

۱۳۷۸ / ۸ / ۲۰

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

رساله دکتری مهندسی برق

(الکترونیک)

بازشناسی متون چاپی فارسی

رضا عزمی

استاد راهنما

دکتر احسان اله کبیر

استاد مشاور

دکتر کامبیز بدیع

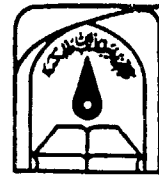
۳۱۱۵
۹

۱۳۷۸
۸
۲۰

۰۴۳۱۹

تابستان ۱۳۷۸

۲۷۰۶۳



دانشگاه تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

آقای رضا عزمی رساله دکتری ۲۴ واحدی خود را با عنوان بازشناسی متون چاپی فارسی در تاریخ ۷۸/۵/۲ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این رساله را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه دکتری مهندسی برق با گرایش الکترونیک پیشنهاد می کنند. ۱۹۰ ب ۲

اعضای هیات داوران

۱- استاد راهنما:

۲- استادان مشاور:

۴- استادان ممتحن:

۴- مدیر گروه:

(یا نماینده گروه تخصصی)

امضاء

نام و نام خانوادگی

آقای دکتر احسان اله کبیر

آقای دکتر کامییز بدیع

آقای دکتر -

آقای دکتر لطفی زاد

آقای دکتر قاسمیان

آقای دکتر صفابخش

آقای دکتر کارلوکس

آقای دکتر قاسمیان

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه / رساله مورد تأیید است.

امضای استاد راهنما:

۲۷۰۶۳

تقدیم

تقدیم به پدر و مادر عزیزم و
همسر مهربانم که همیشه مشوق من بوده اند

تشکر و قدردانی

برخود لازم می دانم مراتب سپاس و قدردانی خویش را از جناب آقای دکتر احسان اله کبیر که با راهنمایی دقیق و مستمر در شکل گیری مراحل مختلف رساله نقش مهمی داشتند، ابراز نمایم. همچنین از همفکرین و تذکرات خردمندانه جناب آقای دکتر کامبیز بدیع استاد محترم مشاوره رساله تشکر و قدردانی می نمایم.

در انتها لازم می دانم از آقایان دکتر لطفی زاد و دکتر مروج و کلیه اساتیدی که از محضر درس ایشان بهره جسته ام تشکر و قدر دانی کنم.

چکیده

برای بازشناسی کلمات سه رویکرد مبتنی بر جداسازی، مبتنی بر بازشناسی کلمه بعنوان یک الگوی واحد و رویکرد ترکیبی مطرح است. در این رساله یک سیستم برای بازشناسی متون چاپی فارسی با استفاده از رویکرد ترکیبی ارائه شده است.

یک الگوریتم جدید برای جداسازی حروف در کلمات چاپی بدون توجه به نوع قلم ارائه شده است. مراحل مختلف الگوریتم شامل تعیین نوار زمینه، تصحیح آن و جداسازی حروف است. در تعیین نوار زمینه روش جدیدی بر اساس منحنی پیرامونی زیرکلمات ارائه شده است. نقاط جداسازی با اعمال قواعدی در قالب یک دیاگرام حالت روی منحنی پیرامونی کلمات تعیین می شوند. در یک آزمون روی چند صفحه متن چاپی شامل حدود ۱۱ هزار حرف با قلمهای مختلف حدود ۹۹ درصد از حروف بدرستی جداسازی شده اند.

برای بازشناسی حروف با قلمهای گوناگون دو الگوریتم مختلف ارائه شده است. الگوریتم اول از کدهای فریم کانتور حروف به عنوان ویژگی و از یک اتوماتون آماری برای طبقه بندی استفاده می کند. الگوریتم دوم از تبدیل هاف که برای اولین بار در این رساله با روش فازی محاسبه شده است در مرحله استخراج ویژگی و از یک شبکه عصبی پس انتشار خطا در مرحله طبقه بندی استفاده می کند. الگوریتم های فوق روی مجموعه ای از حروف شامل ۱۱۵۰۰ نمونه از ده قلم مختلف آزموده شده است و میزان بازشناسی به ترتیب ۹۷/۱۳ و ۹۸/۳۲ درصد بوده است.

در این تحقیق برای بکارگیری شکل کلی زیرکلمات در بازشناسی آنها، از دیکشنری تصویری استفاده شده است. به این منظور سه دیکشنری مختلف با استفاده از ویژگیهای مکان مشخصه، توصیف کننده های فوریه و برجسب های کانتور بالایی طراحی شده و آزمایش های مختلفی روی آنها انجام گرفته است.

در مرحله نهایی این تحقیق سیستمی برای بازشناسی زیرکلمات فارسی با یک رویکرد ترکیبی ارائه شده است. در این سیستم با جداسازی و بازشناسی حروف شاخص زیرکلمه رویکرد مبتنی بر جداسازی و با در نظر گرفتن یک دیکشنری تصویری برای بدنه زیرکلمات رویکرد بازشناسی کلمه بعنوان یک الگوی واحد در نظر گرفته شده است. نوع و موقعیت نقاط و علائم نیز در بازشناسی زیرکلمات بکار گرفته شده اند. اطلاعات آماری در باره احتمال رخداد متوالی حروف شاخص و امتیاز حاصل از بازشناسی آنها به کمک مدل مخفی مارکوف و یک الگوریتم ویتربی تغییر یافته برای بازشناسی زیرکلمات بکار گرفته شده اند. سیستم ترکیبی نهایی روی یک متن با چهار قلم مختلف آزموده شده و نتایج با جزئیات مختلف ارائه شده است.

واژه های کلیدی: متن چاپی فارسی، جداسازی حروف، کانتور بیرونی، نوار زمینه، بازشناسی حروف، تبدیل هاف فازی، شبکه عصبی، دیکشنری تصویری، رویکرد ترکیبی، مدل مخفی مارکوف، الگوریتم ویتربی، حروف شاخص.

فهرست مطالب

(الف)	.....	فهرست مطالب
(و)	.....	فهرست جدولها
(ح)	.....	فهرست شکلها
۱	..... مقدمه	فصل اول :
۱	..... بازشناسی الگو	۱-۱
۲	..... کاربردهای بازشناسی الگو	۲-۱
۳	..... رویکردهای مختلف در شناسایی الگو	۳-۱
۴	..... بازشناسی نوری حروف (OCR)	۴-۱
۶	..... جایگاه بازشناسی حروف در پردازش مستندات	۵-۱
۶	..... بخشهای مختلف یک سیستم OCR	۶-۱
۷	..... رویکردهای مختلف در بازشناسی برون خط کلمات	۷-۱
۸	..... هدف از رساله	۸-۱
۹	..... ساختار رساله	۹-۱
۱۱	..... بازشناسی متون چاپی فارسی و عربی	فصل دوم :
۱۱	..... مقدمه	۱-۲
۱۱	..... برخی خصوصیات متون چاپی فارسی	۲-۲
۱۳	..... مروری بر روشهای بازشناسی برخط حروف	۳-۲
۱۴	..... رویکرد های مختلف در بازشناسی برون خط متون چاپی	۴-۲
۱۵	..... رویکرد مبتنی بر جداسازی و بازشناسی حروف	۵-۲
۱۵	..... جداسازی بر اساس هیستوگرام عمودی	۱-۵-۲
۱۶	..... جداسازی بر اساس منحنی پیرامون کلمه	۲-۵-۲
۱۹	..... جداسازی با استفاده از پروفایل بالایی کلمات	۳-۵-۲
۲۱	..... جداسازی براساس قواعد ساختاری یک رسم الخط خاص	۴-۵-۲
۲۵	..... جداسازی با استفاده از محل اتصال به خط زمینه و مفهوم قطعه خط متصل	۵-۵-۲
۲۵	..... جداسازی با نازک سازی حروف	۶-۵-۲
۲۶	..... بازشناسی با بکارگیری ویژگیهای هندسی و توپولوژیک	۷-۵-۲
۳۰	..... بازشناسی با توصیف کننده های فوریه	۸-۵-۲
۳۲	..... بازشناسی با گشتاورهای هندسی	۹-۵-۲
۳۴	..... بازشناسی حروف با ویژگیهای مکان مشخصه	۱۰-۵-۲

۳۴	..... بازشناسی با ویژگیهای حاصل از تبدیلات مورفولوژی	۱۱-۵-۲
۳۵	..... بازشناسی با روشهای فازی	۱۲-۵-۲
۳۶	..... رویکرد مبتنی بر بازشناسی وجداسازی توأم	۶-۲
۳۶	..... بازشناسی با استفاده از استخراج ویژگیهای ساختاری	۱-۶-۲
۳۹	..... بازشناسی با بکارگیری شبکه های عصبی	۲-۶-۲
۴۱	..... رویکرد مبتنی بر بازشناسی کلمه بعنوان یک الگوی واحد	۷-۲
۴۱	..... بازشناسی کلمات چایی عربی	۱-۷-۲
۴۲	..... بازشناسی زیر کلمات دستنویس (خط نسخ) فارسی	۲-۷-۲
	..... بازشناسی زیر کلمات چایی فارسی با یک طبقه بندی کننده چند سطحی و تطبیق الگوها	۳-۷-۲
۴۲	..... تطبیق الگوها	
۴۳	..... بازشناسی کلمات چایی با مدل مخفی مارکوف (HMM)	۴-۷-۲
۴۵	..... نتیجه گیری	۸-۲
۴۶	..... جداسازی حروف	فصل سوم:
۴۶	..... مقدمه	۱-۳
۴۷	..... پردازشهای اولیه	۲-۳
۴۷	..... جداسازی خطوط متن ورودی	۱-۲-۳
۴۸	..... جداسازی بخشهای همپوشان	۲-۲-۳
۴۸	..... محاسبه پهنای قلم	۳-۳-۳
۴۹	..... تعیین نوار زمینه	۳-۳
۵۲	..... الگوریتم جداسازی	۴-۳
۵۵	..... تایید و تصحیح نقاط جداسازی	۵-۳
۵۵	..... شناسایی نوع و محل نقاط	۱-۵-۳
۵۷	..... شناسایی دندان، سرکش و حفره	۲-۵-۳
۵۸	..... الگوریتم تایید و تصحیح نقاط جداسازی	۳-۵-۳
۶۱	..... بکارگیری نتایج الگوریتم جداسازی در مرحله بازشناسی	۶-۳
۶۱	..... نتیجه گیری	۷-۳
۶۳	..... بازشناسی حروف	فصل چهارم:
۶۳	..... مقدمه	۱-۴
۶۴	..... خصوصیات حروف جداسازی شده و نحوه انتخاب کانتور مناسب آنها	۲-۴
۶۴	..... گروه حروف ابتدایی	۱-۲-۴
۶۴	..... گروه حروف میانی	۲-۲-۴

۶۴	..... گروه حروف انتهایی	۳-۲-۴
۶۶	..... گروه حروف مجزا	۴-۲-۴
۶۷	..... استخراج ویژگیها	۱-۳-۴
۶۷	..... طبقه بندی	۲-۳-۴
۶۸	..... بازشناسی بدنه حروف	۳-۳-۴
۶۹	..... ارزیابی الگوریتم شناسایی بدنه ها	۴-۳-۴
۷۰	..... الگوریتم بازشناسی حروف با شبکه عصبی	۴-۴
۷۰	..... استخراج ویژگیها	۱-۴-۴
۷۳	..... طبقه بندی	۲-۴-۴
۷۴	..... الگوریتم آموزش شبکه	۱-۲-۴-۴
۷۶	..... بازشناسی بدنه حروف	۳-۴-۴
۷۷	..... ارزیابی الگوریتم شناسایی بدنه ها	۴-۴-۴
۷۷	..... پردازش نهایی برای بازشناسی بدنه ها	۵-۴
۷۷	..... محل و نوع نقاط و حفره ها	۱-۵-۴
۷۷	..... تعداد دندانها و وجود سرکش	۲-۵-۵
۷۹	..... ویژگیهای مکان مشخصه	۳-۵-۴
۸۰	..... هیستوگرام تعداد برخوردها در جهت افقی و عمودی	۴-۵-۴
۸۱	..... ارتفاع، پهنا و نسبت ارتفاع به پهناي حروف	۵-۵-۴
۸۱	..... گزاره های شرط عضویت	۶-۵-۴
۸۲	..... شکل نهایی دو الگوریتم شناسایی حروف	۷-۵-۴
۸۴	..... ارزیابی دو الگوریتم با نتایج تجربی	۶-۴
۸۹	..... نتیجه گیری	۷-۴
۹۰	..... دیکشنری تصویری	فصل پنجم :
۹۰	..... مقدمه	۱-۵
۹۱	..... تعریف دیکشنری تصویری	۲-۵
۹۲	..... زیر کلمات فارسی	۳-۵
۹۲	..... تعریف زیر کلمه	۱-۳-۵
۹۳	..... تنوع آماری زیر کلمات	۲-۳-۵
۹۴	..... کاهش تعداد زیر کلمات	۳-۳-۵
۹۴	..... دیکشنری تصویری مکان مشخصه	۴-۵
۹۵	..... انتخاب و استخراج ویژگیهای در دیکشنری مکان مشخصه	۱-۴-۵

۹۶	..... ایجاد مدخلها در دیکشنری مکان مشخصه	۲-۴-۵
۹۸	..... شکل نهایی دیکشنری مکان مشخصه	۳-۴-۵
۹۹	..... دیکشنری تصویری توصیف کننده های فوریه	۵-۵
۹۹	..... انتخاب و استخراج ویژگیهای در دیکشنری توصیف کننده های فوریه	۱-۵-۵
۱۰۰	..... ایجاد مدخلها در دیکشنری توصیف کننده های فوریه	۲-۵-۵
۱۰۲	..... شکل نهایی دیکشنری توصیف کننده های فوریه	۳-۵-۵
۱۰۴	..... دیکشنری تصویری برچسب های کانتور بالایی	۶-۵
	انتخاب و استخراج ویژگیهای تصویری در دیکشنری برچسب های کانتور	۱-۶-۵
۱۰۴	..... بالایی	
۱۰۴	..... ایجاد مدخلها در دیکشنری برچسب های کانتور بالایی	۲-۶-۵
۱۰۵	..... شکل نهایی دیکشنری با برچسب های کانتور بالایی	۳-۶-۵
۱۰۶	..... بررسی خصوصیات دیکشنری ها	۷-۵
۱۰۶	..... مجموعه داده ها	۱-۷-۵
۱۰۶	..... تنظیم پارامترهای دیکشنرهای طراحی شده	۲-۷-۵
۱۰۷	..... اثر اضافه کردن قلم جدید روی مشخصه دیکشنری	۳-۷-۵
۱۰۸	..... اثر آموزش نمونه های جدید به سیستم روی مشخصه دیکشنری	۴-۷-۵
۱۰۹	..... بررسی میزان بازشناسی، خطا و وازدگی در دیکشنری های تصویری	۵-۷-۵
۱۱۶	..... بررسی یک نمونه همسایگی ایجاد شده در سه دیکشنری طراحی شده	۶-۷-۵
۱۱۸	..... نتیجه گیری	۸-۵
۱۲۰	..... بازشناسی زیر کلمات	فصل ششم :
۱۲۰	..... مقدمه	۱-۶
۱۲۱	..... بلوک دیاگرام کلی سیستم بازشناسی زیر کلمات	۲-۶
۱۲۳	..... پردازشهای اولیه	۳-۶
۱۲۴	..... استخراج و اصلاح کانتور بالایی همراه با برچسب زدن به آن	۴-۶
۱۲۴	..... مراجعه به دیکشنری تصویری و تعیین همسایگی زیر کلمه ورودی	۵-۶
۱۲۷	..... اثر آموزش قلم جدید به سیستم روی مشخصه دیکشنری	۱-۵-۶
۱۲۷	..... اثر آموزش نمونه های جدید روی مشخصه دیکشنری	۲-۵-۶
۱۲۸	..... بررسی میزان بازشناسی، خطا و وازدگی در دیکشنری تصویری طراحی شده	۳-۵-۶
۱۲۹	..... نتایج کلی بررسی دیکشنری	۴-۵-۶
۱۳۰	..... جداسازی و بازشناسی حروف شاخص در زیر کلمه	۶-۶
۱۳۰	..... جداسازی حروف شاخص	۱-۶-۶

۱۳۲	..... بررسی آماری جروف شاخص	۲-۶-۶
۱۳۴	..... بازشناسی حروف شاخص	۳-۶-۶
۱۳۵	..... بکارگیری مدل مخفی مارکوف و الگوریتم ویتربی تغییر یافته	۷-۶
۱۳۵	..... مدل مخفی مارکوف	۱-۷-۶
۱۳۷	..... الگوریتم ویتربی	۲-۷-۶
۱۳۷	..... تغییر در الگوریتم ویتربی	۳-۷-۶
۱۴۰	..... انتصاب نقاط و علائم به بدنه زیرکلمه	۸-۶
۱۴۰	..... استخراج نقاط و علائم و بازشناسی آنها	۱-۸-۶
۱۴۱	..... دیکشنری نقاط و علائم	۲-۸-۶
۱۴۲	..... مطابقت از لحاظ نقاط و علائم	۳-۸-۶
۱۴۲	..... بازشناسی نهایی	۹-۶
۱۴۴	..... چند مثال از بازشناسی نهایی زیرکلمات توسط سیستم	۱-۹-۶
۱۴۵	..... آزمایش سیستم بازشناسی زیرکلمات	۱۰-۶
۱۴۵	..... آزمایش بخشهای مختلف سیستم	۱-۱۰-۶
۱۴۸	..... آزمایش سیستم ترکیبی نهایی روی چند متن نمونه	۲-۱۰-۶
۱۵۰	..... نتیجه گیری	۱۱-۶
۱۵۲	..... نتیجه گیری و پیشنهادات	فصل هفتم
۱۵۲	..... نتایج تحقیق	۱-۷
۱۵۵	..... پیشنهادات	۲-۷
۱۵۸	.....	مراجع فارسی
۱۶۱	.....	مراجع انگلیسی
۱۶۵	.....	ضمیمه- الف
۱۶۹	.....	چکیده انگلیسی
۱۷۰	.....	صفحه عنوان انگلیسی

فهرست جداول

۳۱	..... خلاصه ای از ویژگیهای استفاده شده در الگوریتم بازشناسی	جدول ۱-۲
۵۵	..... خلاصه نتایج الگوریتم جداسازی (قبل از مرحله تأیید و تصحیح)	جدول ۱-۳
۵۶	..... نمونه هایی از اثر الگوریتم تأیید و تصحیح نهایی روی نقاط جداسازی	جدول ۲-۳
۶۰	..... خلاصه نتایج نهایی الگوریتم جداسازی	جدول ۳-۳
۷۲	..... نتیجه بکارگیری الگوریتم اول برای بازشناسی حروف مجزا	جدول ۱-۴
۷۸	..... نتیجه بکارگیری الگوریتم دوم برای بازشناسی حروف مجزا	جدول ۲-۴
۸۲	..... ویژگیهای بکاربرده شده در پردازش نهایی برای بازشناسی حروف	جدول ۳-۴
۸۳	..... برخی از گزاره‌های شرط عضویت و کلاسهای مورد نظر آنها	جدول ۴-۴
۸۶	..... نتیجه بازشناسی بدنه گروه حروف مجزا با استفاده از الگوریتم اول	جدول ۵-۴
۸۷	..... نتیجه بازشناسی بدنه گروه حروف مجزا با استفاده از الگوریتم دوم	جدول ۶-۴
۸۸	..... نتایج آزمایش الگوریتم اول	جدول ۷-۴
۸۸	..... نتایج آزمایش الگوریتم دوم	جدول ۸-۴
۹۳	..... اطلاعات آماری مربوط به تعداد و تنوع زیر کلمات در متن نمونه	جدول ۱-۵
۱۰۰	..... اثر تغییر اندازه و چرخش روی توصیف کننده های فوریه	جدول ۲-۵
۱۱۵	..... نتایج بررسی میزان بازشناسی برای نمونه های قلم آموزش داده نشده به سیستم با استفاده از روش (Leaving one out) - دیکشنری مکان مشخصه	جدول ۳-۵
۱۱۵	..... نتایج بررسی میزان بازشناسی برای نمونه های قلم آموزش داده نشده به سیستم با استفاده از روش (Leaving one out) - دیکشنری توصیف کننده های فوریه ...	جدول ۴-۵
۱۱۵	..... نتایج بررسی میزان بازشناسی برای نمونه های قلم آموزش داده نشده به سیستم با استفاده از روش (Leaving one out) - دیکشنری برچسب های کانتور بالایی	جدول ۵-۵
۱۱۶	..... نتایج کلی بررسی دیکشنری مکان مشخصه	جدول ۶-۵
۱۱۶	..... نتایج کلی بررسی دیکشنری توصیف کننده های فوریه	جدول ۷-۵
۱۱۶	..... نتایج کلی بررسی دیکشنری برچسبهای کانتور بالایی	جدول ۸-۵
۱۱۸	..... مقایسه همسایگی های انتخاب شده برای زیر کلمه "مل"	جدول ۹-۵
۱۳۰	..... نتایج کلی بررسی دیکشنری	جدول ۱-۶
۱۳۱	..... کلاسهای مربوط به حروف شاخص	جدول ۲-۶
۱۴۹	..... مشخصات آماری متن مورد آزمایش	جدول ۳-۶
۱۴۹	..... نتایج آزمایشهای انجام شده روی متن نمونه	جدول ۴-۶

فهرست شکلها

		فصل اول
۷	بخشهای مختلف یک سیستم OCR	شکل ۱-۱
فصل دوم		
۱۲	برخی از ویژگیهای نگارش فارسی	شکل ۱-۲
۱۷	مثالی از جداسازی کلمه "کثیر"	شکل ۲-۲
۱۷	نمونه ای از بکارگیری یک الگوریتم جدا سازی	شکل ۳-۲
۱۸	مثالی از نحوه جداسازی	شکل ۴-۲
۱۹	نمونه ای از پروفایل بالایی برای چند زیرکلمه	شکل ۵-۲
۲۰	مراحل کامل پس پردازش	شکل ۶-۲
۲۲	نمونه ای از جداسازی	شکل ۷-۲
۲۳	نتیجه جداسازی اولیه چند نمونه از کلمات	شکل ۸-۲
۲۴	نتیجه جداسازی حروف بعد از پس پردازش و بازسازی آنها	شکل ۹-۲
۲۴	نمونه ای از خطای ایجاد شده توسط حروف "ک" و "گ"	شکل ۱۰-۲
۲۵	یک نمونه از جداسازی کلمات	شکل ۱۱-۲
۲۷	تعیین جهت های محلی توسط الگوریتم	شکل ۱۲-۲
۲۷	تجزیه یک کلمه به اجزاء تشکیل دهنده آن	شکل ۱۳-۲
۲۹	نمونه ای از اجرای مراحل مختلف بازشناسی	شکل ۱۴-۲
۳۰	نمایش یک حرف در لایه ورودی شبکه	شکل ۱۵-۲
۳۲	تصویر حروف ، منحنی پیرامونی آنها و بازسازی منحنی پیرامونی به ترتیب از بالا به پایین با استفاده از ۴۰، ۳۰، ۲۰، ۱۶، ۱۰، و ۶ توصیف کننده فوریه	شکل ۱۶-۲
۳۵	توابع همبستگی هندسی برای چند حرف فارسی	شکل ۱۷-۲
۳۷	مثالی از مرحله جداسازی	شکل ۱۸-۲
۳۸	قطعات مختلف حرف "ن"	شکل ۱۹-۲
۳۹	جداسازی زیرکلمات همپوشان	شکل ۲۰-۲
۴۰	نحوه تشخیص کلمه در روش برده لغزان	شکل ۲۱-۲

۴۰	.....	شکل ۲-۲۲	روند نمای مربوط به الگوریتم پرده لغزان
۴۳	.....	شکل ۲-۲۳	شبکه عصبی احتمالاتی
۴۴	.....	شکل ۲-۲۴	نمونه ای از فریم ها و سلولهای مربوط
فصل سوم			
۴۷	.....	شکل ۳-۱	دیاگرام کلی سیستم جداسازی حروف
۴۸	.....	شکل ۳-۲	نمونه ای از خطوط یک متن و محاسبه هیستوگرام افقی
۴۸	.....	شکل ۳-۳	جداسازی بخشهای همپوشان
۴۹	.....	شکل ۳-۴	نحوه محاسبه قطعات عمودی متصل برای تعیین پهنای قلم
۴۹	.....	شکل ۳-۵	تعیین نوار زمینه اولیه
۵۱	.....	شکل ۳-۶	روش تعیین دقیق نوار زمینه
۵۱	.....	شکل ۳-۷	اثر اصلاح نوار زمینه در تعیین نقاط جداسازی
۵۲	.....	شکل ۳-۸	الف- کانتور بیرونی ، ب- کانتور بالایی
۵۳	.....	شکل ۳-۹	دیاگرام حالت مربوط به مرحله تعیین برجسبهای کانتور بالایی زیر کلمه
۵۵	.....	شکل ۳-۱۰	پاره مسیرهای برجسب خورده و نقاط جداسازی
۵۷	.....	شکل ۳-۱۱	نمونه هایی از تصاویر نقاط
۵۸	.....	شکل ۳-۱۲	نحوه شناسایی دندانها و سرکش
	.....	شکل ۳-۱۳	نمونه ای از اثر کج شدگی در تعیین نقاط جداسازی توسط الگوریتم های
۶۰	.....		مختلف
فصل چهارم			
۵۳	.....	شکل ۴-۱	جداسازی حروف و بازشناسی آنها
۶۵	.....	شکل ۴-۲	گروههای مختلف حروف
۶۵	.....	شکل ۴-۳	نمونه ای از تعیین کانتور برای حروف ابتدایی
۶۶	.....	شکل ۴-۴	نمونه ای از تعیین کانتور برای حروف میانی
۶۶	.....	شکل ۴-۵	نمونه ای از تعیین کانتور برای حروف انتهایی
۶۶	.....	شکل ۴-۶	نمونه ای از تعیین کانتور برای حروف مجزا
۶۷	.....	شکل ۴-۷	مثالی از محاسبه ویژگیهای ورودی
۶۷	.....	شکل ۴-۸	دیاگرام حالت مربوط به طبقه بندی کننده
۶۸	.....	شکل ۴-۹	طبقه بندی کننده مربوط به کلاس الف مجزا

۷۰	نمونه هایی از قلمهای بکاربرده شده برای ارزیابی الگوریتم های بازشناسی	شکل ۱۰-۴
۷۱	تابع عضویت Π	شکل ۱۱-۴
۷۳	فضای (ρ, θ) ونحوه اثر دهی تابع عضویت در محاسبه $A(i,j)$	شکل ۱۲-۴
۷۴	نمونه ای از شبکه عصبی بکار گرفته شده در الگوریتم دوم	شکل ۱۳-۴
۷۴	یک نمونه شبکه عصبی پرسپترون جلوسو	شکل ۱۴-۴
۷۹	نحوه محاسبه مکانهای مشخصه	شکل ۱۵-۴
۸۱	نمونه ای از محاسبه هیستوگرام تعداد برخوردها در راستاهای عمودی وافقی	شکل ۱۶-۴
۸۴	نمونه ای از شناسایی یک حرف با الگوریتم اول	شکل ۱۷-۴
۸۴	نمونه ای از شناسایی یک حرف با الگوریتم دوم	شکل ۱۸-۴
فصل پنجم		
۹۱	تعیین همسایگی در یک دیکشنری تصویری برای دسته بندی یک کلمه ورودی	شکل ۱-۵
۹۳	زیرکلمات در یک نمونه متن چاپی فارسی	شکل ۲-۵
۹۴	الف) هیستوگرام توزیع آماری تعداد زیر کلمات موجود در متن ، (ب) میزان تنوع زیرکلمات	شکل ۳-۵
۹۵	نمونه ای از نحوه محاسبه ویژگیهای مکان مشخصه برای یک زیر کلمه نمونه	شکل ۴-۵
۹۶	هیستوگرام مربوط به ده عنصر از بردار مکان مشخصه	شکل ۵-۵
۹۷	تغییرات آنتروپی در اثرافزایش تعداد برجسبها	شکل ۶-۵
۹۹	دیاگرام تشکیل و مراجعه به دیکشنری تصویری مکان مشخصه	شکل ۷-۵
۱۰۱	نمونه ای از بکارگیری توصیف کننده های فوریه	شکل ۸-۵
۱۰۳	بازسازی کانتور زیر کلمه "حلا" با تعداد متفاوتی از توصیف کننده های فوریه ..	شکل ۹-۵
۱۰۲	دیاگرام تشکیل و مراجعه به دیکشنری تصویری	شکل ۱۰-۵
۱۰۵	یک مثال از نحوه محاسبه مدخلها	شکل ۱۱-۵
۱۰۵	دیاگرام نحوه عملکرد دیکشنری تصویری برجسب های کانتور بالایی	شکل ۱۲-۵
۱۰۶	نمونه هایی از مجموعه داده ها	شکل ۱۳-۵
۱۰۷	اثر تعداد ویژگیهای انتخاب شده در مشخصات دیکشنری ها	شکل ۱۴-۵
۱۰۸	بررسی اثر آموزش قلمهای جدید در خصوصیات دیکشنری های تصویری	شکل ۱۵-۵
۱۰۹	بررسی اثر آموزش نمونه های جدید در خصوصیات دیکشنری های تصویری ...	شکل ۱۶-۵
۱۱۱	بررسی اثر آموزش روی بازشناسی نمونه های جدید از ۵ قلم آموخته شده	شکل ۱۷-۵