999.

[15] Qing C., Emil P., and Xiaoli Y., "*A Comparative Study of Fourier Descriptors and Hu's Seven Moment Invariants for Image Recognition*", in Electrical and Computer Engineering, Canadian Conference, pp. 103-106, vol.1, 2004.

[16] Hu M. K., "*Visual Pattern Recognition by Moment Invariants*", IRE Trans. Inf. Theory, Vol.IT-8, pp. 179-187, 1962.

زیرنویس‌ها

1 Optical Character Recognition
2 Preprocessing
3 Feature Extraction
4 Feature Vectors
5 Recognition
6 Online
7 Offline
8 Directional Vector
9 Wavelet Transform
10 Gray Level Co Occurrence Matrix
11 Statistical Texture Classification
12 Hu Moment
13 Pattern Recognition
14 Multilayer perceptron
15 Classifier