



بازشناسی برون خطی کلمات دست‌نویس فارسی مبتنی بر بردارهای ویژگی ترکیبی و انتخاب مثال‌های مؤثر در آموزش با استفاده از الگوریتم FCNN

زهرا مددی^۱، فرداد فرخی^۲ و کاوه کنگرلو^۳

madadi_zhr@yahoo.com¹

f_farokhi@iauctb.ac.ir²

k_kangarloo@iauctb.ac.ir³

چکیده

در این مقاله یک سامانه بازشناسی کلمات دست‌نویس فارسی برون‌خط، مبتنی بر بردارهای ویژگی ترکیبی و انتخاب مثال‌های مؤثر در آموزش با استفاده از الگوریتم FCNN (fast condensed nearest neighbor) ارائه شده است. این سامانه مراحل دریافت تصاویر، پیش‌پردازش، استخراج ویژگی و طبقه‌بندی را در بر می‌گیرد. در مرحله پیش‌پردازش پس از برچسب‌گذاری و تفکیک زیرکلمات (زیر بخش‌های همبند) در ماتریس‌های تصویری مجزا، عملیات آستانه‌گیری، حذف نویز، استخراج اسکلت به منظور حذف اثر عرض قلم، محدود سازی زیرکلمات در پنجره‌های محدود کننده به منظور حذف اثر ناهمگونی ابعاد نگارش و اصلاح کج روی نسبت به خط پایه به منظور حذف تغییرات چرخشی، اجرا می‌شود. در مرحله استخراج ویژگی، مجموعه محدودی از ترکیب ویژگی‌های آماری شامل میانگین، واریانس و انرژی ضرایب هیستوگرام افکنش عمودی و ویژگی‌های ساختاری شامل ضرایب الگوریتم CA (correspondence analysis) و ویژگی‌های حاصل از اعمال تبدیل موجک ۱ بعدی بر هیستوگرام افکنش عمودی، از تمامی تصاویر زیرکلمات استخراج می‌گردد. در مرحله طبقه‌بندی نیز، پس از انتخاب مثال‌های مؤثر در آموزش با استفاده از الگوریتم FCNN، از طبقه‌بندهای MLP (multi layer perceptron) و KNN (k nearest neighbor) برای شناسایی و طبقه‌بندی نمونه‌های آزمون استفاده می‌شود. نهایتاً سیستم پیشنهادی بر روی بخشی از پایگاه داده ایران‌شهر، متشکل از ۶۴۰ تصویر کلمه دست‌نویس (۴۸۰ نمونه آموزش، ۱۶۰ نمونه آزمون) پیاده‌سازی شده و نرخ بازشناسی ۹۹.۷٪ را ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی

بازشناسی کلمات، انتخاب مثال‌های مؤثر در آموزش، هیستوگرام افکنشی، تبدیل موجک.

قلم (پویایی و تحرک نوشته) بوده و بر رشته‌ای از مختصات نقاط مسیر حرکت قلم در حین نگارش اعمال می‌گردد. بازشناسی در سیستم‌های برون‌خط بر تصاویر اسکن شده اسناد اعمال می‌شود و به عبارت دیگر اطلاعات پس از نوشتن، به کمک مراحل پیش‌پردازش تفکیک کننده متن از پس زمینه، از تصاویر اخذ می‌گردد. پروسه نازک سازی و استخراج اسکلت یکی از ضروری‌ترین عملیات پیش‌پردازی است که در بازشناسی برون‌خط به منظور حذف اثر پهنای قلم اجرا می‌شود، اما در بازشناسی برخط به دلیل اینکه قلم نگارنده خود دارای پهنای نگارشی یک پیکسل است، این عملیات اجرا نمی‌گردد [3].

ماهیت نگارشی زبان فارسی پیوسته است، اما از آنجایی که برخی کاراکترهای فارسی تنها می‌توانند از سمت راست به سایر کاراکترها متصل شوند، این امر زیربخش‌های همبند و مجزایی (زیرکلمات) را در کلمات ایجاد می‌کند. زیرکلمات می‌توانند یک یا بیشتر از یک حرف را در بر گرفته و توسط یک خط پایه مجازی هم راستا شوند. در صورت عدم وجود هم‌پوشی زیرکلمات، می‌توان آنها را توسط فضاهای کوتاه مابین، از طریق ترسیم نمای افکنش عمودی تفکیک کرد. لیکن در صورت وجود

۱- مقدمه

توانایی یادگیری، تجزیه تحلیل محیط پیرامون و تعمیم دانسته‌ها از جمله مهمترین قابلیت‌های انسانی هستند که برای شبیه سازی این ویژگی‌های مهم توسط رایانه‌ها، شاخه جدیدی از علم به نام بازشناسی الگو ایجاد شده است. شناسایی متون چاپی و دست‌نویس به عنوان یکی از پیچیده‌ترین کاربردهای این علم مطرح است و به منظور پردازش نرم افزاری الگوهای ورودی (اسناد کاغذی) برای تبدیل کردن آن‌ها به قالب‌های دیجیتال و سرعت دهی بیشتر به مراحل ذخیره‌سازی و بازیابی و بررسی اسناد استفاده می‌شود. در این میان، شناسایی متون زبان انگلیسی به علت جدا بودن حروف، از مسائل ساده‌تر این حوزه محسوب می‌شود و بیشترین سهم از تحقیقات را به خود اختصاص داده است. اما شناسایی متن در زبان فارسی، به دلیل پیوستگی حروف (حتی در متون چاپی)، هنوز به عنوان یک موضوع نسبتاً دشوار مطرح است [1],[2].

بازشناسی متون دست‌نویس معمولاً در دو حالت برخط (به طور هم زمان با نگارش متن) و برون‌خط (پس از نگارش متن) اجرا می‌شود. بازشناسی در سیستم‌های برخط مبتنی بر حرکت

همپوشی از برچسب گذاری زیرکلمات و تجزیه آنها در ماتریس های تصویری مجزا استفاده می شود. در شکل ۱ نمونه ای از هم پوشی زیرکلمات در یک کلمه نشان داده شده است. [2,4].



شکل (۱): نمونه ای از همپوشی زیرکلمات در یک کلمه [2]

دو راهکار اصلی برای بازشناسی متون دستنویس فارسی موجود است. یک راهکار، بازشناسی مستقل از تفکیک اجزا است، که بر روی کل کلمات یا زیرکلمات اجرا می شود. در این روش ابتدا کلمات را به صورت ترکیبی از کاراکترهای متصل و تفکیک ناپذیر در نظر می گیرند، سپس با استخراج ویژگی هایی از کل کلمه، عمل بازشناسی اجرا می گردد. راهکار دیگر، بازشناسی مبتنی بر تفکیک اجزا است، که بر روی کاراکترهای اصلی سازنده کلمات یا حروف اجرا می شود. در این روش پس از تفکیک کلمات به کاراکترهای سازنده، شناسایی کاراکترها در سطح کلمه با استفاده از یک فرهنگ لغت اجرا شده و نهایتاً با ترکیب نتایج حاصل از بازشناسی حروف، کلمات بازشناسی می شوند [4,5]. شیوه پیشنهاد شده در این مقاله مستقل از تفکیک بوده و با فرض احتمال وجود همپوشی ما بین زیرکلمات، از برچسب گذاری و تفکیک آنها در ماتریس های تصویری مجزا استفاده شده است.

۲- مروری بر کارهای پیشین

در مقالات پژوهشی مختلف، مسائل چالشی متعددی در زمینه بازشناسی کلمات دستنویس ارائه شده است. اکنون بر برخی از این چالش ها نگاهی مختصر خواهیم داشت.

در [6]، الگوریتم مشخصی برای بازشناسی کلمات دست نویس فارسی ارائه شده است. در این سیستم هیچ مرحله ای جهت تفکیک زیرکلمات وجود ندارد و ویژگی های ضرایب موجک از نمای تصویر کلمات پس از اجرای عملیات نرم سازی^۱، در چهار جهت استاندارد استخراج می شوند. سپس مراکز لایه رقابتی شبکه عصبی RBF^۲ به وسیله ترکیب الگوریتم ژنتیک و الگوریتم خوشه یابی K-Means تعیین شده و وزن های لایه نظارتی با استفاده از روش LMS^۳ و اندازه گیری فواصل بردار ویژگی هر نمونه تا مرکز شبکه RBF بر اساس تابع گاوسین محاسبه می گردد. هر چند گفته شده اجرای سیستم پیشنهادی

می تواند نرخ بازشناسی تقریباً مطلوبی را ارائه دهد، لیکن می بایست توجه داشت که با افزایش تعداد مراکز لایه رقابتی، حجم معماری شبکه و زمان اجرای الگوریتم افزایش یافته و روند کاهش خطا نیز تقریباً متوقف می شود، به طوری که استفاده از الگوریتم ژنتیک در این حالت نمی تواند تأثیر چشم گیری را در بهبود معماری و افزایش بازدهی شبکه ارائه دهد.

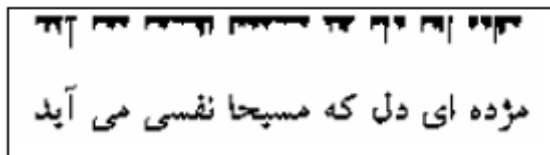
در [7] به منظور بازشناسی کلمات دستنویس، ابتدا مرحله نازک سازی برای کاهش ضخامت نمونه های دستنویس به پهنای یک پیکسل اجرا می شود، سپس با اعمال چهار پنجره 3×3 بر تصاویر کلمات نازک شده، تصاویر نظیر خطوط افقی (۰ درجه)، خطوط عمودی (۹۰ درجه)، خطوط اریب راست به چپ (۴۵ درجه)، خطوط اریب چپ به راست (۱۳۵ درجه) استخراج گردیده و به طور جداگانه ذخیره می شوند. در مرحله بعد هریک از چهار تصویر نظیر، به هشت قطاع حول مرکز خود تفکیک شده و با محاسبه تعداد پیکسل های سیاه در هر قطاع و تقسیم آن بر تعداد کل پیکسل های سیاه در تصویر کلمه، بردارهای ویژگی نرمالیزه شده حاصل می گردند. این بردارهای ویژگی ۳۲ عنصری بوده و نسبت به تغییر مقیاس تغییرناپذیر هستند. پس از آن در مرحله بازشناسی با به کارگیری ۴ طبقه بند MLP برای هر یک از ۴ تصویر تفکیک شده و ترکیب خروجی آنها توسط الگوهای تصمیم گیری توانسته است به حداکثر نرخ بازشناسی ۹۱٫۵۵٪ دست یابد. این شیوه نسبت به تغییرات چرخشی خطوط تشکیل دهنده بدنه کلمات بسیار حساس بوده و هر گونه انحراف از چهار راستای یاد شده می تواند خطای قابل توجهی را در مرحله استخراج ویژگی تولید نماید.

در [8]، یک سیستم بازشناسی کلمات دستنویس عربی متشکل از سه مرحله پیش پردازش، استخراج ویژگی و طبقه بندی ارائه شده است. در این روش ابتدا کلمات از دستخط های ورودی تفکیک شده و از نظر اندازه نرمالیزه می شوند. در مرحله دوم با تقسیم هر کلمه تفکیک شده به بلوک های هم پوشان، مقادیر میانگین مطلق برای هر بلوک مشتمل بر یک بردار ویژگی محاسبه می گردد. نهایتاً با ارائه بردارهای ویژگی به دست آمده به یک طبقه بند KNN نرخ بازشناسی ۷۶٪ حاصل گردیده است. یکی از ایرادهای این شیوه حساسیت و تغییر پذیری نرخ بازشناسی با تغییر اندازه هم پوشی بلوک ها است، همچنین جهت ارتقا کارایی بردارهای ویژگی و افزایش دقت بازشناسی، لازم است از ویژگی های بیشتر و نرمالیزاسیونی مؤثرتر استفاده شود.

در [4]، یک سامانه بازشناسی کلمات دستنویس فارسی با استفاده از درهم آمیزی مراحل تفکیک و بازشناسی به منظور دستیابی به یک دقت بالا ارائه شده است. چنان که پس از دریافت تصاویر ورودی، با افزودن برخی ویژگی ها و حذف



اصلاح کج روی) بر روی تمامی تصاویر زیرکلمات اعمال می نماییم. در مرحله استخراج ویژگی، ابتدا افکنش عمودی را برای تمامی تصاویر زیرکلمات محاسبه کرده و پارامترهای آماری میانگین و واریانس و انرژی را از کلیه نمودارهای افکنشی به دست می آوریم [9]. سپس با بکارگیری الگوریتم CA، هر کدام از ماتریس های تصویری را به $n \times 4$ بلوک 4×4 تجزیه کرده و به صورت ماتریس های تصویری $n \times 16$ بازنویسی می کنیم. آنگاه با انجام عملیات ریاضی مشخص بر روی ستون های هر ماتریس، ۱۶ مقدار ویژه سازنده ماتریس اصلی را بعنوان یک بردار ویژگی ۱۶ عنصری از هر تصویر در نظر می گیریم [10]. پس از آن با اعمال تبدیل موجک یک بعدی بر توابع افکنشی تصاویر زیرکلمات در چند مرحله، ویژگی های توصیفگر کلیات و جزئیات تصاویر را استخراج می نماییم [11]. نهایتاً تمامی ویژگی های حاصل از محاسبات آماری و ساختاری و ضرایب تبدیل موجک را در یک بردار ویژگی برای هر تصویر نمونه ترکیب کرده و به صورت بردارهای ویژگی ترکیبی به طبقه بندهای KNN و MLP ارائه می دهیم. عمل بازشناسی را یکبار با به کارگیری الگوریتم FCNN در مرحله فراهم سازی ماتریس آموزش [12]، و بار دیگر بدون این الگوریتم به انجام می رسانیم. در شکل ۲ نمونه ای از ترسیم نمای هیستوگرام افکنش عمودی کلمات نشان داده شده است. در شکل ۳ نیز مراحل اجرای روش پیشنهادی ارائه شده است.



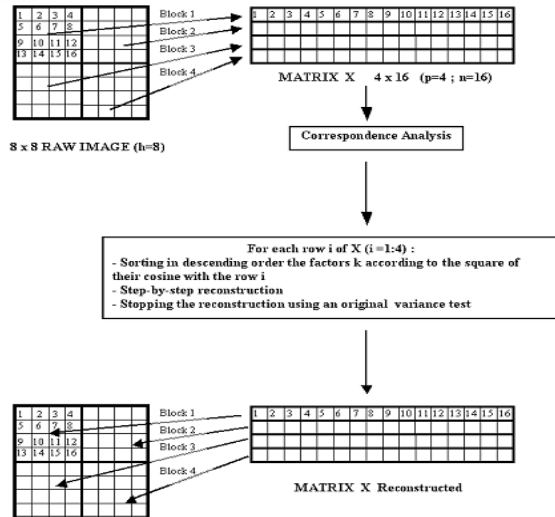
شکل (۲): نمونه ای از ترسیم هیستوگرام افکنش عمودی کلمات [4]

برخی تضادها در مرحله پیش پردازش، دقت سیستم بازشناسی افزایش می یابد. سپس با به کارگیری یک الگوریتم مبتنی بر هیستوگرام نمای افکنشی و در نظر گرفتن ویژگی های ساختاری و نقاط تقاطع پیوندی، تصاویر کلمات به کاراکترهای سازنده تفکیک می شوند. در مرحله بعد برخی ویژگی های ساختاری از کاراکترها استخراج شده و نهایتاً عمل بازشناسی توسط یک طبقه بند شبکه عصبی اجرا می گردد. دو حلقه فیدبک نیز از خروجی مرحله طبقه بندی به ورودی مرحله ترکیب اجزا کاراکتری و بالعکس برقرار می شوند، تا با ترکیب نتایج بازشناسی حاصل از این دو حلقه فیدبک، نتیجه بازشناسی نهایی با قابلیت انعطاف و دقت بالا حاصل گردد. این شیوه در مرحله طبقه بندی یک نقطه ضعف اساسی دارد، بطوریکه عدم بازشناسی یک کاراکتر در یک کلمه منجر به بازشناسی غیر صحیح مابقی کاراکترها در همان کلمه شده و این امر دقت بازشناسی را کاهش می دهد. بنابراین برای حل این مسئله، می بایست از یک شیوه بازشناسی توانمندتر استفاده شود.

در کلیه روش های مرور شده، به منظور دستیابی به دقتی مطلوب در بازشناسی، مرحله استخراج ویژگی نسبت به مرحله طبقه بندی از اهمیت و پیچیدگی بیشتری برخوردار بوده است. لیکن در شیوه پیشنهاد شده در این مقاله، مرحله استخراج ویژگی از پیچیدگی چندان بر خوردار نبوده و بیشتر دقت مورد نیاز، در مرحله طبقه بندی با بهره گیری از الگوریتم FCNN به منظور انتخاب مثال های مؤثر در آموزش تأمین می شود.

۳- روش پیشنهادی

این مقاله به توصیف و طراحی و پیاده سازی یک سامانه بازشناسی کلمات دست نویس فارسی برون خط می پردازد. این سامانه مراحل دریافت تصاویر، پیش پردازش، استخراج ویژگی و طبقه بندی را در بر می گیرد. پس از اسکن و ارائه قالب دیجیتالی تصاویر کلمات دست نویس به رایانه، در مرحله ی پیش پردازش، ابتدا با برجسب زدن به زیرکلمات و تفکیک آنها را در ماتریس های تصویری مجزا، همپوشی های عمودی احتمالی زیرکلمات را حذف کرده و بدین ترتیب نواحی معنا داری را برای تجزیه تحلیل و استخراج ویژگی های مؤثر در طبقه بندی فراهم می سازیم. آنگاه عملیات آستانه گیری، حذف نویز، بازکردن و بستن متوالی بر اساس عناصر مورفولوژی (حذف ناپیوستگی و حفره های ناخواسته)، استخراج اسکلت (حذف اثر قلم)، محدود سازی زیرکلمات در مرزهای محدود کننده و تغییر اندازه مجدد تصاویر (حذف اثر ناهمگونی ابعاد در نگارش)، تشخیص خط پایه و اصلاح زوایای انحراف از خط پایه (حذف چرخش و



شکل (۴): اعمال الگوریتم CA و بازسازی ماتریس اولیه [10]

۵- بررسی الگوریتم FCNN

هدف از اجرای الگوریتم FCNN [12] فراهم نمودن ماتریس ایده آل آموزش به منظور افزایش دقت برای طبقه‌بندی کننده KNN است. لذا در روش پیشنهادی از الگوریتم مرجع [13] که برای دیگر طبقه بندی کننده ها نظیر MLP نیز قابل اعمال است، استفاده شده است. در این الگوریتم ابتدا ماتریس آموزش تهی لحاظ می‌شود. سپس برای مقدار دهی اولیه، مراکز ثقل ویژگی های هر کلاس محاسبه شده و به عنوان مقادیر اولیه به ماتریس آموزش افزوده می‌گردد. آنگاه با اجرای قانون نزدیکترین همسایگی بر روی ماتریس آموزش و مابقی داده‌ها (نمونه‌های آزمون)، نمونه‌های اشتباه طبقه‌بندی شده مشخص گردیده و در یک ماتریس جداگانه ذخیره می‌شوند. در مرحله بعد نمونه‌های اشتباه طبقه‌بندی شده‌ای که مینیمم فاصله اقلیدسی را تا مراکز ثقل موجود در ماتریس آموزش دارا باشند، به صورت عضو جدید به ماتریس آموزش افزوده می‌گردند. بدین ترتیب، نتیجه طبقه‌بندی با استفاده از KNN تکرار شده و ماتریس مربوط به طبقه‌بندی اشتباه بروز می‌شود. این عمل آنقدر تکرار می‌گردد که دیگر هیچ نمونه اشتباه طبقه بندی شده‌ای برای اضافه شدن به ماتریس آموزش موجود نباشد. سپس با توجه به این که تضمینی برای تساوی تعداد مثال‌های هر کلاس در ماتریس آموزش وجود ندارد، از هر کلاس در ماتریس باقیمانده مثال‌هایی به طور رندم انتخاب شده و برای همسان سازی تعداد نمونه‌های کلاس‌ها به ماتریس آموزش افزوده می‌شود. نهایتاً ماتریس حاصل از اجرای مراحل قبل را به عنوان ماتریس آموزش نهایی و مابقی داده‌ها را به عنوان ماتریس آزمون نهایی برای طبقه‌بندی در نظر می‌گیریم.

۶- نتایج تجربی



شکل (۳): مراحل اجرای روش پیشنهادی

۴- بررسی الگوریتم CA

الگوریتم CA [10] یکی از پر کاربردترین الگوریتم‌های فشرده سازی تصویر است. در این روش ابتدا هر تصویر در ابعاد $h \times h$ ، به بلوک‌های کوچکتر در اندازه‌های $m \times m$ (m برابر ۴ یا ۸) تقسیم شده و به صورت یک ماتریس با p سطر و n ستون که هر سطر آن نظیر یک بلوک و هر ستون آن نظیر یک پیکسل در آن بلوک‌ها است، بازنویسی می‌شود. سپس با انجام یکسری عملیات ریاضی مشخص بر روی ستون‌های این ماتریس، n مقدار ویژه ماتریس اصلی محاسبه شده و ماتریس اولیه می‌تواند مجدداً با استفاده از این n ویژگی (مقدار ویژه) بازسازی گردد. در شکل ۴ نمونه‌ای از اعمال الگوریتم CA بر یک تصویر 8×8 و بازسازی مجدد تصویر با استفاده از ۱۶ مقدار ویژه ارائه شده است.

۴۰۰۰	تعداد دفعات اجرای برنامه آموزش
۰.۰۱	نرخ یادگیری
۶۰	تعداد نرون‌ها در اولین لایه پنهان
۴۰	تعداد نرون‌ها در دومین لایه پنهان
۳۰	تعداد نرون‌ها در سومین لایه پنهان
۲۰	تعداد نرون‌ها در لایه خروجی

۷- نتیجه گیری

این مقاله یک شیوه‌ی جدید بازشناسی کلمات دست‌نویس برون خط را با بهره‌گیری از بردارهای ویژگی ترکیبی و استفاده از الگوریتمی مؤثر در انتخاب مثال‌های ایده‌آل ماتریس آموزش ارائه می‌دهد. مرحله استخراج ویژگی شیوه‌ی پیشنهادی بسیار ساده بوده و با فراهم سازی بردارهای ویژگی ترکیبی مؤثر (ویژگی‌های آماری و ساختاری و ضرایب موجک) می‌تواند نقش به‌سزایی را در افزایش دقت طبقه‌بندی ایفا کند. همچنین به کارگیری الگوریتم FCNN در مرحله طبقه‌بندی، به منظور بهره‌گیری از مشابهت ما بین نمونه‌های هم کلاس در روند تشکیل ماتریس مؤثر آموزش، دقت بازشناسی را به طور بازده‌مندی افزایش می‌دهد. اعتبار اجرای شیوه‌ی پیشنهادی بر روی بخشی از پایگاه داده ایرانشهر، با دقت طبقه بندی ۹۹٫۷٪ به اثبات رسیده است.

به منظور بهبود نتایج در آینده لازم است با گسترش تعداد نمونه‌های پایگاه داده، قدرت تعمیم پذیری طبقه‌بندی کننده را افزایش دهیم. همچنین می‌توان با مدل‌سازی تصاویر کلمات دست‌نویس به مؤلفه‌های گاو سین، محاسبه مختصات زوایای موجود در بدنه کلمات، تقریب زدن خطی بدنه‌ی زیرکلمات و محاسبه تعداد خطوط آن، ویژگی‌های بیشتری را فراهم کرده و کارایی آنها با استفاده از الگوریتم‌های تعیین ویژگی مؤثر بررسی کنیم و بدین ترتیب دقت بازشناسی را بالا برده و سرعت و بازدهی شبکه را بهبود بخشیم.

فهرست مراجع

[۱] خسروی، حسین، رویکرد یکپارچه برای بازشناسی متون چاپی فارسی، رساله دکتری مهندسی برق-الکترونیک، دانشگاه تربیت مدرس، ص. ۲، زمستان ۱۳۸۷.

[۲] ALShatnawi, A M., ALZawaided, F H., ALSalaimh, S., Omar, K., "Offline Arabic Text Recognition-An Overview", World of Computer Science and Information Technology Journal (WCSIT), Vol.1, No.5, 2011.

[3] Plamondon, R., Srihari, N., "on-line and off-line handwriting recognition : a comprehensive survey", IEEE Trans . Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.22, No.1, pp.63-84, 2000.

[4] Zand, M., Naghsh Nilchi, A., Monadjemi, S.A., "Recognition-based Segmentation in Persian Character Recognition", World Academy of Scienci, Engineering and Technology, Vol.38, 2008.

[5] O'Hair, M A ., Kabrisky, M., "Recognizing whole words as single symbols", in: Proceeding First International Conference

روش پیشنهادی بر روی بخشی از پایگاه داده اسامی شهرهای ایران (پایگاه داده ایرانشهر) متشکل از ۶۴۰ تصویر کلمه دست نویس (۲۰ اسم شهر دست‌نویس ۳۲ نویسنده مختلف) پیاده سازی گردیده و نتایج آن در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است. در این پژوهش از ۴۸۰ تصویر کلمه برای آموزش و ۱۶۰ تصویر کلمه برای آزمون استفاده می‌شود. ابتدا با برچسب گذاری کلمات، تمامی زیرکلمات سازنده را در ماتریس‌های تصویری مجزا تفکیک کرده و سپس با اجرای عملیات پیش پردازشی آستانه‌گیری، حذف اثر پهنای قلم، حذف اثر ناهمگونی ابعاد نگارش و حذف تغییرات چرخشی، تصاویر باینری تغییر ناپذیر با تغییرات نگارشی (تغییرات پهنای نوک قلم و ابعاد و تغییرات چرخشی نسبت به خط پایه) را فراهم می‌سازیم. در مرحله بعد، مجموعه محدودی از ویژگی‌های آماری و ساختاری و ضرایب موجک از تمامی تصاویر زیرکلمات استخراج کرده و به صورت بردارهای ویژگی ترکیبی برای بازشناسی به طبقه‌بندهای KNN و MLP ارائه می‌دهیم.

سپس به منظور نشان دادن تأثیر به‌سزای الگوریتم FCNN در انتخاب نمونه‌های مؤثر در آموزش و افزایش دقت طبقه بندی، نرخ‌های بازشناسی این دو طبقه‌بند به هنگام استفاده و عدم استفاده از این الگوریتم مقایسه می‌شوند. همانطور که در جداول ۱ و ۲ مشاهده می‌شود، طبقه‌بند پرسپترون ۳ لایه به هنگام استفاده از الگوریتم FCNN در روند تشکیل ماتریس آموزش، به ترتیب با ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۶۰ نرون در لایه‌های پنهان اول و دوم و سوم و خروجی و با نرخ یادگیری ۱٪ توانسته است، به بیشترین نرخ بازشناسی (۹۹٫۷٪) دست یابد.

جدول (۱): میانگین درصد‌های بازشناسی طبقه‌بند KNN، قبل و بعد از به کارگیری الگوریتم FCNN

میانگین درصد‌های بازشناسی (۴۸۰ نمونه آموزش، ۱۶۰ نمونه آزمون)	میانگین میزان تعلق صحیح نمونه های آزمون به کلاس‌های بازشناسی	میانگین میزان عدم تعلق صحیح نمونه های آزمون به کلاس‌های بازشناسی	میانگین دقت بازشناسی
استفاده از طبقه بند KNN	۶۷٪	۹۴٫۹٪	۹۰٫۳٪
استفاده از طبقه بند KNN و اجرای الگوریتم FCNN	۹۱٪	۹۹٫۳٪	۹۷٫۷٪

جدول (۲): میانگین درصد‌های بازشناسی طبقه‌بند MLP، قبل و بعد از به کارگیری الگوریتم FCNN

میانگین درصد‌های بازشناسی (۴۸۰ نمونه آموزش، ۱۶۰ نمونه آزمون)	میانگین میزان تعلق صحیح نمونه های آزمون به کلاس‌های بازشناسی	میانگین میزان عدم تعلق صحیح نمونه های آزمون به کلاس‌های بازشناسی	میانگین دقت بازشناسی
استفاده از طبقه بند MLP	۶۹٫۸٪	۹۸٫۴٪	۹۳٫۹٪
استفاده از طبقه بند MLP و اجرای الگوریتم FCNN	۹۴٫۳٪	۹۹٫۹٪	۹۹٫۷٪

Document Analysis and Recognition (ICDAR'91) , pp.350-358, 1991.

[7]bahmani, Z., Alamdar, F., Azmi, R., Haratizadeh, S., "Off line Arabic/Farsi Handwritten Word Recognition Using RBF Neural Network and Genetic algorithm", IEEE International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems (ICIS), Vol.3, pp.352-357 , 2010.

[7] Ebrahimpour, R., Davoudi Vahid, R., Mazloom Nezhad, B., "Decision Templates with Gradient based Features for Farsi Handwritten Word Recognition" , International Journal of Hybrid Information Technology, Vol.4, No.1, 2011.

[8]ALKhateeb, J H., KHelifi, F., Jiang, J., Ipson, S S., "A New Approach for Off-Line Handwritten Arabic Word Recognition Using KNN Classifier", IEEE International Conference on Signal and Image Processing Applications (ICSIPA), pp.191-194 , 2009.

[9]Siddharth, K.S., Jangid, M., Dhir, R., Rani, R., "Handwritten Gurmukhi Character Recognition Using Statistical and Background Directional Distribution Features", International Journal on Computer Science and Engineering(IJCSE), Vol.3, No.6, 2011.

[10] Hannequin, P., Mas, J., "Statistical and heuristic image noise extraction(SH INE):a new method for processing Poisson noise in scintigraphic image", Physics in Medicine and Biology, Vol.47, No.24, PP.4329-4344, 2002.

[11] Rajput, G G., Anita, H B., "Handwritten Script Recognition using DCT and Wavelet Features at Block Level" IJCA Special Issue on "Recent Trends in Image Processing and Pattern Recognition", RTIPPR, No.3, PP.158-163, 2010.

[12] Angiulli, F., "Fast Condensed Nearest Neighbor Rule", 22th International Conference on Machine Learning(ICML), Vol.4, No.25,pp.25-32, 2005.

[13] Abroudi, A., Shokouhifar, M., Farokhi, F., "Improving the Performance of Artificial Neural Networks via Instance Selection and Feature Dimensionality Reduction" 4th International Conference on Electronics Computer Technology (ICECT), pp. 441-445, 2012.

زیر نویس ها

-
- ۱.Smoothing
 - ۲.Radial Basis Function
 - 3.Least Mean Square
 - 4.Learning Rate
 - 5.Accuracy