

طراحی سه دیکشنری تصویری برای بازشناسی زیر - کلمات چاپی

رضا عزمی

استادیار

گروه کامپیوتر، دانشگاه الزهرا

احسان اله کبیر

دانشیار

بخش مهندسی برق، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

در این مقاله سه روش مختلف برای ایجاد دیکشنری تصویری از بدنه زیر - کلمات ارائه میشود. ویژگیهای استفاده شده مکان مشخصه، توصیفگرهای فوریه و برجسب های کانتور بالایی زیر - کلمه هستند. در هر روش بدنه زیر - کلمه با ویژگیهای خاص آن روش توصیف می شود. بر اساس این توصیف، مدخل زیر - کلمه در دیکشنری تعیین می شود. زیر - کلماتی که مدخل واحدی دارند، همسایگی خاص خود را در دیکشنری تشکیل می دهند. اندازه این همسایگی ها تابع تعداد و نوع ویژگیهای انتخاب شده است. در یک آزمایش، روشهای ارائه شده روی مجموعه ای از زیر - کلمات دو حرفی شامل ۳۶۷۵ تصویر از ۱۴۷ بدنه مختلف آزموده شده است. در این حالت اندازه متوسط همسایگی ها برای سه دیکشنری به ترتیب ۱۸/۶، ۲۳/۹۲ و ۱۷/۷۹ زیر - کلمه است. در یک آزمایش دیگر روش سوم روی مجموعه زیر - کلمات دو، سه و چهار حرفی شامل ۲۷۹۰ نوع بدنه در پنج قلم و پنج اندازه آزموده شد، که در این حالت اندازه متوسط همسایگی ها ۷۴/۳۷ و تعداد مدخلهای ورودی ۲۷۱ است.

کلمات کلیدی

بازشناسی متن چاپی، زیر - کلمه، دیکشنری تصویری، مکان مشخصه، توصیفگرهای فوریه، کانتور، خوشه یابی

Design of Three Pictorial Dictionaries for the Recognition of Printed Farsi Sub-Words

R. Azmi

Assistant Professor

Department of Computer Engineering,
Alzahra University

E. Kabir

Associate Professor

Department of Electrical Engineering,
Tarbiat Modarres University

Abstract

In this paper, three methods to construct pictorial dictionaries for printed Farsi sub-words are presented. The features used are characteristic loci, Fourier descriptors and upper contour labels. In each method, the body of a sub-word is described by corresponding features. Based on this description, the entry for that sub-word is defined. The sub-words with same entry, constitute their own neighborhood within the dictionary.

In one experiment, the proposed methods were tested on a set of 3675 images from 147 sub-words of length 2. The mean neighborhood sizes for different dictionaries were 18.6, 23.92 and 17.79, respectively. In another experiment, on a set of 2790 sub-words of lengths 2, 3 and 4, in 5 fonts and 5 sizes, the mean neighborhood size and the number of entries were 74.37 and 271, respectively.

Keywords

Printed word recognition, sub-word, Pictorial dictionary, Characteristic loci, Fourier descriptor, Contour, Clustering, Farsi.

مقدمه

یکی از شاخه‌های مورد توجه و کاربردی در زمینه شناسایی حروف، OCR، بازشناسی اتوماتیک متون چاپی با قلم‌های گوناگون است. تحقیقات زیادی برای بازشناسی متون لاتین، چینی و ژاپنی صورت گرفته و سیستم‌های تجاری زیادی نیز به بازار عرضه شده است [Arica 2001] [Mori 1992]. برای بازشناسی متون عربی و فارسی نیز در سالهای اخیر تحقیقات قابل ملاحظه‌ای انجام شده است [عزیمی ۱۳۷۸ الف] [Amin 1997].

دو رویکرد مختلف در بازشناسی متون چاپی وجود دارد: رویکرد مبتنی بر جداسازی و رویکرد مبتنی بر بازشناسی بدون جداسازی. در رویکرد اول، ابتدا کلمات به حروف شکسته می‌شوند و سپس حروف مجزا شناسایی می‌شوند. این روش زمانی به نتیجه مطلوب می‌رسد که حروف مانند متون لاتین از هم جدا باشند و یا اینکه الگوریتم مناسبی با دقت بالا بتواند آنها را جدا کند [عزیمی ۱۳۷۸ ب] [نظام‌آبادی پور ۱۳۷۹] [Azmi 2001] [Lu 1995]. خطا در این روش وقتی رخ می‌دهد که یا یک حرف جدا نشود و یا به چند قطعه شکسته شود. در رویکرد دوم، کلمه بصورت یک الگوی واحد در نظر گرفته شده و شناسایی می‌شود [عزیمی ۱۳۸۰] [Hull 86] [Hull 85].

تحقیقات روانشناسی زیادی در مورد نحوه خواندن انسان انجام شده است. یکی از نتایج اولیه این تحقیقات این است که چشم انسان در زمان مطالعه یک خط از متن بطور پیوسته از راست به چپ حرکت نمی‌کند، بلکه بصورت گسسته از یک نقطه تمرکز به نقطه تمرکز دیگر جهش می‌کند. این تحقیقات نشان داده است که زمان لازم برای شناسایی یک کلمه چهار یا پنج حرفی برابر با زمان لازم برای شناسایی یک حرف مجزا است. تحقیقات انجام شده بر اهمیت شکل کلی کلمه در فرایند شناسایی تأکید کرده و نشان داده شده است که ویژگیهای اساسی برای بازشناسی متون از تصویر کلی کلمات استخراج می‌شوند [Haber 1981]. با توجه به این موضوع، برای بکارگیری ویژگیهای تصویری در سطح کلمه تحقیقاتی انجام شده است [Hull 1985, 1986].

در این تحقیق ما سعی کرده‌ایم که برای پیاده سازی این رویکرد سه دیکشنری از زیر-کلمات چاپی فارسی با استفاده از ویژگیهای تصویری کلمات ایجاد کنیم. با استفاده از این دیکشنری‌ها می‌توان بدون نیاز به مرحله جداسازی حروف مستقیماً به شناسایی زیر-کلمات پرداخت [عزیمی ۱۳۷۸ الف]. این روش نه تنها باعث حذف خطای حاصل از جداسازی می‌شود، بلکه به نحوه بازشناسی توسط انسان نیز شباهت بیشتری دارد.

مشکل عمده در رویکرد مبتنی بر بازشناسی بدون جداسازی، تعداد زیاد کلاسها است. میدانیم در یک مسئله شناسایی الگو، افزایش تعداد کلاسها به معنی کاهش میزان بازشناسی و افزایش زمان آن است. در این تحقیق سعی کرده‌ایم با استفاده از دیکشنری تصویری تعداد کلاسها را کاهش دهیم.

۱- تعریف دیکشنری تصویری

برای تشکیل یک دیکشنری با ویژگیهای تصویری، به هر زیر-کلمه ورودی، به توجه به ویژگیهای از پیش تعریف شده‌ای که از شکل کلی آن استخراج می‌شوند، یک مدخل^۱ ورودی نسبت داده می‌شود. این مدخل در مجموع کل زیر-کلمات یک همسایگی از زیر-کلمات مشابه ایجاد می‌کند. بنابراین مسئله شناسایی به تعداد بسیار کمتری از کلاسها محدود می‌شود. در حالت همسایگی تک عنصری، در همین مرحله کلمه مجهول ورودی بازشناسی می‌شود. شکل ۱ نمونه‌ای از عملکرد یک دیکشنری تصویری را برای دسته‌بندی کلمه ورودی نشان می‌دهد. ایده دیکشنری تصویری برای بازشناسی کلمات لاتین نیز در چندین مورد بکار گرفته شده است [Hull 1985, 1986].

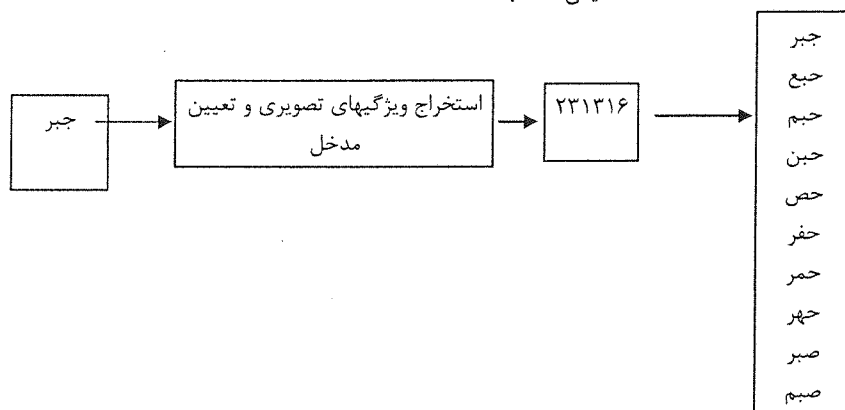
خصوصیات یک دیکشنری تصویری که میزان کارایی آن را نشان می‌دهند، بصورت زیر تعریف می‌شوند:

اندازه متوسط همسایگی‌ها: این مقدار نشان دهنده این است که بطور متوسط در هر همسایگی چند کلمه وجود دارد یا بعبارت دیگر بطور متوسط بازشناسی نهایی بین چند کلاس صورت می‌گیرد. هرچه این مقدار کمتر باشد، مرحله بعدی بازشناسی با دقت بیشتری انجام میشود.

تعداد مدخلهای دیکشنری: این عدد تعداد کل همسایگی‌ها را در ساختار دیکشنری تصویری نشان می‌دهد.

در این تحقیق، سه دیکشنری تصویری مختلف طراحی و آزمایش شده‌اند. این دیکشنری‌ها با توجه به ویژگی‌های تصویری بکار برده شده در آنها به ترتیب دیکشنری مکانهای مشخصه، دیکشنری توصیفگرهای فوریه و دیکشنری برچسب‌های کانتور بالایی نامیده می‌شوند. قبل از اینکه به بررسی دیکشنری‌های تصویری بپردازیم، لازم است مجموعه کلمات فارسی را از لحاظ تعداد و تنوع آماری بهتر بشناسیم.

همسایگی انتخاب شده



شکل (۱) تعیین همسایگی در یک دیکشنری تصویری برای دسته‌بندی یک کلمه ورودی.

۲- زیر- کلمات فارسی

در متون لاتین، کلمات از حروف جدا تشکیل شده‌اند و به علت فاصله‌ای که در نگارش کلمات رعایت می‌شود، تشخیص محدوده کلمه براحتی صورت می‌گیرد. در متون چاپی فارسی و عربی، کلمات می‌توانند دارای بخشهای مجزا و متصل باشند و معمولاً فاصله لازم برای تشخیص محدوده کلمات در متن رعایت نمی‌شود. بخشهای متصل یک کلمه را زیر-کلمه یا شبه کلمه می‌نامند. برای مثال در قطعه شعر زیر، کلمه "آمدی" از سه زیر کلمه "آ"، "مد" و "ی"، کلمه "بودی" از سه زیر کلمه "بو"، "د" و "ی" ولی کلمه "حکم" تنها از یک زیر-کلمه تشکیل شده‌است. همانطور که پیداست، فاصله لازم برای تفکیک دو کلمه "پرده" و "کاش" رعایت نشده‌است.

ز پرده کاش برون آمدی چو قطره اشک

که بر دو دیده ما حکم او روان بودی

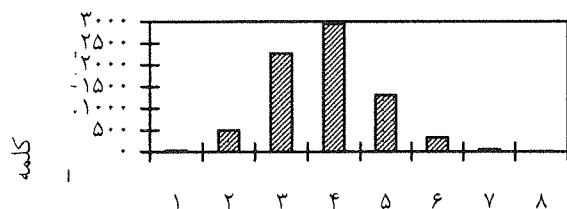
« حافظ »

شکل (۲) زیر- کلمات در یک نمونه متن چاپی فارسی.

۳- ۱- تنوع آماری زیر کلمات

برای بررسی وضعیت آماری و تنوع زیر- کلمات و ایجاد یک پایگاه داده برای ایجاد دیکشنری‌های تصویری، متنی شامل حدود ۷۵۰۰۰۰ زیر- کلمه پردازش شده است [عزمی ۱۳۷۸]. شکل ۳ هیستوگرام توزیع آماری زیر- کلمات را برحسب اندازه و همچنین میزان تنوع آنها نشان می‌دهد.

همانطور که از هیستوگرام شکل ۳ مشخص است، حدود ۵۰٪ زیر- کلمات یک حرفی بوده و ۳۸٪ دیگر ۲، ۳ یا ۴ حرفی هستند و فقط ۲٪ زیر- کلمات بیش از چهار حرف دارند. این نتایج با تحقیقات دیگری که در این زمینه انجام شده است مطابقت دارد [شیرعلی ۱۳۷۴]. زیر- کلمات یک حرفی با روشهای متعددی قابل بازشناسی هستند. در صورتیکه بتوانیم زیر کلمات ۲، ۳ و ۴ حرفی را نیز بازشناسی کنیم، بیش از ۹۸٪ زیر- کلمات یک متن تشخیص داده می‌شوند.



شکل (۳) الف - هیستوگرام توزیع آماری تعداد زیر-کلمات موجود در یک متن، ب - میزان تنوع زیر-کلمات.

۲-۲- کاهش تعداد زیر-کلمات

تعداد کل زیر-کلمات در این تحقیق ۷۴۲۱ است. اگر فقط زیر-کلمات تا چهار حرفی را در نظر بگیریم، تعداد آنها ۵۷۳۷ خواهد بود. یکی از ویژگیهای نگارش فارسی استفاده از نقاط و علائم است. چون شناسایی این نقاط و علائم با دقت بالایی صورت می‌گیرد و از بدنه حروف قابل تفکیک هستند، می‌توان با حذف آنها تنوع زیر-کلمات را کاهش داد. بطوریکه تعداد ۵۷۳۷ زیر-کلمه به ۲۷۹۰ بدنه کاهش می‌یابد. این تغییر به معنی $48/6\%$ کاهش در تعداد کلاسها است. این کاهش قابل ملاحظه، مراحل بازشناسی و ایجاد دیکشنری را تسهیل می‌کند.

۳- دیکشنری تصویری مکان مشخصه

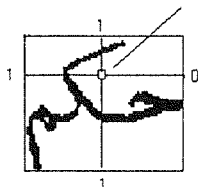
در این بخش، چگونگی انتخاب و استخراج ویژگیهای تصویری و مکانیزم محاسبه مدخلهای دیکشنری مکان مشخصه ارائه می‌شود.

۳-۱- انتخاب و استخراج ویژگیها در دیکشنری مکان مشخصه

با توجه به اینکه انسان بیشتر از خصوصیات تصویری کلمات برای شناسایی آنها استفاده می‌کند، بهتر است از ویژگیهایی استفاده شود که یک توصیف مشخص مبتنی بر تصویر ظاهری حرف داشته باشند [عزمی ۱۳۸۲] [Trier 1996]. در ضمن اگر این ویژگیها از نوع آماری باشند، نسبت به تغییرات جزئی در تصویر کمتر حساس خواهند بود. برای این منظور، از ویژگیهای مکان مشخصه که توصیف مناسبی از نواحی موجود در تصویر ورودی ارائه می‌دهند، برای تولید مدخلهای دیکشنری استفاده شده است [عزمی ۱۳۷۷].

ویژگیهای مکان مشخصه معمولاً در راستاهای عمودی، افقی و یا راستاهای ۴۵ و ۱۳۵ درجه تعیین می‌شوند. برای محاسبه این ویژگیها به هر نقطه از زمینه شکل مورد نظر یک عدد نسبت داده می‌شود که این عدد با توجه به اینکه خطوط عمودی و افقی رسم شده از آن نقطه در جهت‌های چهارگانه راست، بالا، چپ و پایین چند بار بدنه حرف را قطع می‌کنند، محاسبه می‌شود. در اینجا برای کاهش تنوع در کدها، تعداد دفعات قطع بدنه به ۲ محدود شده است [عزمی ۱۳۷۸ الف]. شکل ۴ نحوه محاسبه مکان‌های مشخصه را برای یک زیر-کلمه نمونه نشان می‌دهد.

$$n=1*27+1*9+1*3+0*1=39$$

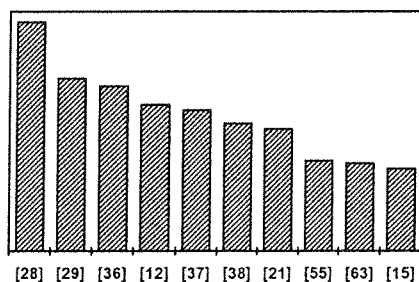


شکل (۴) نمونه‌ای از نحوه محاسبه ویژگیهای مکان مشخصه.

نتیجه محاسبه ویژگیهای مکان مشخصه، یک بردار ۸۱ عنصری است که هر کدام از عناصر این بردار متناظر با یک ناحیه

در زمینه تصویر است و مقدار هر عنصر متناسب با سطح نسبی آن ناحیه است. ده عنصر از این بردار که بطور متوسط در تصاویر مربوط به زیر-کلمات مورد نظر، مقدار بیشتری داشته‌اند، به عنوان ویژگیهای پیشنهادی در نظر گرفته شده‌اند. شکل ۵ مقدار متوسط این ده ویژگی را برای مجموعه زیر-کلمات سه حرفی نشان می‌دهد.

ویژگیها انتخاب شده الزاماً بهترین ویژگیها برای بازشناسی و طبقه بندی زیر-کلمات نیستند، اما با توجه به اینکه در طراحی دیکشنری بدنبال ویژگیهایی از زیر-کلمات هستیم که حساسیت کمتری به تغییر شکل زیر-کلمه داشته باشند، این ویژگیها انتخاب شده‌اند. در دیکشنری طراحی شده آنچه باعث تفکیک زیر-کلمات می شود اندازه ویژگیها است نه نوع آنها. برای طراحی دیکشنری میتوان از نوع ویژگیهای مکان مشخصه هر زیر-کلمه نیز استفاده کرد، اما مشخصات این دیکشنری حساسیت بیشتری به تغییر در اندازه و نوع قلم دارد که بیشترین مقدار را در مجموعه زیر-کلمات سه حرفی داشته‌اند.



شکل (۵) هیستوگرام مربوط به ده عنصر از بردار مکان مشخصه.

۴-۲- ایجاد مدخلها در دیکشنری مکان مشخصه

برای تولید مدخلهای ورودی، برای هر کدام از ویژگیهای انتخاب شده چند برچسب فازی در نظر می‌گیریم. برای تعیین تعداد برچسبها و همچنین توابع عضویت آنها از الگوریتم دسته بندی C میانگین فازی، FCM^۲، استفاده شده است. الگوریتم دسته بندی FCM بطور مختصر به این صورت است که ابتدا مقادیر اولیه‌ای بطور تصادفی به توابع عضویت و مراکز دسته‌ها نسبت می‌دهیم. آنگاه با استفاده از روابط (۱) و (۲) این مقادیر را آنقدر تغییر می‌دهیم که همگرایی حاصل شود. در این روابط مقدار عضویت نمونه X_k به دسته i ، V_i مرکز دسته i ام و $m > 1$ میزان فازی بودن توابع عضویت را نشان می‌دهد. معیار همگرایی این است که مجموع مربعات تغییرات فاصله دسته‌ها در تکرارهای متوالی، $\sum_i \|v_{i,t} - v_{i,t-1}\|^2$ ، کمتر از یک مقدار آستانه باشد. اگر $m \rightarrow 1^+$ مقدار توابع عضویت ۱ یا ۰ خواهد بود و الگوریتم FCM به الگوریتم دسته بندی غیر فازی HCM^۳ تبدیل می‌شود. هرچه مقدار m افزایش یابد، میزان فازی بودن دسته‌ها بیشتر می‌شود. مقدار m معمولاً بصورت تجربی تعیین میشود. در اینجا مقدار m برابر با ۲ فرض شده است.

$$\mu_{ik}(X_k) = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\|X_k - V_i\|}{\|X_k - V_j\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (1)$$

$$V_i = \frac{\sum_{k=1}^N \mu_{ik}(X_k)^m X_k}{\sum_{k=1}^N \mu_{ik}(X_k)^m} \quad (2)$$

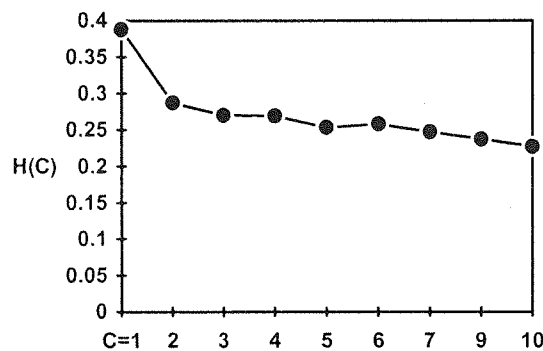
برای ارزیابی دسته بندی ایجاد شده، معیار آنتروپی، H ، که با رابطه (۳) محاسبه میشود بکار برده شده است [Pal 1986]. در این رابطه $m_{ik}(X_k)$ میزان عضویت نمونه X_k در دسته i است. N تعداد کل نمونه‌ها و C تعداد کل دسته‌ها است.

$$H(C) = 1/N \sum_{k=1}^N \sum_{h=1}^C m_{ik}(x_k) \log(m_{ik}(x_k)) \quad (3)$$

هر چه مقدار آنتروپی H کمتر باشد، مقادیر توابع عضویت به صفر یا یک نزدیکتر خواهند بود. در آن صورت فازی بودن دسته‌ها کمتر بوده و بنابراین دسته بندی بهتر صورت گرفته است. منحنی شکل ۶ تغییرات آنتروپی را در اثر افزایش تعداد برچسب‌ها، C ، برای مجموعه زیر- کلمات سه حرفی نشان می‌دهد. لازم به توضیح است برای اینکه اعداد بدست آمده قابل مقایسه باشند، مقدار H طبق رابطه (۴) نرمالیزه شده است.

$$H_{\text{norm}}(C) = H(C) / \log(C) \quad (4)$$

با توجه به منحنی تغییرات آنتروپی در شکل ۶ و نتایج تجربی بدست آمده، تعداد برچسبها برای هر ویژگی برابر با سه انتخاب شده است. این مقدار با توجه به معیار آنتروپی عدد مناسبی است، زیرا همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، افزایش بیشتر تعداد برچسبها اثر چندانی در کاهش میزان آنتروپی ندارد. اما می‌دانیم افزایش تعداد برچسبها می‌تواند به میزان زیادی تعداد مدخلهای دیکشنری را افزایش دهد. مدخل برای یک زیر- کلمه با کنار هم قرار دادن برچسبهای ویژگیهای انتخابی تعیین میشود. برای مثال اگر برچسبها را به ترتیب ۱، ۲ و ۳ بنامیم و تعداد ویژگیهای انتخابی ۷ باشد، مدخل یک زیر- کلمه ممکن است بصورت ۱۲۲۱۳۲۳ باشد.



شکل (۶) تغییرات آنتروپی در اثر افزایش تعداد برچسب‌ها.

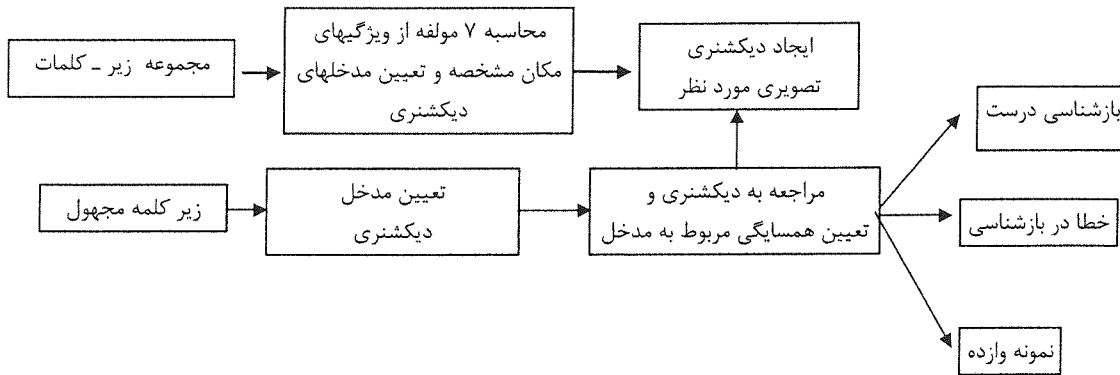
۳-۳- شکل نهایی دیکشنری مکان مشخصه

نحوه عملکرد دیکشنری تصویری طراحی شده، در مراحل تشکیل و مراجعه به دیکشنری در شکل ۷ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، در مرحله تشکیل دیکشنری مجموعه کل زیر- کلمات برای ساخت مدخلها بکار برده می‌شوند. برای این کار ابتدا نقاط و علائم زیر- کلمه ورودی جدا شده و سپس هفت ویژگی انتخاب شده از مجموعه ویژگیهای مکان مشخصه استخراج می‌شوند که عبارتند از [L[28], L[29], L[36], L[12], L[37], L[38], L[21]]. با توجه به مقادیر آستانه محاسبه شده با الگوریتم FCM، اندیسهای ورودی محاسبه می‌شوند. هر مدخل متناظر با یک همسایگی است. در مرحله مراجعه به دیکشنری، زیر- کلمه مجهول به سیستم ارائه شده و مدخل و در نتیجه همسایگی متناظر با آن تعیین می‌شود. حال اگر این زیر- کلمه در همسایگی مورد نظر وجود داشته باشد، بعنوان یک نمونه بازشناسی درست و در غیر اینصورت بعنوان خطا در نظر گرفته میشود. در صورتیکه مدخل ایجاد شده در مجموعه کل مدخلهای دیکشنری وجود نداشته باشد، نمونه ورودی بعنوان یک نمونه وازده در نظر گرفته میشود.

۴- دیکشنری تصویری توصیفگرهای فوریه

در این دیکشنری، در مرحله استخراج ویژگیهای تصویری، کانتور پیرامونی زیر- کلمه ورودی استخراج شده و از توصیفگرهای فوریه، FD، برای نمایش آن استفاده شده است. در مرحله تعیین مدخلهای ورودی، با استفاده از الگوریتم

دسته‌بندی فازی FCM برچسبهای لازم محاسبه می‌شوند.



شکل ۷ دیاگرام تشکیل و مراجعه به دیکشنری تصویری مکان مشخصه

۴-۱- انتخاب و استخراج ویژگی در دیکشنری توصیفگرهای فوریه

در این مرحله ابتدا کانتور پیرامونی زیر- کلمات ورودی استخراج می‌شود. چون این کانتور یک منحنی بسته است، می‌توان از توصیفگرهای فوریه برای نمایش آن استفاده کرد. این ویژگیها در موارد زیادی برای بازشناسی حروف چاپی و دستنویس استفاده شده‌اند [Mahmoud 1994] [کبیر ۱۳۷۲].

برای استخراج ویژگیهای مورد نظر، نقاط منحنی پیرامونی را می‌توان با مختصات مختلط آنها به شکل $x(n)+jy(n)$ نشان داد. اگر فرض کنیم که یک منحنی پیرامونی بسته با N نقطه نمونه برداری شده باشد، آنگاه سیگنال مورد نظر بصورت زیر تعریف می‌شود [Jain 1989]:

$$u(n) = x(n) + jy(n) \quad (5)$$

نمایش این منحنی با استفاده از تبدیل گسسته فوریه DFT بصورت معادلات زیر خواهد بود:

$$u(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} a(k) \exp\left(\frac{j2\pi kn}{N}\right), \quad 0 \leq n \leq N-1$$

$$a(n) = \sum_{k=0}^{N-1} u(n) \exp\left(\frac{-j2\pi kn}{N}\right), \quad 0 \leq k \leq N-1$$
(۶)

ضرایب مختلط $a(k)$ توصیفگرهای فوریه نامیده می‌شوند و می‌توان از آنها برای نمایش منحنی پیرامونی شکل و همچنین بازشناسی آن استفاده کرد.

۴-۲- ایجاد مدخلهای دیکشنری توصیفگرهای فوریه

به این منظور منحنی پیرامونی زیر- کلمه تعیین و توصیفگرهای فوریه آن محاسبه میشوند. شکل ۸ منحنی اصلی و باز سازی آنرا با انتخاب تعداد متفاوتی از اولین توصیفگرهای فوریه برای زیر کلمه "حلا" نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود، هرچه تعداد ویژگیهای FD افزایش می‌یابد، جزئیات بیشتری از زیر- کلمه مشهود می‌شود. در اینجا مسئله ما شناسایی کامل زیر- کلمات با استفاده از این ضرایب نیست، بنابراین حذف تفاوت‌های جزئی زیر- کلمات با این ویژگیها می‌تواند در دسته‌بندی آنها و ایجاد مدخلهای دیکشنری مفید باشد.

توصیفگرهای فوریه دارای اندازه و فاز هستند. با توجه به اینکه میخواهیم این ویژگیها یک توصیف کلی از منحنی پیرامونی زیر- کلمات در اختیار ما قرار دهند، برای تشکیل مدخلهای دیکشنری می‌توانیم تنها از اندازه یا فاز آنها استفاده کنیم. از بین

این دو انتخاب، فاز ویژگیها ساختار منحنی ورودی را بهتر توصیف می‌کند. در ضمن همانطور که در شکل ۸ نشان داده شده، هفت ویژگی اول برای توصیف بدنه زیر کلمه سه حرفی "حلا" مناسب هستند. بنابراین در این مرحله برای تعیین مدخلهای دیکشنری از مقادیر فاز هفت ویژگی اول استفاده می‌کنیم. البته باید توجه داشته باشیم انتخاب فاز توصیفگرهای فوریه باعث می‌شود که ویژگیهای انتخابی در اثر چرخش و کج شدگی زیر - کلمه تغییر کنند. این مسئله برای زیر- کلمات چاپی که مورد نظر ما هستند اهمیت زیادی ندارد، زیرا میزان کج شدگی آنها بسیار ناچیز است.

برای تعیین مدخل یک زیر-کلمه، بعد از استخراج ۷ ویژگی فاز اولیه، با استفاده از الگوریتم FCM، مطابق آنچه برای الگوریتم قبل گفته شد، سه برچسب مختلف برای هر کدام از این ویژگیها انتخاب شده و مدخل دیکشنری با کنار هم قرار دادن آنها ایجاد میشود.

۴-۳- شکل نهایی دیکشنری توصیفگرهای فوریه

نحوه عملکرد این دیکشنری در مراحل تشکیل و مراجعه به دیکشنری مطابق شکل ۷ است، با این تفاوت که برای استخراج ویژگیهای ورودی باید ابتدا کانتور پیرامونی زیر- کلمات محاسبه شود و ویژگیهای استخراج شده نیز فاز هفت توصیفگر فوریه هستند. تعداد برچسبهای فازی در این حالت نیز سه است.

۵-۵- دیکشنری تصویری برچسب های کانتور بالایی

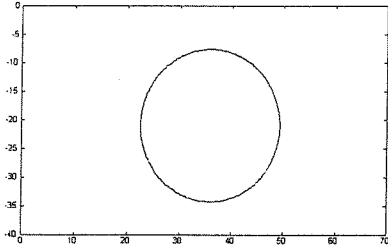
در طراحی این دیکشنری سعی شده است حجم محاسبات لازم برای تعیین ویژگیهای ورودی تا حد ممکن کاهش یابد و از ویژگیهایی استفاده شود که توصیف تصویری مشخصی از شکل زیر- کلمه بدست بدهند. این ویژگیها با استفاده از برچسب زدن به کانتور بالایی زیر- کلمات تعیین می‌شوند. مدخلها در این دیکشنری برحسب اندازه این ویژگیها تعیین می‌شوند.

۵-۱- انتخاب و استخراج ویژگیهای تصویری در دیکشنری برچسب های کانتور بالایی

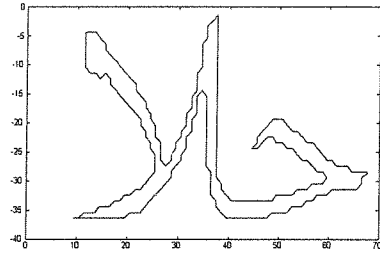
در این الگوریتم یک مجموعه از برچسبها برای کانتور بالایی زیر- کلمات در نظر گرفته میشوند. نحوه تعیین این برچسبها به این صورت است که ابتدا کانتور پیرامونی زیر- کلمه محاسبه شده، سپس کانتور بالایی تعیین می‌شود. آنگاه با توجه به موقعیت نقاط نسبت به نوار زمینه، کانتور بالایی به پاره مسیره‌های بالا U، وسط M و پایین D تقسیم می‌شود. جزئیات محاسبه این پاره مسیره‌ها و تعیین برچسبها در مرجع [عزومی ۱۳۷۶] آورده شده است. تعیین این ویژگیها شامل محاسبه نوار زمینه، اصلاح و محاسبه لبه های بالا و پایین آن و برچسب زدن به کانتور بالایی با استفاده از دیاگرام حالت است.

۵-۲- ایجاد مدخلها در دیکشنری برچسب های کانتور بالایی

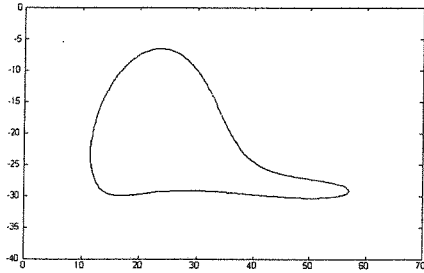
به هر کدام از پاره مسیره‌های تعیین شده در کانتور بالایی با توجه به نوع و اندازه آنها، برچسبهای مختلفی زده می‌شود. یک پاره مسیره می‌تواند یکی از برچسبهای بالای کوچک UL، بالای بزرگ UH، وسط کوچک ML، وسط بزرگ MH، پایین کوچک DL یا پایین بزرگ DH را داشته باشد. برچسبها برحسب اندازه نرمالیزه پاره مسیره نسبت به پهناى قلم محاسبه می‌شوند. شکل ۹ مثالی از نحوه محاسبه اندیسه‌های ورودی را برای یک زیر - کلمه نمونه نشان می‌دهد. اندیس ورودی مربوط به این زیر- کلمه $ul_ml_uh_ml_uh_mh_ul$ است که اگر برچسبها را با کد آنها نشان دهیم بصورت ۱۳۲۳۲۴۱ خواهد شد.



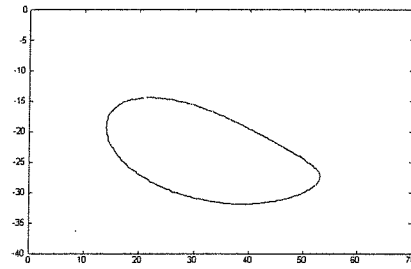
n=1



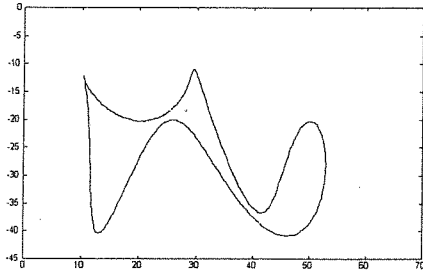
شکل اصلی (n=254)



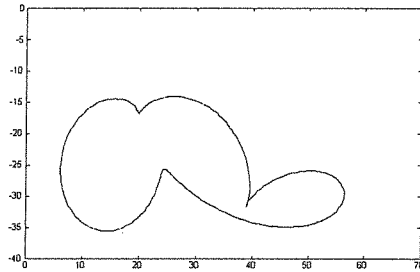
n=3



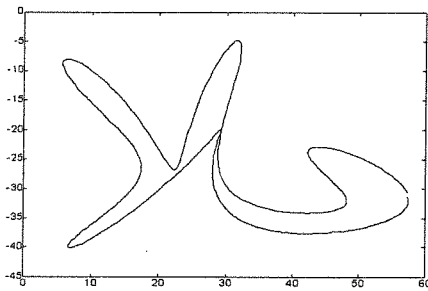
n=2



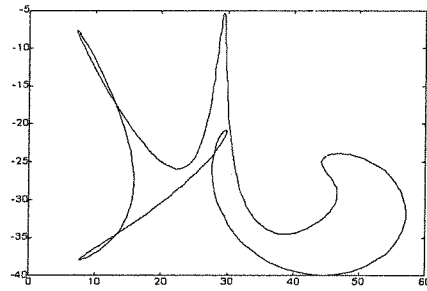
n=5



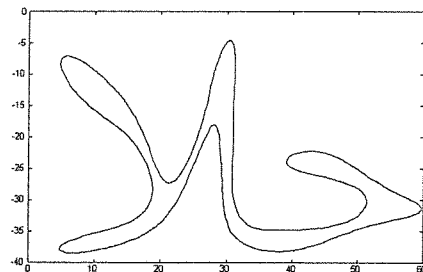
n=4



n=7

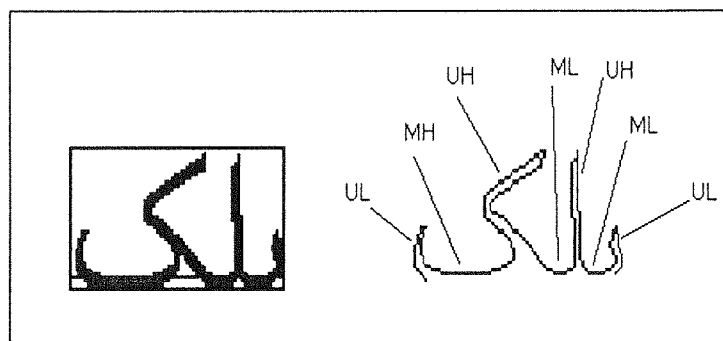


n=6



n=16

شکل (۸)
 بازسازی کانتور زیر کلمه "حالا"
 با تعداد متفاوتی از توصیفگرهای فوریه.



مدخل (۱۳۲۳۲۴۱) $ul_ml_uh_ml_uh_mh$
 شکل (۹) یک مثال از نحوه محاسبه مدخل دیکشنری.

۵-۳- شکل نهایی دیکشنری با برجسب های کانتور بالایی

برای تشکیل و مراجعه به دیکشنری، ابتدا کانتور پیرامونی زیر- کلمات تعیین می شود و کانتور بالایی محاسبه می شود. با در اختیار داشتن اطلاعات مربوط به نوار زمینه و الگوریتم ذکر شده در مرجع [عزومی ۱۳۷۶]، پاره مسیره های کانتور بالایی و برجسب های آن تعیین می شوند. در این دیکشنری تعداد ویژگیها ثابت نیست و از زیر- کلمه ای به زیر- کلمه دیگر تغییر می کند، بعبارت دیگر تعداد ویژگیها که همان طول مدخل است، خود می تواند باعث تمایز زیر- کلمات شود. نمای کلی این دیکشنری مشابه شکل ۷ است با این تفاوت که در اینجا تعداد ویژگیها ثابت نیست.

۶- مقایسه دیکشنری ها

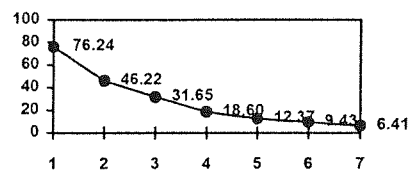
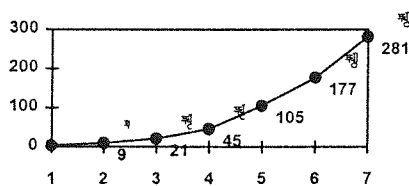
برای بررسی خصوصیات دیکشنری های طراحی شده، نمونه هایی از ۵ قلم مختلف A, B, C, D, E و از هر قلم ۵ اندازه برای مجموعه زیر- کلمات دو حرفی، شامل ۱۴۷ بدنه، در نظر گرفته شده اند. این مجموعه داده ها شامل ۳۶۷۵ تصویر زیر- کلمه است. شکل ۱۰ نمونه هایی را از مجموعه داده ها نشان می دهد.

۶-۱- تنظیم پارامترهای دیکشنری ها

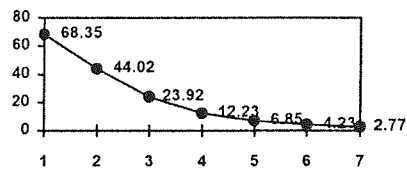
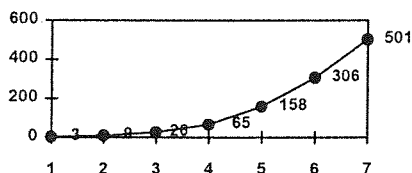
برای اینکه نتایج آزمایشها قابل مقایسه باشند، لازم است تعداد ویژگیهای ورودی هر دیکشنری طوری انتخاب شوند که اندازه متوسط همسایگی ها تقریباً در حدود یکدیگر باشد. اندازه متوسط همسایگی ها معیاری از کارایی دیکشنری است. این اندازه نشان می دهد که سیستم مورد نظر، مسئله بازشناسی را نهایتاً بطور متوسط به بازشناسی در چند کلاس تبدیل می کند. به این منظور ابتدا اندازه متوسط ویژگیها در دیکشنری برجسب های کانتور بالایی، که تعداد ویژگیهای آن قابل تغییر نیست، برای مجموعه داده ها تعیین شد. این اندازه ۱۷/۷۹ است. آنگاه با تغییر تعداد ویژگیها برای دو دیکشنری دیگر، اندازه متوسط همسایگی ها و تعداد مدخلها، که از مشخصه های اصلی دیکشنری هستند، تعیین شدند. شکل ۱۱ نحوه تغییر مشخصات دو دیکشنری را نشان میدهد.

قلم A	قلم B	قلم C	قلم D	قلم E
حک	حک	حک	حک	حک
صر	صر	صر	صر	صر
مک	مک	مک	مک	مک

شکل (۱۰) نمونه‌هایی از مجموعه داده‌ها.



دیکشنری مکان مشخصه



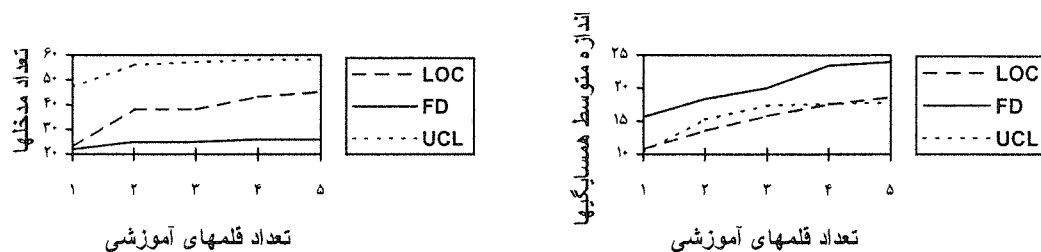
دیکشنری توصیفگرهای فوریه

شکل (۱۱) اثر تعداد ویژگیهای انتخاب شده در مشخصات دیکشنری‌ها.

با توجه به مشخصه‌های شکل ۱۱، برای دیکشنری‌های مکان مشخصه و توصیفگرهای فوریه تعداد ویژگیها به ترتیب برابر با ۳ و ۴ انتخاب شدند. با این انتخاب، اندازه متوسط همسایگی‌ها برای این دو دیکشنری به ترتیب $18/6$ و $23/92$ است. این مقدار برای دیکشنری برچسب‌های کانتور بالای نیز همانطور که قبلاً ذکر شد برابر $17/79$ است. بعد از محاسبه تعداد ویژگیها یا به عبارت دیگر طول مدخلهای دو دیکشنری اول و دوم، آزمایشهای مختلفی روی مشخصات این سه دیکشنری انجام شده است. در بخش بعد آزمایشهای انجام شده و نتایج حاصل بطور مختصر آورده شده است.

۲-۶- اثر اضافه کردن قلم جدید روی مشخصه دیکشنری

اثر اضافه کردن قلم جدید در تعداد مدخلهای دیکشنری و اندازه متوسط همسایگی‌ها برای سه دیکشنری مختلف در شکل ۱۲ نشان داده شده است. همانطور که در این شکل دیده می‌شود، با افزایش قلمهای جدید بطور کلی اندازه متوسط همسایگی‌ها افزایش پیدا میکند، اما بتدریج با افزایش تعداد قلمهای آموزش روند افزایش کند شده و منحنی به حالت یکنواخت



شکل (۱۲) بررسی اثر آموزش قلمهای جدید در خصوصیات دیکشنری‌های تصویری مکان مشخصه (LOC)، توصیفگرهای فوریه (FD) و برچسب‌های کانتور بالایی (UCL).

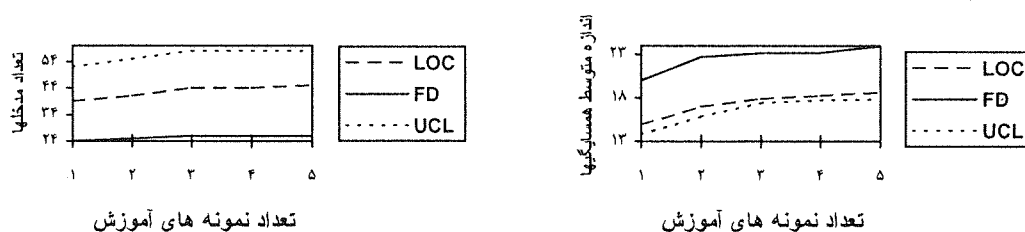
۶-۳ اثر آموزش نمونه‌های جدید روی مشخصه دیکشنری

اثر افزایش نمونه‌های آموزش به دیکشنری روی مشخصات آن در شکل ۱۳ نشان داده شده است. هر نقطه از منحنی نشان‌دهنده افزایش یک نمونه جدید از هر قلم است. تعداد قلمهای آموزش پنج است. نتایج حاصل از این منحنی‌ها نشان‌دهنده این است که با افزایش نمونه‌های آموزش به دیکشنری تغییرات تعداد مدخها و اندازه متوسط همسایگی‌ها کاهش می‌یابد.

۶-۴ بررسی میزان بازشناسی، خطا و وازدگی در دیکشنری‌های تصویری

بازشناسی درست یک زیر-کلمه ورودی به معنی دسته‌بندی آن در همسایگی درست است. خطا به معنی دسته‌بندی در یک همسایگی است که حاوی زیر-کلمه ورودی نباشد و وازدگی به این معنی است که مدخل ایجاد شده برای زیر-کلمه در مجموعه مدخلهای دیکشنری نیست. این آزمایش برای دو حالت انجام شده است. حالت اول مربوط به نمونه‌های جدید از قلمهای آموخته شده به سیستم است و حالت دوم مربوط به نمونه‌های قلمی است که به سیستم آموخته نشده است. نتایج این دو آزمایش قابلیت دیکشنری را برای دسته‌بندی صحیح نمونه‌های جدید و قابلیت تعمیم آنرا برای قلمهای جدید نشان می‌دهد.

نتایج کلی حاصل از بررسی دیکشنری‌های طراحی شده از لحاظ میزان بازشناسی درست، خطا در بازشناسی و وازدگی برای قلمهای آموخته شده به سیستم و قلمهای جدید برای دیکشنری‌های مختلف به ترتیب در جدولهای ۱، ۲ و ۳ آورده شده است.



شکل (۱۳) بررسی اثر آموزش نمونه‌های جدید در خصوصیات دیکشنری‌های تصویری مکان مشخصه (LOC)، توصیفگرهای فوریه (FD) و برچسب‌های کانتور بالایی (UCL).

جدول (۱) نتایج دیکشنری مکان مشخصه.

درصد بازشناسی	درصد خطا	درصد وازدگی	
۸۵/۴۳	۱۴/۰۳	۰/۵۴	نتایج بازشناسی برای نمونه های قلم آموزش داده نشده به سیستم
۹۸/۲	۱/۸	۰/۰	نتایج بازشناسی برای نمونه های قلم آموزش داده شده به سیستم

جدول (۲) نتایج دیکشنری توصیفگرهای فوریه.

درصد بازشناسی	درصد خطا	درصد وازدگی	
۹۰/۶۵	۹/۳۱	۰/۰۳	نتایج بازشناسی برای نمونه های قلم آموزش داده نشده به سیستم
۹۸/۶۵	۱/۳۵	۰/۰	نتایج بازشناسی برای نمونه های قلم آموزش داده شده به سیستم

جدول (۳) نتایج دیکشنری برچسبهای کانتور بالایی.

درصد بازشناسی	درصد خطا	درصد وازدگی	
۹۴/۸۹	۴/۳۵	۰/۸۲	نتایج بازشناسی برای نمونه های قلم آموزش داده نشده به سیستم
۹۹/۴	۰/۶	۰/۰	نتایج بازشناسی برای نمونه های قلم آموزش داده شده به سیستم

۶-۵- بررسی یک نمونه همسایگی ایجاد شده در سه دیکشنری

برای مثالی از عملکرد دیکشنری های تصویری، زیر- کلمه "مل" به هر سه دیکشنری ارائه شد. مدخل و همسایگی های انتخاب شده در جدول ۴ نشان داده شده است. با دقت در همسایگی ها مشاهده می شود که نوع همسایگی انتخاب شده تابع ویژگیهای بکارگرفته شده در طراحی دیکشنری است. در عین حال زیر- کلماتی وجود دارند که بین دو دیکشنری یا بین هر سه دیکشنری مشترک هستند. فهرست این زیر- کلمات به قرار زیر است:

زیر- کلمات همسایه "مل" مشترک بین دیکشنری های مکان مشخصه و توصیفگرهای فوریه:

{ بل ، حل ، سل ، عل ، فل ، مل ، هل }

زیر- کلمات همسایه "مل" مشترک بین دیکشنری های مکان مشخصه و برچسب های کانتور بالایی:

{ بل ، سل ، صل ، مل }

زیر- کلمات همسایه "مل" مشترک بین دیکشنری های توصیفگرهای فوریه و برچسب های کانتور بالایی:

{ بل ، بع ، سل ، مل ، مع }

زیر- کلمات همسایه "مل" مشترک بین هر سه دیکشنری: { بل ، سل ، مل }

۷- نتیجه گیری

در این تحقیق چگونگی تشکیل سه نوع دیکشنری با استفاده از ویژگیهای تصویری متفاوت بیان شد. بررسی نحوه ایجاد این دیکشنری ها و آزمایشهای انجام شده روی آنها نشان می دهد که هر سه آنها در جای خود کاربرد دارند. مزایای نسبی دیکشنری ها، می تواند ما را در انتخاب آنها یاری دهد. بعنوان مثال بعضی از عوامل مورد نظر در انتخاب دیکشنری و مزایای نسبی دیکشنری ها با توجه به هر عامل در زیر آورده شده است:

حجم محاسبات) دیکشنریهای مکان مشخصه و توصیفگرهای فوریه هر دو حجم محاسباتی بالایی دارند، ولی دیکشنری برچسب های کانتور بالایی حجم محاسبه کمتری دارد.

قابلیت تعمیم یک معیار برای بررسی این عامل میزان بازشناسی قلم جدید است. همانطور که از نتایج بخش قبل مشهود است، میزان بازشناسی قلم جدید برای سه دیکشنری به ترتیب ۸۵/۴۳، ۹۰/۶۵ و ۹۴/۸۹ در صد است، که نشان دهنده مزیت دیکشنری برچسب های کانتور بالایی است.

جدول (۴) مقایسه همسایگی های انتخاب شده برای زیر کلمه "مل".

نوع دیکشنری	مکان مشخصه	توصیف کننده های فوریه	برچسب های کانتور بالایی
مدخل	۱۲۳۱	۲۱۱	۱۳۲۶
اندازه همسایگی	۱۴	۱۶	۱۴
زیر- کلمات همسایه	بد	بل	بم
	بل	بع	بل
	حل	حل	بص
	حد	سل	بع
	حک	طم	بع
	سل	طع	سل
	صل	طر	سر
	عل	عل	سن
	عک	فل	صل
	فل	فع	لک
	مد	لل	لن
	مل	لع	مل
	هل	لج	مع
	هک	مع	مص
		مل	
		هل	

آموزش پذیری منحنی های بخش ۷ نشان می دهد که هر سه دیکشنری آموزش پذیر هستند و با افزودن نمونه های آموزش، میزان شناسایی آنها افزایش می یابد. میزان بازشناسی نمونه های جدید از قلم های آموخته شده به سیستم برای هر سه دیکشنری مقدار بالایی است و به ترتیب ۹۸/۲، ۹۸/۶۵ و ۹۹/۴ درصد است.

قابلیت تنظیم) در دیکشنری مکان مشخصه با انتخاب تعداد ویژگیها و در دیکشنری توصیف کننده های فوریه با انتخاب تعداد و نوع ویژگیها می توان دیکشنری را برای یک مسئله خاص بهینه کرد. اما در دیکشنری برچسب های کانتور بالایی امکان تنظیم و بهینه سازی کمتر است.

متوسط اندازه همسایگیها) طراحی سه دیکشنری به شکلی بوده است که متوسط اندازه همسایگیها در دیکشنری های مختلف در حد هم باشند. این مقدار برای سه دیکشنری مورد نظر به ترتیب ۱۸/۶، ۲۳/۹۲ و ۱۷/۷۹ است. همانطور که ملاحظه می شود از این لحاظ نیز دیکشنری برچسب های کانتور بالایی نسبت به دو دیکشنری دیگر مزیت دارد.

آزمایشهای انجام شده روی سه دیکشنری پیشنهادی در این تحقیق روی مجموعه زیر-کلمات دو حرفی است. علت انتخاب این زیر-کلمات کم بودن تعداد نمونه های لازم برای بررسی است. برای ۵ قلم مختلف و از هر قلم ۵ نمونه مجموعه تصاویر مورد بررسی در این حالت ۳۳۵۰ است. اگر بخواهیم این آزمایشها را روی زیر-کلمات سه یا چهار حرفی انجام دهیم، مجموعه تصاویر مورد نظر به ترتیب به ۲۲۱۷۵ و ۴۳۴۵۰ می رسد. این تعداد زیاد تصاویر انجام آزمایشهای لازم را عملاً با مشکل روبرو می کند. برای دیکشنری برچسب های کانتور بالایی که مشخصه مناسب تری دارد، آزمایشهای لازم روی مجموعه زیر-کلمات ۲، ۳ و ۴ حرفی انجام شده است. تعداد تصاویر در این حالت ۶۹۳۰۰ است که از نمونه های پنج قلم در پنج اندازه تشکیل شده اند. اندازه نهایی متوسط همسایگیها برای پنج قلم آموخته شده به سیستم ۷۴/۳۷ و تعداد مدخلهای ورودی در این حالت ۲۷۱ است. میزان بازشناسی در مورد نمونه هایی از قلم های آموخته شده به سیستم ۹۸/۶۱ درصد و برای نمونه هایی از قلم های آموخته نشده به سیستم ۹۱/۸۵ درصد است.



این تحقیق در چهارچوب طرح ملی «بازشناسی متون چاپی و حجم محدودی از کلمات دستنویس» انجام شده است.

زیر نویس‌ها

- 1-Entry
- 2-Fuzzy C Means
- 3-Hard C Means

مراجع

- [1] [شیر علی ۱۳۷۴]- شیر علی شهر رضا، محمد حسن، "تشخیص کلمات و ارقام دستنویس فارسی بوسیله شبکه های عصبی"، پایان نامه دکتری، دانشکده برق، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۷۴.
- [2] [عز می ۱۳۷۶]- عز می، رضا و کبیر، احسان‌اله، "جداسازی حروف در متون چاپی فارسی"، مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس مهندسی برق ایران، جلد ۵-الف، ص. ۳۰۲-۳۰۹، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، اردیبهشت ۱۳۷۶.
- [3] [عز می ۱۳۷۷]- عز می، رضا و کبیر، احسان‌اله، "ایجاد یک دیکشنری از زیر-کلمات چاپی با ویژگیهای تصویری و برجسته‌های فازی"، مجموعه مقالات ششمین کنفرانس مهندسی برق ایران، جلد ۳، ص. ۱۴۷-۱۵۱، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، اردیبهشت ۱۳۷۷.
- [4] [عز می ۱۳۷۸ الف]- عز می، رضا، "بازشناسی متون چاپی فارسی"، رساله دکتری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۸.
- [5] [عز می ۱۳۷۸ ب]- عز می، رضا، کبیر، احسان‌اله، "معرفی روش جدیدی برای جداسازی حروف در متون چاپی بدون توجه به نوع قلم"، نشریه استقلال، سال ۱۸، شماره ۲، ص. ۱ تا ۱۰، ۱۳۷۸.
- [6] [عز می ۱۳۸۰]- عز می، رضا، کبیر، احسان‌اله، بدیع، کامبیز، "ارائه یک الگوریتم دسته بندی برای بازشناسی زیر کلمات چاپی"، مجله بین‌المللی علوم مهندسی، جلد ۱۲، شماره ۱، ص. ۳۹ تا ۴۹، ۱۳۸۰.
- [7] [عز می ۱۳۸۲]- عز می، رضا، کبیر، احسان‌اله، بدیع، کامبیز، "بازشناسی حروف چاپی با استفاده از ویژگیهای منحنی پیرامونی"، مجله علوم و مهندسی کامپیوتر، جلد ۱، شماره ۱ (الف)، ص. ۲۹ تا ۳۷، ۱۳۸۲.
- [8] [کبیر ۱۳۷۲]- کبیر، احسان‌اله، بهاری، کورش، احمد زاده، محمد رضا، "بازشناسی متون تایپ شده فارسی"، مجموعه مقالات اولین کنفرانس برق ایران، جلد دوم، صفحات ۱۲۸۵ الی ۲۹۴، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران، اردیبهشت ۱۳۷۲.
- [9] [نظام‌آبادی‌آبادی پور ۱۳۷۹]- نظام‌آبادی‌آبادی پور، حسین، کبیر، احسان‌اله، عز می، رضا، "جداسازی حروف در متون چاپی قدیمی"، ششمین کنفرانس انجمن کامپیوتر ایران، ص. ۵۷۹ تا ۵۹۰، ۱۳۷۹.
- [10] [Amin 1998]- Amin, A., "Off-line Arabic character recognition: The state of the art", Pattern Recognition, Vol.31, No. 5, pp. 517-530, 1998.
- [11] [Arica 2001]- Arica, N., Yarman-Vural, F. T., "An overview of character recognition focused on off-line handwriting", IEEE Trans. S.M.C., Part C: Applications and Reviews, Vol. 31, No. 2, pp. 216-233, 2001.
- [12] [Azmi 1996]- Azmi, R. and Kabir E., "A recognition algorithm for hand-printed Farsi characters", Proc. of ICT96 Conf. Istanbul, Turkey 1996, pp.852-855,1996.
- [13] [Azmi 2001]- Azmi, R. Kabir, E., "A new segmentation technique for omnifont Farsi text", Pattern Recognition Letters, Vol. 22, No. 2, pp. 97-104, 2001.
- [14] [Haber 1981]- Haber, R. N. and Haber L. R., "Visual components of reading process", Visible Language, XV, 2, pp.147-181, 1981.
- [15] [Hull 1985]- Hull, J. J., "Word shape analysis in a knowledge-based system for reading text", IEEE Second Conf. on Artificial Intell. Applications, Vol. 2, pp. 114-119, 1985.
- [16] [Hull 1986]- Hull, J. J. and Srihari, S., N. "A computational approach to visual word recognition: hypothesis generation and testing", IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol.5, pp.156-161, 1986.
- [17] [Lu 1995]- Lu, Y. "Machine printed character segmentation - An overview", Pattern Recognition, Vol. 28, No. 1, pp. 67-80, 1995.
- [18] [Mahmood 1994]- Mahmood, S., "Arabic character recognition using Fourier descriptors and character encoding", Pattern Recognition, Vol. 27, No. 6, pp. 815-824, 1994.
- [19] [Mori 1992]- Mori, S., Suen, C. Y. and Yamamoto, K., "Historical review of OCR research and development", Proc. of IEEE, Vol. 80, No 7, pp.1029-1058, July 1992.
- [20] [Pal 1986]- Pal, S. K., Fuzzy mathematical approach to pattern recognition, Wiley Eastern Limited, 1986.
- [21] [Terier 1996]- Terier, O. D., Jain, A. K., Taxt, T. "Feature extraction methods for character recognition - A survey", Pattern Recognition, Vol. 29, No. 4, pp. 641-662, 1996.