

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله



مرکز توسعه فناوری نیرو (متن)



انجمن کامپیوتر ایران  
Computer Society of Iran

## گروه‌بندی حروف برخط با آشکارسازی کاسه آن‌ها

احسان‌اله کبیر

دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه تربیت مدرس  
kabir@modares.ac.ir

وحید قدس

دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان  
v.ghods@semnaniau.ac.ir

در مرجع [۹] برای بازشناسی برخط کلمات دستنویس از یک پایگاه داده ۴۰۰ کلمه ای استفاده شده است. نرخ بازشناسی در میان این ۴۰۰ کلمه ۸۰٪ گزارش شده است.

در تحقیق‌های دیگری از مدل مارکوف مخفی [۱۳]، برنامه نویسی پویا و استفاده از شبکه عصبی برای بازشناسی حروف و ارقام فارسی استفاده شده است. در [۱۰] با استفاده از بازشناسی الگو فازی، بازشناسی کلمات فارسی برخط انجام شده است.

در تحقیقی دیگر، نویسه‌های برخط فارسی با یک درخت تصمیم باینری و با استفاده از ویژگی‌های پویا و ایستا بازشناسی می‌شوند [۱]. ویژگی‌های استفاده شده در این تحقیق، تعداد، موقعیت مکانی و ترتیب زمانی پیشینه‌ها و کمینه‌های محلی برای  $x(t)$  و  $y(t)$  موقعیت مکانی ابتدا و انتهای بدنه اصلی حرف، تعداد و حرکات قلم، موقعیت مکانی بخش‌های ثانوی نسبت به بخش اصلی و نسبت پهنا به ارتفاع بدنه اصلی حرف هستند. میزان بازشناسی برای ۵۰ نمونه از هر حرف ۹۴٪ گزارش شده است.

در آخرین تحقیقات در زبان فارسی ابتدا طبقه بندی بر اساس نقاط و سرکش‌ها و علائم کوچک انجام می‌شود و سپس در هر گروه با استفاده از بدنه اصلی شناسایی حرف، زیرکلمه صورت می‌گیرد [۵-۲].

با توجه به مطالب فوق و اندک بودن تحقیقات انجام شده بر روی بازشناسی برخط دستنویسه‌های فارسی و نیز ضرورت این امر، در این تحقیق روش‌های ساده و کارا در گروه‌بندی حروف تنهای فارسی که به صورت برخط نوشته می‌شوند ارائه شده است.

در بخش دوم مقاله راجع به روش‌های آشکارسازی کاسه در حروف بحث می‌شود. در بخش سوم نتایج تجربی ارائه شده است. نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها در بخش چهارم آورده شده است.

### ۲- آشکارسازی کاسه‌ی حروف

بر اساس تنوع شکل در نوشتن حروف فارسی دو گروه بارز را می‌توان از میان آن‌ها استخراج کرد. گروه اول که در شکل ۱(الف) نشان داده شده است کاسه ساده مانند کاسه «س» دارند. گروه دوم کاسه‌ای دارند که ۹۰ درجه در جهت ساعتگرد چرخیده است (شکل ۱(ب)).

**چکیده:** در این مقاله دو روش ساده و کارا برای آشکارسازی کاسه‌ی حروف به منظور گروه‌بندی آن‌ها ارائه می‌شود. این روش‌ها برای حروف تنها که به صورت برخط نوشته شده باشند، مناسب هستند. کاسه‌ی حروف در شکل ساده آن در حروفی مانند «س» و در شکل چرخش یافته در حروفی مثل «ع» دیده می‌شود. گروه بندی حروف کمک زیادی به بهبود نرخ بازشناسی آن‌ها می‌کند. نتایج دو روش پیشنهادی روی مجموعه داده "حروف برخط دانشگاه تربیت مدرس" ارائه و مقایسه شده است.

**واژه‌های کلیدی:** بازشناسی، دستنویسه برخط، فارسی، حروف تنها، گروه‌بندی.

### ۱- مقدمه

در زمینه بازشناسی دستنویسه تحقیقات زیادی صورت پذیرفته است. با توجه به نحوه دریافت اطلاعات، بازشناسی دستنویسه به صورت برون خط (OffLine) و برخط (OnLine) صورت می‌پذیرد. در بازشناسی برخط، مختصات نقاط مسیر حرکت قلم، تعداد حرکات قلم و در بعضی موارد فشار قلم در دسترس هستند.

بازشناسی برخط نوشتار به دلیل راحت‌تر بودن نوشتن از تایپ کردن، عدم امکان تایپ در بعضی از مکان‌ها، عدم وجود یک صفحه کلید کامل روی کامپیوترهای کوچک و سخت بودن تایپ حروف در بعضی زبان‌ها به دلیل تعداد زیاد آن‌ها، مورد توجه خاصی قرار گرفته است.

در برخی تحقیقات انجام شده به منظور بازشناسی بهتر، یک مجموعه خاص از حروف تعریف می‌شود که گاهی اوقات از شکل طبیعی آن‌ها دور است. از جمله مجموعه حروف Graffiti و Jot را می‌توان نام برد [۶]. دقت بازشناسی با چنین حروفی بیش از ۹۹٪ است، اما رعایت اصول خاص برای نوشتن کاربرد را محدود می‌کند.

در زمینه بازشناسی برون خط دستنویسه عربی و فارسی تحقیقات زیادی صورت پذیرفته است [۷، ۸، ۱۱، ۱۲]، ولی در زمینه بازشناسی برخط دستنویسه در این دو زبان تحقیقات کمتری انجام شده است [۱۴-۵، ۱۴].

## ۱-۲- روش اول

به منظور تعیین تعلق حروف به گروه ۱ ابتدا بدنه اصلی حرف نوشته شده که در حرکت اول قلم نوشته می‌شود را در نظر می‌گیریم. مختصات نقاط بدنه اصلی در دستگاه X-Y به صورت برخط موجود

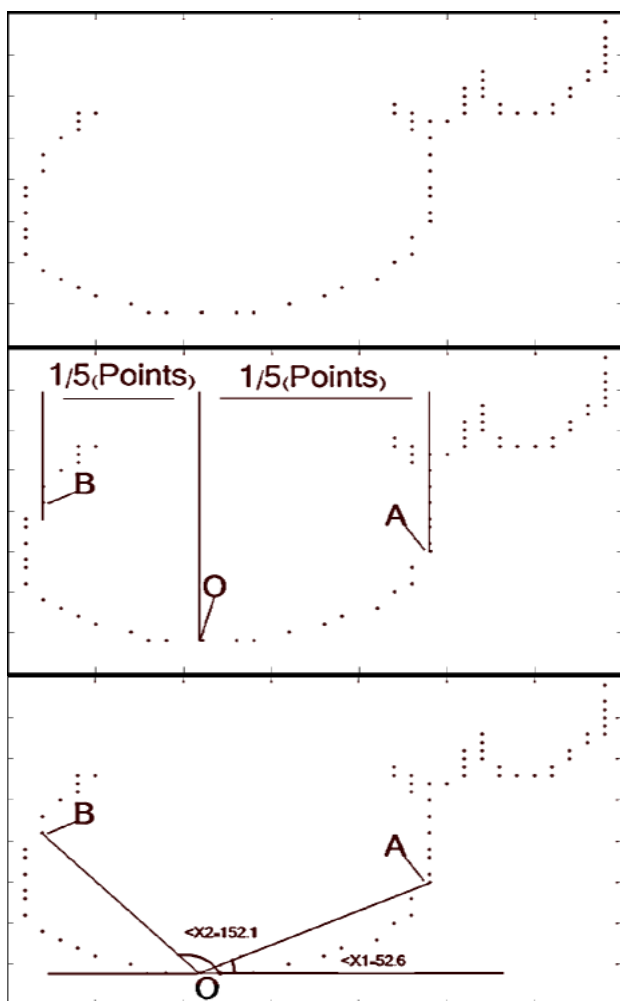
گروه ۱	س	ش	ل	ن	ص	ض	ق	ی
--------	---	---	---	---	---	---	---	---

(الف) گروه ۱

گروه ۲	ع	غ	ح	خ	ج	چ
--------	---	---	---	---	---	---

(ب) گروه ۲

شکل ۱: کاسه ساده و کاسه چرخش یافته در حروف فارسی



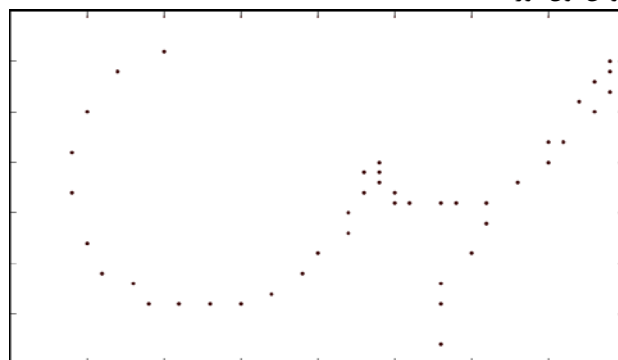
شکل ۳: مراحل محاسبه زاویه‌های  $x_1$  و  $x_2$  با روش اول

۱- در نظر گرفتن بدنه اصلی حرف (حرکت اول قلم)
۲- یافتن کمینه (Min) $y$ ها در $\frac{2}{3}$ پایانی حرف
۳- حرکت در خلاف مسیر حرکت قلم به میزان $\frac{1}{5}$ کل نقاط (نقطه A)
۴- حرکت در جهت مسیر حرکت قلم به میزان $\frac{1}{5}$ کل نقاط (نقطه B)
۵- محاسبه $x_1$ : زاویه بین خط OA و محور Xها
۶- محاسبه $x_2$ : زاویه بین خط OB و محور Xها
۷- تعیین تعلق به گروه کاسه‌دار با توجه به $x_1$ و $x_2$

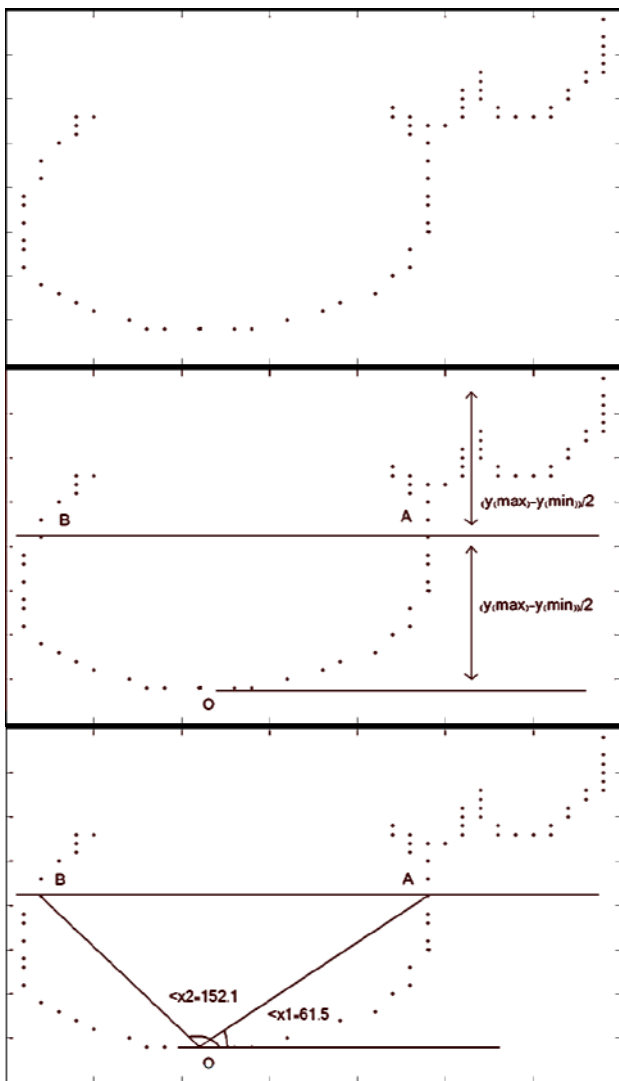
شکل ۴: مراحل الگوریتم روش اول

برای یافتن کاسه چرخیده در گروه ۲، از آنجایی که قوس انتهایی این گروه در نقطه کمینه محدودتر از گروه ۱ است نمی‌توان الگوریتم فوق را مستقیماً به کار برد؛ ولی با تغییر مختصات X-Y به Y-X گروه ۲ از نظر وجود کاسه شبیه گروه ۱ می‌گردند (مانند شکل ۵). پس از تبدیل مختصات می‌توان الگوریتم ارائه شده فوق را به کار برد به طوری که شرط تعلق یک حرف به گروه ۲ در دستگاه Y-X این است که

است. سپس در  $\frac{2}{3}$  پایانی حرف در راستای محور Xها، نقطه‌ای را که دارای کمترین  $y$  ( $\min(y)$ ) می‌باشد، تعیین می‌نماییم. علت انتخاب  $\frac{2}{3}$  سمت چپ حرف، این است که اولاً کمینه‌ها در صورت وجود در این قسمت رخ می‌دهد و سرعت جستجو بالاتر می‌رود؛ ثانیاً در بعضی دست‌نوشته‌ها، نویسنده نقاط شروع حرف خود را پایین‌تر از بقیه قسمت‌ها انتخاب می‌کند (مانند شکل ۲). توجه به این نکته زمینه کم شدن خطا را فراهم می‌آورد. اگر تعداد نقاط کمینه بیش از یکی باشد، نقطه میانه (Median) آن‌ها انتخاب می‌گردد. این نقطه را نقطه O می‌نامیم. سپس به میزان  $\frac{1}{5}$  کل نقاط از نقطه O در جهت خلاف مسیر حرکت قلم بر می‌گردیم و نقطه A را انتخاب می‌نماییم. زاویه بین خط OA و خط افقی موازی با محور Xها و گذرنده از نقطه O را می‌یابیم و  $x_1$  می‌نامیم. در جهت مسیر حرکت قلم نیز به میزان  $\frac{1}{5}$  کل نقاط نسبت به نقطه O پیش می‌رویم و نقطه B تعیین می‌گردد. اگر این نقطه از آخرین نقطه حرف نوشته شده تجاوز کرد، آخرین نقطه را B می‌نامیم. همانند مرحله قبل زاویه بین خط OB و خط موازی با محور Xها و گذرنده از نقطه O را می‌یابیم و  $x_2$  می‌نامیم. شرط تعلق یک حرف به گروه ۱ این است که  $15 < x_1 < 89$  و  $70 < x_2 < 165$ . در شکل ۳ نحوه تعیین زاویه  $x_1$  و  $x_2$  و در شکل ۴ مراحل الگوریتم روش اول آورده شده است.



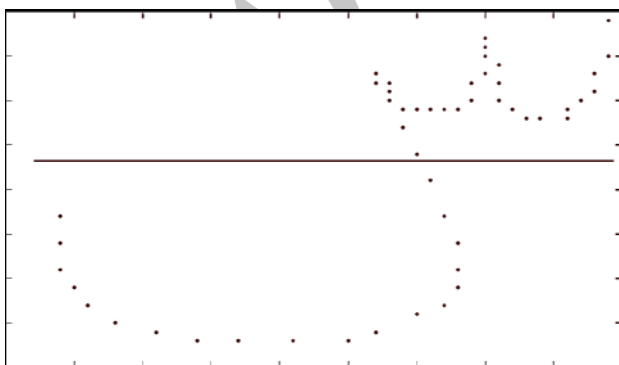
شکل ۲: حرف «ص» (نقاط شروع دست‌نوشته کمینه است)



شکل ۵: حرف «غ» در دستگاه Y-X

شکل ۶: مراحل محاسبه زاویه‌های  $x_1$  و  $x_2$  با روش دوم

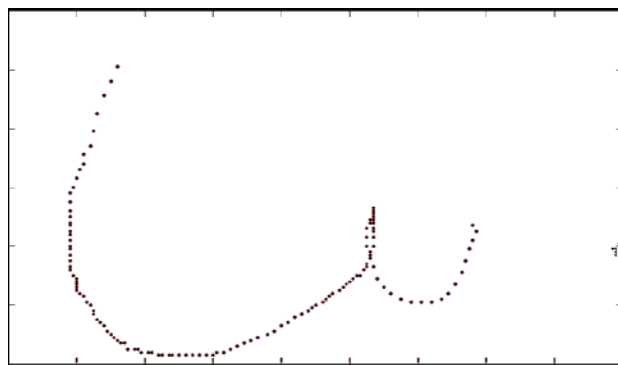
شرط تعلق یک حرف به گروه ۱ با استفاده از این روش این است که  $110 < x_1 < 25$  و  $70 < x_2 < 157$ .



شکل ۷: حرف «س» (انتهای کاسه تا خط میانه آورده نشده است)

### ۳- نتایج تجربی

در این تحقیق از پایگاه داده مرجع [۳] که دارای حدود ۴۰۰۰ حرف دستنویسته برخط فارسی که توسط ۱۲۰ نویسنده نوشته شده است استفاده گردید؛ به طوری که ۱۲۰ نمونه برخط از هر حرف موجود



شکل ۸: مراحل الگوریتم روش دوم

$70 < x_2 < 168$  و  $12 < x_1 < 89$ .

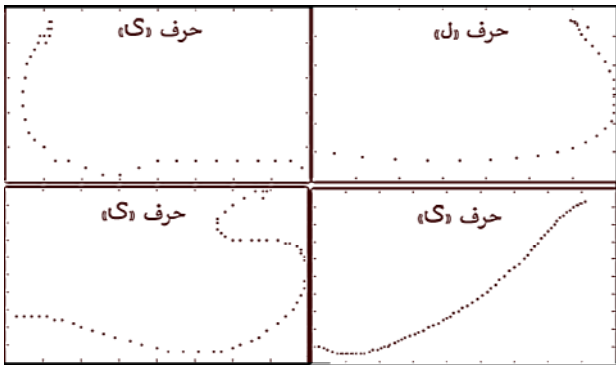
### ۲-۲- روش دوم

روش دیگر برای شناسایی کاسه‌ها تقسیم حرف در راستای محور  $y$  است. در این روش ابتدا قسمت اصلی حرف که در حرکت اول قلم نوشته شده در نظر گرفته می‌شود و مانند بخش قبل، نقطه کمینه، یعنی نقطه  $O$  به دست می‌آید. سپس در محدوده محور  $y$ ها خط میانی که در وسط بازه  $[y(\min), y(\max)]$  باشد رسم می‌گردد (شکل ۶). محل تقاطع این خط با حرف مورد نظر می‌تواند در ۱ نقطه، ۲ نقطه و یا بیشتر رخ دهد. زمانی که ۱ نقطه تقاطع باشد، نقطه  $A$ ، نقطه تقاطع اول و با شرط اینکه فاصله آخرین نقطه حرف تا خط میانی کمتر از  $\frac{1}{4}(y(\max) - y(\min))$  باشد، نقطه پایانی حرف، نقطه  $B$  در نظر گرفته می‌شود؛ به این دلیل که ممکن است مانند شکل ۷ انتهای کاسه تا خط میانه آورده نشود. زمانی که ۲ نقطه تقاطع داریم، در جهت حرکت نوشتن حرف، نقطه تقاطع اول را  $A$  و نقطه تقاطع دوم را  $B$  می‌نامیم. در هر دو وضعیت زاویه بین خط موازی محور  $x$ ها و گذرنده از نقطه  $O$  با خط  $OA$  را  $x_1$  و با خط  $OB$  را  $x_2$  می‌نامیم. سایر موارد یعنی تقاطع یک نقطه که شرط فوق در آن صدق نکند و یا تقاطع بیش از ۲ نقطه در این گروه بندی قرار نمی‌گیرند. مراحل الگوریتم روش دوم در شکل ۸ آورده شده است.

۱- در نظر گرفتن بدنه اصلی حرف (حرکت اول قلم)
۲- یافتن کمینه $y$ (Min) در $\frac{2}{3}$ پایانی حرف
۳- رسم خط میانی و تعیین نقاط برخورد با حرف
۳- حرکت در خلاف مسیر حرکت قلم تا رسیدن به نقطه تقاطع (نقطه $A$ )
۴- حرکت در جهت مسیر حرکت قلم تا رسیدن به نقطه تقاطع (نقطه $B$ )
۵- محاسبه $x_1$ : زاویه بین خط $OA$ و محور $x$ ها
۶- محاسبه $x_2$ : زاویه بین خط $OB$ و محور $x$ ها
۷- تعیین تعلق به گروه کاسه‌دار با توجه به $x_1$ و $x_2$

شکل ۸: مراحل الگوریتم روش دوم

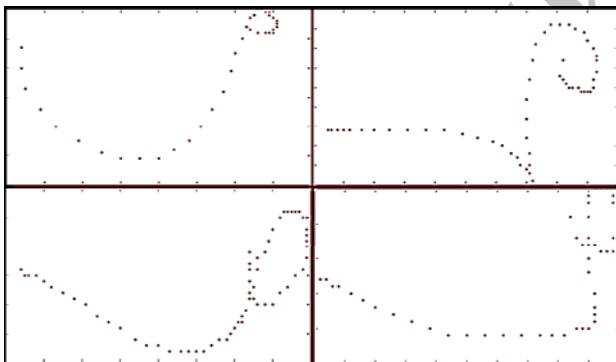
روش دوم نیز بر روی پایگاه داده‌ها پیاده‌سازی شد که نتایج آن در جدول ۴ آمده است. جدول ۵ خلاصه نتایج اجرای روش دوم را نشان داده است.



شکل ۹: نمونه‌هایی که عضو گروه ۱ می‌باشند ولی تشخیص داده نشده‌اند



شکل ۱۰: نمونه‌هایی که عضو گروه ۱ نمی‌باشند و به این گروه تعلق یافته‌اند.



شکل ۱۱: نمونه‌های حرف «م» که عضو گروه ۲ نمی‌باشند ولی به این گروه تعلق یافته‌اند. (شکل‌ها در دستگاه y-x است.)

جدول ۴: درصد تعلق حروف به گروه ۱ (تعداد نمونه‌های هر حرف: ۱۲۰)

حرف	آ	ا	ب	پ	ت	ث	ج	چ	ح	خ	د
کاسه‌دار	۰	۰	۴	۱/۷	۲/۵	۲/۵	۰	۰	۰	۰	۱/۷

حرف	ذ	ر	ز	ژ	س	ش	ص	ض	ط	ظ	ع
کاسه‌دار	۳	۰	۰	۰/۸	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۹	۶	۵	۰

حرف	غ	ک	گ	ف	ق	ل	م	ن	و	ه	ی
کاسه‌دار	۰	۳۶	۳۳	۸	۹۹	۹۹	۰	۱۰۰	۰	۸۷	۹۷

است. در این پایگاه داده برای جمع آوری داده‌ها از قلم و صفحه WACOM GRAPHIRE استفاده شده است.

نتایج اجرای روش اول بر روی این پایگاه برای تعیین تعلق نمونه‌های هر حرف به گروه ۱ و گروه ۲ به ترتیب در جدول ۱ و ۲ به صورت درصد آمده است. جدول ۳ خلاصه نتایج اجرای روش اول را نشان داده است.

جدول ۱: درصد تعلق حروف به گروه ۱ (تعداد نمونه‌های هر حرف: ۱۲۰)

حرف	آ	ا	ب	پ	ت	ث	ج	چ	ح	خ	د
کاسه‌دار	۰	۰	۶	۶/۸	۶/۸	۶/۸	۰	۰	۰	۰	۱/۷

حرف	ذ	ر	ز	ژ	س	ش	ص	ض	ط	ظ	ع
کاسه‌دار	۳	۰	۱	۲	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۸	۱۳	۰

حرف	غ	ک	گ	ف	ق	ل	م	ن	و	ه	ی
کاسه‌دار	۰	۱۷	۱۳	۲۳	۹۹	۹۹	۰	۱۰۰	۰	۸۷	۹۷

جدول ۲: درصد تعلق حروف به گروه ۲ (تعداد نمونه‌های هر حرف: ۱۲۰)

حرف	آ	ا	ب	پ	ت	ث	ج	چ	ح	خ	د
کاسه‌دار	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۹۹	۱۰۰	۱۰۰	۰

حرف	ذ	ر	ز	ژ	س	ش	ص	ض	ط	ظ	ع
کاسه‌دار	۰/۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰

حرف	غ	ک	گ	ف	ق	ل	م	ن	و	ه	ی
کاسه‌دار	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۸	۰	۰	۶	۰/۸

جدول ۳: نتایج اجرای روش اول بر روی پایگاه داده ۴۰۰۰ حرفی

TP=۹۵۴	FP=۱۴۲
FN=۶	TN=۲۷۳۸
Accuracy=۰/۹۹۶	

الف) گروه ۱

TP=۷۱۹	FP=۱۰
FN=۱	TN=۳۲۲۹
Accuracy=۰/۹۹۷	

ب) گروه ۲

(TP=True Positive, FP=False Positive, FN=False Negative, TN=True Negative)

نمونه‌هایی از اشکالاتی که به ندرت در شناسایی تعلق حروف به گروه ۱ رخ داده است در شکل ۹ آورده شده است. در این شکل نمونه‌هایی که عضو گروه ۱ می‌باشند ولی تشخیص داده نشده، نشان داده شده است. در شکل ۱۰ برخی موارد که که عضو گروه ۱ نیستند ولی به اشتباه به گروه ۱ تعلق پیدا کرده است آورده شده است. در شکل ۱۱ نیز اشکالاتی که در شناسایی تعلق به گروه ۲ رخ داده، نشان داده شده است.

جدول ۵: نتایج اجرای روش دوم بر روی پایگاه داده ۴۰۰۰ حرفی

TP=۹۵۳	FP=۱۲۵
FN=۷	TN=۲۷۵۵
Accuracy=۰/۹۶۶	

گروه ۱

(TP=True Positive, FP=False Positive, FN=False Negative, TN=True Negative)

در مورد تعلق یک حرف به گروه ۲ روش اول دقت بسیار بالایی دارد. به منظور دقیق‌تر شدن تعلق یک حرف به گروه ۱ می‌توان داشتن تعلق به گروه از هر دو روش اول (تقسیم حرف در راستای محور Xها) و دوم (تقسیم حرف در راستای محور Yها) را شرط لازم قرار داد.

#### ۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله روشی کارا برای گروه‌بندی حروف تنهای فارسی ارائه شده است. از آنجایی که در الگوریتم بیان شده تنها از حرکت اول قلم استفاده شده است، استفاده از حرکت دوم و یا سوم قلم و نیز سایر ویژگی‌های مربوط به حروف، کمک شایانی به گروه‌بندی کامل‌تر و دقیق‌تر خواهد کرد؛ طوری که میزان حروفی که به اشتباه در گروه‌ها قرار گرفته‌اند نزدیک صفر برسد. این الگوریتم با لحاظ پیش‌فرض‌هایی می‌تواند در گروه‌بندی دست‌نوشته برون‌خط نیز استفاده شود. نتایج اولیه اجرای الگوریتم دقت بالای ۹۶٪ را در گروه‌بندی حروف نوید می‌دهد.

#### سیاسگزاری

نویسنده بر خود لازم می‌داند از آقای دکتر سید محمد رضوی که پایگاه داده برخط ۴۰۰۰ حرف را در اختیار گذاشتند سپاسگزاری نماید.

#### مراجع

- [۵] ک. عباسیان و ا. کبیر، "بازشناسی برخط نویسه های فارسی"، مجموعه مقالات ششمین ۱۴۶، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، - کنفرانس مهندسی برق ایران، جلد ۳، ص ۱۴۱-۱۳۷۷.
- [۶] س.م. رضوی، "بازشناسی دست نوشته برخط فارسی" رساله دکتري مهندسی برق، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۵.
- [۷] س. م. رضوی و ا. کبیر، "یک پایگاه داده برای بازشناسی دست‌نوشته های برخط فارسی"، ششمین کنفرانس سیستم‌های هوشمند، کرمان، آذرماه ۱۳۸۳.
- [۸] س. م. رضوی و ا. کبیر، "روشی ساده برای بازشناسی برخط حروف مجزای فارسی"، مجله دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۴.
- [۹] س. م. رضوی و ا. کبیر، "روشی ساده برای بازشناسی برخط زیر - کلمات فارسی"، نشریه مهندسی برق و مهندسی کامپیوتر ۷۲، پاییز وزمستان -۱۳۸۴، ایران، سال ۲، شماره ۲، ص ۶۳-۷۲.
- [10] S. D. Connell, "Online Handwriting Recognition Using Multiple Pattern Class Models", PhD Thesis, Michigan State University, 2000.
- [11] M. Dehghan, K. Faez, M. Ahmadi and M. Shridhar, "Handwritten Farsi (Arabic) Word Recognition: A Holistic Approach Using Discrete HMM", Pattern Recognition, vol. 34, pp. 1057-1065, 2001.
- [12] R. Plamondon, N. Srihari, "On-line and Off-line Handwriting Recognition: A Comprehensive Survey", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 22, no. 1, pp. 63-84, 2000.
- [13] A. Amin, "Machine Recognition of Handwritten Arabic Words by the IRAC II System", Proc. 6th Int. Conf. on Pattern Recognition. Munich, Germany, pp. 34-36, 1982.
- [14] R. Halavati and S. Bagheri Shouraki, "Recognition of Persian Online Handwriting Using Elastic Fuzzy Pattern Recognition", International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, Vol. 21, No. 12, pp. 491-513, 2007.

- [۱] ر. عزمی، "بازشناسی متون چاپی فارسی"، رساله دکتري مهندسی برق، دانشگاه تربیت مدرس، تابستان ۱۳۷۸.
- [۲] م. شیرعلی شهرضا، "تشخیص کلمات و ارقام دست‌نویس فارسی بوسیله شبکه‌های عصبی"، رساله دکتري، دانشکده برق، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۴.
- [۳] ه. ساجدی، م. جم‌زاد، ح. ثامتی و ب. باباعلی، "ارائه یک روش مبتنی بر گروه‌بندی برای بازشناسی حروف مجزای برخط فارسی به کمک مدل مخفی مارکوف"، دوازدهمین کنفرانس بین‌المللی انجمن کامپیوتر ایران، صص ۴۲۵-۴۱۹، ۱۳۸۵.
- [۴] ه. مظفری، ف. رهگذر و ش. شریف، "تشخیص برخط ارقام دست‌نویس فارسی"، مجموعه مقالات دومین کنفرانس سالانه 204، دانشگاه صنعتی - انجمن کامپیوتر ایران، ص ۱۹۶، امیرکبیر، تهران، ۱۳۷۵.

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی

مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها

اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله