

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

گروه مهندسی الکترونیک

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی برق - الکترونیک

بازشناسی برخط نت موسیقی دست نویس

نگارنده:

بشیر فتوحی

استاد راهنما:

دکتر احسان‌اله کبیر

شهریور ۹۱

الحق
المرم
المرم

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

آقای بشیر فتوحی پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان بازشناسی بر خط نت موسیقی دست نویس در تاریخ ۱۳۹۱/۶/۲۷ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد الکترونیک پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر احسان اله کبیر	استاد	
استاد ناظر	دکتر محمد صنیعی آبادی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر نصراله مقدم چرکری	استادیار	
استاد ناظر	دکتر کامبیز بدیع	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر نصراله مقدم چرکری	استادیار	



دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسان‌ها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیئت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان‌نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه / رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی به صورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه / رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

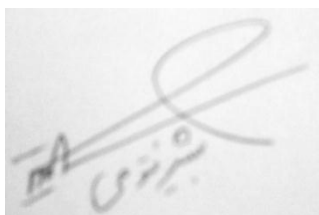
ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان‌نامه / رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آیین‌نامه‌های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه / رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم‌الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می‌شود.

نام و نام خانوادگی

امضاء



آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیت های علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته مهندسی برق- الکترونیک است که در سال ۱۳۹۱ در دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر احسان اله کبیر از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

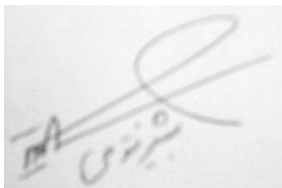
ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

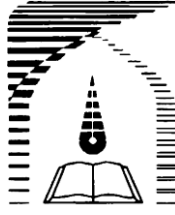
ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتاب های عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶: اینجانب بشیر فتوحی دانشجوی رشته مهندسی برق الکترونیک مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی

امضاء





دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

گروه مهندسی الکترونیک

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی برق - الکترونیک

بازشناسی برخط نت موسیقی دست نویس

نگارنده:

بشیر فتوحی

استاد راهنما:

دکتر احسان‌اله کبیر

شهریور ۹۱

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم، با سپاس فراوان.

تقدیر و تشکر

از راهنمایی‌های ارزشمند آقای دکتر احسان‌اله کبیر در همه موارد، از جمله انجام این پایان‌نامه، صمیمانه سپاس‌گزاری می‌کنم.

با سپاس از تمام استادان محترمی که تاکنون دانش خود را از این حقیر دریغ ننموده‌اند، از جمله سعدی شیراز که می‌فرماید:

«به راه بادیه رفتن به از نشستن باطل که گر مراد نیابم به قدر وسع بکوشم»

چکیده

برای بازشناسی نت‌نوشته موسیقی، دو رویکرد بازشناسی برخط و برون‌خط وجود دارد. در این پایان‌نامه، روش‌هایی برای بازشناسی برخط نت‌نوشته موسیقی ارائه شده است. ابتدا نرم‌افزاری برای جمع‌آوری برخط نت‌نوشته‌ها در محیط Labview طراحی شد. سپس ۲۴ نت‌نوشته اصلی موسیقی انتخاب و ۵۵ نمونه دست‌خط از ۳۰ نفر جمع‌آوری شد. با استفاده از سه دسته ویژگی جدید و تعدادی ویژگی شناخته‌شده در زمینه بازشناسی برخط دست‌نوشته، توصیف مناسبی از هر نت ارائه شده است. دو نوع درخت تصمیم برای بازشناسی معرفی می‌شود. درخت نوع اول ابتدا در چند مرحله تعدادی از کلاس‌ها را حذف و در مرحله نهایی الگوی ورودی و کلاس‌های منتخب را به فضای ویژگی نگاشت می‌کند. بر اساس فاصله اقلیدسی، الگوی ورودی به نزدیک‌ترین کلاس اختصاص داده می‌شود. درخت نوع دوم ابتدا الگوی ورودی و تمام کلاس‌ها را به فضای ویژگی نگاشت کرده و بر اساس فاصله آنها، تعدادی از کلاس‌های نزدیک به الگوی ورودی را برنده اعلام می‌کند. در مرحله بعد، فرایند جدیدی با نام گروه‌بندی و پاداش اعمال و تعدادی از کلاس‌ها از رقابت حذف می‌شوند. در ادامه با استفاده از سایر ویژگی‌ها برخی از کلاس‌ها حذف و الگوی ورودی به کلاس مشخصی اختصاص داده می‌شود. بسته به فضای ویژگی نگاشت در هر درخت، سه نوع طبقه‌بند پایه داریم. برای بهبود نتایج طبقه‌بندهای پایه از وزن‌دهی به ویژگی‌ها استفاده شده است. در مرحله ترکیب تصمیم، نتایج دو درخت به روش‌های گوناگون با هم ترکیب شده و نرخ بازشناسی افزایش یافته است. با معرفی توابع ساده خطی و نمایی، معیارهایی برای نمره‌دهی به کلاس‌های منتخب هر طبقه‌بند ارائه شده است. از میان مجموعه داده، ۳۰ نمونه به عنوان داده‌های تمرین و ۳۰ نمونه به عنوان داده‌های آزمون انتخاب شده‌اند. نرخ بازشناسی برای داده‌های آزمایشی، با استفاده از ترکیب ویژگی‌ها ۸۹٪ بوده است. در نهایت سامانه‌ی وابسته به نویسنده بر اساس این دو درخت طراحی شده است. در این سامانه از فرد مورد نظر ۱۰ نمونه دست‌خط جمع‌آوری شده که ۲ نمونه نخست آن به عنوان داده‌های تمرین و ۸ نمونه دیگر به عنوان داده‌های آزمون به سامانه اعمال شده؛ نرخ بازشناسی برای این سامانه ۹۱٪ بوده است.

واژگان کلیدی: بازشناسی برخط نت‌نوشته، دست‌نوشته، درخت تصمیم یافتاری، ادغام ویژگی،

ترکیب تصمیم.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست جدول‌ها	ج
فهرست شکل‌ها	د
فصل ۱- پیش‌گفتار	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- هدف پایان‌نامه	۲
۳-۱- ساختار پایان‌نامه	۳
فصل ۲- بازشناسی دست‌نوشته	۴
۱-۲- مقدمه	۵
۲-۲- بازشناسی دست‌نوشته	۵
۳-۲- بازشناسی دست‌نوشته غیر موسیقی	۷
۴-۲- بازشناسی نت‌نوشته موسیقی	۱۷
۵-۲- نتیجه	۲۹
فصل ۳- جمع‌آوری داده و استخراج ویژگی	۳۰
۱-۳- مقدمه	۳۱
۲-۳- مجموعه داده	۳۱
۳-۲-۱- سامانه نمونه برداری	۳۲
۳-۳- مجموعه داده نت‌های موسیقی	۳۳
۴-۳- استخراج ویژگی	۳۶
۳-۴-۱- تفاوت نت‌های موسیقی با سایر نوشتارها	۳۶
۳-۴-۲- توالی کد فریم	۳۷
۳-۴-۳- فاصله و زاویه باسابی	۴۱
۴-۴-۳- نقاط اکستریم	۴۲
۵-۴-۳- اکستریم‌های منطقه‌ای	۴۶
۶-۴-۳- ناحیه آغاز و پایان حرکت قلم	۴۷
۷-۴-۳- ویژگی نمونه‌برداری مکانی-زمانی	۴۷
۸-۴-۳- ویژگی هیستوگرام توزیع مکانی نقاط	۴۸

۵۲	..... نتیجه ۳-۵
۵۳	..... فصل ۴- بازشناسی نت‌نوشته موسیقی
۵۴	..... ۱-۴- مقدمه
۵۴	..... ۲-۴- روش‌های بازشناسی
۵۴	..... ۱-۲-۴- درخت تصمیم نوع اول
۵۸	..... ۲-۲-۴- درخت تصمیم نوع دوم
۶۳	..... ۳-۲-۴- بررسی‌های آماری در طراحی درخت‌ها
۶۳	..... ۴-۲-۴- روش‌های انتخاب کلاس یا کلاس‌های برنده
۶۴	..... ۵-۲-۴- روند تصمیم‌گیری در درخت نوع اول
۶۹	..... ۳-۴- ادغام اطلاعات
۷۰	..... ۱-۳-۴- ادغام در سطح ویژگی
۷۱	..... ۲-۳-۴- ادغام در سطح تصمیم
۷۴	..... ۴-۴- نتایج
۷۵	..... ۱-۴-۴- نتایج ادغام اطلاعات
۷۷	..... ۵-۴- سامانه‌های وابسته به نویسنده
۸۰	..... ۶-۴- تحلیل نتایج
۸۳	..... ۷-۴- نتیجه
۸۴	..... فصل ۵- بحث و نتیجه‌گیری
۸۵	..... ۱-۵- مقدمه
۸۵	..... ۲-۵- مشکلات
۸۶	..... ۳-۵- نتایج
۸۶	..... ۴-۵- پیشنهادها
۸۷	..... فهرست مراجع
۹۱	..... پیوست الف

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲ نرخ بازشناسی	۱۱
جدول ۲-۲ گروه بندی حروف فارسی	۱۱
جدول ۳-۲ گروه بندی حروف فارسی	۱۲
جدول ۱-۳ نام نت‌های مورد مطالعه در این پایان‌نامه	۵۲
جدول ۱-۴ نام‌گذاری اختصاری طبقه‌بندها	۷۵
جدول ۲-۴ نرخ بازشناسی طبقه‌بندهای پایه	۷۵
جدول ۳-۴ نرخ بازشناسی، ترکیب در سطح ویژگی برای درخت نوع اول	۷۶
جدول ۴-۴ نرخ بازشناسی، ترکیب در سطح ویژگی برای درخت نوع دوم	۷۶
جدول ۵-۴ ترکیب در سطح تصمیم - میانگین وزن دار - طبقه‌بندهای درخت نوع اول	۷۶
جدول ۶-۴ ترکیب در سطح تصمیم - میانگین وزن دار - طبقه‌بندهای درخت نوع دوم	۷۶
جدول ۷-۴ نتایج ترکیب تصمیم طبقه‌بندها به روش غیر خطی - ضرب	۷۷
جدول ۸-۴ نتایج ترکیب در سطح تصمیم برای طبقه‌بندها به روش مدل خطی	۷۷
جدول ۹-۴ نتایج مربوط به روش رای گیری	۷۷
جدول ۱۰-۴ نتایج بازشناسی سامانه وابسته به نویسنده - طبقه‌بندهای پایه	۷۸
جدول ۱۱-۴ نتایج بازشناسی سامانه وابسته به نویسنده - ادغام اطلاعات	۷۸
جدول ۱۲-۴ ماتریس سردرگمی سامانه وابسته به نویسنده - T2_F2	۷۹
جدول ۱۳-۴ ماتریس سردرگمی، داده‌های آزمایشی، ترکیب ویژگی	۸۰
جدول ۱۴-۴ مقایسه نتایج	۸۳

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲ مقایسه دو خط با ظاهر یکسان و جهت متفاوت	۶
شکل ۲-۲ طرح کلی طبقه‌بند	۱۰
شکل ۳-۲ یک نمونه از معادله ورودی و خروجی	۱۳
شکل ۴-۲ قراردادهای	۱۸
شکل ۵-۲ قراردادهای	۱۸
شکل ۶-۲ قراردادهای	۱۹
شکل ۷-۲ قراردادهای	۱۹
شکل ۸-۲ ساده‌سازی نت «سیاه»	۱۹
شکل ۹-۲ مثالی از کد فریمین	۲۰
شکل ۱۰-۲ لایه‌های ورودی، میانی و نمایش	۲۲
شکل ۱۱-۲ یک مثال از ورودی و خروجی نهایی	۲۴
شکل ۱۲-۲ توالی حالت‌های مدل مخفی مارکوف	۲۵
شکل ۱۳-۲ مراحل تجزیه و ترکیب	۲۶
شکل ۱۴-۲ یک مثال از ورودی خروجی	۲۷
شکل ۱۵-۲ حذف خطوط حامل	۲۸
شکل ۱۶-۲ یک گروه جدا شده از نتها	۲۹
شکل ۱-۳ محیط نرم‌افزار	۳۳
شکل ۲-۳ نمونه‌هایی از داده‌های جمع‌آوری شده	۳۴
شکل ۳-۳ یک مثال از توالی نقاط و کد فریمین معادل آن	۳۷
شکل ۴-۳ ایجاد همسایگی هشت کامل و حذف نویز در کد فریمین	۳۸
شکل ۵-۳ هیستوگرام توزیع در کد فریمین	۴۰
شکل ۶-۳ ویژگی باسابی نقطه مرکزی، دایره محیطی و شعاع آن، فاصله و زاویه	۴۲
شکل ۷-۳ نقاط اکسترمم، جهت محورها در نقاط اکسترمم، نقاط آغاز و پایان در نت «کنده»	۴۳
شکل ۸-۳ تشخیص اکسترمم معتبر	۴۴
شکل ۹-۳ مراحل تشخیص اکسترمم های معتبر	۴۵
شکل ۱۰-۳ اعمال الگوریتم	۴۵

- شکل ۳-۱۱ نقاط اکستریم نامعتبر..... ۴۶
- شکل ۳-۱۲ مناطق چهارگانه برای یافتن تعداد نقاط اکستریم در آنها..... ۴۶
- شکل ۳-۱۳ نواحی چهارگانه برای تشخیص ناحیه آغاز و پایان حرکت قلم..... ۴۷
- شکل ۳-۱۴ ویژگی نمونه برداری مکانی-زمانی در نت «دیز»..... ۴۸
- شکل ۳-۱۵ ویژگی هیستوگرام توزیع مکانی نقاط..... ۴۹
- شکل ۳-۱۶ فضای انتقالی ویژگی نمونه برداری مکانی-زمانی با نمایش عملگر..... ۵۰
- شکل ۳-۱۷ فضای نگاشت ویژگی نمونه برداری مکانی-زمانی برای نت «دیز»..... ۵۱
- شکل ۳-۱۸ مجموعه نت‌های موسیقی..... ۵۱
- شکل ۴-۱ روندنمای درخت تصمیم نوع اول..... ۵۶
- شکل ۴-۲ درخت تصمیم نوع اول..... ۵۷
- شکل ۴-۳ روندنمای درخت تصمیم نوع دوم..... ۵۹
- شکل ۴-۴ روندنمای فرایند پاداش گروهی..... ۶۰
- شکل ۴-۵ درخت تصمیم نوع دوم..... ۶۲
- شکل ۴-۶ نت «سیاه» در صفحه مکان دو بعدی..... ۶۵
- شکل ۴-۷ توالی مکان افقی و عمودی نت «سیاه»..... ۶۵
- شکل ۴-۸ نقاط اکستریم در مناطق چهارگانه برای نت «سیاه»..... ۶۶
- شکل ۴-۹ ویژگی‌های باسابی برای نت «سیاه»..... ۶۷
- شکل ۴-۱۰ تصویر کلی از ادغام اطلاعات..... ۶۹
- شکل ۴-۱۱ فضای ترکیب وزن دار بردارهای ویژگی‌ها..... ۷۱
- شکل ۴-۱۲ کلاس‌های پر اشتباه..... ۸۲
- شکل ۴-۱۳ حالت‌های ممکن رسم نت دیز..... ۸۲

فصل ۱
پیش گفتار

۱-۱- مقدمه

بشر همواره آرزوی زندگی راحت‌تر، در ذهن پرورانده است. خرد جمعی جهان به این سو گرایش دارد که همه‌چیز در خدمت آسایش بشر، نه بشر در خدمت همه چیز. آسودگی نتیجه‌ی پیشرفت همزمان علوم انسانی، پایه و مهندسی است. پیشرفت علم منجر به مصرف بیشتر منابع جهان خواهد شد؛ سرانه مصرف کاغذ در جهان ۵۰ کیلوگرم در سال است که برای تولید هر ۲ تن کاغذ، ۲ تن چوب و ۲۰۰ لیتر آب مصرف می‌شود. بر این اساس سالانه حدود ۵ میلیارد درخت تنومند برای تولید کاغذ از بین می‌روند. توسعه مالی کشورها منجر به افزایش مراودات و مصرف کاغذ می‌شود؛ سرانه مصرف کاغذ در ایران یک سوم میانگین جهانی است. اما پیشرفت گسترده فن‌آوری از جمله سامانه‌های هوشمند، اینترنت، تلفن همراه و رایانه در دهه اخیر منجر به کاهش مصرف کاغذ در جهان شده است. گسترش سامانه‌های ارتباطی انسان و رایانه، منجر به راحتی کاربران و استفاده بیشتر از فن‌آوری روز می‌شود. سامانه‌های بازشناسی الگو به عنوان بخشی از دنیای هوش مصنوعی، با نفوذ به علوم پزشکی، روان‌شناسی، سامانه‌های نظامی و ابزارهای روزمره زندگی انسان، دریچه‌ی تازه‌ای بر آینده سالم بشر گشوده است. سامانه‌های تشخیص دست‌نوشته و نویسه‌خوان نوری به عنوان یکی از زیرشاخه‌های بازشناسی الگو، اساسی‌ترین بخش فن‌آوری در زمینه ارتباط نوشتاری انسان و رایانه هستند.

بازشناسی دست‌نوشته‌ها از دیرباز مورد بررسی قرار گرفته که در این زمینه می‌توان به بازشناسی نوشتار لاتین، عربی، فارسی، معادلات ریاضی، شکل‌های هندسی، امضاء و نت موسیقی اشاره کرد. اما هنوز مشکلات زیادی در راه مورد پسند واقع شدن این سامانه‌ها وجود دارد. از جمله این مشکلات می‌توان به خطای سامانه‌ها و وضع قیده‌های نگارشی اشاره کرد. تنوع بالای نوشتار در میان انسان‌ها اصلی‌ترین عامل ناکامی نسبی سامانه‌های موجود است. در این پایان‌نامه بازشناسی نوشتار موسیقی به روش برخط، مورد بررسی قرار گرفته است.

۱-۲- هدف پایان‌نامه

بازشناسی برخط نت‌های موسیقی کم‌تر از نوشتار زبان‌ها و علائم ریاضی مورد توجه قرار گرفته است. در طراحی سامانه‌های موجود نیز قراردادهایی وضع شده که کاربری سامانه را پایین می‌آورد.

موسیقی ایرانی اندکی پیچیده‌تر از موسیقی غربی است و در نتیجه‌ی آن نوشتار این نوع موسیقی دارای علائم بیشتری نسبت به علائم موسیقی غربی است. تا کنون هیچ فعالیتی در زمینه بازشناسی برخط نت‌های موسیقی در ایران صورت نگرفته است. در زمینه موسیقی غربی نیز به دلیل کنار گذاشتن برخی از نت‌ها، وضع قراردادهای غیر معمول برای کاربر و استفاده از یک روش کلی ثابت، نواقصی وجود دارد. بر این اساس، اهداف کلی این پایان‌نامه ایجاد روشی شمی برای بازشناسی نت-نوشته موسیقی به روش برخط، سهولت کاربری، جلوگیری از جایگزینی علائم غیر متداول به جای نت‌های^۱ اصلی موسیقی، اضافه کردن نت‌های مخصوص موسیقی ایرانی به سامانه و پوشش دسته گسترده‌تری از علائم موسیقی است.

۱-۳- ساختار پایان نامه

در این پایان‌نامه، کل مطالب در پنج فصل و یک پیوست ارائه شده است. فصل دوم شامل بررسی فعالیت‌های پیشین در زمینه بازشناسی دست‌نوشته و نت‌نوشته موسیقی، فصل سوم نشان‌دهنده سامانه جمع‌آوری داده و استخراج ویژگی، فصل چهارم شامل روش‌های بازشناسی و نتایج آن‌ها و فصل پنجم بحث و نتیجه‌گیری به همراه بیان مختصری از مشکلات سامانه است. پیوست الف برخی بررسی‌های آماری روی داده‌های تمرین و پیوست ب چند نمونه از ماتریس‌های سردرگمی را نشان می‌دهد.

^۱ Note

فصل ۲

بازشناسی دست‌نوشته

۱-۲- مقدمه

بازشناسی الگو مسئله‌ای است که در آن الگوی ناشناخته ورودی باید به یکی از کلاس‌های ناشناخته اختصاص داده شود. به عنوان مثال سامانه‌های تشخیص صوت، نوشته و چهره سامانه‌های بازشناسی الگو هستند. ورودی این سامانه‌ها می‌تواند تصویر، فایل صوتی و یا توالی نقاط باشد. در زمینه بازشناسی صوت موسیقی فعالیت‌هایی انجام شده است [۵۴]. بازشناسی نوشتار موسیقی یک مسئله بازشناسی دست‌نوشته است که به دو بخش برخط و برون‌خط تقسیم می‌شود. بازشناسی برون‌خط دست‌نوشته موسیقی ایرانی و غیر ایرانی بسیار مورد توجه بوده اما هیچ فعالیتی در زمینه بازشناسی برخط دست‌نوشته موسیقی در کشور انجام نشده است. در این فصل بازشناسی دست‌نوشته را ابتدا به دو بخش دست‌نوشته و دست‌نوشته تفکیک کرده و هر کدام از این دسته‌ها را از منظر برخط و برون‌خط مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۲-۲- بازشناسی دست‌نوشته

بازشناسی دست‌نوشته یک مسئله بازشناسی الگو^۱ است. الگوی ورودی در این سامانه می‌تواند کاراکترهایی از نوشتار زبان‌های گوناگون، اعداد، امضاء، نت موسیقی و شکل‌های هندسی باشد. همان‌گونه که از نام این مسئله بر می‌آید، ورودی سامانه توسط انسان نوشته می‌شود و ممکن است حرف تنها، کلمه و یا جمله باشد. از دیدگاه دیگر، کاراکتر ورودی می‌تواند به صورت یک تصویر و یا به صورت توالی نقاط به سامانه بازشناسی اعمال شود. بر این اساس، بازشناسی دست‌نوشته می‌تواند به دو بخش برخط^۲ و برون‌خط^۳ تقسیم شود. بازشناسی برخط دست‌نوشته‌ها بنا بر آسان‌تر بودن استخراج ویژگی‌های متنوع از نوشته، معمولاً منجر به افزایش نرخ بازشناسی می‌شود. در بازشناسی برون‌خط، سامانه تنها از تصویر کاراکتر و اطلاعات استخراجی از آن برای بازشناسی استفاده می‌کند. این سامانه‌ها در ذات خود قابل تعمیم به سامانه‌های ترکیبی نیستند؛ سامانه ترکیبی سامانه‌ای است که به صورت همزمان از اطلاعات برخط و برون‌خط برای بازشناسی نوشته استفاده می‌کند. دلیل این نقص، عدم توانایی استخراج اطلاعات برخط از تصویر کاراکتر است. در حقیقت، عکس یک کاراکتر به تنهایی

¹ Pattern Recognition

² Online

³ Offline