

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق - الکترونیک

## بازشناسی برون خط کلمات دست‌نوشته فارسی در یک مجموعه‌ای از لغات

الهام بایسته تاشک

استاد راهنما:

دکتر علیرضا احمدی فرد

استاد مشاور:

دکتر حسین خسروی

زمستان 1390

## تعهد نامه

اینجانب ..... الهام بایسته تاشک..... دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته .... مهندسی برق گرایش الکترونیک..... دانشکده مهندسی برق و رباتیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه با عنوان: ..... بازشناسی برون خط کلمات دست نوشته فارسی در یک مجموعه‌ای از لغات.....

تحت راهنمایی آقای دکتر ..... علیرضا احمدی فرد..... متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا «Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ:

امضاء دانشجو:

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها، تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.



مدیریت تحصیلات تکمیلی

شماره :  
تاریخ :  
ویرایش :

### بسمه تعالی

#### فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای ..... الهام بایسته تاشک..... رشته ..... مهندسی برق..... گرایش ..... الکترونیک..... تحت عنوان..... بازشناسی برون خط کلمات دست‌نوشته فارسی در یک مجموعه‌ای از لغات.....

که در تاریخ ..... با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول ( با درجه : ..... امتیاز : ..... )  دفاع مجدد  مردود

1- عالی ( 19 - 20 )  
2- بسیار خوب ( 18 - 18/99 )

3- خوب ( 16 - 17/99 )  
4- قابل قبول ( 14 - 15/99 )

5- نمره کمتر از 14 غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
1- استاد راهنما			
2- استاد مشاور			
3- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی			
4- استاد ممتحن			
5- استاد ممتحن			

رئیس دانشکده :

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم و

همسر مهربانم که همیشه مشوق بنده بوده‌اند.

## تشکر و قدردانی

بر خود لازم می دانم مراتب سپاس و قدردانی خویش را از جناب آقای دکتر علیرضا احمدی فرد که با راهنمایی دقیق و مستمر در شکل گیری این پایان نامه نقش مهمی داشتند، ابراز نمایم. بی شک نظرات و کمک های ایشان تأثیر بسزایی در پیشبرد هر چه بهتر و سریعتر این پایان نامه داشته است. همچنین از تذکرات خردمندانه جناب آقای دکتر خسروی قدردانی می کنم.

## چکیده

در این پایان‌نامه بازنشاسی برون خط کلمات دست‌نوشته فارسی در یک فرهنگ لغت محدود مورد مطالعه قرار می‌گیرد. برای این منظور یک روش دو مرحله‌ای پیشنهاد می‌گردد. در مرحله نخست توسط الگوریتم‌های خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی و ISOCLUS کلمات موجود در فرهنگ لغت بر اساس تشابه خوشه‌بندی می‌شوند. ویژگی‌های تشابهی به کار رفته در این مرحله، بردارهای پروفایل بالا، پایین، پروژکشن عمودی و تعداد گذر از سیاه به سفید برای هر ستون تصویر است. برای کاهش ابعاد ویژگی‌های استخراج شده و محدود کردن آشفتگی این سیگنال‌ها از تبدیل موجک یک بعدی استفاده شده است. برای اندازه‌گیری تشابه بردارهای ویژگی‌های دو کلمه از معیار فاصله DTW استفاده می‌کنیم. میانگین هر خوشه در فضای ویژگی‌ها به عنوان نماینده آن خوشه و مدخل مشترک اعضای آن خوشه در فرهنگ لغت تصویری، در نظر گرفته می‌شود. تعداد کلمات موجود در فرهنگ لغت مورد مطالعه 16000 کلمه از 503 شهر ایران می‌باشد که "ایران شهر" نام دارد. در این مرحله کلمات دست‌نوشته در 62 خوشه قرار می‌گیرند. در مرحله شناسایی کلمه ورودی، با انتخاب 5 خوشه نزدیک به کلمه دست‌نوشته مورد آزمون با دقت 94% حدود 77% از کلمات مورد بررسی کاهش خواهد یافت.

در مرحله دوم بازنشاسی، یکی از کلمات کاندید بدست آمده از مرحله اول می‌بایست بعنوان کلمه مورد آزمون تشخیص داده شود. در این مرحله از ویژگی هیستوگرام گرادیان روشنایی محلی استفاده می‌کنیم. برای این منظور گرادیان تصویر کلمه ورودی بلوک‌بندی می‌شود. در این پایان‌نامه دو روش بلوک‌بندی تطبیقی برای بهبود عملکرد بازنشاسی پیشنهاد می‌گردد. در روش اول اندازه بلوک‌ها بر اساس توزیع پیکسل‌های سیاه (قلم) تنظیم می‌شوند و در روش دوم اجزاء اصلی کلمات دست‌نوشته به طور جداگانه بلوک‌بندی و سپس با هم ترکیب می‌شوند. بردارهای ویژگی مبتنی بر گرادیان کلمه

ورودی با بردارهای ویژگی حاصل از کلمات کاندید در فرهنگ لغت در یک طبقه بند مقایسه می شوند. برای این منظور از کلاسه‌بندهای K نزدیکترین همسایه و SVM چند کلاسه استفاده می‌شود. نتایج بازشناسی کلمات دست نوشته پایگاه داده "ایران شهر" نشان می‌دهد که مرحله کاهش کاندید ها در فرهنگ لغت باعث افزایش نسبی دقت و سرعت می‌شود. این به دلیل حذف کلمات نامتشابه در بازشناسی کلمه دست نوشته مورد بررسی است. همچنین روش پیشنهادی بلوک بندی تطبیقی در استخراج ویژگی هیستوگرام گرادیان محلی باعث بهبود 13 درصدی دقت سیستم بازشناسی می‌شود.

**کلمات کلیدی:** بازشناسی کلمه دست نوشته، کاهش فرهنگ لغت، الگوریتم خوشه بندی ISOCLUS، الگوریتم خوشه‌بندی سلسله مراتبی، الگوریتم DTW، هیستوگرام گرادیان محلی، کلاسه بند k نزدیکترین همسایه، کلاسه بند SVM چند کلاسه



## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست شکل ها	ث
فهرست جدول ها	خ
فصل اول: مقدمه	۲
1-1 بازشناسی دست نوشته	2
2-1 سیستم بازشناسی کلمات دست نوشته برون خط	4
3-1 مشخصات زبان فارسی	8
4-1 هدف پایاننامه	11
5-1 ساختار پایان نامه	11
فصل دوم: مروری بر فعالیتهای انجام شده در زمینه بازشناسی کلمه دستنوشته	۱۴
1-2 روشهای مبتنی بر ویژگیهای ساختاری	14
2-2 روشهای مبتنی بر ویژگیهای آماری	18
3-2 روشهای مبتنی بر ویژگیهای محلی	23
4-2 نتیجه گیری	32
فصل سوم: مباحث نظری	۳۵
1-3 استخراج ویژگی	35
1-1-3 ویژگی های مبتنی بر شکل	35
2-1-3 روشهای توصیف شکل	35
3-1-3 شکل کلی کلمات	38
1-3-1-3 پروفایل بالا و پایین	39
2-3-1-3 پروفایل پروژکشن عمودی	39
3-3-1-3 پروفایل گذر سیاه / سفید	39
4-3-1-3 ویژگی هیستوگرام گرادیان روشنایی محلی	41
2-3 روش های خوشه بندی	43
1-2-3 تعریف خوشه بندی	43
2-2-3 الگوریتم های خوشه بندی	46

46.....	1-2-2-3 الگوریتم های ترتیبی
47.....	2-2-2-3 الگوریتم های سلسله مراتبی
49.....	3-2-2-3 الگوریتم های خوشه بندی افزای
52.....	4-2-2-3 الگوریتم های مبتنی بر تراکم
52.....	5-2-2-3 الگوریتم های مبتنی بر شبکه
53.....	3-2-3 مقایسه الگوریتم های خوشه بندی
55.....	3-3 معیار فاصله
55.....	1-3-3 معیار فاصله مینکوسکی
55.....	2-3-3 معیار فاصله زاویه ای
55.....	3-3-3 الگوریتم DTW
57.....	4-3 ماشین بردار پشتیبان چند کلاسه
58.....	1-4-3 استراتژی یکی در مقابل همه
58.....	2-4-3 استراتژی یکی در مقابل یکی
59.....	3-4-3 BSVM
۶۲.....	<b>فصل چهارم: پیش پردازش</b>
62.....	1-4 مقدمه
63.....	2-4 باینری کردن
64.....	1-2-4 روش پیشنهادی توسط Otsu
66.....	2-2-4 روش پیشنهادی توسط Manmatha و Wu
67.....	3-4 هموار سازی و حذف نویز
68.....	4-4 اصلاح انحراف خط اصلی
69.....	5-4 اصلاح کجی
69.....	4-5-1 تبدیل shear افقی
70.....	4-5-2 الگوریتم اصلاح کجی بر اساس پروفایل پروژکشن عمودی
72.....	4-5-3 الگوریتم اصلاح کجی بر اساس هیستوگرام زاویه
75.....	4-6 آنالیز زیر کلمات
76.....	4-6-1 الگوریتم کشیدن
77.....	4-7 نازک سازی

78.....	1-7-4 الگوریتم پیشنهادی توسط Haung
80.....	2-7-4 الگوریتم پیشنهادی توسط Hilditch و همکارانش
81.....	8-4 نرمال سازی ابعاد
۸۵.....	فصل پنجم: الگوریتم پیشنهادی و نتایج ارزیابی آن
85.....	1-5 مقدمه
85.....	2-5 مرحله اول: کاهش فرهنگ لغت
89.....	1-2-5 الگوریتم ISOCLUS
91.....	2-2-5 الگوریتم سلسله مراتبی
93.....	3-2-5 معیار عملکرد الگوریتم کاهش فرهنگ لغت
94.....	4-2-5 نتایج مرحله کاهش فرهنگ لغت
98.....	3-5 مرحله دوم: بازشناسی کلمه آزمون ورودی
100.....	1-3-5 روش پیشنهادی اول
100.....	2-3-5 روش پیشنهادی دوم
106.....	3-3-5 نتایج مرحله بازشناسی
۱۱۵.....	فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات

## فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل 1-1 . یک مدل کلی برای سیستم های بازشناسی دست نوشته برون خط .....	۶
شکل 2-1 . زیر کلماتی که قطعه بندی آنها مشکل است [37]. .....	۶
شکل 1-2 . برخی از ویژگی های ساختاری در کلمات فارسی .....	۱۴
شکل 2-2 . روش هیستوگرام برای استخراج نواحی مختلف مانند پایین رونده ها و بالارونده ها [11] .....	۱۶
شکل 3-2 . تصویر نرمال شده و پروفایل بالایی و پروفایل پروژکشن تصویر [17] .....	۱۹
شکل 4-2 . الگوریتم ارائه شده در تحقیق [45] .....	۲۰
شکل 5-2 . الگوریتم ارائه شده در تحقیق [10] .....	۲۱
شکل 6-2 . سه تصویر کلمه (A), (B), (C) و در زیر هر کدام تصویر قطبی نرمالیزه اش [6] .....	۲۲
شکل 7-2 . الگوریتم روش [20] .....	۲۴
شکل 8-2 . نحوه نوشتن نقاط در دست نوشته ها [9] .....	۲۵
شکل 9-2 . نحوه استخراج ویژگی انتقال در تحقیق [9] .....	۲۵
شکل 10-2 . دو نوع ترتیب زیگزاگ برای استخراج ضرایب DCT [8] .....	۲۷
شکل 11-2 . نمای کلی سیستم پیشنهاد شده در [7] .....	۲۹
شکل 12-2 . نحوه بلوک بندی تصاویر در [7] .....	۲۹
شکل 13-2 . نحوه لغزش پنجره فرم بندی شده در امتداد تصویر [15] .....	۳۰
شکل 14-2 . نحوه استخراج ویژگی خمیدگی در [15] .....	۳۱
شکل 1-3 . طبقه بندی روش های نمایش و توصیف شکل گرفته شده از [23] .....	۳۷
شکل 2-3 . نحوه تطبیق کلمه ورودی با کلمات واژه نامه و تولید یک رتبه بندی از کلمات مشابه .....	۳۸
شکل 3-3 . تصویر کلمه دست نوشته، پروفایل پایین، پروفایل بالا، پروفایل پروژکشن عمودی، گذر سیاه به سفید .....	۴۰
شکل 4-3 . عملگر های سو بل .....	۴۱
شکل 5-3 . الف- تصویر ورودی ب- اندازه گرادیان پ- جهت گرادیان .....	۴۲
شکل 6-3 . کوانتیزه کردن با تجزیه بردار جهت گرادیان .....	۴۲

- شکل 3-7. مراحل فرآیند خوشه بندی گرفته شده از [46]..... ۴۵
- شکل 3-8. نتیجه یک خوشه بندی بزرگ دو خوشه، و خوشه بندی کوچک چهار خوشه شده است..... ۴۶
- شکل 3-9. دندروگرام یک الگوریتم سلسله مراتبی جمع کننده و افراز های تشکیل شده از آن..... ۴۹
- شکل 3-10. محاسبه فاصله انطباق دو مجموعه زمانی..... ۵۶
- شکل 3-11. محدودیت های استفاده شده برای پیاده سازی الگوریتم DTW..... ۵۷
- شکل 4-1. به کار بردن الگوریتم OTSU بر روی تصویر دست نوشته..... ۶۶
- شکل 4-2. مقایسه دو روش OTSU و WU در یک تصویر با پیش زمینه پیچیده..... ۶۷
- شکل 4-3. نمونه ای از انحراف غیر یکنواخت یک متن دست نوشته..... ۶۸
- شکل 4-4. مثال هایی از کجی یکنواخت و غیر یکنواخت..... ۶۹
- شکل 4-5. تبدیل SHEAR..... ۷۰
- شکل 4-6. هیستوگرام عمودی تصاویر کج شده با زاویه های مختلف..... ۷۱
- شکل 4-7. محاسبه زاویه کجی با استفاده از معیار SD..... ۷۱
- شکل 4-8. مراحل اجرای الگوریتم اصلاح کجی تصویر بر اساس هیستوگرام زاویه..... ۷۳
- شکل 4-9. به کار بردن قوانین برای هموار کردن کردن لبه های تصویر اصلاح شده توسط تبدیل SHEAR..... ۷۵
- شکل 4-10. حذف فضای خالی بین زیر کلمات..... ۷۶
- شکل 4-11. کشیدن بعضی حروف باعث ایجاد خطا در پیدا کردن خط اصلی می شود..... ۷۷
- شکل 4-12. مراحل اجرای الگوریتم کشیدن..... ۷۷
- شکل 4-13. همسایه هشت تایی پیکسل  $p$ ..... ۷۸
- شکل 4-14. الف- تصویر کلمه. ب- اسکلت کلمه با الگوریتم HILDITCH پ- اسکلت کلمه با الگوریتم HAUNG..... ۸۱
- شکل 4-15. الف- تصویر ورودی ب- تصویر نرمال در صفحه مربعی L..... ۸۲
- شکل 5-1. مراحل خوشه بندی تصاویر کلمات دست نوشته..... ۸۶
- شکل 5-2. (الف) یک نمونه از کلمه دست نوشته (ب) پروفایل پایین (پ) پروفایل بالا (ت) پروفایل پروژکشن عمودی (ث) پروفایل گذر سیاه به سفید..... ۸۸
- شکل 5-3. (الف) پروفایل بالا (ب) بردار ضرایب تقریب تبدیل موجک..... ۸۹
- شکل 5-4. نمودار دندروگرام کامل مربوط به یکی از آزمایشات انجام شده..... ۹۲

- شکل 5-5. تصاویر یک کلمه با دست نوشته های متفاوت ..... ۹۲
- شکل 5-6. نمودار تعداد نمونه ها در هر خوشه ..... ۹۵
- شکل 5-7. نمودار تعداد کلمه ها در هر خوشه ..... ۹۵
- شکل 5-8. نمودار تعداد خوشه هایی که هر کلمه در آن قرار گرفته است ..... ۹۶
- شکل 5-9. مقایسه عملکرد الگوریتم DTW با معیار فاصله اقلیدسی و بلوک شهری ..... ۹۸
- شکل 5-10. (الف) و (ب) تصاویر اندازه گرادیان نمونه های یک کلاس و (پ) و (ت) تصاویر بلوک بندی شده با سایز بلوک های ثابت ..... ۹۹
- شکل 5-11. تصویر گرادیان بلوک بندی شده با بلوک های تطبیقی برای نمونه هایی از یک کلمه ..... ۱۰۰
- شکل 5-12. تصویر گرادیان اجزاء اصلی بلوک بندی شده کلمه دست نوشته ..... ۱۰۲
- شکل 5-13. الف- میزان پراکندگی درون کلاس  $S_w$  و ب- بین کلاس ها  $S_b$  و پ- نسبت  $S_b$  به  $S_w$  ..... ۱۰۴
- شکل 5-14. برخی از کلماتی که در جدا سازی مولفه های اصلی خطا داشته اند ..... ۱۰۵
- شکل 5-15. تعدادی از تصاویر کلمات دست نوشته که باعث ایجاد خطا شده اند ..... ۱۰۹
- شکل 5-16. تعدادی از تصاویر کلمات دست نوشته خوشه 22 ..... ۱۱۰
- شکل 5-17. تعدادی از تصاویر کلمات دست نوشته خوشه 10 ..... ۱۱۱
- شکل 5-18. تعدادی از تصاویر کلمات دست نوشته خوشه 15 ..... ۱۱۲
- شکل 5-19. تعدادی از تصاویر کلمات دست نوشته خوشه 43 ..... ۱۱۳

## فهرست جدول ها

صفحه	عنوان
۹	جدول 1-1 . شکل های مختلف حروف الفبای فارسی با توجه به محل قرار گرفتنش در کلمه .....
۱۵	جدول 1-2 . کد حروف الفبای انگلیسی .....
۵۴	جدول 1-3 . مقایسه الگوریتم های خوشه بندی .....
۸۲	جدول 1-4 . تابع های نگاشت برای نسبت ابعاد .....
۸۲	جدول 2-4 . نگاشت مختصات روشهای نرمال سازی مختلف .....
۹۷	جدول 1-5 . دقت، درجه کاهش و درجه تأثیر برای مقادیر مختلفی از N .....
	جدول 2-5 . عملکرد الگوریتم کاهش دهنده فرهنگ لغت پیشنهادی برای ترکیب های
۹۷	مختلفی از ویژگی ها .....
۱۰۶	جدول 3-5 . دقت بازشناسی برای ویژگی های مختلف .....
۱۰۷	جدول 4-5 . دقت و سرعت بازشناسی برای روش های مختلف .....
	جدول 5-5 . مقایسه دقت و زمان بازشناسی الگوریتم دو مرحله ای پیشنهادی با SVM چند
۱۰۸	کلاسه .....

## فصل اول

### مقدمه



## فصل اول: مقدمه

### 1-1 بازشناسی دست نوشته<sup>1</sup>

بازشناسی متون دست نوشته منجر به تبدیل اتوماتیک تصویر اسکن شده متون دست نوشته به متون ماشینی می شود. این یکی از کاربردهای مهم بازشناسی الگوهای تصویری است که مورد توجه بسیاری از محققین بخصوص در زبان های لاتین و چینی قرار گرفته است. بازشناسی یا پردازش اسناد، خواندن فرم های مخصوص (فرم های ثبت نام، کوپن ها، اسناد و اوراق بهادار و...)، خواندن و مرتب کردن اتوماتیک مرسولات پستی، خواندن خودکار چک های بانکی، بازیابی و مرتب کردن تصاویر متون دست نوشته تاریخی اسکن شده که بعضی از آنها کیفیت پایینی دارند، از کاربردهای مهم بازشناسی دست نوشته هستند.

بازشناسی دست نوشته می تواند در سطح کلمه و یا در سطح حروف انجام شود که برای این کار متون دست نوشته را به کلمه و کلمات را به حروف تشکیل دهنده اش تجزیه می کنند.

سیستم های بازشناسی کلمه دست نوشته موجود به خصوص برای زبان های لاتین و چینی قادرند با دقتی در حدود 99%-90%، البته با یک سری محدودیت های آزمایشی، کلمات دست نوشته را شناسایی کنند. یکی از رایج ترین محدودیت های سیستم های موجود این است که بیشتر این سیستم ها دارای یک فرهنگ لغت محدود هستند و تنها قادرند کلماتی را شناسایی کنند که در این فرهنگ لغت وجود داشته باشند. این فرهنگ لغت<sup>۲</sup> می تواند شامل 30 تا 1000 کلمه باشد [1].

هرچند که تعریف دقیقی برای بزرگی و یا کوچک بودن فرهنگ لغت وجود ندارد اما تعریف های زیر متداول است:

- فرهنگ لغت کوچک: دهها کلمه

---

<sup>1</sup> Handwritten Recognition  
<sup>۲</sup> lexicon

- فرهنگ لغت متوسط: صدها کلمه

- فرهنگ لغت بزرگ: هزارها کلمه

- فرهنگ لغت خیلی بزرگی: دهها هزار کلمه

هرچه تعداد کلمات موجود در فرهنگ لغت افزایش یابد، احتمال وجود کلمات مشابه در فرهنگ لغت بالا می‌رود و در نتیجه کار بازشناسی مشکل‌تر می‌شود. پیچیدگی محاسباتی سیستم بازشناسی نیز به اندازه فرهنگ لغت وابسته است و هرچه اندازه فرهنگ لغت افزایش یابد، با همان نسبت پیچیدگی محاسباتی بالا می‌رود.

در سیستم‌های شناسایی کلمه که در ارتباط با یک فرهنگ لغت بزرگ می‌باشند برای کاهش پیچیدگی محاسباتی و افزایش دقت و سرعت، تعداد کلمات مورد بررسی در فرآیند بازشناسی کلمه ورودی را کاهش می‌دهند که به این مکانیزم کاهش فرهنگ لغت<sup>۱</sup> یا هرس کردن<sup>۲</sup> گفته می‌شود.

البته این مرحله در برخی از سیستم‌های بازشناسی کلمه دست نوشته برون خط وجود دارد.

بعضی از سیستم‌ها مستقل از فرهنگ لغت می‌باشند یعنی قادرند هر کلمه که وارد سیستم شود را شناسایی کنند بدون اینکه متکی به فرهنگ لغت خاصی باشند ولی دقت این سیستم‌ها خیلی پایین‌تر از سیستم‌های با فرهنگ لغت محدود است. البته بعضی از روش‌ها که سعی در افزایش دقت نموده‌اند توجه‌ای به سرعت بازشناسی و پیچیدگی محاسبات نداشته‌اند.

به طور کلی بازشناسی کلمات دست نوشته<sup>۳</sup> را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد:

1- بازشناسی کلمه دست نوشته برون خط<sup>۴</sup> 2- بازشناسی کلمه دست نوشته بر خط<sup>۵</sup>

در سیستم‌های گروه اول فقط اطلاعات مکانی از تصاویر کلمات دست‌نوشته در دسترس است. اما در گروه دوم علاوه بر اطلاعات مکانی، اطلاعات زمانی و دینامیک حرکتی فرآیند نوشتن که از طریق قلم

---

<sup>۱</sup> Lexicon reduction

<sup>۲</sup> pruning

<sup>۳</sup> Handwritten word recognition(HWR)

<sup>۴</sup> Off line handwritten word recognition

<sup>۵</sup> On line handwritten word recognition

مغناطیسی به سیستم منتقل می‌گردد، نیز وجود دارد. این اطلاعات اضافی باعث شده که تحت شرایط آزمایشی مشابه سیستم‌های بر خط دقیق‌تر از سیستم‌های برون خط باشند. سیستم‌های بر خط با داشتن منبع اطلاعاتی اضافی می‌توانند از مدل‌های ساده‌تر که در بازشناسی گفتار نیز از آنها استفاده می‌شود، بهره ببرند. بیشتر این سیستم‌ها می‌توانند با فرهنگ لغت بزرگتری نسبت به سیستم‌های برون خط کار کنند [1].

این پایان نامه بر روی سیستم‌های بازشناسی کلمات دست نوشته برون خط متمرکز شده است.

## 2-1 سیستم بازشناسی کلمات دست نوشته برون خط

تکنیک‌های گسترده‌ای برای سیستم‌های بازشناسی کلمات دست نوشته برون خط ارائه شده است که همه آنها از یک مدل کلی پیروی می‌کنند که در شکل 1-1 نشان داده شده است.

این مدل در ابتدا تصویر کلمه دست نوشته را به عنوان ورودی دریافت می‌کند. برای تبدیل این تصویر به اطلاعات با معنی برای سیستم لازم است یک سری مراحل انجام شود. اولین مرحله پیش پردازش است. در این مرحله برای کاهش تغییرات نامناسب موجود در تصاویر کلمات یک سری عملیات شامل باینری کردن، اصلاح کجی و شیب در تصویر، حذف نویز، هموار سازی، نرمال کردن اندازه تصویر و... انجام می‌شود.

سیستم‌های بازشناسی دست نوشته برون خط را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

1- سیستم‌های مبتنی بر قطعه بندی<sup>1</sup> 2- سیستم‌های مستقل از قطعه بندی<sup>2</sup>

روش‌های مبتنی بر قطعه بندی که معمولاً روش‌های آنالیزی<sup>3</sup> گفته می‌شوند خود به دو گروه تقسیم می‌شوند. گروه اول روش‌هایی هستند که کلمات را به حروف تشکیل دهنده شان تجزیه می‌کنند و هر حرف را به طور مجزا، با استفاده از ویژگی‌های استخراج شده از آن بازشناسی می‌کنند. در این

---

<sup>1</sup> Segmentation based systems

<sup>2</sup> Segmentation free systems

<sup>3</sup> Analytical Approach

روش‌ها بازشناسی کلمه با استفاده از حروف شناخته شده و پس پردازش‌هایی مبنی بر فرهنگ لغت انجام می‌شود.

گروه دوم روش‌هایی هستند که کلمه را به واحدهای کوچکتر می‌شکنند و از هر واحد بدست آمده ویژگی استخراج می‌کنند. سپس با کنار هم قرار دادن این ویژگی‌ها یک توصیفگر کلمه استخراج می‌شود و به کمک آن در فرهنگ لغت بهترین گزینه را انتخاب می‌کنند [3].

در روش‌های بازشناسی کلمات دست نوشته فارسی مبتنی بر قطعه بندی، علاوه بر مشکلاتی مانند وجود نقاط، علائم و تنوع نحوه نوشتن، مشکل جداسازی بعضی حروف نیز وجود دارد. مثلاً در شکل 1-2 جدا کردن حروف نشان داده شده بسیار مشکل است.