

## تشخیص فازی اعداد دست‌نویس فارسی

امین‌اله مه‌آبادی<sup>۱</sup> عبدالمجید کاظمیان<sup>۲</sup> محمد علی ترکمنی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

<sup>۲</sup> دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران، تهران، ایران

<sup>۳</sup> دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

### چکیده

تشخیص متون دست‌نویس همواره از مباحث جالب و مطرح کارهای تحقیقاتی در بازشناسی نوری متون<sup>۱</sup> می‌باشد و به علت تنوع نوع و ساختار نگارش دارای الگوهای بسیار زیادی است که تشخیص آن را با کندی و مشکلاتی همراه می‌سازد. تشخیص الگو<sup>۲</sup> مهم‌ترین وظیفه در بازشناسی متن دست‌نویس در یک سیستم خودکار ماشینی است و حل آن با روش‌های نوین فازی<sup>۳</sup> و با دقت خوب امکان‌پذیر می‌باشد. در این مقاله شیوه جدید فازی برای تشخیص اعداد دست‌نویس فارسی و نمادهای گرافیکی مانند علائم و حروف زبان‌های مختلف ارائه شده است که مبتنی بر پوشش خطی تصویر بخش‌بندی شده<sup>۴</sup> می‌باشد که آن را تکنیک شمارش برخورد می‌نامیم. سیستم ابتدا یک رقم را از متن دست‌نویس جدا کرده، آن را قاب‌بندی می‌کند و پس از استخراج ویژگی‌ها و نرمال‌سازی<sup>۵</sup> نتایج، عمل فازی‌سازی<sup>۶</sup> داده‌ها را صورت داده و بازشناسی نهایی را انجام می‌دهد. روش پیشنهادی نیازی به عملیات پیش‌پردازش مانند نازک‌سازی<sup>۷</sup>، اسکلت‌کردن و کانتور<sup>۸</sup> ندارد. مستقل از ضخامت و ابعاد قلم می‌باشد و نسبت به چرخش‌های کوچک مقاوم است. پیاده‌سازی این شیوه روی اعداد فارسی دست‌نویس منجر به بازشناسی ۹۴٫۸٪ گردیده و از آموزش<sup>۹</sup> سیستم با فونت معین، نتیجه تشخیص ۱۰۰٪ حاصل شده است.

**واژه‌های کلیدی:** اعداد فارسی دست‌نویس، بازشناسی فازی، شناسایی الگو، یادگیری، بخش‌بندی

هایی برای تشخیص ارقام فارسی و عربی انجام شده است که بیشتر آنها یا از پیش-پردازش سنگین برخوردارند [26]، یا متدهای قدیمی مانند نازک‌سازی را بکار می‌برند [27] و یا با نگاه کلی به ویژگی‌های ارقام به امر شیوه استخراج توجه نکرده‌اند [28] لذا از کل تصویر رقم برای پردازش استفاده می‌کنند که باعث افزایش حجم محاسبات می‌گردد [29].

در این مقاله از طبقه‌بندی فازی برای بازشناسی اعداد دست‌نویس فارسی استفاده شده است. روش ارائه شده از متدهای قدیمی بهره نمی‌برد. در تشخیص الگو با نگاه نو و ارائه ویژگی‌های جدید برای ارقام، نیازی به پیش‌پردازش‌هایی مانند نازک‌سازی، اسکلت‌کردن و کانتور ندارد و مستقل از ضخامت و ابعاد نماد عمل می‌کند. همچنین با توجه به این امر و حذف بخشی از تصویر مورد پردازش، با کاهش ۳۰ درصدی محاسبات، از سرعت بالای برخوردار است. نسبت به چرخش‌های کم مقاوم بوده و روی اعداد فارسی و نمادهای زبان‌های مختلف نتایج قابل قبولی ارائه داده است.

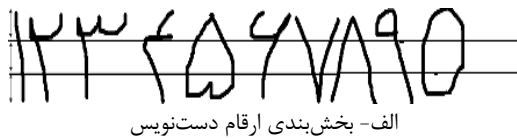
سیستم پیشنهادی، الگوریتم انجام کار را طی مراحل یافتن، جداسازی رقم از اعداد دست‌نویس، قاب‌بندی آن، استخراج ویژگی‌های رقم، نرمال‌سازی، فازی-سازی داده‌ها و بعد از یادگیری، جستجوی رقم و بازشناسی نهایی یا تشخیص رقم انجام می‌دهد. در ادامه این مقاله ابتدا به اختصار ویژگی‌های ارقام فارسی، شیوه

### ۱- مقدمه

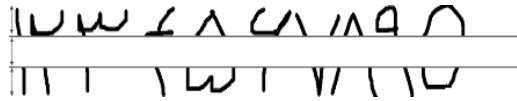
تشخیص نوری کاراکترهای دست‌نویس یکی از مباحث مهم بازشناسی الگو در پردازش تصویر می‌باشد که طی سال‌های اخیر با توجه به افزایش سرعت پردازش و پیشرفت‌های تکنولوژیکی، مورد توجه بیشتر قرار گرفته است که از کاربردهای آن می‌توان به تشخیص پلاک خودرو، تشخیص چک‌های بانکی، قیوض آب، برق و تلفن اشاره کرد. تشخیص الگو مهم‌ترین وظیفه در بازشناسی متن در یک سیستم خودکار ماشینی است و پیچیدگی این مساله با وجود نويز در داده‌ها، تنوع نامحدود دست نوشته‌ها و طبیعت نگارشی‌های گوناگون با قلم‌های متفاوت افزایش می‌یابد [3-1]. همچنین الگوریتم‌های پیش‌پردازش مانند اسکلت‌کردن، نازک‌سازی و کانتور سرعت شناسایی را کاهش می‌دهد [4]. طی سه دهه گذشته، متدهای متفاوتی بوسیله محققین در اقصی نقاط جهان پیاده‌سازی شده‌اند که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: روش‌های آماری<sup>۱</sup> [5-7]، مدل‌های ساختاری<sup>۲</sup> [8-11، 24]، روش‌های ترکیبی<sup>۳</sup> [12-14]، شبکه‌های عصبی<sup>۴</sup> [15-18]، سیستم‌های مبتنی بر قانون<sup>۵</sup> [19، 20، 25] و طبقه‌بندی فازی<sup>۶</sup> [21-23]. روش

### ۳- ویژگیهای ارقام دستنویس فارسی

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های مشهود ارقام فارسی آن است که اگر به سه بخش افقی<sup>۱</sup> تقسیم گردند (مانند شکل ۴ الف)، با توجه به بخش‌های معنی‌دار بالایی و پائینی ارقام و بدون در نظر گرفتن بخش (بی‌معنی) میانی، عدد همچنان بطور کامل قابل بازشناسی و تشخیص است (بشرح شکل ۴ ب). با نظر به این ایده همان‌طور که مشاهده می‌شود، دو رقم ۵ و ۸ دارای بخش‌های بالایی یکسانی هستند ولی قسمت انتهایی آنها، به صراحت دو رقم را از هم متمایز می‌کند. در بسیاری از زبان‌های دیگر نیز وزن معنایی حروف و سمبل‌ها در محدوده خاصی از نماد ترسیم شده آن متمرکز است. لذا این حقیقت ایده‌ای در ذهن تداعی می‌کند که تمرکز بر روی بخش‌های معنی‌دار نمادها می‌تواند تشخیص آنها را تسریع و تسهیل نماید.



الف- بخش‌بندی ارقام دستنویس

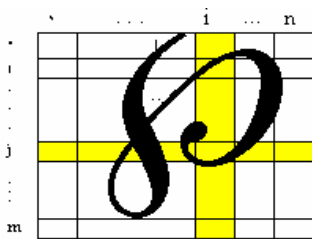


ب- ارقام دستنویس بدون بخش میانی

شکل ۴. بخش‌های با معنای ارقام دستنویس فارسی

### ۴- استخراج ویژگی‌های رقم

بر اساس بخش‌های با معنای نماد، تصویر هر سمبل به بخش‌های مختلف (نه لزوماً هم اندازه)، مشابه و غیرمشابه، تقسیم می‌شود. برای ساده‌کردن می‌توان این بخش‌ها را چهارگوش (مانند شکل ۵) فرض نمود.



شکل ۵. سمبل نمونه بخش‌بندی شده

#### ۴-۱ بخش‌بندی

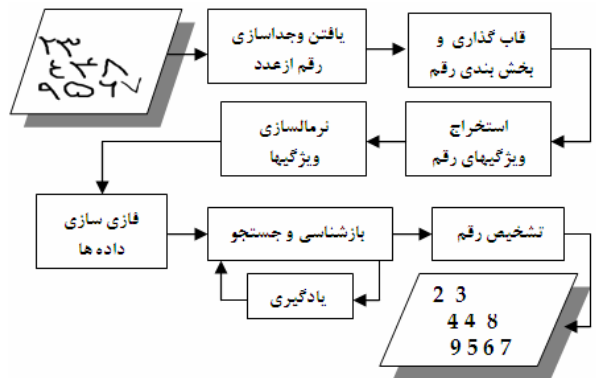
برای هر نماد دو جدول اطلاعاتی، «تعداد برخوردها»، در نظر گرفته شده که یکی اطلاعات مربوط به بخش‌های عمودی و دیگری اطلاعات مربوط به بخش‌های افقی را در بردارد (شکل ۶). این اطلاعات حاوی تعداد برخوردها (مثلاً  $K$ ) در بخش‌های فوق هستند.

منظور از یک سطر (یا ستون) « $k$ -برخوردی»، سطر (یا ستونی) است که در هنگام پویش افقی (یا عمودی) به تعداد  $k$  بار با تغییرات سطح «کم به زیاد» مواجه می‌گردد (شکل ۷). فرمول بخش‌بندی‌های افقی و عمودی در معادله ۱ و ۲ نشان داده شده است.

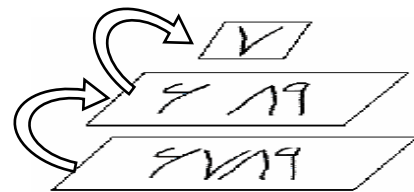
یافتن رقم از تصویر، قاب‌گذاری و تعیین محدوده رقم بیان می‌شود. در بخش بعدی با توجه به ویژگی خاص اعداد فارسی، به استخراج ویژگی‌های رقم قاب‌گذاری شده اشاره می‌گردد. بخش سوم به بیان فازی‌سازی داده‌های بدست آمده و معرفی یادگیری سیستم می‌پردازد. سپس به معرفی قوانین فازی بکار رفته توجه و نهایتاً نتایج حاصل ارائه می‌شود.

### ۲- یافتن و جداسازی رقم از متن دستنویس

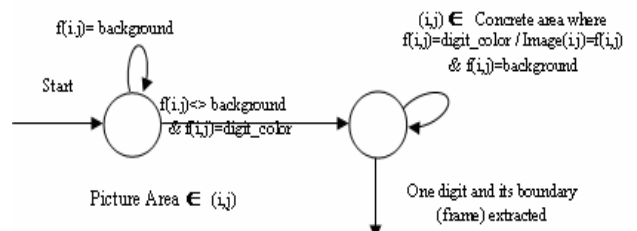
معماری سیستم پیشنهادی در شکل ۱ نشان داده شده است. با توجه به اینکه اعداد دستنویس دارای درهم‌فرورفتگی‌هایی می‌باشند لذا با هیچ پویش‌گر افقی و یا عمودی نمی‌توان یک رقم را از درون رشته اعداد جدا نمود. سیستم پیشنهادی برای جداسازی یک رقم از رشته ارقام تصویر از الگوریتم Fill-Flood که یک الگوریتم بازگشتی بروش تکثیر و ویروسی با ۹ همسایگی است استفاده می‌کند [30]. شکل ۲ ساختار استخراج رقم توسط آن الگوریتم را نشان می‌دهد. اتوماتای<sup>۲</sup> جداسازی و قاب‌بندی رقم استخراجی از تصویر در شکل ۳ ارائه شده است.



شکل ۱. الگوریتم تشخیص ارقام دستنویس فارسی



شکل ۲. ساختار قاب‌گذاری و استخراج رقم



شکل ۳. اتوماتای قاب‌گذاری و استخراج رقم

آمده را با استفاده از معادلات ۳ و ۴ نرمال می‌کند. جایی که  $\gamma$  و  $\beta$  ضرایب نرمال-سازی هستند و در آزمایشات ما، ۲۴ (یعنی قابل تقسیم بر ۳) فرض شده اند.

$$\text{Normal\_Table\_V}(j,k) = \frac{C_V(j,k)}{\text{Segw}(j)} * \beta \quad (3)$$

$$\text{Normal\_Table\_H}(j,k) = \frac{C_H(j,k)}{\text{Segh}(j)} * \gamma \quad (4)$$



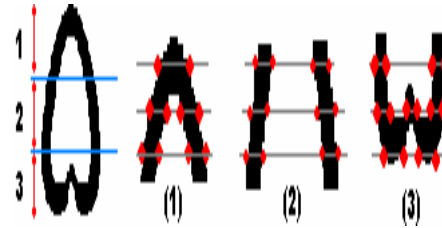
شکل ۶. نماد نمونه با سطر ۲-برخوردی و ستون ۱-برخوردی

## ۵- فازی سازی و ویژگی‌ها

پس از نرمال سازی به منظور جستجو و تشخیص رقم، به فازی سازی ویژگی‌های استخراج شده رقم اقدام می‌گردد. در ادامه این بخش به بیان جداول و متغیرهای فازی می‌پردازیم.

### ۱-۵ جداول فازی

تعداد سطرها (یا ستون‌های) «۱-برخوردی»، «۲-برخوردی»، «۳-برخوردی» و «۴-برخوردی یا بیشتر» بعنوان ویژگی‌های ارقام دست‌نویس فارسی فرض می‌شوند. مطابق تحقیقات انجام شده و با فرض نرمال سازی، جداول فازی برای «۱-برخوردی» و «۲-برخوردی» در مجموعه ارقام فارسی با ۱۰۰ عضو در شکل ۸ ترسیم و نشان داده شده است. برای حداکثر کردن عمل جداسازی در ارقام از چهار متغیر زبانی، {Max, Med, Large, Min}، استفاده گردیده است. با در نظر گرفتن ویژگی‌های فوق برای بخش‌های افقی ۱۲ جدول و ۸ جدول برای بخش‌های عمودی بدست آمده است. جداول فازی نمونه در شکل ۸ نشان داده شده که در آن  $[x: y: z]$  تعداد k-hit در بخش y برای رقم z است.



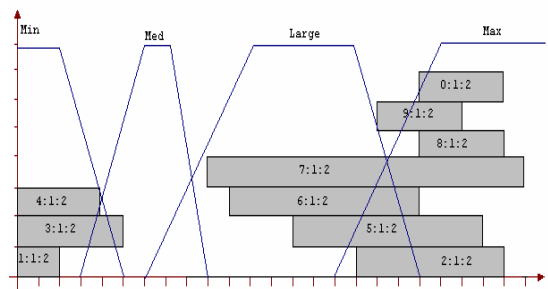
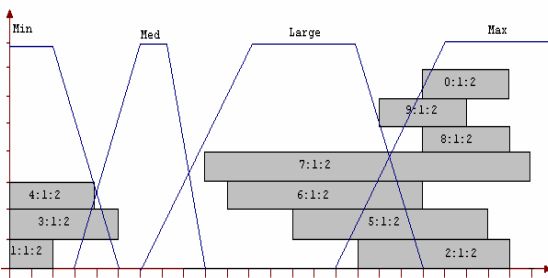
شکل ۷. نمونه بخش بندی رقم ۵

$$C_H(i,k) = \sum_{j=0}^i \text{segh}[j] \sum_{j=0}^{i-1} 1 \text{segh}[j] \quad (1)$$

$$k = \sum_{i=1}^{\text{width}} \begin{cases} 1 & \text{contrast t ransition is low to high} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$C_V(i,k) = \sum_{j=0}^i \text{segw}[j] \sum_{j=0}^{i-1} 1 \text{segw}[j] \quad (2)$$

$$k = \sum_{i=1}^{\text{height}} \begin{cases} 1 & \text{contrast t ransition is low to high} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



شکل ۸. جداول توزیع فازی

جایی که  $C_H(i,k)$  و  $C_V(i,k)$ ، تعداد k-برخوردهای (k-hit) سطرها و ستون-های مربوط به بخش i است. متغیرهای  $\text{segh}[j]$  و  $\text{segw}[j]$  ارتفاع و عرض سگمنت j، و پارامترهای  $\text{width}$  و  $\text{height}$  اندازه عرض و ارتفاع قاب فریم هستند. واحد پارامترها بر حسب پیکسل است. آزمایشات تجربی سیستم ارائه شده نشان می‌دهد که برای ارقام فارسی، تقسیم ارتفاع قاب به سه بخش مساوی افقی و دو بخش عمودی، بهینه‌ترین تقسیم بندی برای دستیابی به بهترین نتیجه تشخیص است (بخش ۷).

### ۲-۵ پارامترهای فازی

پس از آمارگیری و بدست آوردن منحنی‌های فازی، با قراردادن  $\mu$  مقادیر نرمال-شده از  $\text{Normal\_Table}$  ها، میزان عضویت هر ویژگی نرمال در مجموعه فازی  $A = \{\text{Max, Med, Large, Min}\}$  بدست می‌آید.  $\mu$  میزان عضویت هر عضو جدول  $\text{Normal\_Table\_X}(j,k)$  در مجموعه فازی A می‌باشد و در یک

### ۲-۴ نرمال سازی ویژگی‌ها

یکی از مهم‌ترین مزایای ایده « شمارش برخورد » در این سیستم، حذف ضخامت قلم است که بهره‌گیری از آن باعث حذف پیش پردازش‌هایی مانند نازک‌سازی می‌گردد. از مشکلاتی که همواره سیستم‌های تشخیص نوری الگوها با آن مواجه بوده‌اند، ابعاد گرافیکی نمادها است. برای غلبه بر این مشکل ویژگی‌های بدست

## ۶- قوانین فازی و بازشناسی نهائی

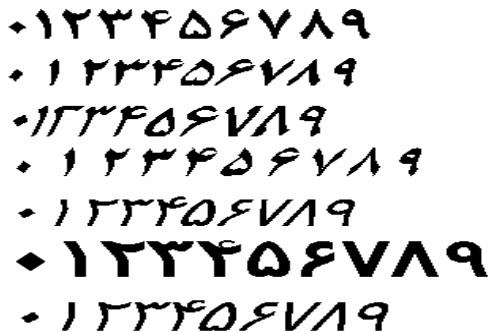
برای تعیین میزان شباهت الگوی مورد نظر به یکی از الگوهای موجود در پایگاه داده، از معادله ۵ استفاده می‌شود. این فرمول عبارت از مجموع نرم‌های مثلثاتی  $t$  هر دو الگو تقسیم بر مجموع نرم‌های مثلثاتی  $S$  آن دو است. رقم  $X$  که دارای  $\mu_x$  بیشینه باشد به عنوان نتیجه تشخیص اعلام می‌گردد.

$$\mu_x = 1 - \frac{\sum_i |A\_DB[i] - A\_PAT[i]|}{\sum_j \text{Max}\{A\_DB[j], A\_PAT[j]\}} \quad (5)$$

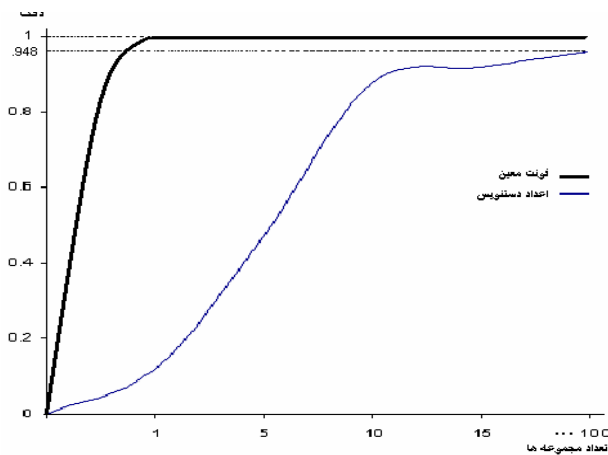
$i, j = 1, 2, \dots$  Number of Fuzzy Features  
 $A\_DB$  Existing Database Entry  
 $A\_PAT$  Newly Offered for Recognition

## ۷- نتایج تجربی

آزمایشات بر روی ۲۰۰۰ نمونه تصویر اسکن شده باینری اعداد دستنویس (یعنی ۲۰ مجموعه ارقام ۰ الی ۹ از ۱۰۰ نفر دانشجوی بعضاً بسیار بد خط) با رزولوشن ۳۰۰ dpi صورت گرفته است. این ارقام به دو بخش مساوی درهم ریخته تقسیم می‌شوند. اولین بخش به عنوان مجموعه آموزشی و دومین بخش به عنوان مجموعه آزمون بکار می‌رود. روند آموزش با افزایش تعداد نمونه‌های یادگیری آموزشی با شروع از ۵۰ تا ۵۰۰ تکرار می‌شود. جایی که در هر اجراء تعداد ۵۰ نمونه به مجموعه یادگیری اضافه می‌گردد و این تعداد ارقام جدید از مجموعه آموزشی درهم اصلی انتخاب می‌شوند. سیستم دارای دقت کامل برای تشخیص فونت‌های معین مانند شکل ۱۲ و دارای دقت ۹۴٫۸٪ برای تشخیص ارقام دستنویس به شرح نمودار شکل ۱۳ است.

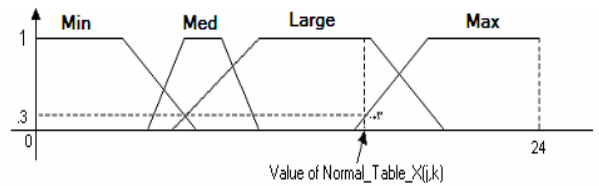


شکل ۱۲. نمونه انواع فونت‌های مورد آزمون



شکل ۱۳. نتایج تعداد نمونه‌های یادگیری و دقت سیستم

جدول جدید به نام  $Fuzzy\_Table$  قرار می‌گیرد. شکل ۹ روال تعیین عضویت‌ها را به مجموعه فازی  $A$  نشان می‌دهد.

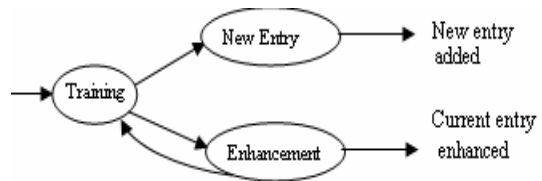


$$\begin{aligned} Fuzzy\_Table\_X(j, k, \text{Max}) &= 0.3 & Fuzzy\_Table\_X(j, k, \text{Large}) &= 1 \\ Fuzzy\_Table\_X(j, k, \text{Med}) &= 0 & Fuzzy\_Table\_X(j, k, \text{Min}) &= 0 \end{aligned}$$

شکل ۹. استخراج میزان عضویت فازی

## ۵-۳ یادگیری

ذهن بشر با افزودن الگوهای جدید از یک نماد، دامنه تشخیص آن را گسترش می‌دهد و یادگیری تا آنجا ادامه می‌یابد که هر شکل از آن نماد معنای ثابتی را در ذهن تداعی کند. بحث یادگیری ماشینی با ایده گرفتن از همین اصل شکل می‌گیرد. طبق این اصل در سیستم پیشنهادی برای هر رقم فارسی، اقدام به نگهداری پارامترهای فازی در بانک اطلاعاتی شده است. برای افزودن شکل‌های مختلف یک رقم (مانند ۴ و ۳) و بهبود ورودی‌ها یا بهینه‌سازی، سیستم از روندی به شرح شکل ۱۰ استفاده کرده است.



شکل ۱۰. ساختار یادگیری و بهسازی

پس از استخراج پارامترهای فازی هر رقم در مد یادگیری، رقم مورد نظر به سیستم معرفی و با پارامترهای فازی همان رقم در بانک اطلاعاتی مقایسه می‌گردد. در صورتی که فاصله مقادیر فازی در الگوریتم شکل ۱۱ از حد آستانه کمتر باشد سیستم فرض می‌کند که این الگو «نوع جدیدی» از آن رقم نیست و فقط احتیاج به اصلاح مقادیر و یادگیری بیشتر دارد. اصلاح را با عمل میانگین‌گیری انجام می‌دهد و در غیر این صورت «الگوی جدید» از رقم مورد بحث را به بانک اطلاعاتی اضافه می‌کند.

```
//Training Algorithm
Start:
{
  A_DB: Existing fuzzy features array of a specific digit;
  A_PAT: Newly offered for training;
  H: Real;
  H=0;
  For (I=1 to number_of_fuzzy_features)
  {
    tmp = Intersect(A_DB[I], A_PAT[I]); //Fuzzy Intersection
    H = Max (H, tmp); //Fuzzy Maximum
  }
  if (H<=threshold)
    Enhance existing entry;
  else
  {
    if (there is not an other existing
    digit of the same in the database)
      Add as new pattern to database;
  }
}
```

شکل ۱۱. الگوریتم یادگیری

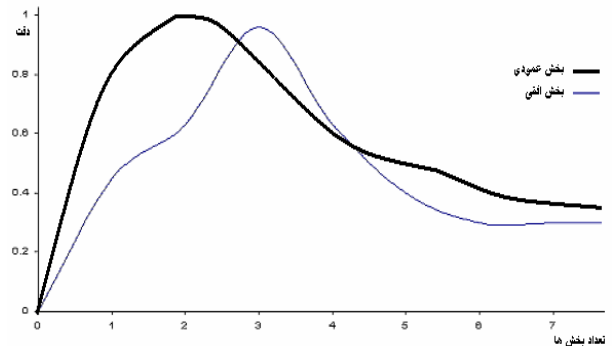
## ۸- نتیجه گیری

روش ما در خواندن متون دست‌نویس خصوصاً متون با فونت معین دارای دقت تشخیص ۱۰۰٪ است. به علت عدم نیاز به پیش پردازش‌هایی مانند کانتور و حذف ۳۰٪ تصویر ورودی از محاسبات، روش ارائه شده دارای سرعت تشخیص بسیار خوبی می باشد و در مقایسه با روش‌های دیگر سادگی ملموسی دارد. نسبت به چرخش‌های بیش از ۱۵ درجه مقاوم نیست که در حال بهبود آن هستیم. در چرخش زیاد حتی بشر نیز فاقد قدرت تمایز بین ارقام ۷ و ۸ ( $\sqrt{8}$ ) است که در صورت محوربایی از سلسله ارقام نگارش شده می‌توان این مشکل را نیز حل کرد. در اعدادی که بنا بر دلایلی مانند کشیدگی بیش از حد پایه عدد، معادلات فازی را برهم می‌زنند سیستم فاقد قدرت تشخیص است. با استفاده از بخش‌بندی ناهمگون در حال رفع مشکل چرخش و کشیدگی رقم هستیم.

## مراجع

- [1] M.K. Brown, and S. Ganapathy, "Preprocessing technique for cursive script word recognition," *Pattern Recognition*, Vol.16, No. 5, pp. 447-458, 1983.
- [2] R.H. Davis, and J. Lyall, "Recognition of handwritten character-A review", *Journal of Image and Vision Computing*, Vol. 4, pp. 208-218, 1986.
- [3] C. Nieuwoudt, and R.V. Heerden, "Automatic number plate segmentation and recognition," *Proc. 7th Int. Conference on Pattern Recognition*, pp. 88-93, Nov 1996.
- [4] S.M. Homayoon Beigi, "An Overview of Handwriting Recognition," *Proceeding of the first Annual Conference on Technological Advancements in Developing Countries*, pp. 30-46, 1993.
- [5] J.W. The, and R.T. Chin, "On image analysis by the methods of moments," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 10, No. 4, pp. 496-508, 1988.
- [6] S.J. Raudys, and A.K. Jain, "Small sample size effect in statistical pattern recognition," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 13, No. 3, pp. 252-264, 1991.
- [7] T. Matsunaga, and H. Kida "An experimental study of learning curves for statistical pattern classifiers," *3rd Int. Conference on Document Analysis and Recognition*, pp. 1103-1106, 1995.
- [8] M. Berthod, and J.P. Maroy, "Learning in syntactic recognition of symbols drawn on a graphic tablet," *Computer Graphics and Image Processing*, No. 9, pp.166-182, 1979.
- [9] P.S.P. Wang, and A. Gupta, "An improved structural approach for automated recognition of handprinted characters," *Int. Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, Vol. 5, No. 2, pp. 97-121, 1991.
- [10] A. Amin, and A. Fotti, "Recognition of multi-font Latin texts," *2nd Annual Symposium on Document Analysis and Information Retrieval*, pp. 243-253, 1993.
- [11] R. Buse, Z. Q. Liu, and T. Caelli, "A structural and relational approach to hand-written word recognition," *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, Vol. 27, No. 5, pp. 847-861, 1997.

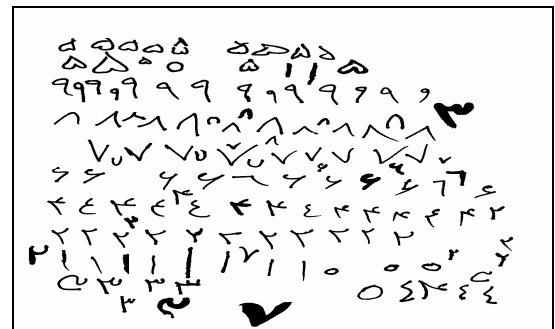
**بخش‌بندی بهینه:** به تجربه مشخص گردید چنانچه تعداد بخش‌ها از سه بخش افقی و دو بخش عمودی (یعنی حالت بهینه) بیشتر شود نه تنها کمکی به تشخیص نمی‌کند بلکه نتایج تشخیص را نامطلوب می‌سازد. لذا همانگونه که در نمودار شکل ۱۴ مشاهده می‌شود بخش‌بندی بهینه عبارت از سه بخش افقی و دو بخش عمودی است.



شکل ۱۴. تعداد بخش‌بندی بهینه

**مقدار بهینه پارامتر K** با بررسی اعداد فارسی مشخص شد که مقدار بهینه پارامتر K (یعنی تعداد برخوردها) حداکثر ۵ می‌باشد و بیش از آن اثر نویزی است. بنابراین شرط ( $K > 5$ ) تاثیر به سزایی در تشخیص عدد ندارد و فقط حجم محاسبات را افزایش می‌دهد.

**ویژگی‌های سیستم:** با توجه به ایده ارائه شده بخش‌بندی در ارقام فارسی سیستم دارای سرعت پردازش خوبی است. همچنین ویژگی‌های استخراج شده باعث عدم وابستگی به ضخامت قلم و ابعاد آن می‌شود. شکل‌های ۱۵ و ۱۶ بعضی از نمونه‌های قابل تشخیص و غیرقابل تشخیص را نشان می‌دهند.



شکل ۱۵. نمونه‌ای از متن دست‌نویس قابل تشخیص



شکل ۱۶. نمونه‌ای از متن دست‌نویس غیرقابل تشخیص

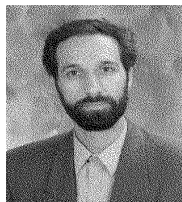
[26] K. Saeed, "A Projection Approach for Arabic Handwritten Characters Recognition," *Proc. of ISCI - International Symposium on Computational Intelligence*, pp. 106-111, 2000.

[27] A. Harifi, and A. Aghagolzadeh, "A New Pattern for Handwritten Persian/Arabic Digit Recognition," *Transaction on Engineering, Computing and Technology*, Vol.3, pp. 249-252, 2004 .

[28] A. Mowlaei, K. Faez, and A.T. Haghightat, "Feature extraction with Wavelet Transform for recognition of isolated handwritten Farsi/Arabic character an numerals," *14th International Conference on Digital Signal Processing*, Vol. 2, pp. 332-337, 2002.

[29] L.M. Lorigo, and V. Govindaraju, "Offline Arabic Handwriting Recognition: A survey," *IEEE Trans. on Pat. Anal. and Mach. Int. (PAMI)*, Vol. 28, No. 5, pp. 712-724, 2006.

[30] J. Arvo, M. Hirvikorpi, and J. Tyystjarvi, "Approximate Soft Shadows with an Image-Space Flood-Fill Algorithm", *Computer Graphics*, Vol. 23, No. 3, pp. 271-280, 2004.



**امین اله مه آبادی** تحصیلات خود را در مقاطع

کارشناسی مهندسی برق کامپیوتر و کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر به ترتیب در سال های ۱۳۶۹ و ۱۳۷۵ در دانشگاه های علم و صنعت ایران و صنعتی امیرکبیر به پایان رسانیده است. از سال ۱۳۷۶ در دانشگاه شاهد مشغول فعالیت گردیده و اکنون عضو هیات علمی گروه کامپیوتر دانشکده فنی مهندسی آن دانشگاه و مدیر گروه سیستم های حمل و نقل هوشمند مرکز تحقیقات مهندسی و فناوری شاهد است. زمینه های تحقیقاتی و مورد علاقه ایشان ترافیک، پردازش موازی، پردازش تصویر و بازشناسی الگو، و شبیه سازی می باشد. نامبرده دارای چندین مقاله منتشره و پنج کتاب چاپ شده است.

mahabadi@shahed.ac.ir

آدرس پست الکترونیک:



**عبدالمجید کاظمیان** تحصیلات خود را در مقاطع

کارشناسی و کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر به ترتیب در سال های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۵ در دانشگاه های شاهد و تهران به پایان رسانیده است. زمینه های تحقیقاتی و مورد علاقه ایشان ترکیب اطلاعات، بیو انفورماتیک و هوش جمعی می باشد. نامبرده ۱۰ مقاله منتشره در

مجلات و کنفرانس های بین المللی در زمینه های فوق منتشر کرده است.

am\_kazemian@yahoo.com

آدرس پست الکترونیک:



**محمد علی ترکمنی** تحصیلات خود را در مقاطع

کارشناسی و کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر به ترتیب در سال های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۵ در دانشگاه های شاهد و صنعتی اصفهان به پایان رسانیده است. زمینه های تحقیقاتی و مورد علاقه ایشان تحلیل سیستم های اقتصادی و مدل سازی سیستم های طبیعی و پیچیده می باشد.

ma\_torkamani@yahoo.com

آدرس پست الکترونیک:

[12] H. M. M. Hosseini and A. Bouzerdoum, "A combined method for Persian and Arabic handwritten digit recognition", *Australian New Zealand conf. on Intelligent Information Systems*, pp. 1231-1236, 1996.

[13] J.W. Tai "A syntactic-semantic approach for Chinese character recognition," *7th Int. Conference on Pattern Recognition*, pp. 374-376, 1984.

[14] R. Freund, "Syntactic analysis of handwritten characters by quasi-regular programmed array grammars," in *Advances in Structural and Syntactic Pattern Recognition*, ed. H. Bunke, pp. 310-319, 1992.

[15] N. Farah, M. T. Khadir, and M. Sellami, "Artificial neural network fusion: Application to Arabic words recognition," *proceedings of European Symposium on Artificial Neural Networks*, pp. 896-901, 2005.

[16] I. Guyon, "Application of neural networks to character recognition," *Character and Handwriting Recognition in Expanding Frontiers*, ed. P. S. P. Wang, pp. 353-382, 1991.

[17] A. Amin, and W. H. Wilson, "Hand-printed character recognition system using artificial neural networks", *2nd Int. Conference on Document Analysis and Recognition*, pp. 943-946, 1993.

[18] D. Gader, M. Mohammed, and J. H. Chiang, "handwritten word recognition with character and inter character neural net-works", *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, Vol. 27, No. 1, pp. 158-164, 1997.

[19] L. Souici, N. Farah, T. Sari, and M. Sellami, "Rule Based Neural Networks Construction for Handwritten Arabic City-Names Recognition," *Proceedings of the 11th International conference Artificial Intelligence*, pp. 331-340, 2004.

[20] L. Likfooman-Solem, H. Maitre, and C. Sirait, "An expert and vision system for analysis of Hebrew characters and authentication of manuscripts," *Pattern Recognition* , No. 24, pp. 121-137, 1991.

[21] S.K.Pal, and D.D. Majumder, "*Fuzzy mathematical approach to pattern recognition*", John Wiley, 1986.

[22] K.P. Sankar, "Fuzzy Sets in Image Processing and Recognition," *IEEE International Conference on Fuzzy Systems, IEEE Technology Update Series*, Vol.1, pp. 119-126, Mar 1992.

[23] J. C. Bezdek, J. M. Keller, R. Krishnapuram, and N. R. Pal, *Fuzzy Models and Algorithms on Pattern Recognition and Image Processing*, Norwell, MA: Kluwer academic publisher, 1999.

[24] H.P. Chiu, D.C. Tseng and J.C. Cheng, "Invariant Handwritten Chinese Character Recognition using Weighted Ring Data Matrix", *Proceedings of the Third International Conference on Document Analysis and Recognition*, Vol. 1, pp. 116-119, 1995.

[25] M. Droettboom, I. Fujinaga, "Symbol-Level Ground Truthing Environment for OMR", *proceeding of the 5th International Conference on Music Information Retrieval*, pp. 112-117, 2004.

---

<sup>1</sup> Optical Character Recognition (OCR)

<sup>2</sup> Pattern Recognition

<sup>3</sup> Fuzzy

<sup>4</sup> Segmentation

<sup>5</sup> Normalization

<sup>6</sup> Fuzzification

<sup>7</sup> Skeletonize

<sup>8</sup> Contour

<sup>9</sup> Training

<sup>10</sup> Statistical

<sup>11</sup> Structural

<sup>12</sup> Hybrid

<sup>13</sup> Neural Network

<sup>14</sup> Rule based

<sup>15</sup> Fuzzy Classifier

<sup>16</sup> Automaton

<sup>17</sup> Segment

<sup>18</sup> Hit Counting