

به نام زیبانگار که هرچه داریم از اوست



دانشگاه فردوسی مشهد
دانشگاه فردوسی مشهد

دانشکده ادبیات و علوم انسانی دکتر علی شریعتی

پایان نامه دکتری رشته زبان‌شناسی

عنوان:

تحلیل اکوستیکی مکالمات ضبط شده
و معیارهای بازشناسی سخنگو بر مبنای آواشناسی حقوقی

اساتید راهنما:

سرکار خانم دکتر شهلا شریفی

جناب آقای دکتر محمدرضا پهلوان نژاد

اساتید مشاور:

سرکار خانم دکتر اعظم استاجی

جناب آقای دکتر مهدی مشکوه‌الدینی

دانشجو:

مجتبی نامور فرگی



فرم ارزیابی پایان نامه دکتری مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه فردوسی مشهد

نام و نام خانوادگی دانشجو: حبیبی ناصور مگرنی رشته و گرایش تحصیلی: زبان و ادبیات فارسی تاریخ شروع به تحصیل: ۱۳۸۶
نام دانشکده: ادبیات و علوم انسانی دانشجو: آموزش زبان و ادبیات فارسی استاد راهنما: دکتر بهمن نژاد - دکتر مگرنی
مشخصات مقاله چاپ شده یا پذیرفته شده برای چاپ (حداقل یک مقاله مستخرج از پایان نامه جهت چاپ در مجلات علمی - پژوهشی معتبر)

عنوان مقاله: استفاده از الگوی طیف گسسته و آنرها به عنوان کلیدی برای بازنمایی معنوی سخنان
نام مجله: فصلنامه صبا های زبانی محل انتشار: دانشگاه تربیت مدرس سال انتشار:

عنوان پایان نامه: تحلیل آگوستینی مکالمات ضبط شده و معیارهای بازنمایی سخنان بر مبنای آوستاسی معنوی

ملاحظات	نمره نسبت شده	حداکثر نمره	معیارهای ارزیابی
کیفیت نگارش	۲,۵	۳	انجام در تنظیم و تدوین مطالب، حسن نگارش و رعایت دستورالعمل کیفیت تصاویر، اشکال و منحنی های استفاده شده
کیفیت علمی	۱۰	۱۱	بررسی تاریخچه موضوع و بیان سابقه پژوهش در موضوع ابتکار و نوآوری ارزش علمی و یا کاربردی استفاده از منابع و مواخذ به لحاظ کمی و کیفی (به روز بودن) کیفیت نظرات و پیشنهادات برای ادامه تحصیل
کیفیت ارائه	۳	۳	تسلط موضوع و توانایی در پاسخگویی به سئوالات در جلسه دفاع نحوه ارائه (رعایت زمان - تفهیم موضوع، کیفیت ترانس پرستی و...)
کیفیت مقاله	۲	۲	کیفیت مقاله چاپ شده فوق الذکر
انجام به موقع	۱	۱	انجام به موقع دوره و تحویل گزارش ها
	۱۸,۵	۲۰	نمره پایان نامه

ردیف	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	سمت	نام دانشگاه محل خدمت	امضاء
۱	دکتر بهمن نژاد	دانشیار	راهنما	دانشگاه فردوسی مشهد	
۲	دکتر مگرنی	استاد	مشاور	دانشگاه فردوسی مشهد	
۳	دکتر منصوره لاریجانی	دانشیار		دانشگاه فردوسی مشهد	
۴	دکتر استاجی	دانشیار		دانشگاه فردوسی مشهد	
۵	دکتر علی نژاد	استادیار	داور خارجی	دانشگاه فردوسی مشهد	
۶	دکتر غنی آبادی	استادیار	داور داخلی	دانشگاه حکیم سناری	
۷	دکتر انزلی	استادیار		دانشگاه فردوسی مشهد	

سمت در پایان نامه منظور استاد راهنما، استاد مشاور، عضو دفاع داخلی، عضو دفاع خارجی (مدعو)، نماینده تحصیلات تکمیلی می باشد.

جلسه دفاع در تاریخ ۱۳۹۲/۳/۱۱ با حضور هیئت داوران تشکیل و پایان نامه:

مورد قبول واقع شد و با اخذ نمره حرفی ۱۸,۵ با درجه عالی ارزیابی شد.

مردود شناخته شد.

نام و نام خانوادگی مدیر گروه: دکتر مگرنی
امضاء

نام و نام خانوادگی استاد راهنما: دکتر بهمن نژاد
امضاء

دکتر بهمن نژاد

تعهد نامه

عنوان پایان نامه:

اینجانب مجتبی نامور فرگی دانشجوی دوره دکتری رشته زبان شناسی همگانی دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی استادان دکتر شهلا شریفی و دکتر محمدرضا پهلوان نژاد متعهد می شوم:

- نتایج ارائه شده در این پایان نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به طور کامل بر عهده می گیرم.
- در خصوص استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.
- مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فرد یگری به منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تاکنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از پایان نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (*Ferdowsi University of Mashhad*) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت خواهد شد.
- در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافت های آنها برای انجام پایان نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده است.

تاریخ: ۱۳۹۲/۰۳/۲۰

نام و امضاء دانشجو

مجتبی نامور فرگی

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.
- استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.



دانشکده ادبیات و علوم انسانی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم چکیده‌ی پایان‌نامه به زبان فارسی

نام: مجتبی

نام خانوادگی دانشجو: نامور فرگی

استاد(ان)راهنما: شهلا شریفی - محمدرضا پهلوان‌نژاد

استاد(ان) مشاور: اعظم استاجی - مهدی مشکوه‌الدینی

دانشکده ادبیات و علوم انسانی رشته: زبان‌شناسی گرایش: زبان‌شناسی همگانی مقطع: دکتری

تعداد صفحات: ۳۴۳

تاریخ دفاع: ۱۳۹۱/۰۳/۱۱

عنوان پایان‌نامه: تحلیل اکوستیکی مکالمات ضبط شده و معیارهای بازشناسی سخنگو بر مبنای آواشناسی حقوقی
کلید واژه‌ها: آواشناسی اکوستیک، آواشناسی حقوقی، بازشناسی سخنگو، بازشناسی حقوقی سخنگو، کلیدهای بازشناسی.

چکیده:

در این پژوهش، به بررسی اکوستیکی ۱۰۰ دقیقه مکالمات ضبط شده از ۱۰ سخنگوی مرد و زن زبان فارسی و معیارهای بازشناسی سخنگو بر مبنای آواشناسی حقوقی پرداخته شده‌است. داده‌های صوتی مورد بررسی شامل حدود ۷۰ دقیقه تلفظ جداگانه ۱۹۲ هجا و ۲۸۰ واژه و ۳۰ دقیقه گفتار پیوسته بود که در مجموع ۱۵۰۰۰ داده صوتی را تشکیل می‌داد.

در این پژوهش سعی بر آن بود تا با بررسی اکوستیکی دقیق و جامع داده‌های صوتی، الگوها و مشخصه‌های منحصر بفرد صداها مشخص گردد و در نهایت، کلیدهای اکوستیکی برای بازشناسی حقوقی سخنگو ارایه گردد. بر این اساس، ۷ کلید بازشناسی معرفی شد و اعتبار و کارایی آنها مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت که از این میان، ۵ مشخصه به عنوان کلیدهای کارآمد در بازشناسی حقوقی سخنگو مورد تأیید قرار گرفت.

همچنین، از بررسی‌های انجام گرفته بر روی داده‌های صوتی، ۱۵ دستورده دیگر شامل معرفی برخی مفاهیم جدید اکوستیکی به دست آمد که از آن میان می‌توان به همگونی اکوستیکی، واج شامل و واک پیش از آغاز باواکی اشاره نمود.

از نتایج این پژوهش، که اولین رساله زبانشناسی است که به طور مستقیم به آواشناسی حقوقی سخنگو می‌پردازد، می‌توان در پژوهش‌های آواشناختی اکوستیک و به ویژه در زمینه بازشناسی حقوقی سخنگو در دادگاه‌ها و مراجع حقوقی استفاده نمود.



FERDOWSI UNIVERSITY OF MASHHAD
Dr. Ali Shariati FACULTY OF LETTERS AND HUMANITIES

Abstract of Thesis Graduate Studies

Student's Surname: Namvar Fargi

Student's Name: Mojtaba

Supervisor(s): Shahla Sharifi – MohammadReza Pahlavan Nezhad

Reader(s): Azam Estaji – Mahdi Meshkatoddini

Orientation: Human science Specialization: General Linguistics Grade: Ph.D.

Viva Date: 01/06/2013

No of Pages: 343

Thesis Title: Acoustic Analysis of Recorded Conversations and the Criteria for Speaker

Recognition on the basis of Forensic Phonetics

Keywords: Acoustic Phonetics, Forensic Phonetics, Speaker Recognition, Forensic Speaker Recognition, Recognition Cues.

Abstract:

In this Thesis, recorded voices of 10 Persian speakers including both sexes were analyzed according to Forensic Speaker Recognition. The data included 70 minutes of recorded voice of isolated syllables and words and 30 minutes of connected speech, which totally made 15000 separated sound data.

In this study, by in-depth acoustic analysis of the data, we've tried to find speaker-dependant features and patterns and finally to find out some acoustic cues to be used as the keys for forensic purposes. On the basis of the results of these analyses, 7 acoustic cues were introduced, 5 of which were approved to be quite relevant to Forensic Speaker Recognition.

Also 15 further achievements of this study were described, including some new acoustic concepts such as Acoustic Assimilation, Archiphone and PVRT.

Results and achievements of this study, which is the first Iranian linguistics thesis on Forensic Speaker Recognition, may be useful for acoustic phonetic studies, specially for forensic purposes in courts and police departments.

خدای را سپاس

اکنون که به لطف خداوند، در آستانه اتمام دوره دکتری می‌باشم، بر خود لازم می‌دانم تا از همه کسانی که از اوان کودکی به هر شکلی مرا در تحصیل علم و دانش یار و یاور بوده‌اند تشکر کنم. از خانواده خودم، به ویژه پدر و مادرم که زمینه‌های رشد و پرورش من را فراهم آوردند، بینهایت سپاسگزارم.

از همسر عزیزم که در تمامی مدت، کنار من و پشتیبان و یار من بوده، بینهایت سپاسگزارم. از تمامی معلم‌هایی که در این بیست و چند سال تحصیل داشته‌ام، صمیمانه سپاسگزارم. سپاس ویژه خود را از آن اساتید بزرگوار راهنما و اساتید مشاور رساله، می‌دانم که علاوه بر راهنمایی‌هایی که در انجام این رساله بر من داشته‌اند، افتخار شاگردی ایشان را سر کلاس‌های درس داشته‌ام و از ایشان چیزها آموخته‌ام.

از استاد گرامی، سرکار خانم دکتر شهلا شریفی، که همواره با راهنمایی‌های استادانه و دلسوزانه خود، مشوق و پشتیبان من بوده‌اند، بینهایت سپاسگزارم.

از کلیه اساتید محترم گروه زبان‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، به ویژه جناب آقای دکتر مشکوه‌الدینی و جناب آقای دکتر زمردیان و نیز استاد گرامی، جناب آقای دکتر فردوس آفاگل‌زاده، که افتخار شاگردی ایشان را داشته‌ام، صمیمانه قدردان و سپاسگزارم.

تمامی نکات علمی و داشته‌های این رساله، از آن اساتیدم است و هر جا کاستی یا ایرادی هست، تنها از آن من است. امیدوارم که توانسته باشم، حق شاگردی را به جای آورم.

این رساله را با تمامی وجود تقدیم می‌کنم به:

همسر عزیزم که بیش از هر کس دیگر مرا در انجام این رساله یاری رساند.

فهرست نشانه‌های اختصاری

ANN : Artificial Neural Networks
ARCSIN : Arcos Sin Coefficients
ASR : Automatic Speech Recognition
BBN : Bible Broadcasting Network
BPA : Back propagation Algorithm
F0: Fundamental frequency
F1: first-formant
F2: Second Formant
F3: Third Formant
GMM : Gaussian mixture model
HMM : Hidden Markov Modeling
ITI: Instituto Tecnológico de Informática
LAR : Log Area Ratio
LPC : Liner Prediction Coefficients
LPCC : Linear prediction Cepstral Coefficients
LSF : Line Spectral Frequencies
OGI : Oregon Graduate Institute
PPRLM : Parallel-phone recognition language modeling
PVRT : Pre vocalic resonance time
RCA : Radio Corporation of America
RC : Reflection coefficients
TF : Transformation function
VOT : Voice Onset Time

فهرست جدول‌ها

- جدول ۳-۱: کلیدهای معمول تشخیص همخوانی و تمایز همخوان‌های باواک و بی‌واک ۱۰۸
- جدول ۴-۱: بسامد سازه‌های واکه‌های تلفظ شده توسط سخنگویان ۱ تا ۵ (سخنگویان مرد) ۱۲۸
- جدول ۴-۲: بسامد سازه‌های واکه‌های تلفظ شده توسط سخنگویان ۶ تا ۱۰ (سخنگویان زن) ۱۲۹
- جدول ۴-۳: بسامد سازه‌های واکه‌های [i]، [e] و [a] (سخنگویان مرد) ۱۳۰
- ادامه جدول ۴-۳: بسامد سازه‌های واکه‌های [u]، [o] و [a] (سخنگویان مرد) ۱۳۱
- جدول ۴-۴: بسامد سازه‌های واکه‌های [i]، [e] و [a] (سخنگویان زن) ۱۳۲
- ادامه جدول ۴-۴: بسامد سازه‌های واکه‌های [u]، [o] و [a] (سخنگویان زن) ۱۳۳
- جدول ۴-۵: میانگین بسامد سازه‌های هر واکه (سخنگویان مرد) ۱۳۴
- جدول ۴-۶: میانگین بسامد سازه‌های هر واکه (سخنگویان زن) ۱۳۴
- جدول ۴-۷: میانگین بسامد سازه‌های هر واکه (مجموع سخنگویان) ۱۳۵
- جدول ۴-۸: رابطه میان $F1$ ، $F2$ و $F3$ با پسین یا پیشین بودن واکه ۱۳۶
- جدول ۴-۹: بسامد سازه‌های واکه‌های تلفظ شده توسط سخنگوی شماره ۶ در واژه‌های مختلف ۱۴۶
- جدول ۴-۱۰: بسامد پایه واکه‌های سخنگویان شماره ۱ تا ۱۰ (سخنگویان مرد و سخنگویان زن) ۱۵۴
- جدول ۴-۱۱: بسامد پایه سخنگویان شماره ۱ تا ۱۰ که با استفاده از ریزسازه اول به دست آمده است ۱۶۰
- جدول ۴-۱۲: محاسبه کمی مشابهت میان نمودارهای طیف‌نگاشتی لگاریتمی نشان‌دهنده قله‌های انرژی مربوط به تلفظ واکه‌های [i]، [e]، [a]، [u]، [o] و [a] ۲۸۳
- جدول ۴-۱۳: میانگین مشابهت میان نمودارهای طیف‌نگاشتی لگاریتمی نشان‌دهنده قله‌های انرژی مربوط به تلفظ واکه‌های [i]، [e]، [a]، [u]، [o] و [a] ۲۸۴
- جدول ۴-۱۴: محاسبه کمی مشابهت میان نمودارهای طیف‌نگاشتی لگاریتمی نشان‌دهنده قله‌های انرژی مربوط به تلفظ واکه‌های [i]، [e]، [a]، [u]، [o] و [a] ۲۸۵
- جدول ۵-۱: رابطه میان $F1$ ، $F2$ و $F3$ با پسین یا پیشین بودن واکه ۳۰۶

فهرست شکل‌ها:

- شکل ۱-۱: طول موج و رابطه آن با بسامد ۳۱
- شکل ۱-۲: بخش‌های مختلف یک سیستم پردازش گفتار..... ۴۹
- شکل ۲-۲: نمونه‌ای از یک درخت واژگان ۵۳
- شکل ۳-۲: شمای کلی یک سیستم تأیید سخنگو..... ۵۹
- شکل ۴-۲: الگوی کلی بازشناسی سخنگو..... ۶۵
- شکل ۵-۲: نمونه‌هایی از شکل حفره گفتار و نمونه‌های طیف صوتی ایجاد شده توسط دو سخنگوی متفاوت ۸۶
- شکل ۶-۲: نمونه دیجیتال موج صوتی و نمونه طیف‌نگاشتی جمله..... ۸۶
- شکل ۱-۴: ساختار $F1$, $F2$ و $F3$ در تلفظ واژه‌های زبان فارسی..... ۱۲۶
- شکل ۲-۴: ساختار $F1$, $F2$ و $F3$ در تلفظ واژه‌های زبان فارسی..... ۱۲۷
- شکل ۳-۴: الف: فضای واژه‌ای به دست آمده از میانگین سازه‌های اول و دوم واژه‌ها..... ۱۳۸
- شکل ۴-۳: ب: فضای واژه‌ای به دست آمده از میانگین سازه اول و فاصله میان سازه اول و سازه دوم واژه‌ها..... ۱۳۸
- شکل ۴-۴: الف: فضای واژه‌ای به دست آمده از میانگین سازه‌های اول و دوم واژه‌ها..... ۱۳۹
- شکل ۴-۴: ب: فضای واژه‌ای به دست آمده از میانگین سازه اول و فاصله میان سازه اول و سازه دوم واژه‌ها..... ۱۳۹
- شکل ۴-۵: الف: فضای واژه‌ای به دست آمده از میانگین سازه‌های اول و دوم واژه‌ها..... ۱۴۰
- شکل ۴-۵: ب: فضای واژه‌ای به دست آمده از میانگین سازه اول و فاصله میان سازه اول و سازه دوم واژه‌ها..... ۱۴۰
- شکل ۴-۶: الف: نمودار مربوط به ساختار دقیق واژه‌ای بر اساس $F1$ و $F2$ برای سخنگویان شماره ۱ تا ۵..... ۱۴۲
- شکل ۴-۶: ب: ساختار دقیق واژه‌ای بر اساس $F2$ و فاصله میان $F1$ و $F2$ برای سخنگویان شماره ۱ تا ۵..... ۱۴۳
- شکل ۴-۷: الف: ساختار دقیق واژه‌ای بر اساس $F1$ و $F2$ (سخنگویان شماره ۶ تا ۱۰)..... ۱۴۴
- شکل ۴-۷: ب: ساختار دقیق واژه‌ای بر اساس $F2$ و فاصله میان $F1$ و $F2$ (سخنگویان شماره ۶ تا ۱۰)..... ۱۴۵
- شکل ۴-۸: الف: نمودار مربوط به ساختار دقیق واژه‌ای بر اساس $F1$ و $F1$ برای سخنگوی شماره ۶..... ۱۴۷
- شکل ۴-۸: ب: ساختار دقیق واژه‌ای بر اساس $F2$ و فاصله میان $F1$ و $F2$ برای سخنگوی شماره ۶..... ۱۴۷
- شکل ۴-۹: به ترتیب از بالا به پایین، واژه‌های [i]، [e]، و [a] ۱۵۰
- شکل ۴-۱۰: به ترتیب از بالا به پایین، واژه‌های [u]، [o]، و [a] ۱۵۱
- شکل ۴-۱۱: به ترتیب از بالا به پایین، واژه‌های [i]، [e]، و [a] ۱۵۲
- شکل ۴-۱۲: به ترتیب از بالا به پایین، واژه‌های [u]، [o]، و [a] ۱۵۳
- شکل ۴-۱۳: الف: نمودارهای طیف‌نگاشتی بزرگنمایی شده واژه‌های [i]، [e] و [a]..... ۱۵۶
- شکل ۴-۱۳: ب: نمودارهای طیف‌نگاشتی بزرگنمایی شده واژه‌های [u]، [o] و [a]..... ۱۵۸
- شکل ۴-۱۴: نمودارهای طیف‌نگاشتی لگاریتمی واژه [a] سخنگوی شماره ۶ و سخنگوی شماره ۸..... ۱۶۵
- شکل ۴-۱۵: نمودارهای طیف‌نگاشتی لگاریتمی واژه [e] سخنگوی شماره ۶ و سخنگوی شماره ۸..... ۱۶۷

- شکل ۴-۱۶: نمودارهای طیف‌نگاشتی لگاریتمی واکه [a] سخنگوی شماره ۴ و سخنگوی شماره ۵..... ۱۶۹
- شکل ۴-۱۷: نمودارهای طیف‌نگاشتی لگاریتمی واکه [e] سخنگوی شماره ۴ و سخنگوی شماره ۵..... ۱۷۱
- شکل ۴-۱۸: نمودارهای طیف‌نگاشتی لگاریتمی واکه [a] سخنگوی شماره ۴ و سخنگوی شماره ۶..... ۱۷۳
- شکل ۴-۱۹: نمودارهای طیف‌نگاشتی لگاریتمی واکه [e] سخنگوی شماره ۴ و سخنگوی شماره ۶..... ۱۷۴
- شکل ۴-۲۰: نمودارهای طیف‌نگاشتی لگاریتمی واکه [i] سخنگویان شماره ۱ تا ۱۰ در جایگاه یکسان..... ۱۷۶
- شکل ۴-۲۱: نمودارهای طیف‌نگاشتی واکه [e] سخنگویان شماره ۱ تا ۱۰ در جایگاه یکسان..... ۱۷۷
- شکل ۴-۲۲: نمودارهای طیف‌نگاشتی لگاریتمی واکه [a] سخنگویان شماره ۱ تا ۱۰ در جایگاه یکسان..... ۱۷۸
- شکل ۴-۲۳: نمودارهای طیف‌نگاشتی واکه [u] سخنگویان شماره ۱ تا ۱۰ در جایگاه یکسان..... ۱۷۹
- شکل ۴-۲۴: نمودارهای طیف‌نگاشتی واکه [o] سخنگویان شماره ۱ تا ۱۰ در جایگاه یکسان..... ۱۸۰
- شکل ۴-۲۵: نمودارهای طیف‌نگاشتی واکه [a] سخنگویان شماره ۱ تا ۱۰ در جایگاه یکسان..... ۱۸۱
- شکل ۴-۲۶: نمودارهای موجی و طیف‌نگاشتی نشان‌دهنده بست آغازین و وجود همخوان انسدادی چاکنایی قبل از واکه در جایگاه آغاز واژه در تلفظ واکه [a] توسط سخنگوی شماره ۶..... ۱۸۴
- شکل ۴-۲۷: نمودار طیف‌نگاشتی واکه [u] در واژه [dud]..... ۱۸۵
- شکل ۴-۲۸: نمودار طیف‌نگاشتی واژه [t^hanha]..... ۱۸۷
- شکل ۴-۲۹: نمودار طیف‌نگاشتی واژه [c^habut^har]..... ۱۸۸
- شکل ۴-۳۰: نمودار طیف‌نگاشتی واژه [p^handʒ]..... ۱۸۹
- شکل ۴-۳۱: نمودار موجی و طیف‌نگاشتی واکه [a] در واژه [dʒa]..... ۱۹۱
- شکل ۴-۳۲: شکل طیف‌نگاشتی واژه [tʃ^hasb] که توسط سخنگوی شماره ۱ تلفظ شده است..... ۱۹۳
- شکل ۴-۳۳: شکل طیف‌نگاشتی واژه [zorrat]..... ۱۹۵
- شکل ۴-۳۴: شکل طیف‌نگاشتی واژه [ziba]..... ۱۹۶
- شکل ۴-۳۵: شکل طیف‌نگاشتی واژه [sib]..... ۱۹۸
- شکل ۴-۳۶: شکل طیف‌نگاشتی واژه [lebas]..... ۲۰۰
- شکل ۴-۳۷: شکل طیف‌نگاشتی واژه [jek]..... ۲۰۳
- شکل ۴-۳۸: شکل طیف‌نگاشتی هجای [sa]..... ۲۰۵
- شکل ۴-۳۹: شکل طیف‌نگاشتی واژه [nej]..... ۲۰۷
- شکل ۴-۴۰: شکل طیف‌نگاشتی واژه [nejestan]..... ۲۰۸
- شکل ۴-۴۱: شکل طیف‌نگاشتی واژه [dej]..... ۲۰۹
- شکل ۴-۴۲: شکل طیف‌نگاشتی واژه [gowhar]..... ۲۱۰
- شکل ۴-۴۳: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [b] در هجای [ba]..... ۲۱۳
- شکل ۴-۴۴: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [p] در هجای [pa]..... ۲۱۵

- شکل ۴-۴۵: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [d] در هجای [da]..... ۲۱۷
- شکل ۴-۴۶: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [p] در هجای [pa]..... ۲۱۹
- شکل ۴-۴۷: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [k] در هجای [ka]..... ۲۲۱
- شکل ۴-۴۸: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [g] در هجای [ga]..... ۲۲۳
- شکل ۴-۴۹: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [ʔ] در هجای [ʔa]..... ۲۲۵
- شکل ۴-۵۰: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [G] در هجای [Ga]..... ۲۲۷
- شکل ۴-۵۱: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [s] در هجای [sa]..... ۲۲۹
- شکل ۴-۵۲: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [z] در هجای [za]..... ۲۳۱
- شکل ۴-۵۳: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [p] در هجای [pa]..... ۲۳۳
- شکل ۴-۵۴: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [ʒ] در هجای [ʒa]..... ۲۳۵
- شکل ۴-۵۵: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [f] در هجای [fa]..... ۲۳۷
- شکل ۴-۵۶: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [v] در هجای [va]..... ۲۳۹
- شکل ۴-۵۷: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [x] در هجای [xa]..... ۲۴۱
- شکل ۴-۵۸: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [tʃ] در هجای [tʃa]..... ۲۴۳
- شکل ۴-۵۹: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [dʒ] در هجای [dʒa]..... ۲۴۵
- شکل ۴-۶۰: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [m] در هجای [ma]..... ۲۴۷
- شکل ۴-۶۱: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [n] در هجای [na]..... ۲۴۹
- شکل ۴-۶۲: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [l] در هجای [la]..... ۲۵۲
- شکل ۴-۶۳: ساختار ریزسازه‌های واکه پس از [r] در هجای [ra]..... ۲۵۴
- شکل ۴-۶۴: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [r] در هجای [ra]..... ۲۵۵
- شکل ۴-۶۵: شکل موجی و طیف‌نگاشتی همخوان [j] در هجای [ja]..... ۲۵۷
- شکل ۴-۶۶: ساختار بزرگنمایی شده ریزسازه‌ها در تلفظ واژه "سطل" توسط سخنگوی شماره ۵..... ۲۶۰
- شکل ۴-۶۷: ساختار ریزسازه‌ها و جایگاه همگونی آکوستیکی همخوان [s] با واکه [a] در تلفظ واژه "سطل"..... ۲۶۱
- شکل ۴-۶۸: شکل موجی هجای [sa] و تأثیر همگونی آکوستیکی بر شکل موجی واکه..... ۲۶۲
- شکل ۴-۷۰: نشان‌دهنده وجود واک پیش از واکه پس از همخوان دمیده در هجای [p^he]..... ۲۶۵
- شکل ۴-۷۱: نشان‌دهنده پیوستگی ریزسازه اول..... ۲۶۶
- شکل ۴-۷۲: نشان‌دهنده پیوستگی ریزسازه اول..... ۲۶۷
- شکل ۴-۷۳: نشان‌دهنده الگوی تغییرات ریزسازه اول در تلفظ واکه‌های [i]، [e] و [a]..... ۲۶۹
- شکل ۴-۷۴: نشان‌دهنده الگوی تغییرات ریزسازه اول در تلفظ واکه‌های [u]، [o] و [a]..... ۲۷۰
- شکل ۴-۷۵: شکل طیف‌نگاشتی نشان‌دهنده الگوی تغییرات زیربومی در واکه‌های [e]، [i]..... ۲۷۱

- شکل ۴-۷۶: شکل طیف‌نگاشتی نشان‌دهنده الگوی تغییرات زیرویمی در واکه‌های [u]، [o] و [a] ۲۷۲
- شکل ۴-۷۷: نمودارهای طیف‌نگاشتی لگاریتمی نشان‌دهنده قله‌های انرژی مربوط به تلفظ واکه [i] ۲۷۷
- شکل ۴-۷۸: نمودارهای طیف‌نگاشتی لگاریتمی نشان‌دهنده قله‌های انرژی مربوط به تلفظ واکه [e] ۲۷۸
- شکل ۴-۷۹: نمودارهای طیف‌نگاشتی لگاریتمی نشان‌دهنده قله‌های انرژی مربوط به تلفظ واکه [a] ۲۷۹
- شکل ۴-۸۰: نمودارهای طیف‌نگاشتی لگاریتمی نشان‌دهنده قله‌های انرژی مربوط به تلفظ واکه [u] ۲۸۰
- شکل ۴-۸۱: نمودارهای طیف‌نگاشتی لگاریتمی نشان‌دهنده قله‌های انرژی مربوط به تلفظ واکه [o] ۲۸۱
- شکل ۴-۸۲: نمودارهای طیف‌نگاشتی لگاریتمی نشان‌دهنده قله‌های انرژی مربوط به تلفظ واکه [a] ۲۸۲
- شکل ۴-۸۳: شکل موجی واکه [i] در سخنگویان شماره ۱ تا ۱۰ ۲۸۸
- شکل ۴-۸۴: شکل موجی واکه [e] در سخنگویان شماره ۱ تا ۱۰ ۲۸۹
- شکل ۴-۸۵: شکل موجی واکه [a] در سخنگویان شماره ۱ تا ۱۰ ۲۹۰
- شکل ۴-۸۶: شکل موجی واکه [u] در سخنگویان شماره ۱ تا ۱۰ ۲۹۱
- شکل ۴-۸۷: شکل موجی واکه [o] در سخنگویان شماره ۱ تا ۱۰ ۲۹۲
- شکل ۴-۸۸: شکل موجی واکه [a] در سخنگویان شماره ۱ تا ۱۰ ۲۹۳
- شکل ۴-۸۹: شکل موجی واکه‌های [a] و [e] در هجاهای متفاوت سخنگوی شماره ۶ ۲۹۵
- شکل ۴-۹۰: شکل موجی خیشومی‌های [m] و [n] در واژه‌های متفاوت ۲۹۷
- شکل ۴-۹۱: نشان‌دهنده ساختارهای طیف‌نگاشتی غلت [j] در تلفظ هجای [ja] و واژه [jar] ۳۰۰
- شکل ۴-۹۲: نشان‌دهنده ساختارهای طیف‌نگاشتی غلت [j] در تلفظ هجای [je] و واژه [jek] ۳۰۱
- شکل ۵-۱: فضای واکه‌ای به‌دست آمده از میانگین سازه‌های اول و دوم واکه‌ها ۳۰۷
- شکل ۵-۱ ب: فضای واکه‌ای به‌دست آمده از میانگین سازه اول و فاصله‌میان سازه اول و سازه دوم واکه‌ها ۳۰۷

فهرست

۲۰	فصل اول
۲۷	کلیات
۲۱	۱-۱ مقدمه
۲۷	۲-۱ ضرورت انجام این پژوهش
۲۸	۳-۱ سؤال‌های تحقیق
۲۸	۴-۱ روش تحقیق
۲۹	۵-۱ محدودیت‌های رساله
۲۹	۶-۱ اصطلاحات و مفاهیم کلیدی تحقیق
۳۳	۶-۱ ساختار رساله
۳۵	فصل دوم
۳۵	پیشینه تحقیق
۳۹	۱-۲ زبان‌شناسی حقوقی
۴۰	۲-۲ آواشناسی حقوقی
۴۲	۳-۲ بازشناسی گفتار
۴۸	۴-۲ بخش‌های سیستم بازشناسی خودکار گفتار
۵۰	۱-۴-۲ تبدیل صوت از آنالوگ به دیجیتال
۵۰	۲-۴-۲ مشخصات فیزیکی سیگنال گفتار
۵۰	۳-۴-۲ استخراج مشخصه
۵۲	۴-۵-۲ درخت واژگان
۵۳	۶-۲ بازشناسی سخنگو
۵۶	۱-۶-۲ تشخیص هویت
۵۹	۲-۶-۲ تأیید سخنگو
۵۹	۱-۲-۶-۲ روش‌های پیاده‌سازی سیستم‌های تأیید سخنگو

..... ۶۴	۳-۶-۲ روش‌های بازشناسی سخنگو
..... ۶۷	۴-۶-۲ روش‌های بازشناسی مستقل از متن سخنگو
..... ۶۸	۵-۶-۲ متغیرها (عوامل مؤثر) در سیستم‌های بازشناسی سخنگو
..... ۷۱	۲-۵-۶-۲ سیستم‌های سخنگو-بسته / مستقل از سخنگو
..... ۷۱	۳-۵-۶-۲ بازشناسی گفتار مجزا/پیوسته/سریع/مکالمه‌ای
..... ۷۲	۴-۵-۶-۲ اندازه (حجم) واژگان سیستم
..... ۷۳	۵-۵-۶-۲ برابری سخنگو برای سیستم‌های بازشناسی گفتار
..... ۷۴	۶-۵-۶-۲ محیط
..... ۷۵	۶-۶-۲ شیوه‌های به‌کارگرفته شده در برابری الگوها
..... ۷۶	۷-۲ ویژگی‌های به‌کارگرفته شده در بازشناسی گفتار/سخنگو
..... ۸۰	۸-۲ بازشناسی حقوقی سخنگو
..... ۸۴	۹-۲ مشخصه‌های سیستم‌های بازشناسی خودکار سخنگو
..... ۸۹	۱۰-۲ تقلید صدا
..... ۹۶	فصل سوم
..... ۹۶	چارچوب نظری و روش تحقیق
..... ۹۷	۱-۳ آواشناسی حقوقی
..... ۹۸	۲-۳ آواشناسی آکوستیک
..... ۱۰۲	۳-۳ شیوه بررسی داده‌ها
..... ۱۰۲	۱-۳-۳ جداسازی
..... ۱۰۳	۲-۳-۳ تحلیل اولیه
..... ۱۰۵	۴-۳ کلیدهای آکوستیکی تشخیص آواها
..... ۱۰۶	۱-۴-۳ تمایز باواکی/بی‌واکی
..... ۱۰۹	۲-۴-۳ تمایز واکه‌ای
..... ۱۱۰	۳-۴-۳ کلیدهای آکوستیکی جایگاه تولید

..... ۱۱۰	..... ۳-۴-۴ جایگاه و گذار سازه‌ها
..... ۱۱۱	..... ۳-۴-۵ طیف نوفه به عنوان کلید آکوستیکی جایگاه تولید
..... ۱۱۱	..... ۳-۴-۶ تفاوت در شیوه تولید
..... ۱۱۴	..... ۳-۴-۶ نواخت و آهنگ
..... ۱۱۴	..... ۳-۴-۷ تکیه
..... ۱۱۵	..... ۳-۵ جنبه‌های غیرشنیداری ادراک گفتار
..... ۱۱۵	..... ۳-۶ استخراج ویژگی
..... ۱۱۹	..... ۳-۷ برابریابی الگوها
..... ۱۲۱	..... ۳-۸ بازشناسی متن-بسته
..... ۱۲۱	..... ۳-۹ بازشناسی سخنگو-بسته
..... ۱۲۱	..... ۳-۱۰ صافی کردن نوفه‌ها
..... ۱۲۳	..... فصل چهارم
..... ۱۲۳	..... تجزیه و تحلیل داده‌ها
..... ۱۲۵	..... ۴-۱ توصیف واکه‌ها
..... ۱۲۵	..... ۴-۱-۱ ساختار آکوستیکی واکه‌های زبان فارسی
..... ۱۳۶	..... ۴-۱-۲ فضای واکه‌ای زبان فارسی
..... ۱۴۱	..... ۴-۱-۳ ساختار سازه‌ای واکه‌ها به عنوان یک ویژگی فرد-بسته
..... ۱۴۸	..... ۴-۱-۵ بسامد پایه
..... ۱۶۳	..... ۴-۱-۶ بررسی نمودار طیف‌نگاشتی نشان‌دهنده قله‌های انرژی در واکه‌ها
..... ۱۸۳	..... ۴-۱-۷ ساختار ریزسازه‌ها و انرژی واکه‌ها در جایگاه‌های متفاوت
..... ۱۸۳	..... ۴-۱-۷-۱ جایگاه آغازین
..... ۱۸۴	..... ۴-۱-۷-۲ جایگاه پس از انسدادی‌های باواک
..... ۱۸۶	..... ۴-۱-۷-۳ جایگاه پس از انسدادی‌های بی‌واک
..... ۱۹۰	..... ۴-۱-۷-۴ پس از همخوان انسایشی باواک

..... ۱۹۲	..... ۴-۱-۷-۵ پس از همخوان انسایشی بی‌واک
..... ۱۹۴	..... ۴-۱-۷-۶ پس از همخوان سایشی باواک
..... ۱۹۷	..... ۴-۱-۷-۷ پس از همخوان سایشی بی‌واک
..... ۱۹۹	..... ۴-۱-۷-۸ پس از روان‌ها
..... ۲۰۱	..... ۴-۱-۷-۹ پس از غلت
..... ۲۰۴	..... ۴-۱-۷-۱۰ واکه ساده/واکه مرکب
..... ۲۱۱	..... ۴-۲ توصیف همخوان‌ها
..... ۲۱۱	..... ۴-۲-۱ ویژگی‌های آکوستیکی [b] آغازین
..... ۲۱۴	..... ۴-۲-۲ ویژگی‌های آکوستیکی [p] آغازین
..... ۲۱۶	..... ۴-۲-۳ ویژگی‌های آکوستیکی [d] آغازین
..... ۲۱۸	..... ۴-۲-۴ ویژگی‌های آکوستیکی [t] آغازین
..... ۲۲۰	..... ۴-۲-۵ ویژگی‌های آکوستیکی [k] آغازین
..... ۲۲۲	..... ۴-۲-۶ ویژگی‌های آکوستیکی [g] آغازین
..... ۲۲۴	..... ۴-۲-۷ ویژگی‌های آکوستیکی [ʔ] آغازین
..... ۲۲۶	..... ۴-۲-۸ ویژگی‌های آکوستیکی [G] آغازین
..... ۲۲۸	..... ۴-۲-۸ ویژگی‌های آکوستیکی [s] آغازین
..... ۲۳۰	..... ۴-۲-۹ ویژگی‌های آکوستیکی [z] آغازین
..... ۲۳۲	..... ۴-۲-۱۰ ویژگی‌های آکوستیکی [ʃ] آغازین
..... ۲۳۴	..... ۴-۲-۱۱ ویژگی‌های آکوستیکی [ʒ] آغازین
..... ۲۳۶	..... ۴-۲-۱۲ ویژگی‌های آکوستیکی [f] آغازین
..... ۲۳۸	..... ۴-۲-۳ ویژگی‌های آکوستیکی [v] آغازین
..... ۲۴۰	..... ۴-۲-۱۴ ویژگی‌های آکوستیکی [x] آغازین
..... ۲۴۲	..... ۴-۲-۱۵ ویژگی‌های آکوستیکی [tʃ] آغازین
..... ۲۴۴	..... ۴-۲-۱۶ ویژگی‌های آکوستیکی [dʒ] آغازین

..... ۲۴۶	۴-۲-۱۷ ویژگی‌های آکوستیکی [m] آغازین
..... ۲۴۸	۴-۲-۱۸ ویژگی‌های آکوستیکی [n] آغازین
..... ۲۵۰	۴-۲-۱۹ ویژگی‌های آکوستیکی [l] آغازین
..... ۲۵۳	۴-۲-۲۰ ویژگی‌های آکوستیکی [r] آغازین
..... ۲۵۶	۴-۲-۲۰ ویژگی‌های آکوستیکی [j] آغازین
..... ۲۵۹	۳-۴ همگونی آکوستیکی
..... ۲۶۳	۴-۴ ریزسازه‌های بالاتر
..... ۲۶۳	۴-۴-۱ افزایش شدگی واکه قبل از همخوان‌های لثوی
..... ۲۶۴	۴-۴-۲ واکرفتگی واکه‌ای
..... ۲۶۶	۵-۴ پیوستگی ریزسازه اول
..... ۲۶۷	۶-۴ ارتباط ریزسازه اول با واک
..... ۲۶۸	۴-۷ الگوی تغییرات بسامد پایه در سخنگویان مختلف
..... ۲۷۲	۴-۸ کلیدهای آکوستیکی بازشناسی حقوقی سخنگو
..... ۲۷۳	۴-۸-۱ الگوی دقیق ساختار سازه‌ای واکه‌های هر فرد
..... ۲۷۴	۴-۸-۲ کلید شباهت الگوی طیف‌نگاشتی لگاریتمی نشان‌دهنده قله‌های انرژی
..... ۲۸۶	۴-۸-۳ بسامد پایه
..... ۲۸۷	۴-۸-۴ ویژگی موجی واکه‌ها
..... ۲۹۶	۴-۸-۵ ویژگی موجی خیشومی‌ها
..... ۲۹۸	۴-۸-۶ ویژگی طیف‌نگاشتی غلت
..... ۳۰۳	فصل پنجم
..... ۳۰۳	جمع‌بندی و نتیجه‌گیری
..... ۳۰۵	۵-۱ الگوها و مشخصه‌های آکوستیکی صداها
..... ۳۰۵	۵-۱-۱ ساختار کلی سازه‌های واکه‌ها
..... ۳۰۶	۵-۱-۲ فضای واکه‌ای زبان فارسی

..... ۳۰۸	..... ۳-۱-۵ بسامد پایه واکه‌ها
..... ۳۰۸	..... ۴-۱-۵ الگوهای آکوستیکی واکه‌ها در جایگاه‌های متفاوت
..... ۳۰۸	..... ۵-۱-۵ دیرش همخوانی
..... ۳۰۹	..... ۶-۱-۵ زمان واک پیش از واکه
..... ۳۰۹	..... ۷-۱-۵ زمان آغاز باواکی
..... ۳۰۹	..... ۸-۱-۵ زمان دیرش پایانی همخوان
..... ۳۰۹	..... ۹-۱-۵ حضور یا عدم حضور نوفه و چگونگی آن
..... ۳۱۰	..... ۱۰-۱-۵ پیوستگی ریزسازه اول
..... ۳۱۰	..... ۱۱-۱-۵ چگونگی پیوندها و همگونی‌های آکوستیکی
..... ۳۱۰	..... ۱۲-۱-۵ وضعیت آکوستیکی
..... ۳۱۰	..... ۱۳-۱-۵ ویژگی‌های سایش همخوانی
..... ۳۱۱	..... ۱۴-۱-۵ ساختار ریزسازه‌ها
..... ۳۱۱	..... ۲-۵ ویژگی‌های منحصر بفرد آکوستیکی و کلیدهای بازشناسی حقوقی سخنگو
..... ۳۱۲	..... ۱-۲-۵ کلیدهای آکوستیکی بازشناسی حقوقی سخنگو
..... ۳۱۲	..... ۱-۱-۲-۵ الگوی دقیق ساختار سازه‌ای واکه‌های هر فرد
..... ۳۱۲	..... ۲-۱-۲-۵ شباهت الگوی طیف‌نگاشتی لگاریتمی نشان‌دهنده قله‌های انرژی
..... ۳۱۳	..... ۳-۱-۲-۵ الگوی بسامد پایه
..... ۳۱۳	..... ۴-۱-۲-۵ ویژگی موجی واکه‌ها
..... ۳۱۳	..... ۵-۱-۲-۵ ویژگی موجی خیشومی‌ها
..... ۳۱۴	..... ۶-۱-۲-۵ ویژگی طیف‌نگاشتی غلت
..... ۳۱۴	..... ۷-۱-۲-۵ ویژگی‌های منحصر بفرد همخوان [F]
..... ۳۱۴	..... ۳-۵ دستاوردهای دیگر رساله
..... ۳۱۵	..... ۱-۳-۵ همگونی آکوستیکی
..... ۳۱۵	..... ۲-۳-۵ آوای شامل