

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTRONIKOS KATEDRA

Aurelijus Germanavičius, Nedas Zaramba

KALBOS SIGNALŲ SINTEZĖ

Magistro darbas

Darbo vadovas:
doc. dr. G. Daunys

ŠIAULIAI, 2005

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTRONIKOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas:
doc. dr. G. Daunys
2005 06 06

KALBOS SIGNALŲ SINTEZĖ

Magistro darbas

Vadovas
doc.dr.G. Daunys
2005 06 06

Atliko
RM3 gr. stud.
A.Germanavičius
N. Zaramba
2005 06 06

Recenzentas
ŠU Technologijos fakulteto
radiotechnikos katedros
doc. N. Ščiukaitė
2005 06 06

ŠIAULIAI, 2005

SUMMARY

In the contemporary world of techniques, voice technologies, such as speech recognition, synthesis of speech signals, and their combined versions, acquire more and more significance. If we had a good synthesizer, we could use it widely. An example could be the reading of electronic books in voice, etc.

Speech synthesizers of an older generation were quite primitive. A modern synthesis machine is not only able to read the text evenly, but to convey the emotionality as well. Speech synthesizer can raise a tone, dictate a question, and synthesize a voice of a desired timbre and speed. These features considerably enrich the speech synthesized.

The aim of the research paper is to analyze the operation principles of the present speech signal synthesizers and to select the type of synthesis according to the quality indicators; prior to the compilation of Lithuanian sound set, to analyze the basics of phonetics. The features of phonemes and diphones are examined in the paper. The final result of the work is the sound set of Lithuanian language incorporating the phonemes and diphones. Synthesizer of Lithuanian language may be developed using this sound set. To implement this work, the program PRAAT was used. This software was selected due to its flexibility in the acoustic analysis of speech signals.

The paper includes:

1. The analysis of general functional diagram of speech synthesis by text as well as the principles of concatenate synthesis.
2. Compilation and analysis of the versions of diphones most commonly used in Lithuanian language.
3. The experiment, using the recorded phonemes and diphones.
4. Recommendations for the improvement of the Lithuanian sound set and the quality of the signal to be synthesized.

TURINYS

IVADAS.....	5
1. KALBOS SIGNALŲ SINTEZĖS SISTEMOS APŽVALGA.....	6
1.1. Bendros kalbos signalų sistemos funkcinė diagrama.....	6
1.1.1. Lingvistinio teksto apdorojimas.....	6
1.1.2. Fonetinių vienetų ir taisyklių duomenų bazė.....	9
1.1.3. Kalbos signalo formavimas.....	10
1.2. Kalbos sintezės programų vartotojiškas įvertinimas.....	10
1.2.1. Speaking Mouse.....	10
1.2.2. Govorilka.....	11
1.2.3. MBrola.....	12
1.2.4. TomReader.....	13
1.3. Sintezės sistemų kalbos kokybė.....	14
1.4. Konkatenacinė sintezė ir jos naudojami segmentai.....	17
2. LIETUVIŲ KALBOS GARSŲ FONETINĖ ANALIZĖ.....	19
2.1. Garsų susidarymo priežastys ir aplinkybės.....	19
2.2. Lietuvių kalbos garsų dažninė analizė.....	20
2.3. Balso trakto artikuliacijos ir garsų trukmių analizė.....	26
3. LIETUVIŲ KALBOS GARSŲ SUSIDARYMAS.....	35
3.1. Galimų difonų susidarymas.....	35
3.2. Būdingų žodžių įrašymas.....	36
3.3. Fonemų ir difonų išskyrimas.....	37
3.4. Difonų analizė.....	38
3.5. Sintezės modeliavimas PRAAT programa.....	41
IŠVADOS.....	45
LITERATŪRA.....	46
I. PRIEDAS.....	47
II. PRIEDAS.....	76

ĮVADAS

Šiuolaikiniame technikos pasaulyje vis didesnę prasmę įgauna balso technologijos, tokios kaip šnekos atpažinimas, kalbos signalų sintezė, bei kombinuoti jų variantai. Kalbos sintezės programos yra aktualios tokiems vartotojams, kurie labiau mėgsta klausytis teksto, o ne skaityti elektronines knygas iš monitoriaus ekrano. Tiems, kurie saugo savo regėjimą, kurie nori išgirsi kaip skamba žodžiai ir frazės įvairiomis kalbomis. Daugelis kalbos sintezatorių leidžia klausytis elektroninėse knygose spausdinamo teksto per labai pasaulyje populiarų mp3 grotuvą. Taip pat kalbos sintezės programos gali būti įdomios tokiems vartotojams kurie svajoja išmokyti "kalbėti" savo kompiuterį, arba tiesiog nori sužinoti kaip dirba kalbos sintezatoriai.

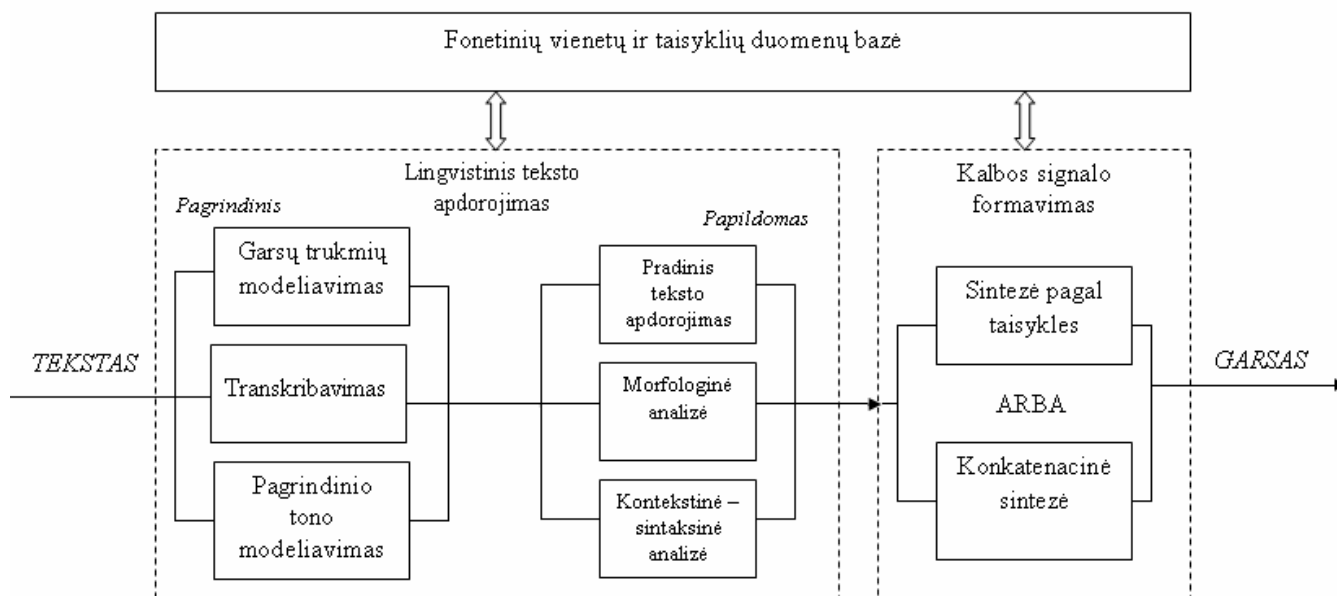
Mūsų magistro tiriamojo darbo tikslas yra išanalizuoti jau esamų kalbos signalų sintezatorių veikimo principus ir pagal kokybinius rodiklius pasirinkti sintezės rūšį. Pagal literatūroje pateiktus tyrimų rezultatus, atkreipiame dėmesį į konkatenacinę sintezę ir jos pagrindu sukurtus kalbos signalų sintezatorius. Šio metodo privalumai: 1) labai gera (geriausia iš šiuo metu egzistuojančių) sintezuotos kalbos kokybė; 2) kalba skamba natūraliai; 3) minimalūs skaičiavimai sintezės metu. Metodo trūkumas yra tik tas, kad galima sintezuoti tik kalbą neutralia intonacija, galimybė sintezuoti emocionalią kalbą labai ribota.

Galutinis mūsų darbo tikslas yra sudaryti lietuvių kalbos garsyną susidedantį iš fonemų ir difonų, kurio pagrindu gali būti sukurtas lietuvių kalbos sintezatorius. Sudarant lietuvių kalbos garsyną, reikia išanalizuoti fonetikos pagrindus. Tuo tikslu tiriamo fonemų ir difonų ypatybes.

1. KALBOS SIGNALŲ SINTEZĖS SISTEMOS APŽVALGA

1.1. Bendros kalbos signalų sintezės sistemos funkcinė diagrama

Kalbos sintezę pagal tekstą pirmiausia patogų išskaidyti į du pagrindinius etapus: lingvistinį teksto apdorojimą ir kalbos signalo formavimą. Taigi bendra kalbos sintezės pagal tekstą funkcinė diagrama atrodo taip, kaip pavaizduota 1.1 pav.



1.1 pav. Bendra kalbos sintezės pagal tekstą funkcinė diagrama.

Lingvistinio apdorojimo blokas pagal įvedamą tekstą sukuria jo fonetinę transkripciją ir reikiamą intonaciją bei garsų trukmes (vadinamus prozodija). Kalbos signalo formavimo blokas gaunamą simbolinę informaciją paverčia į žmogaus kalbą.

1.1.1 Lingvistinio teksto apdorojimo sudedamosios dalys

Lingvistinio teksto apdorojimo metu greta trijų pagrindinių uždavinių (transkribavimo, intonacijos ir garsų trukmių modeliavimo) dar gali būti atliekama visa aibė papildomų teksto apdorojimo darbų: pradinis teksto apdorojimas, morfologinė, kontekstinė bei sintaksinė analizė, žodžio skienavimas bei kirčiavimas, sakinio skaidymas į frazes, frazės kirčio radimas.

Pradinis teksto apdorojimas reikalingas todėl, kad tekste gali pasitaikyti įvairios santrumpos, specialūs simboliai, skyrybos ženklai, skaičiai. Taškas tekste gali reikšti sakinio

pabaigą arba santrumpą. Pradinio teksto apdorojimo modulis skaido įvedamą tekstą į sakinius ir pakeičia ištaisais žodžiais jame esančias santrumpas, skaičius ir pan. Kartais santrumpos ar skaičiai skirtinguose kontekstuose turi būti išskleidžiami į pilną tekstą skirtingai. Pvz., santrumpa „šv.“ gali reikšti „šventas“ (šv. raštas) ir „šviesiai“ (šv. žalias).

Morfologinės analizės metu kiekvienam atskiram žodžiui remiantis jo rašyba bandoma nustatyti, kokia tai kalbos dalis ir kokia gramatinė forma. Tam tikslui išvestiniai, sudurtiniai ir kaitomi žodžiai skaidomi į elementarias sudedamąsias dalis – morfemas (t. y. priešdėlius, šaknis, priesagas, galūnes), naudojant kamienų, priesagų ir pan. žodynus. Morfologinės analizės metu surastos morfemos gali būti naudojamos fonetinės transkripcijos paieškai žodyne transkribavimo etape, taip pat skiemenavimui arba automatiniam kirčiavimui.

Kontekstinės analizės metu nagrinėjami gretimi žodžiai. Tai leidžia sumažinti hipotezių apie žodžio priklausymą tam tikrai kalbos daliai skaičių. Lietuvių kalboje kontekstinė analizė gali pagelbėti, pvz., žodžių junginiuose „žmonių galvos“ ir „žmonės galvės“ pagal pirmojo žodžio gramatinę formą galima atpažinti, kad pirmuoju atveju turime daiktavardžio daugiskaitos vardininką, o antruoju atveju – veiksmažodžio būsimąjį laiką, ir šie žodžiai skirtingai kirčiuojami. Be to, kontekstinė analizė gali padėti teisingai išskleisti į pilną tekstą skaičius ir santrumpas. Pvz., „3 lentelė“ išskleidžiama į „trečia lentelė“, o „3 paveikslėlis“ – į „trečias paveikslėlis“.

Sintaksinės analizės metu surandama teksto struktūra, kuri paprastai naudojama skaidant sakinį į frazes. Sakinio skaidymas į frazes dar gali būti pagrįstas funkcinių ir turinio žodžių sekomis. Frazės sintezuotoje kalboje atskiriamos pauzėmis, šalia frazių ribos esančių skiemenų pailginimu arba pagrindinio tono dažnio pakėlimu perėjus prie naujos frazės.

Garsų trukmių modeliavimas. Kalbos garsų trukmė yra svarbus prozodijos aspektas, darantis įtaką tiek kalbos suprantamumui, tiek natūralumui. Kalbos sintezės sistemose paprastai naudojamos taisyklės, nusakančios kiekvieno atskiro fonetinio segmento frazėje trukmę. Šios taisyklės paprastai modeliuoja keturių tipų trukmės efektus: 1) kiekvienos fonemos „prigimtinę“ trukmę, 2) konteksto įtaką trukmei, 3) nelingvistinių faktorių (pvz., kalbėjimo greičio) įtaką trukmei ir 4) šių minėtų faktorių sąveiką. Skirtingose sistemose naudojamos skirtingo sudėtingumo taisyklės. Paprasčiausiose sistemose naudojamos tik „prigimtines“ fonemų trukmės.

Yra visa aibė nuo konteksto priklausančių faktorių, kurie daro didelę įtaką garsų trukmei: sintaksinės ribos (pvz., sakinio, frazės pabaiga), fonologiniai požymiai (pvz., kirtis), fonetinis kontekstas (fonema, einanti prieš ir po). Gerai žinomi tokie efektai, kaip garso pailgėjimas prieš pauzę, kirčiuoto balsio pailgėjimas, balsių prieš skardų sprogstamąjį

priebalsį pailgėjimas, priebalsių grupėje sutrumpėjimas, garsų daugiaskiemeniame žodyje sutrumpėjimas ir t. t.

Akivaizdu, kad kalbėjimo greitis taip pat daro įtaką garsų trukmėms, kuo didesnis greitis, tuo trumpesni garsai. Tačiau kalbėjimo greičio pasikeitimas skirtingus garsus gali įtakoti skirtingai. Be to, kalbėjimo greičio pasikeitimas įtakoja ir kai kuriuos kitus sintezuotos kalbos aspektus, pvz., pauzių skaičių ir trukmę.

Pasirinkus modelį reikia išsiaiškinti, kokie faktoriai tam tikroje kalboje daro įtaką garsų trukmėms, ir kokios jų reikšmės. Svarbiausi faktoriai ar jų grupės:

- 1) Sakinio ar frazės pradžia ar pabaiga;
- 2) Sakinio ar žodžio kirtis;
- 3) Gretimo iš kairės ar iš dešinės garso priklausymas tam tikrai fonetinei klasei (pvz., skardus ar duslus sprogstamasis ar pučiamasis priebalsis);
- 4) Frazės ilgis žodžiais;
- 5) Žodžio padėtis frazėje;
- 6) Žodžio ilgis skiemenimis;
- 7) Skiemens padėtis žodyje;
- 8) Garso padėtis skiemenyje;
- 9) Skiemens struktūra;
- 10) Priebalsio priklausymas priebalsių grupei ir t. t.

Pagrindinio tono modeliavimas. Pagrindinio tono aukštis turi savyje keletą skirtingų lygių informaciją. Visų pirma kiekviena frazė pradedama aukštesniu tonu ir baigiama žemesniu, tokiu būdu pagrindinio tono aukštis signalizuoja apie frazių ribas. Pagrindinio tono pakėlimas ar nuleidimas pačioje frazės pabaigoje leidžia pasakyti sakinį keliomis intonacijomis: konstatuojamąja, klausiamąja ir šaukiamąja. Kita pagrindinio tono funkcija yra kirčiavimas. Kirčiuoti skiemenys išskiriami iš kitų pagrindinio tono pakėlimu, trukme, amplitude ir spektrine sudėtimi, iš kurių svarbiausią vaidmenį vaidina pagrindinis tonas. Atskiri garsai taip pat gali turėti įtakos pagrindinio tono aukščiui, pvz., pagrindinis tonas aukštesnis šalia nevokalizuoatų sprogstamųjų priebalsių (/p/, /t/, /k/), negu šalia vokalizuoatų (/b/, /d/, /g/), balsių /i/, /u/ tonas paprastai aukštesnis, negu /e/ arba /a/. Dėl šios priežasties pagrindinio tono kreivės dažnai modeliujamos kaip keletą skirtingo lygio kreivių kombinacija.

Transkribacija. Lietuvių kalbos rašybos ir skyrybos taisyklės sudarytos remiantis keliais principais: ne tik fonetiniu, bet ir gramatiniu (morfologiniu, sintaksiniu), istoriniu, tradiciniu. Todėl raštas ne visada tiksliai atspindi tarimą. Pavyzdžiui, žodyje *laukdavo* rašome raidę *k*, bet tariame skardųjį priebalsį *g* ir pan. Norėdami tiksliai parodyti tarimą visą tai

turime perrašyti – transkribuoti. Lietuvių kalbotyroje (ypač dialektologijoje) paplitusi kopenhaginė fonetinė transkripcija. Iš esmės tų pačių principų laikomės transkribuodami lietuvių bendrinės kalbos garsus, žodžius, sakiniu ar ištikus tekstus.

Pagrindiniai fonetinės transkripcijos dalykai:

- Transkribuojami vienetai žymimi laužtiniuose skliausteliuose.
- Priebalsių minkštumas žymimas apostrofa dešinėje raidės pusėje pvz.: *nešti* [n'eš't'i]. Priebalsio minkštumo ženklas *i* transkribuojant praleidžiamas – jį atstoja apostrofa.
- Garso ilgumas žymimas tašku. Taškas aukštai dešinėje raidės pusėje rodo, kad garsas ilgas. Taškas žemai dešinėje raidės pusėje rodo, jog garsas – pusilgis. Nosinės raidės *a, i, e, u*, ir *y, ū* transkribuojant nevartojamos – rašoma [a·], [e·], [i·], [u·].
- Nevartojamos didžiosios raidės.
- Glaudų fonetinių žodžių jungimą rodo lankelis, pvz.: *i namus*.
- Žodžiai kirčiuojami.

1.1.2. Fonetinių vienetų ir taisyklių duomenų bazė

Prieš sudarant fonetinių vienetų bazę pasirenkami fonetiniai vienetai ir sudaromas visų fonetinių vienetų sąrašas. Tada sudaromas žodžių ar sakinių, kuriuose būtų visi reikalingi fonetiniai vienetai, sąrašas. Geriausia turėti po kelis to paties fonetinio vieneto variantus. Paprastai vienam fonetiniam vienetai iškirpti įrašomas visas sakiny. Sudarytą sakinių sąrašą perskaito diktorius ir jo balsas skaitmeniniu būdu įrašomas į kompiuterį. Po to iš šių įrašų iškerpami fonetiniai vienetai.

Fonetiniai vienetai iš signalo gali būti kerpami naudojant kokį nors automatinį segmentavimo algoritmą, o po to segmentavimas koreguojamas, arba tai gali atlikti ekspertas rankiniu būdu, naudodamas signalo vizualizavimo ir pasiklausymo priemonės.

Į fonetinių vienetų ir taisyklių duomenų bazę įeina kalbos taisyklių rinkinys. Garso priklausomybę vienai ar kitai grupei nulemia kirtis, priebalsiams svarbus po jo sekantis balsis, galintis jį suminkštinti, taip pat išskiriami dvigarsiai bei susiejami kai kurie vienas šalia kito esantys garsai.

1.1.3. Kalbos signalo formavimas

Kalbos signalo suvokimui svarbesni yra perėjimai tarp garsų, o ne stacionarios jų dalys. Šie perėjimai gali būti modeliuojami:

1. išreikštiniu pavidalu, kai saugoma aibė taisyklių, nusakančių vienos fonemos įtaką kitai;

2. neišreikštiniu pavidalu, kai kalbos segmentų bazėje saugomi perėjimų tarp garsų pavyzdžiai, kurie sintezės metu naudojami kaip galutiniai akustiniai elementai. Remianti šiais dviem principais kalbos signalo formavimo metodai gali būti skirstomi į sintezę pagal taisykles ir konkatenacinę sintezę. Susintezuota kalba turi būti maksimaliai suprantama ir aiški, todėl yra atliekamas kokybės ir suprantamumo testavimas.

1.2. Kalbos sintezės programų vartotojiškas įvertinimas

1.2.1. Speaking Mouse

Programa **Speaking Mouse**. Paskutinė versija skirta sintezuoti tekstinius failus. Sukurta Balso Technologijų klubo.

Programa įrašyta į CD ir be jo neveikia, naudoja savo bibliotekas sintezei, todėl papildomai nieko įdiegti nereikia. Pilnas programos dydis 4,5 MB. Į programą įdėti dešimt skaitymo personažų, galima keisti garsą, tempą ir tembrą gana plačiame diapazone. Pagal nutylėjimą programa atidaro failus su plėtiniu *.spm, bet pakeitus failo tipą galima atidaryti ir *.txt. Dėl kokybiškesnės sintezės siūloma padėti kirčius ir skyrybos ženklus išskyrus priešdėlius ir jungtukus. Programa gali pati sukirčiuoti arba patikrinti kirčių sudėjimą. Kirčiai sudedami vieno kablelio pagalba. Pvz.: sud'ėti kirči'us. Jei nėra kirčių, skaitymas vyksta skiemenimis. Sukirčiuoti žodžiai saugomi žodyne, kuriame galima pridėti ir naujų žodžių.

Papildomos programos galimybės:

- Programa be standartinių funkcijų gali dainuoti, skaityti meniu ir ekrano pranešimus, įgarsinti tekstą renkama klaviatūra dirbant Windows aplinkoje.
- Yra galimybė redaguoti balsus. Iš skaitomo teksto galima iškviešti multimedinių funkcijų vykdymą. Tarp kurių: grafinių failų demonstracija, *.wav bei *.midi failų pragrojimas.
- Sintezatorius gali pranešti esamą datą bei laiką. Papildomos funkcijos aktyvuojasi naudojant papildomus simbolius, kurie yra įrašomi į patį tekstą.

- Programa leidžia išstarti, bet kuriame tekstiniame redaktoriuje ką tik surinkta žodį. Tam reikia įjungti „sekimo“ režimą, po kurio programa pradės tarti esamus žodžius redaktoriaus lange.
- Programa tarp savo nustatymų turi galimybę keisti sintezės toną, bei procesoriaus užsikrovimo intensyvumą.
- Sintezuotas balsas, kuris atkuria tekstą gana aiškus, bet pripratimui reikia laiko, nes skaitoma skiemenuojant. Kalbos natūralumui turi įtakos sakinyje esantys skyrybos ženklai atsakingi už intonaciją.

Pliusai: Dėl patogaus ir savarankiško interfeiso programa yra užbaigta. Turi daug nustatymų kokybiškam teksto atkūrimui. Nėra nustatyto dydžio užkraunamam tekstiniam failui.

Minusai: Neįmanoma sekti einamosios padėties skaitant tekstą. Neįmanomas interfeiso dizaino keitimas. Programa pririšta prie CD.

1.2.2. Govorilka

Tai nedidelės apimties programa skirta garsiniam teksto skaitymui. Ji leidžia atkurti kalba naudojantis asmeniniame kompiuteryje įdiegtais text – to – speech varikliukais. Vienas iš tokių varikliukų yra Microsoft SpeechAPI .

Programos **Govorilka** galimybės:

- Teksto atkūrimas balsu.
- Tekstinio failo skaitymas iš atminties buferio (kopijuoto teksto).
- Skaitomo teksto dydis praktiškai neribojamas.
- Galimybė atidaryti tekstus iš MS Word ir HTML failų.
- Užkrauto teksto kodo keitimas (Win/DOS)
- Skaitomo teksto sekimas.
- Teksto bei kursoriaus padėties išiminimas uždarant aktyvų langą.
- Balso parametrų nustatymas.
- Programos interfeiso keitimas.
- Atkuriamo teksto įrašymas į garsinį failą su plėtiniu *.wav.
- Garsinio failo (*.wav) atkūrimas.
- Garsinio failo saugojimas su plėtiniu *.mp3, su laisvai užduodamu kilobitų skaičiumi per sekunde. Tam yra sukurta funkcija leidžianti nustatinėti įrašo kokybę.
- Yra funkcija naudojanti vartotojo žodyną, kurio pagalba galima savarankiškai nustatyti atskirų žodžių tarimą, tuo pačiu pagerinant visos programos tarimą.

- Dėl programos universalumo įmanoma vienu metu dirbti su trimis aktyviais langais ir juose užkrauti tekstą.
- Vartotojui malonus ir draugiškas programos interfeisas.

Programos interfeisas aiškus ir patogus. Viršuje eina meniu juosta su funkcijomis, žemiau išdėstyti valdymo mygtukai: atidaryti failą, užkrauti iš buferio, išvalyti langą, paleidimo, stabdymo, pauzės bei panelės su papildomais nustatymais atidarymas.

Pastarosios panelės nustatymai: personažo išsirinkimas, atkūrimui skirtas šaltinio tipas (tekstas ar garsinis failas *.wav), garsinio failo saugojimas, atkuriamo teksto greičio kitimas, balso tembras, garsas arba nustatymai pagal nutylėjimą. Kalbos sintezatoriaus govorilka interfeisą galima pamatyti darbo 2 priede 2.1 pav.

Pliusai:

Interfeisas pakankamai patogus. Skirtingi atkūrimo ir interfeiso nustatymai. Programos daugialangiškumo realizavimas. Skaitymas iš buferio. Skaitymas iš bet kurios nurodytos vietos. Teksto šrifto koduotės keitimas. Skaitomo teksto išsaugojimas garsiniuose failuose.

Minusai:

Esminių minusų nėra. Būtų galima papildyti programą galimybe, atkurti klaviatūra įvestą tekstą esant bet kokiam tekstiniam redaktoriui.

1.2.3. MBrola

MBrola yra kalbos sintezatorius pagrįstas difonų tarpusavio ryšiais. Įėjime turime fonemų sąrašą, kartu su prozodine informacija (fonemų trukmė ir tiesinis linijinis žingsnio aprašymas).

Mūsų nagrinėta MBrola nėra TTS sintezatorius, kadangi nepriima teksto eilutės kaip įėjimo. Norint gauti pilną TTS sistemą reikia naudoti šį sintezatorių kombinuojant su tekstu apdorojančiomis sistemomis, kurios sugeneruoja fonetines ir prozodines komandas. Norint panaudoti MBrola programą kitų kalbų sintezavimui, yra reikalingi pastarųjų kalbų fonemų duomenų bazių paketai

Programos MBrola galimybės:

- Sintezuoja tekstą iš klaviatūros.
- Duomenų bazės daugiakalbiškumas.
- Sintezuoja tekstą iš tekstinių failų.
- Patogus vartotojui interfeisas.

- Galima sintezuoti skirtingo tembro balsą (vyrišką, moterišką, vaikišką).
- Kalba skamba suprantamai.
- Jaučiamas metalinis balsas.

1.2.4. TomReader

Ši teksto peržiūros programa turi knygos pavidalo interfeisą bei kalbos sintezės funkciją. Jos dėka galima ne tik skaityti, bet ir klausyti tekstą. Programos pagrindinė paskirtis – elektroninės literatūros skaitymas. Dėl to sumažėja vartotojo akių nuovargis, skaitymas kompiuteryje tampa maloniu, komfortišku ir nevarginančiu procesu.

Sintezės funkcija pagrįsta bibliotekos Speech API iš Microsoft naudojimu. Norint, kad programa **TomReader** veiktų, pastaroji biblioteka bei papildomi kalbiniai moduliai (varikliukai) turi būti įdiegti į personalinį kompiuterį. Šiai programai galimi tiek mokami „Digalo“ tiek nemokami „Learnout & Hauspie“ kalbiniai moduliai.

Kalbinių modulių palyginimo lentelė matoma 1.2 pav.

1 lentelė

Gamintojas	Digalo	Learnout & Hauspie
Natūralaus balso kokybė	Aukšta	Vidutinė
Kalbos greičio kitimas	Yra	Yra
Balso tembro keitimas	Yra	Yra
Garso kokybė	Mono, 16bit, 16 KHz	Mono, 16bit, 11 KHz
Greitas įrašymas wav formatu	Yra	Yra
Informacinė sistema	Nėra	Yra
Kaina	29\$ (po 15 dienų bandomosios versijos)	Nemokama

1.2 pav. Kalbinių modulių palyginimo lentelė.

Programos **TomReader** galimybės:

- Darbas su tekstiniais ir HTML failais iki 12 MB.
- Darbas su įvairiom tekstinių failų koduotėm (Win, DOS, Koi).
- Automatinis koduotės atpažinimas.
- Paieška tekste.

- Minimalus kiekis privalumų bei naudojimo paprastumas.
- Kalbos sintezės TTS palaikymas.

Pliusai: Pagrindinis programos plusas tai jos natūrališkumas bei interfeiso dailumas, leidžiantis lengvai keisti išorinę išvaizdą pagal vartotojo asmeninį skonį. Vartotojo patogumas.

Minusai: Jeigu programa naudojama tik elektroninių knygų skaitymui, tai esminių minusų nėra. Kaip kalbos sintezatoriaus programa TomReader turėtų turėti didesnes balso redagavimo galimybes, taip pat suderinamumą su kitais sintezės varikliukais.

1.3. Sintezės sistemų kalbos kokybė

Poreikis įvertinti sintezuotos kalbos kokybę gali atsirasti dėl daugelio priežasčių:

1. Kuriant sintezės sistemą ir pritaikius naują algoritmą norisi patikrinti, ar pasiektas kokybės pagerėjimas;
2. Diegiant sistemą reikia patikrinti, ar tenkinama techninė specifikacija;
3. Renkantis sistemą norisi palyginti kelis konkuruojančius gaminius.

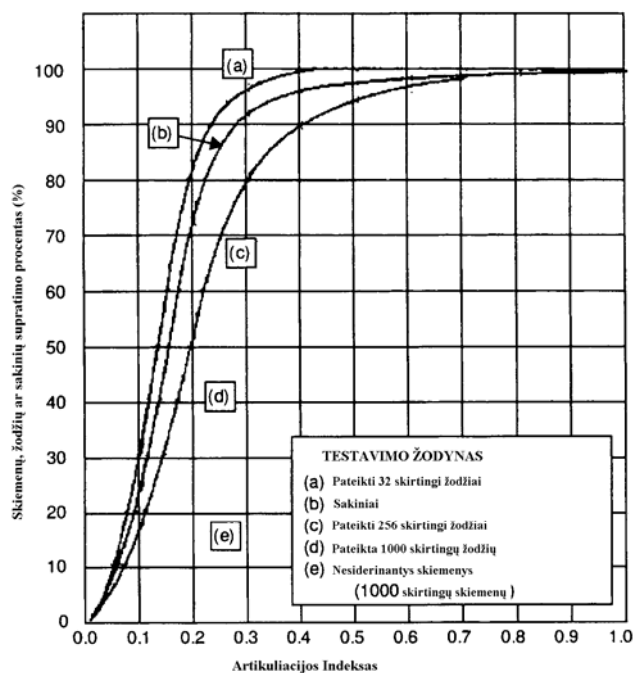
Jei sintezuotos kalbos kokybė nepakankamai gera, klausytojas gali nesuprasti kai kurių žodžių, gali supainioti žodžius arba tiesiog kalbos supratimas reikalauja per daug pastangų ir žmogus negali lygiagrečiai atlikti kitų darbų.

Vienas iš labai svarbių testams keliamų reikalavimų yra rezultatų pakartojamumas, t.y. skirtingu laiku, skirtingose vietose ir su skirtingais žmonėmis atliekant testą, turi būti gaunami panašūs rezultatai.

Testo rezultatai priklauso nuo tokių 5 pagrindinių faktorių:

1. Sintezuotos kalbos kokybė;
2. Kalbos fragmentų dydis ir sudėtingumas;
3. Klausytojo trumpalaikės atminties galimybės;
4. Klausymosi ir kitų lygiagrečiai atliekamų užduočių sudėtingumas;
5. Klausytojo patirtis klausantis šio ar panašaus sintezatoriaus sintezuotos kalbos.

Sintezuotos kalbos kokybė paprastai vertinama dviem parametrais: suprantamumu (angl. intelligibility) ir natūralumu (angl. acceptability). Testavimui naudojami auditoriai, kuriems pateikiami tam tikri sintezuotos kalbos fragmentai, ir jie turi tam tikru būdu reaguoti į tai, ką išgirdo. Egzistuoja ir fizikiniai kalbos signalo kokybės matai, pvz., artikuliacijos indeksas, kalbos perdavimo indeksas. Vienas iš plačiausiai naudojamų kalbos kokybės matavimų yra *artikuliacijos indekso* (AI) matavimas 1.3 pav. AI pasiūlė French ir Steinberg įvertinant analoginio signalo kokybę.



1.3 pav. Kelių skirtingų AI ir kalbos suprantamumo bandymų ryšiai

Šių metodų privalumas yra pigumas, greitumas, rezultatų tikslumas. Nors kartais šie metodai gali būti naudingi, tačiau fizikinių metodų negalima traktuoti kaip testų su auditoriais pakaitalo.

Suprantamumo testas. Kalbos suprantamumas charakterizuoja klausytojo sugebėjimą atpažinti atskirus garsus, žodžius ar kitokius kalbos signalo segmentus. Jokia aukštesnio lygio kontekstinė informacija nenaudojama. Suprantamumas nusakomas kaip teisingų atsakymų procentas tarp visų pateiktų pavyzdžių. Taigi suprantamumą galima įvertinti objektyviai.

Suprantamumo testai gali būti uždari (kai klausytojas turi pažymėti vieną iš kelių pateiktų atsakymų) ir atviri (kai klausytojas turi užrašyti, ką išgirdo).

Uždarus testus lengviau įvertinti, testo rezultatus patogiau saugoti, įvertinimą gali atlikti ir kompiuteris, skirtingu laiku ir skirtingose vietose atlikus eksperimentus galima gauti pakankamai panašius rezultatus su nedideliais nuokrypiais. Egzistuoja tikimybė, kad klausytojas atspės atsakymą, tačiau ją galima minimizuoti naudojant atsitiktinio kalbos fragmentų parinkimo bei atsakymų išdėstymo procedūras.

Atvirų testų privalumas yra tas, kad klausytojas gali nurodyti, ką iš tikrųjų girdi, o ne tai, ką testuotojas mano, kad klausytojas galėtų girdėti. Kitas privalumas, kad įverčiai paprastai būna žemesni ir labiau išsibarstę, nei naudojant uždarus testus. Tai svarbu aukštos kokybės sistemoms, kurių įverčiai artimi 100% ir tuomet sunku pastebėti kokybės pasikeitimus. Siekiant sumažinti rezultatų išsibarstymą gali būti pasitelkiama daugiau klausytojų. Be to, reikalingas didesnis testavimo pavyzdžių skaičius, o jei atliekamas klausytojų apmokymas – ilgesnis apmokymo laikas (lyginant su uždariais testais). Dėl šių

priežasčių sunku palyginti skirtingu laiku ir skirtingose vietose atliktų testų rezultatus. Be to, testavimo rezultatus reikia tikrinti rankiniu būdu.

Natūralumo testas. Natūralumo testo metu nustatoma subjektyvi klausytojo nuomonė apie sintezuotos kalbos skambėjimą. Nors natūralumas dažnai būna susijęs su suprantamumu, tačiau kai kuriais atvejais šie įverčiai gali skirtis. Pvz., kalba, primenanti verkšlenimą aukštu balsu, gali būti suprantama, tačiau nemaloni klausytojui, o triukšmo pašalinimas iš kalbos gali padaryti kalbą malonesnę klausytojui, tačiau ir mažiau suprantamą.

Natūralumui įvertinti dažniausiai naudojami du metodai: lyginimas poromis ir įverčių skalė.

Naudojant pirmąjį metodą klausytojui pateikiama po du kalbos segmentus ir jis turi pasirinkti vieną priimtinesnį. Visos poros turi būti pateiktos dar kartą sukeitus elementus vietomis.

Naudojant įverčių skalės metodą klausytojas turi išgirstiems kalbos segmentams priskirti tam tikras žymes. Tai gali būti žodžiai (pvz., puikiai, gerai, patenkinamai, blogai, labai blogai), kurie vėliau pakeičiami į skaitines reikšmes, arba iš karto priskiriamos skaitinės reikšmės.

Lyginimo poromis metodas neefektyvus (tiek klausytojų sugaišto laiko, tiek testo medžiagos generavimo prasme), jei reikia palyginti daug sintezės sistemų.

Naudojant įverčių skalės metodą (nors iš dalies ir lyginimo poromis metodą) rezultatai labai priklauso nuo klausytojų, nuo to, kaip jie buvo instruktuoti, ar naudoja visą skalę ir pan.

Kai klausytojui pateikiama sintezuota kalba, atpažinimui jis naudoja visus įmanomus šaltinius. Tai gali būti pačiame signale esanti akustinė-fonetinė informacija, kontekstinė informacija, prozodinė informacija (pvz., intonacija), bendras pasaulio supratimas. Naudojant įvairius testus tam tikro tipo informacija gali būti susilpninta, arba tam tikra informacija sustiprinta. Pvz., žodžių atpažinimą sakinyje palengvina kontekstinė informacija, lyginant su atskirų žodžių atpažinimu, tačiau atskirai išartuose žodžiuose yra tikslesnė akustinė informacija lyginant su atskirais žodžiais, paimtais iš sakinio. Kai kontekste yra mažai informacijos (pvz., naudojant beprasmius skiemenis), klausytojas turi remtis tik akustine informacija, o kuo daugiau kontekstinės informacijos, tuo mažiau klausytojui reikia akustinės informacijos.

Testuose gali būti naudojami įvairūs kalbos fragmentai (pvz., vienskiemeniai žodžiai, daugiaskiemeniai žodžiai, pastraipos) ir vertinamos įvairios charakteristikos (pvz., reakcijos laikas, trumpalaikė atmintis (kiek žodžių žmogus sugebėjo įsiminti), sakinio visumos suvokimas).

Iš šiuo metu egzistuojančių kalbos sintetorių geriausia sintezuotos kalbos kokybė gaunama konkatenaciniu metodu pagrįstais kalbos sintetoriais.

1.7. Konkatenacinė sintezė ir jos naudojami segmentai

Konkatenacinės sintezės pagrindu laikoma, kad kalbos signalą galima suformuoti jungiant natūralios kalbos segmentus. Sintezei naudojamų segmentų dydis gali būti labai įvairus: fonemos, alofonai, difonai, trifonai, skiemenys, žodžiai, sakiniai. Kuo didesni segmentai, tuo geresnė kalbos kokybė, nes mažiau signalo sujungimų, tačiau reikia daugiau segmentų, o tuo pačiu ir daugiau atminties. Be to, padidinus segmentų dydį iki tam tikros ribos, nebeįmanoma atmintyje saugoti visų sintezei reikalingų segmentų, pvz., visų tam tikros kalbos žodžių. Mažinant segmentų dydį, mažėja atminties poreikis, tačiau atsiranda daugiau signalo sujungimų ir dėl to blogėja garso kokybė.

Siekiant sukurti tobulą kalbos sintezės sistemą, reikia numatyti eilę faktorių į kuriuos sistema turi reaguoti. Vienas iš tų faktorių yra kalbos išraiškos elementas. Kalbos išraiškos elementu, arba, kitaip tariant, fonologiniu elementu, laikytina kiekviena kalbos srauto atkarpa, iš kurios pašalintos ypatybės, nereprezentuojančios dalykinio turinio, t.y. individualios, ekspresyvinės ir pozicinės modifikacijos: kalbėtojo balso tembras, stiprumas, požymiai, atsiradę dėl gretimų garsų ar pauzių poveikio ir t. t.

Didžiausias ir konkrečiausias fonologinis elementas yra pasakymas – garsų srauto atkarpa tarp dviejų tylos momentų. Pasakymas yra reiškinys, neturintis pastovesnės struktūros. Ji gali sudaryti kelias valandas trunkanti veikėjo kalba.

Kiekvienas pasakymas susideda iš vieno ar daugiau sakinių, kurie visada turi turinį ir išraišką. Sakinių išraiška galima laikyti fonologiniais sakiniiais (arba fonologinėmis frazėmis). Kiekvienas toks fonologinis sakiny susideda iš vieno ar daugiau fonologinių žodžių.

Savarankišku fonologiniu žodžiu reikia laikyti kiekvieną žodžių formą, o ne leksemą – žodžio formų visumą, žodynuose pateikiama vadinamąja antraštine forma (vienaskaitos vardininku, bendratimi ir pan.).

Kiekvieną skiemenį sudaro viena ar kelios fonemos. Kaip ir sakiny, skiemuo kai kuriuose kalbose gali turėti panašų į intonaciją elementą – priegaidę, arba toną, kuriuo kartais skiriasi skiemenys, susidedantys iš tų pačių fonemų.

Fonema irgi nėra monolitiškas elementas: ją galima suskaidyti į atskiras artikuliacines ar akustines savybes, vadinamas diferenciniais arba distinktyviniais požymiais.

Akivaizdu, kad konkatenaciniu metodu sintezuota kalba skamba natūraliai sintezės segmentų viduje, tačiau jos kokybė gali pablogėti dėl neatitikimo ties segmentų ribomis, o

taip pat dėl intonacijos, trukmės modifikacijų. Šias problemas iš dalies galima išspręsti tam tikru būdu parenkant segmentus, be to, modifikacijoms atlikti ir sklandesniems perėjimams ties segmentų ribomis padaryti gali būti naudojami įvairūs metodai. Konkatencinio metodo privalumai:

1. Labai gera (geriausia iš šiuo metu egzistuojančių);
2. Kalba skamba natūraliai;
3. Minimalūs skaičiavimai sintezės metu.

Metodo trūkumai: galima sintezuoti tik kalbą neutralia intonacija, galimybė sintezuoti emocionalią kalbą yra labai ribota.

Kalbos signalo segmentai, kurių reikėtų mažiausiai, norint sintezuoti tam tikrą kalbą, yra fonemos. Anksčiau būta bandymų sukurti alofoninius sintetizatorius, pvz., rusų kalbos sintezė naudojant 129 alofonus. Tačiau „visi bandymai jungti fonemos dydžio kalbos signalo segmentus buvo nesėkmingi” (D.Klatt). Pagrindinė šios nesėkmės priežastis, kad fonemų ribas atitinkančios sritys yra akustiškai kintančios. Fonemos dydžio segmentai netinka dėl gretimų garsų koartikuliacijos efektų. Net ir alofonai (iš skirtingų kontekstų paimti fonemų variantai) nėra tinkami sintezės elementai.

Taigi sintezei naudojami segmentai ne tik turi būti maži ir jų turi būti nedaug, kad sutilptų į atmintį, tačiau jie turi apimti visus perėjimus tarp dviejų fonemų. Tokius reikalavimus tenkina difonai ir pusskiemeniai. Difonai nuo pusskiemenių skiriasi balsio kirpimo vieta. Jei turime skiemenį „priebalsis-balsis-priebalsis”, tai difonų atveju kerpama per balsio vidurį, o pusskiemenių atveju – kur baigiasi perėjimas nuo priebalsio prie balsio. Kalbos sintezei dar gali būti sėkmingai naudojami trigarsiai.

Visuose anksčiau aprašytuose methoduose signalas karpomas iš anksto prieš sintezę, tačiau galima saugoti visą kalbos signalų bazę, kurioje būtų sužymėti signalo segmentai ir pasiimti reikiamo ilgio segmentą sintezės metu. Tokiu būdu gali pavykti rasti ne tik atskirą fonemą, o įrašytą visą žodį, ar jo dalį.

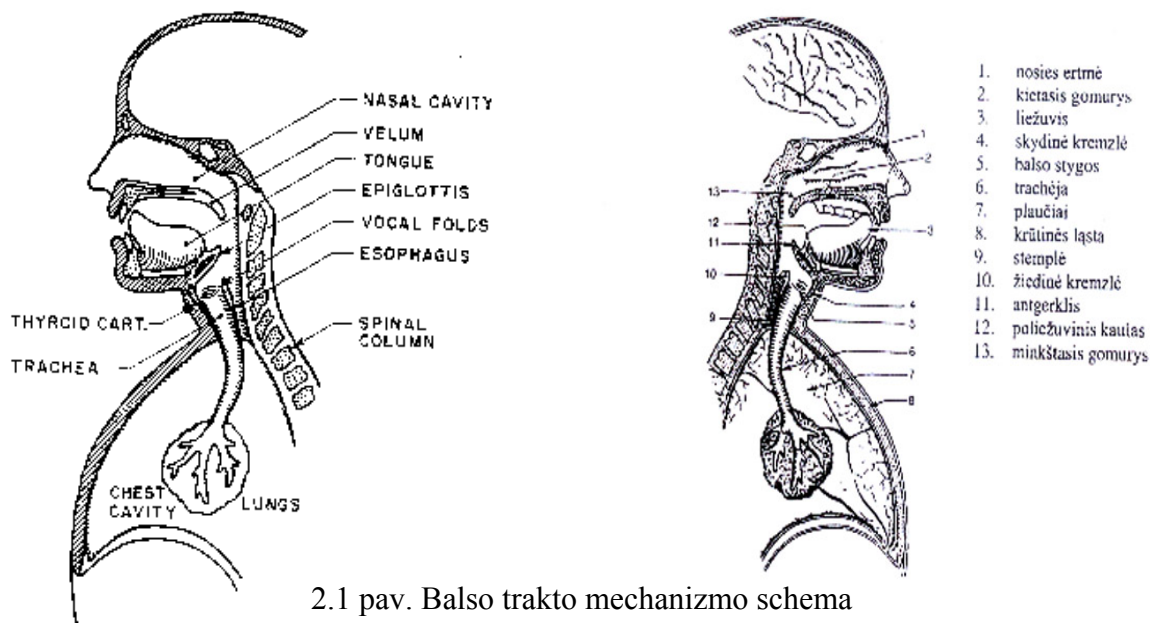
2. LIETUVIŲ KALBOS GARSŲ FONETINĖ ANALIZĖ

2.1 Garsų susidarymo priežastys ir aplinkybės

Kalbos garsų susidarymui svarbios yra burnos, nosies, ryklės ertmės. Į jas oras patenka iš plaučių pro bronchus, trachėją, gerklas. Tačiau pastarieji kvėpavimo organai nelemia garsų skiriamųjų požymių.

Balso traktas prasideda ties balsaskyle (angl. *glottis*) ir baigiasi ties lūpomis. Balso traktą sudaro ryklė (angl. *pharynx*) (dalis nuo stemplės (angl. *esophagus*) iki burnos) ir burnos ertmės (angl. *oral cavity*). Vidutiniškai vyrui bendras balso trakto ilgis yra apie 17 cm. Balso trakto skersinė (angl. *cross-sectional*) sritis, nusakoma liežuvio, lūpų, smakro (angl. *jaw*) ir minkšto gomurio (angl. *velum*), kinta nuo nulio (pilnas uždarymas) iki maždaug 20 cm². Nosies traktas (angl. *nasal tract*) prasideda ties gomuriu ir baigiasi ties šnervėmis (angl. *nostrils*). Kai gomurys (panašus į liuką mechanizmas (angl. *trapdoor-like mechanism*) burnos ertmės užpakalinėje dalyje) yra nuleidžiamas, nosies traktas yra akustiškai suporuojamas su balso traktu, kas sukuria kalbos nosinius garsus.

Žmogaus balso mechanizmas yra parodytas 2.1.1 pav. Oras patenka į plaučius per normalų kvėpavimo mechanizmą. Kai oras išeina iš plaučių per trachėją (angl. *trachea*), įtemptos balso stygos gerklose (angl. *larynx*) sukelia vibraciją (atpalaiduoto osciliatoriaus režime) dėl oro srovės. Oro srovė yra paverčiama kvaziperiodiniais impulsais, kurie tada moduluojami pagal dažnį praleidžiant per gerklės ertmę (ryklę) (angl. *pharynx*), burnos ertmę ir galimai nosies ertmę. Priklausomai nuo įvairių artikuliacijų (smakro, liežuvio, minkšto gomurio, lūpų, burnos) padėties yra sukuriami įvairūs garsai.



2.1 pav. Balso trakto mechanizmo schema

Mažiausias kalbos segmentas – fonema. Jos būna dusliosios ir skardžiosios. Skardžiųjų fonemų susidaryme dalyvauja balso stygos. Jos sudaro tam tikrą pagrindinį oro bangos dažnį. Ertmės tarnauja kaip rezonatoriai. Pagal tai kokios tarimo metu susidaro ertmės gaunami skirtingi rezonansiniai dažniai (skirtingi garsai). Tarp skardžiųjų fonemų yra balsės. Jos ypatingos tuo, kad sklindanti oro banga nesutinka didesnio pasipriešinimo. Balsės skiriasi pagal liežuvio ir lūpų padėtį.

Pagal oro skverbimosi būdą priebalsines fonemas galima skirstyti į sprogstamąsias, pučiamąsias ir sklandžiąsias. Artikuliuojant sprogstamąsias fonemas pradiniu laiko momentu yra susidaręs uždarumas, kuris po to staigiai panaikinamas. Tokiu būdu gaunasi sprogimo garsas. Tariant pučiamąsias fonemas visiško uždarumo nėra, tačiau tarpai pro kuriuos veržiasi oras, yra siauri. Oro srovė sutinka didelį pasipriešinimą. Sklandieji priebalsiai neturi didelio uždarumo, jie artimi balsiams. Visus sprogstamuosius ir beveik visus pučiamuosius galima porom suskirstyti į skardžiuosius ir dusliuosius. Skardžiųjų priebalsių tarime dalyvauja balso stygos. Dusliųjų priebalsių tarimui balso stygos įtakos neturi. Tuo atveju iš plaučių išteka oro srovė, kuri moduluojama kaip atsitiktinė (nebūdingi dažniai). Priebalsius taip pat galima skirstyti pagal artikuliacijos vietą. Galima išskirti aktyvų ir pasyvų kalbos padargų susidarymą, kurie sudaro ankštumas. Tai matome 2 lentelėje.

2 lentelė

Aktyvūs kalbos padargai	Pasyvus kalbos padargai
Lūpiniai	Dantiniai
Liežuvio priešakiniai	Alveoliniai (dantenos)
Liežuvio užpakaliniai	Gomurio viduriniai
Liežuvio viduriniai	Gomurio užpakaliniai

2.2 pav. Priebalsių skirstymas pagal artikuliacijos vietą.

2.2. Lietuvių kalbos garsų dažninė analizė

Akustinė fonetika. Jos objektas – kalbos padargų sukelti virpesiai. Akustinę fonetiką dar galima būtų skirti į dvi dalis: fizinę ir psichinę. Fizinė akustinė fonetika nagrinėja fizinius kalbos virpesius, o psichoakustinė fonetika – tų virpesių jutimą, suvokimą. Norint pagerinti sintezuojamo garso kokybę būtina išsamiai išanalizuoti fonetines garsų charakteristikas. Pagrindė daugelis programų turi galimybę sintezuoti kalbą vyrišku, moterišku ar net vaikišku balsu. Šiame skyriuje pabandysime nustatyti kuo skiriasi ta pati fonema įdiktutuota moters ir vyro.

Daugelį akustinių požymių galima nustatyti iš oscilogramų. Oscilografu užrašytų kreivių pasikartojantys žemų dažnių svyravimai rodo pagrindinį toną, amplitudė –

intensyvumą, ilgis – trukmę. Oscilogramose atsispindi ir kokybės (tembro) ypatybės, tik jas gana sunku analizuoti. Į sudedamuosius virpesius kalbos garsai skaidomi spektrografu. Balsių (iš dalies ir pusbalsių) spektrogramose išryškėja būdingieji dažniai, vadinami formantėmis. Svarbiausios yra dvi pirmosios formantės, sutrumpintai žymimos F1 ir F2. Pirmoji formantė (F1) esti 250 – 900 Hz, o antroji formantė (F2) – 400 – 2400 Hz diapazone. Triukšmo spektras yra platus, be ryškesnių formančių.

Lietuvių kalbos balsių fonemos. Balsių akustinį pagrindą sudaro tonai su nedideliu kiekiu šlamesių. Tonai — tai tam tikro dažnumo periodiškai pasikartojantys virpesiai. Šlamesiai yra netolygūs, neperiodiški virpesiai. Kiekvienas balsis turi vieną pagrindinį toną ir tam tikrą skaičių ne vienodo aukštumo šalutinių tonų, priklausančių nuo balso vamzdžio (įgerklės, ryklės ir burnos ertmės) formos. Tie šalutiniai tonai vadinami būdingaisiais balsio tonais (obertonais). Nuo šių tonų visumos priklauso balsio kokybė, kuria vienas balsis skiriasi nuo kito. Visų balsių artikuliacijai būdinga:

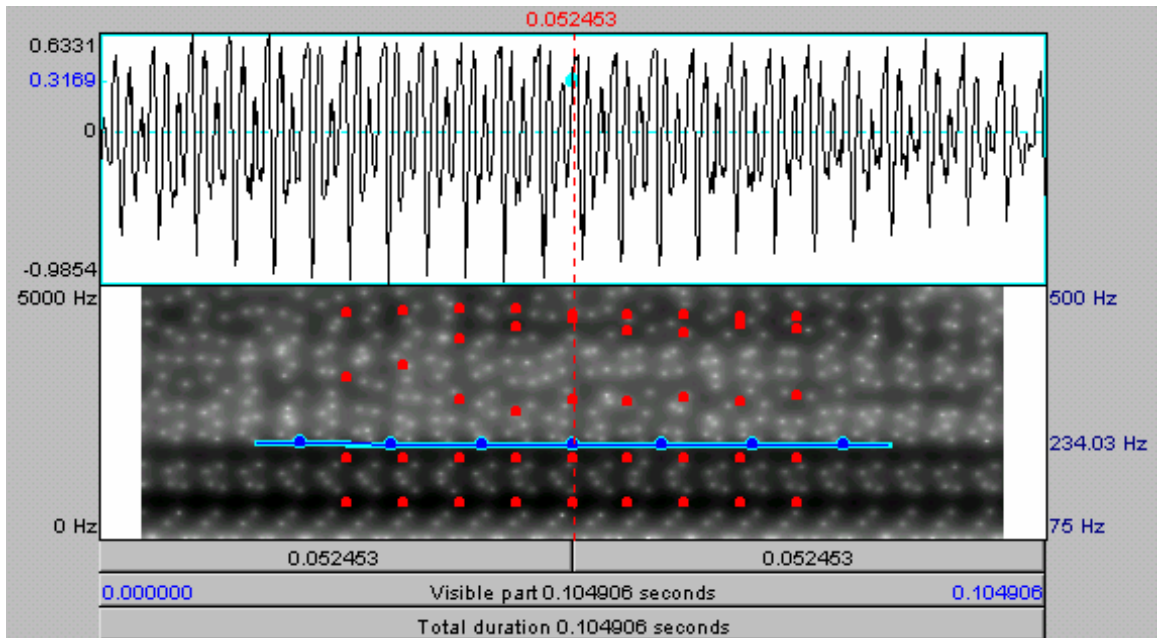
- a) vieno artikuliacijos židinio nebuvimas;
- b) silpna iškvėpiama iš plaučių oro srovė;
- c) burnos atvirumas, pro kuri oro srovė iškvėpiama be kliūčių;
- d) balso stygų veikimas.

Tardami balsius, kalbos padargais keičiame ryklės, burnos, priešburnio ertmių tūrį ir formą. Šios ertmės sudaro rezonatorių sistema, kuri modifikuoja balso stygų sukeltus virpesius ir suteikia balsiams individualią akustinę kokybę. Akustiškai balsiai klasifikuojami pagal tembro aukštį, spektro sklaidą, bemoliškumą, trukmę (ir įtempimą).

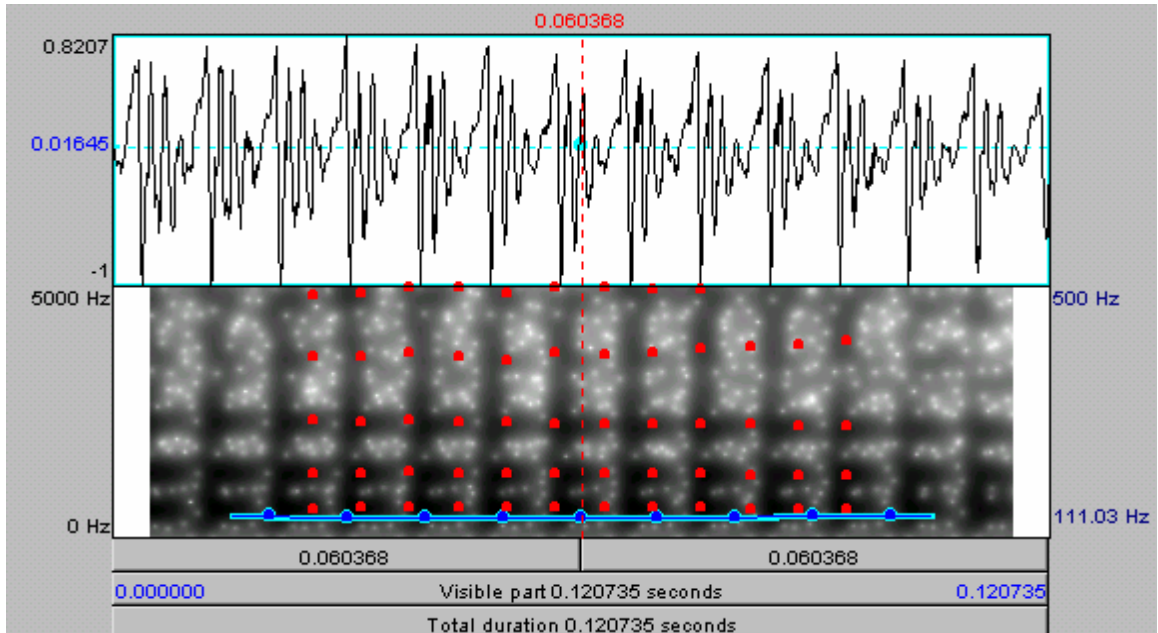
Tembro aukštis. Net ir be prietaisų, vien klausia galime nustatyti, kad, pavyzdžiui, balsis [u'] yra daug žemesnio tembro negu [i']. Balsių tembro aukštis labiausiai pareina nuo burnos rezonatoriaus. Balsių tembro aukštį rodo antrosios formantės (F2) padėtis spektre: žemo tembro balsių F2 yra žemųjų dažnių (500-1500 Hz), o aukšto tembro balsių F2 – aukštųjų dažnių (1500 – 2500 Hz) srityje.

Spektro sklaida. Antrosios formantės kitimo diapazonas yra labai platus. Aukštutinio pakilimo balsių F2 yra viename arba kitame spektro pakraštyje, o žemutinio pakilimo balsių F2 – priartėjusi prie spektro vidurio. Vidinio pakilimo balsių F2 užima tarpinę padėtį. Pirmoji formantė (F1) labiau pareina nuo ryklės ertmės. Tariant aukštutinio pakilimo balsius, liežuvis būna pakilęs aukštyn ir susiformuoja palyginti ilgas, viršuj susiaurėjęs ryklės vamzdis, kurio rezonansiniai dažniai yra žemi. Todėl ne tik balsių [u'], [u], bet ir [i'], [i] F1 yra žemųjų dažnių (200 – 300) srityje. Dabar atsižvelgdami į abiejų formančių padėtį, galima nustatyti balsių spektro sklaidą. Aukštutinio pakilimo balsių, F1, F2 yra pačiuose spektro pakraščiuose, o žemutinio pakilimo balsių abi formantės priartėjusios prie spektro vidurio.

Kaip balsių fonologinės analizės pavyzdį panaudojome fonemą *a*, iškirptą iš žodžio “tara”, kuri įdiktavo du diktoriai: moteris ir vyras. 2.3 pav. ir 2.4 pav. matome fonemos signalą PRAAT lange.



2.3 pav. Moters įdiktotos *a* fonemos signalas PRAAT lange.



2.4 pav. Vyro įdiktotos *a* fonemos signalas PRAAT lange.

Pateiktuose paveikslėliuose vaizdžiai matoma, kad vyriško ir moteriško signalo forma ženkliai skiriasi. Balsių tembro aukštį rodo antrosios formantės F_2 padėtis spektre. Žemo tembro balsių F_2 yra žemųjų dažnių (500 – 1500 Hz), o aukšto tembro balsių F_2 – aukštųjų dažnių (1500 – 2500 Hz) srityje. Moteriškos fonemos “a” pagrindinis dažnis yra apie 234 Hz, o vyriškos – 111 Hz. Vyro ištartos fonemos pagrindinis dažnis yra beveik dvigubai

žemesnis. Lygiai taip pat skiriasi ir fonemų formantės. Formančių palyginimas matomas 3 lentelėje.

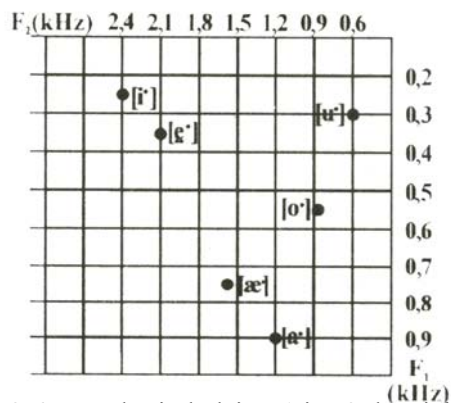
3 lentelė

	Moters įdiktotos <i>a</i> fonema	Vyro įdiktotos <i>a</i> fonemos
Pirmoji formantė F1, Hz	710	597
Antroji formantė F2, Hz	1580	1265
Trečioji formantė F3, Hz	2749	2265
Ketvirtoji formantė F4, Hz	4324	3651
Penktoji formantė F5, Hz	4908	4650

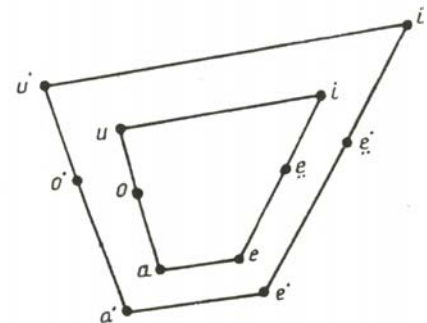
2.5 pav. Vyro ir moters fonemos *a* formančių dažniai.

Kaip matome 2.5 lentelėje visų, moters įdiktotos fonemos *a* signalo, formančių dažniai yra aukštesni nei vyro.

Norint sukurti kalbos sintezatorių, galintį sintezuoti kalbą moterišku ir vyrišku balsu, būtina į formantes atkreipti dėmesį.



2.6 pav. Ilgųjų balsių F1 ir F2 dažniai



2.7 pav. Balsių artikuliacijos schema

Balsių spektro charakteristikos yra labai glaudžiai susijusios su artikuliacinėmis ypatybėmis. Jeigu trečiajame koordinačių sistemos ketvirtyje ordinačių ašyje atidėsime F1 reikšmes, o abscisių – F2 reikšmes, gausime balsių sistemos vaizdą (2.6 pav.), beveik idealiai sutampantį su balsių trapezija (2.7 pav.), rodančią jų artikuliacines savybes.

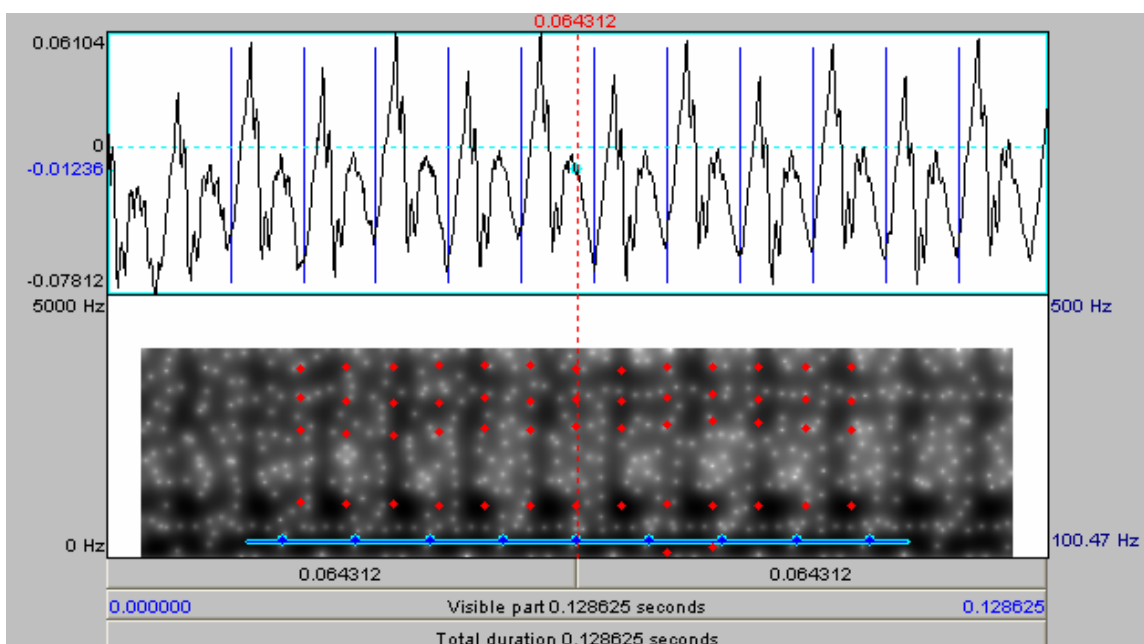
Iš to galima spręsti, kad pirmąją formantę lemia balsių artikuliacijos atvirumas bei pakilimas, o antrąją – tarimo eilė.

Lietuvių kalbos priebalsių fonemos. Priebalsių akustinį pagrindą sudaro šlamesiai, kurie susidaro oro srovei veržiantis pro kalbos trakte susidariusį uždarumą arba ankštumą.

Joms būdinga kiek stipresnė oro srovė nei balsiams, taip pat būdingas kalbos padargų įtempimas toj vietoj, kur susidaro kliūtys. Priebalsinių fonemų lietuvių kalboje yra 45.

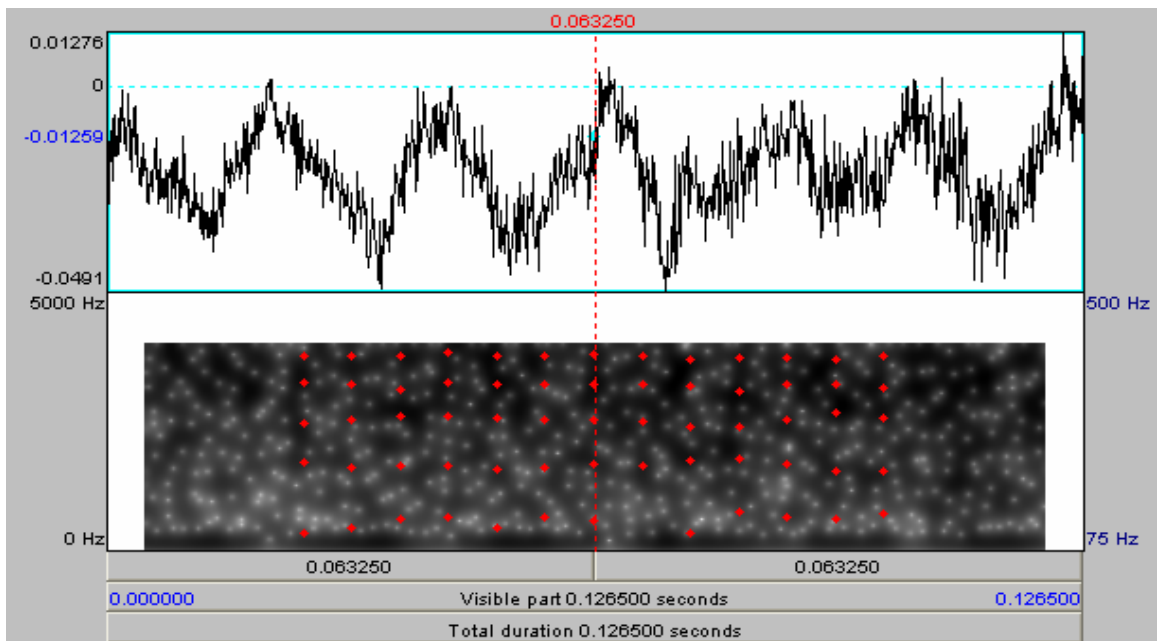
Lietuvių bendrinės kalbos priebalsių akustiniai požymiai labai mažai tyrinėti. Plačiau galima kalbėti tik apie priebalsių tembro aukštį ir balsingumą (sonaringumą). Tembro aukštis priklauso nuo priebalsių minkštumo. Taigi visi minkštieji priebalsiai yra aukšto tembro, o kietieji – žemo tembro.

Priebalsių balsingumą (sonaringumą) lemia pagrindinio tono ir ūžesių santykis. Duslieji priebalsiai, žinoma yra visiškai nebalsingi, nes, juos tariant, nesusidaro periodinių virpesių (balso stygos nevirpa). Oras, skverbiasi pro kliūtis, burnoje sukelia tik neperiodinius virpesius, kuriuos suvokiame, kaip tam tikrą ūžesį (trenksmą, šlamesį, švilpesį). Tokie yra visi duslieji sprogstamieji ir pučiamieji priebalsiai. Tariant skardžiuosius priebalsius, balso stygos sukelia periodinius virpesius – pagrindinį toną. Tačiau skardžiųjų priebalsių balsingumas nėra vienodas. Sprogstamųjų ir pučiamųjų priebalsių pagrindinis tonas yra sumišęs su ryškiais ūžesiais. Sklandieji priebalsiai yra balsingesni nes juos tariant vyrauja tonai.



2.8 pav. Fonemos *m* signalas PRAAT lange.

Kaip matome 2.8 pav. susidarant fonemai *m* dalyvauja balso stygos, nes yra pagrindinis dažnis, vyrauja tonai. Jis žymimas mėlyna linija. Pirmų penkių formančių dažniai: F1 - 963 Hz, F2 – 2458 Hz, F3 – 2994 Hz, F4 – 3575 Hz, F5 – 3782 Hz.

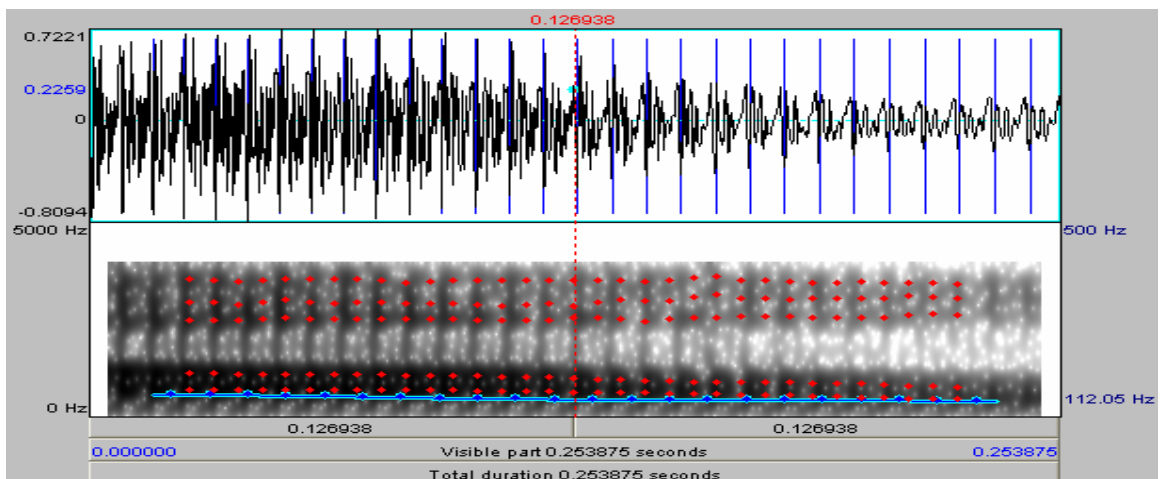


2.9 pav. Fonemos *s* signalas PRAAT lange.

Tariant garsą *s*, jos susidarymą nulemia atsitiktiniai triukšmai. 2.9 pav. triukšmų forma gerai matoma viršutinėje dalyje. Apatinėje dalyje nėra mėlynos linijos, kuri vaizduoja garso pagrindinį dažnį. Vadinasi fonemos *s* susiformavime nedalyvauja balso stygos. Pagrindinės penkios formantės: F1 - 562 Hz, F2 – 1644 Hz, F3 – 2503 Hz, F4 – 3186 Hz, F5 – 3808 Hz.

Lietuvių kalbos dvibalsės fonemos. Dvibalsių fonetinį pagrindą sudaro dviejų balsinių elementų junginys tame pačiame žodžio skiemenyje. Apie dvibalsį galima pasakyti taip, kad jis prasideda vienu balsiniu elementu ir baigiasi kitu. Abu garsiniai elementai sudaro neperskiriamą junginį. Paprastai tariant, dvibalsį sudaro minimalios trukmės balsiniai elementai, todėl dvibalsių trukmė apytiksliai lygi ilgųjų balsių trukmei.

Analizuojant dvibalsių dažnines charakteristikas buvo prieita prie išvados, kad dvibalsį sudarančių formančių dažniai yra aukštesni nei atskirų dvibalsio elementų formantės. 2.10 pav. matome dažninę fonemos *au* analizę.



2.10 pav. Dvibalsės fonemos *au* signalas PRAAT lange.

4 lentelė

	Moters įdiktauta <i>au</i> fonema	Vyro įdiktauta <i>au</i> fonema
Pirmoji formantė F1, Hz	642	601
Antroji formantė F2, Hz	1009	959
Trečioji formantė F3, Hz	2628	2520
Ketvirtoji formantė F4, Hz	3904	2820
Penktoji formantė F5, Hz	4904	3596

2.11 pav. Vyro ir moters fonemos *au* formančių dažniai.

2.11 pav. parodytoje 4 lentelėje užrašyti pagrindinių penkių formančių dažniai. Analizuojant fonemą buvo padaryti dvejetainiai jos įrašai diktoriumi pasirinkus vyrą ir moterį. Matome, kad moters įdiktotos fonemos *au* dažniai yra aukštesni. Skirtumas tarp tų pačių vyro ir moters įdiktotos fonemos formančių didėja didėjant formantės eilės numeriui.

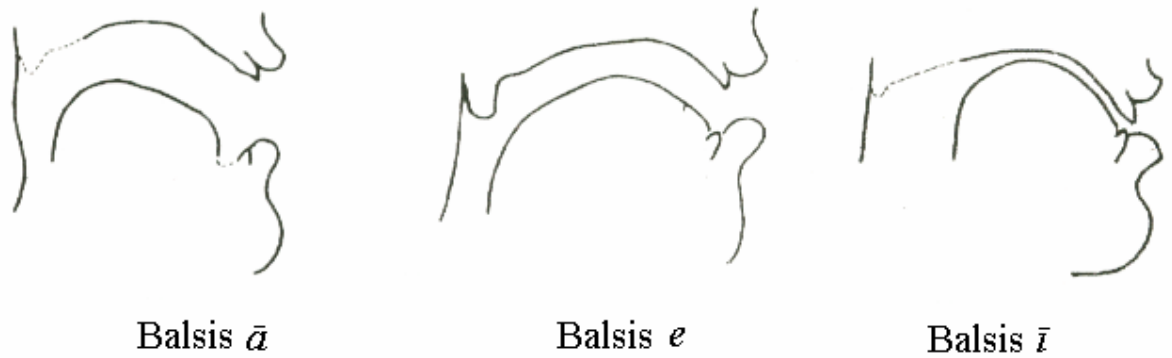
2.3 Balso trakto artikuliacijos ir garsų trukmių analizė

Artikuliacinė fonetinė – fonetikos mokslo dalis nagrinėjanti kalbos padargų veiklą. Kalbos padargai yra valdomi centrinės nervų sistemos impulsų. Kadangi psichomotoriniai procesai mažai ištirti, artikuliacinė fonetika iš esmės grindžiama periferinių kalbos padargų veiklos analize.

Balsių susidarymo ir trukmių tyrimas. Tariant balsius, oro srovė virpina suartėjusias balso stygas, bet ryklės ir burnos ertmėje nesutinka tikrų kliūčių ir išeina pro burną palyginti laisvai. Todėl balsiai vadinami nekliūtiniais garsais. Tiesa, kai kurių (ypač aukšutinio pakilimo) balsių artikuliacijai būdinga tam tikra sąsmauka. Pavyzdžiui, tariant *ū* (*u*), liežuvis užpakalinė dalis būna pakilusi aukštyn prie minkštojo gomurio, lūpų anga susiaurėjusi. Vis dėl to tarpai tarp kalbos padargų dar nėra tokie siauri, kad kliudytų orui išeiti be trinties.

Balsis \bar{i} (ilgas). Šį garsą galima apibrėžti taip: priešakinės eilės (aukšto tembro), aukšutinio pakilimo (difuzinis), nelūpinis (nebemolinis), ilgasis-įtemptasis balsis.

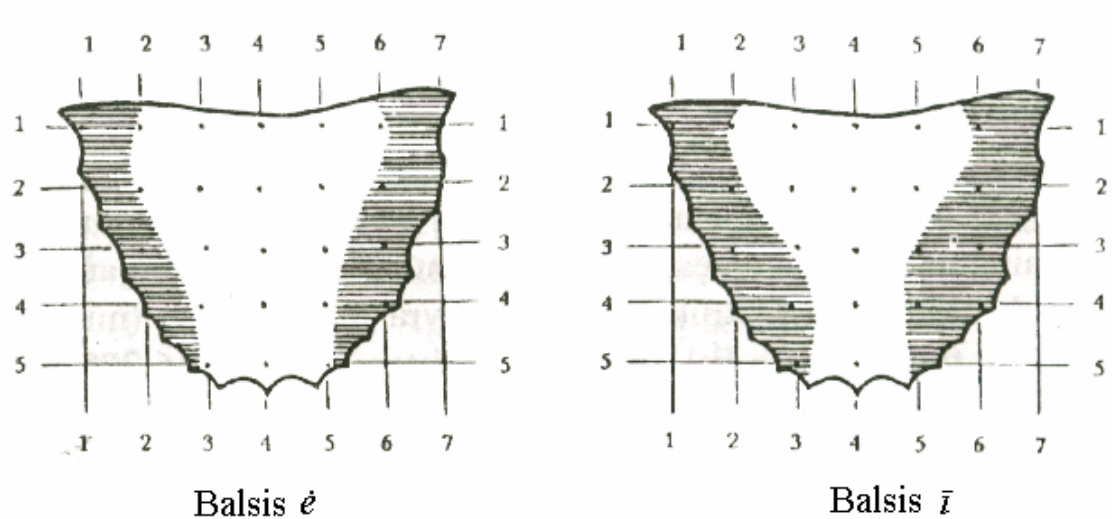
Pagal horizontalųjį liežuvis poslinkį priekin ar atgal, t. y. pagal eilę, balsis \bar{i} yra visų balsių pats priešakinis, palyginant su \bar{a} , e , \bar{i} skirtumai ryškiai atsispindi rentgenogramose, 2.10 pav. Matome, kad tariant užpakalinės eilės balsį \bar{a} liežuvis yra atsitraukęs minkštojo gomurio link, o tariant priešakinės eilės balsius e , \bar{i} – pasislinkęs arčiau priekinių dantų (ypač tariant \bar{i}).



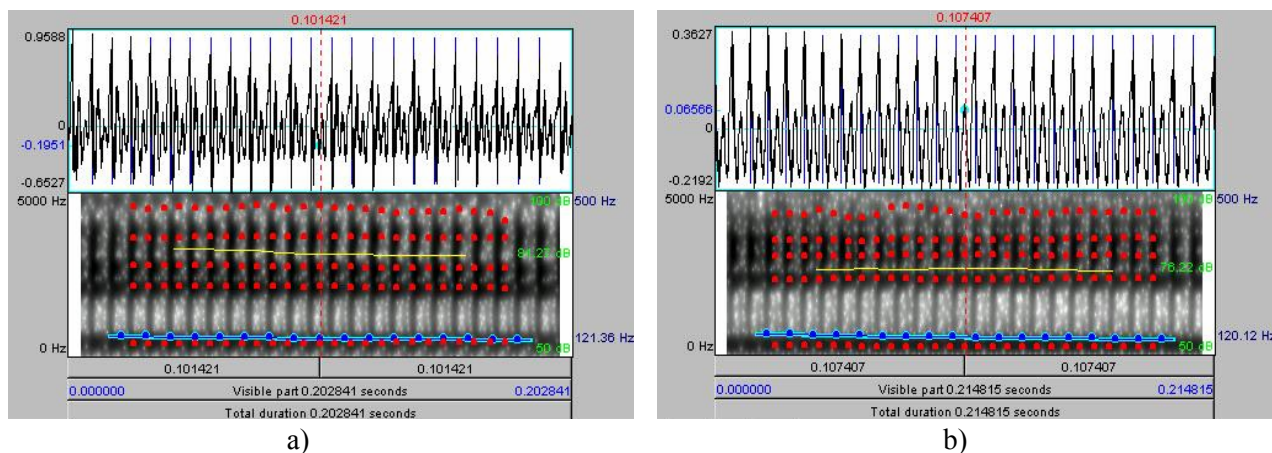
2.12 pav. Balsių *ā*, *e*, *ī* rentgenogramos

Remdamiesi rentgenogramomis, matome, kad *ī* artikuliuojamas taip: liežuvio vidurinė dalis pakyla prie gomurio ir išlinksta pagal gomurio formą (tarpas tarp liežuvio ir gomurio labai mažas), bet pats liežuvio galelis nugrimzta prie apatinių dantų. Būtent nedidelis atstumas tarp priekinių dantų pagrindo ir to taško, kur liežuvis yra aukščiausiai pakilęs gomurio link, ir lemia *ī* priskyrimą priešakiniais balsiams.

Tariant *ī* lūpos yra labai įtemptos ir pritrauktos prie dantų, liežuvio raumenys taip pat įtempti. Palyginimui 2.13 pav. pateikiame priešakininkės eilės balsių palatogramas. Matome, kad tariant *e* gomurio liečiamasis paviršius yra, 7 cm^2 , *ī* – $10,4 \text{ cm}^2$.



2.14 pav. Balsių *e* ir *ī* palatogramos.



2.15 pav. Fonemos \acute{e} ir \bar{t} signalas PRAAT lange.

Su liežuvio pakilimu susijęs ir burnos atvirumas: kuo žemesnio pakilimo balsis, tuo burna atviresnė. Kaip jau minėjome, tariant \bar{t} lūpos yra patemptos į šalis, kad paplatėtų plyšys, tačiau jos neatkišamos į priekį. Todėl \bar{t} ir vadinamas nelūpiniu balsiu. Tai galima pamatyti 2.16 pav.



2.16 pav. Fonemų \bar{t} ir \bar{u} labiogramos

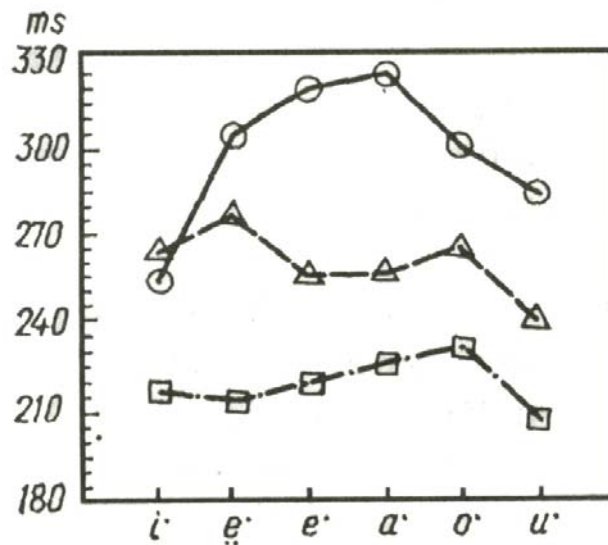
Kitas svarbus požymis – trukmė ir įtempimas.

Garsų trukmės modeliuojančios taisyklių sistemos turi modeliuoti ne tik įvairius trukmę įtakojančius faktorius, bet ir šių faktorių sąveiką. Sąveika paprastai modeliuojama sudedant arba sudauginant įvairius faktorius, taip gaunamos adityvinės, multiplikatyvinės arba mišrios (sandaugų sumų) taisyklių sistemos. Literatūroje teigiama, kad mišrios taisyklių sistemos duoda geresnius rezultatus, nei adityvinės. Tai leidžia manyti, kad dauguma faktorių sąveiką galima tiksliau sumodeliuoti juos dauginant, nei sudedant.

Vienas iš populiarių modelių, nors pasiūlytas jau prieš daugelį metų yra D. Klatt pasiūlytas modelis. Sukuriant šį modelį buvo laikomasi tokių prielaidų:

1. Kiekvienas garsas turi savo "prigimtine" trukmę;
2. Kiekvienas efektas nusakomas kaip trukmės padidėjimas arba sumažėjimas procentais;
3. Garsas negali būti trumpesnis už jam būdingą minimalų ilgį.

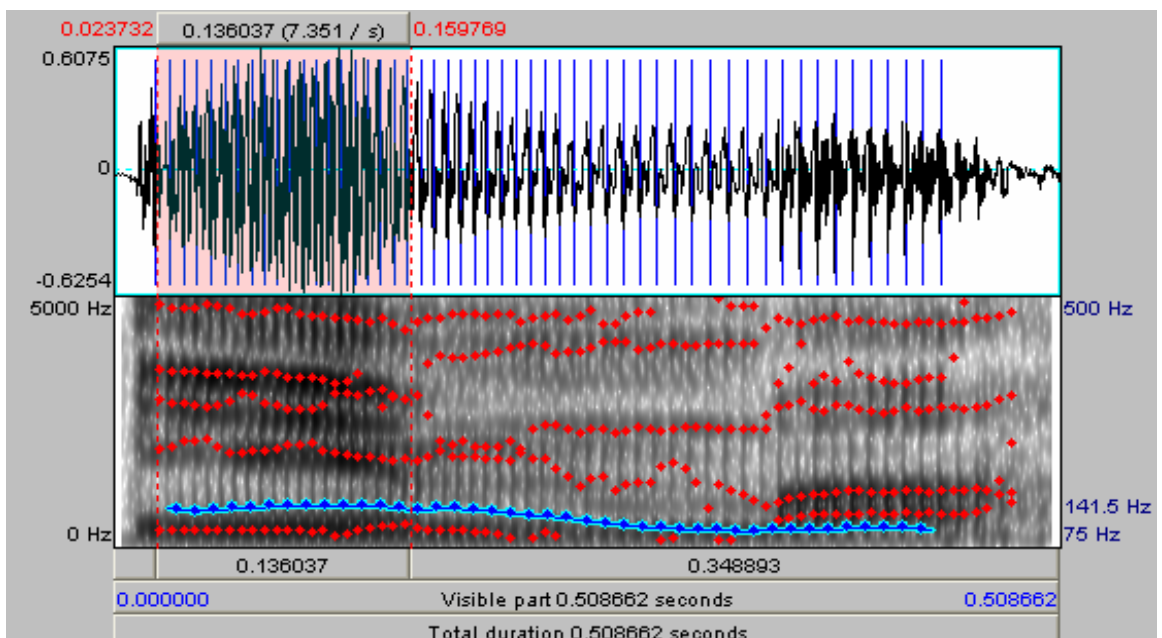
Geriausiai pagal trukmę lyginti to pačio balsio du foneminius variantus, ilgąjį ir trumpąjį. Panašiomis sąlygomis ilgoji maždaug du kartus ilgesnė negu trumpoji. Skirtingų kalbotyrininkų minimas trukmės santykis yra skirtingas ir svyruoja santykiu nuo 1:1,2 iki 1:2,1.



2.17 pav. Ilgųjų balsių trukmės.

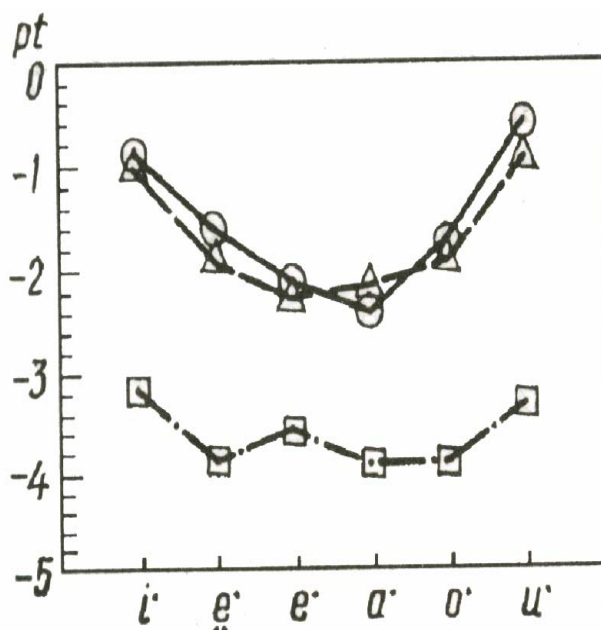
Paveikslėlyje pateikiamose kreivėse pavaizduota ilgųjų balsių trukmė: Δ - kirčiuoti tvirtapradžiai, O – kirčiuoti tvirtagalai, \square - nekirčiuoti balsiai. Darome išvadą, kad kirčiuotų tvirtagalių lietuvių kalbos balsių trukmė yra didžiausia.

Prigimtinė *i* fonemos trukmė deklaruojama lietuvių fonetikoje yra 0,14 s. ilgumo.



2.18 pav. žodis *ima*

Paveiksle 2.18 rausvai pažymėta dalis atitinka fonemos *i* trukmę. Matome, kad fonemos *i* trukmė 0,13 s



2.19 pav. Ilgųjų balsių tono lygiai.

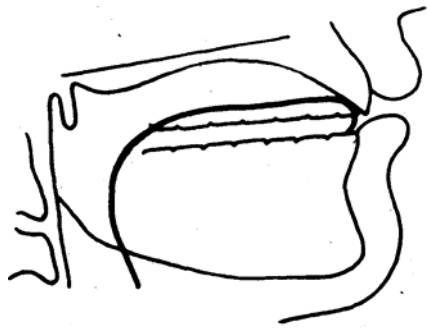
Paveikslėlyje pateikiamose kreivėse pavaizduoti ilgųjų balsių tonų lygiai: Δ - kirčiuoti tvirtapradžiai, \circ – kirčiuoti tvirtagalijai, \square - nekirčiuoti balsiai. Pagrindinio tono aukštis taip pat susijęs su pakilimu. Iš grafike matomų kreivių darome išvadą, kad aukštutinio pakilimo balsio \bar{i} tono lygis kirčiuotuose tvirtapradžiuose, tvirtagaliuose bei nekirčiuotuose skiemenyse yra aukštesnis negu kitų balsių.

Priebalsių susidarymo ir trukmių tyrimas. Lietuvių literatūrinė kalba turi 45 priebalsines fonemas. Priebalsių akustinį pagrindą sudaro šlamesiai, kurie kyla, stipriai oro srovei veržiantis pro bet kurioje balso vamzdžio dalyje susidariusį uždaramą arba ankštumą.

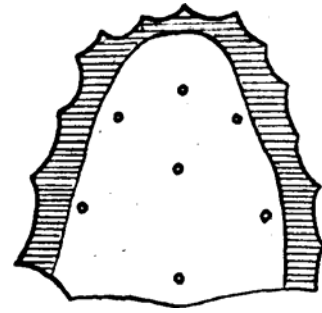
Visų priebalsių artikuliacijai yra būdinga:

- kalbos padargų uždarumas arba ankštumas, pro kurį eidama oro srovė sukelia šlamesį;
- labai stipri (palyginti su balsiais) iš plaučių iškvėpiama oro srovė, tariant dusliuosius ir kiek silpnesnė, tariant skardžiuosius priebalsius;
- kalbos padargų įtempimas, lokalizuotas toje vietoje, kur susidaro uždarumas arba ankštumas.

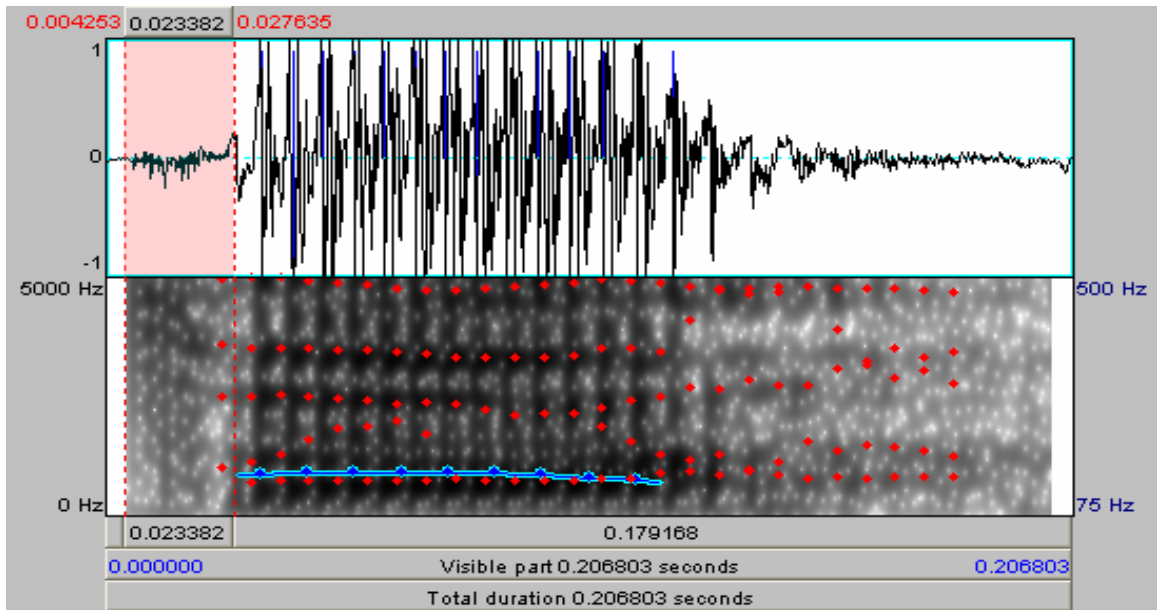
Priebalsis t. Tariant kietąjį priebalsį *t*, liežuvio galiukas, prispaudęs prie viršutinių dantų, sudaro uždaramą, tai matosi 2.20 pav. Staigiai atidarydama šią uždaramą, iš plaučių iškvėpiama oro srovė sukelia sprogstamąjį šlamesį. Liežuvio kraštai liečia kietojo gomurio pakraščius (žr.2.19 pav.).



2.20 pav. Rentgenograma tariant garsą *t*

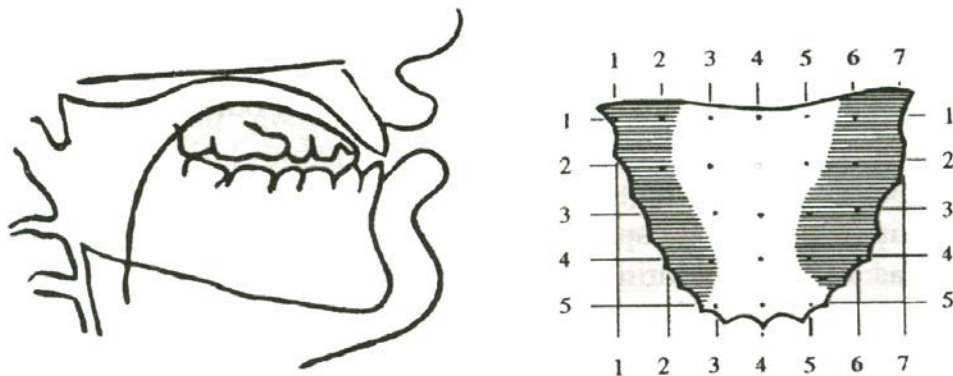


2.21 pav. Palatograma tariant *t*



2.22 pav. Žodžio *tā* signalas PRAAT lange.

Paveiksle 2.22 rausvai pažymėta dalis atitinka fonemos *t* trukmę. Ji siekia 23 ms. *Priebalsis ž'* – pučiamasis, liežuvio priešakinis, alveolinis, skardusis, minkštasis (aukšto tembro) priebalsis. Tariant šį priebalsį, liežuvio priešakinė dalis priartėja prie alveolių ir čia susidaro pailgas plyšys, pro kurį pastoviai srovele pučiamas oras. Tarp liežuvio priešakinės ir vidurinės dalies yra nedidelis įdubimas (liežuvis įgauna šaukštelio formą). Liežuvio galas kiek atsitraukęs nuo priekinių apatinių dantų (tarp beveik sukastų dantų ir alveolinės ankštumos susidaro nedidelė ertmė). Liežuvio šonai prispaudę prie šoninių dantų. Lūpos praviros, neaktyvios arba šiek tiek atsikišusios priekin. Minkštasis gomurys uždengęs angą į nosies ertmę. Balso stygos įtemptos ir virpa. Liežuvio vidurinė dalis, pakilusi kietojo gomurio link, platokai liečia gomurio pakraščius. Tai gerai matome 2.23 pav.



2.23 pav. Priebalsio ž' rentgenograma ir palatograma

Pučiamasis priebalsis ž' kitaip dar vadinamas trinamuoju, arba frikativiniu (lot. *fricare* - trinti).

Alveoliniai priebalsiai lietuviškai gali būti vadinami antdantniais.

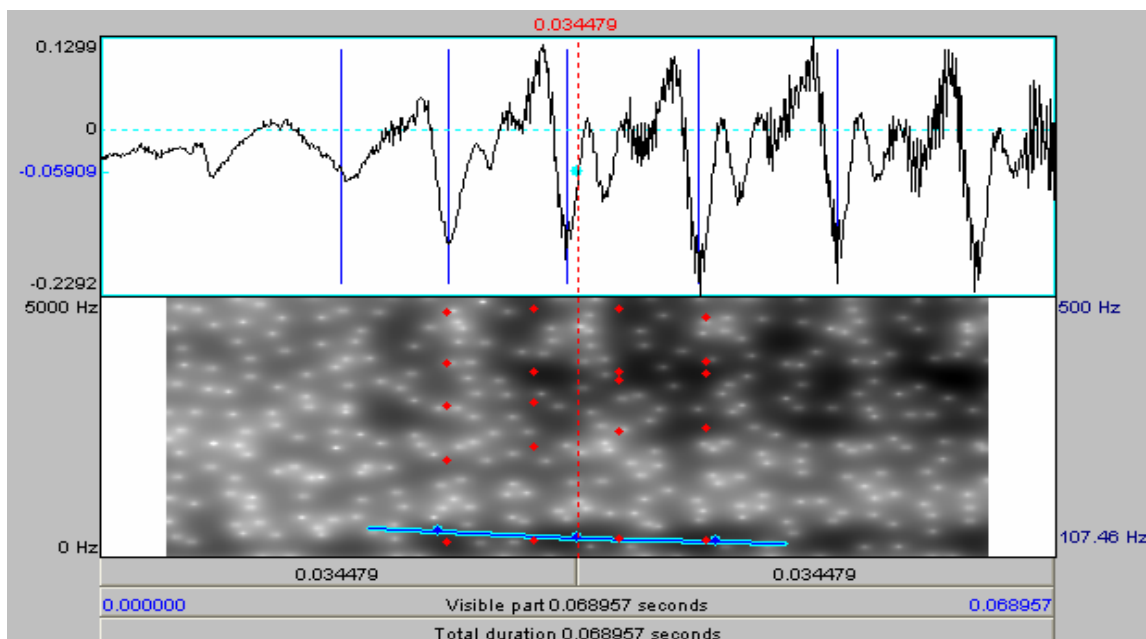
Skardus priebalsis ž' tariamas veikiant balso stygoms, todėl išpučiamo oro srovė yra silpnesnė, negu tariant duslųjį š', Taigi ž' yra silpnasis priebalsis.

ž' yra plačiaangis priebalsis (jį tariant susidaro platesnė anga, nei tariant z', s').

ž' vadinamas ankštumos priebalsiu pagal kliūti sudarančio aktyviojo kalbos padargo veiklą.

Tariant skardųjį ž', balso stygos aktyviai dalyvauja ir sudaro tam tikro aukščio tonus, arba balsą, kuris jungiasi su ūžesiu, sukeliama įvairių kliūčių, susidarančių burnos ertmėje ties alveolėmis.

2.24 pav. matome ž' fonemos signalą PRAAT lange. Mėlyna linija žymi pagrindinį dažnį, kuriuo virpa balso stygos. Viršutinėje paveikslėlio dalyje esančioje oscilogramoje aiškiai matome trakto ūžesių sukelti virpesiai.

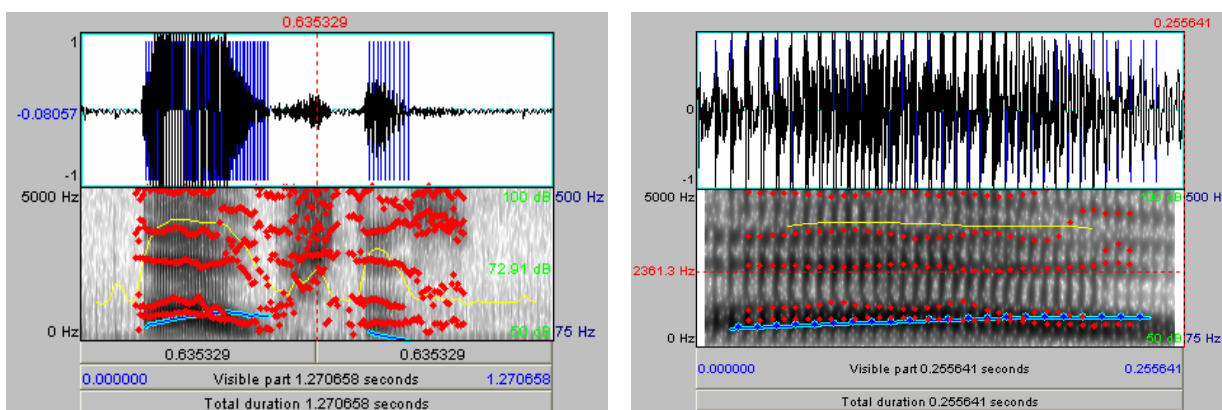


2.24 pav, Fonemos ž' signalas PRAAT lange.

Dvibalsių susidarymo ir trukmių tyrimas. Lietuvių kalba turi 8 dvibalsines fonemas. Dvibalsių, arba diftongų, fonetinį pagrindą sudaro dviejų balsinių elementų junginys tame pačiame žodžio skiemenyje. Dvibalsių artikuliacija yra sudėtinga: jie prasideda vienu balsiniu elementu ir baigiasi kitu, sudarydami neperskiriamą junginį, būtinai tariamą viename skiemenyje. Artikuliuojant dvibalsį, kalbos padargai slenka nuo pirmojo balsinio elemento pozicijos, pakeliui sudarydami keletą pereinamųjų balsinių elementų, kol pasiekia antrojo balsinio elemento poziciją.

Dvibalsis au. Jo artikuliacija prasideda vidurinės eilės žemutinio pakilimo daugiau ar mažiau atviru balsiniu elementu *a* ir baigiasi užpakalinės eilės aukštutinio pakilimo uždaru balsiniu elementu *u*. Tarp šių dviejų dėmenų yra trys labai trumpi pereinamieji balsiniai elementai: atviras delabializuotas (tariamasis menkai atkištomis ir labai nežymiai suapvalintomis lūpomis) *ɔ* (maždaug 0,04s—0,06s ilgumo), uždaras lūpinis *o* (maždaug 0,03s—0,05s ilgumo) ir atviras *u* (maždaug 0,06s—0,07s ilgumo). Jie tariami tuo metu, kai liežuvio galiukas atsitraukia atgal, o užpakalinė liežuvio dalis kyla prie kietojo gomurio užpakalinės dalies, kol pasiekia uždarojo *áu* tarimo padėtį. Lūpos tuo pačiu metu suapvalinamos ir atkišamos į priekį. Taip artikuliuojamas tvirtapradis *u*. Tvirtagalio *au* pirmasis dėmuo *a* yra labai trumpas. Tariant *au*, liežuvis nuo pat artikuliacijos pradžios pamažu nuo dantų atitraukiamas ir lūpos suapvalinamos.

Su PRAAT programa įrašome žodį *áukštas* ir atskiriame dvibalsį *au* nuo *kštas* fonemų.

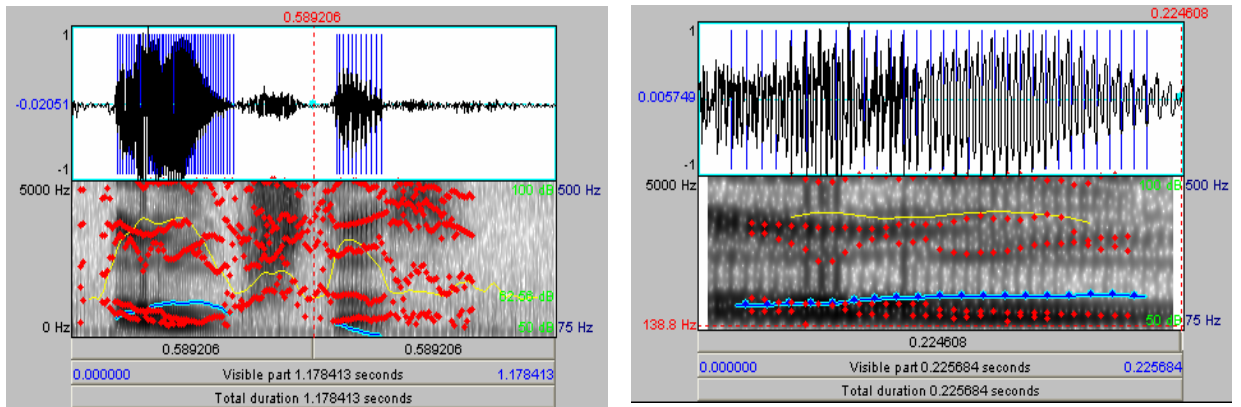


a)

b)

2.25 pav. Žodžio *áukštas* ir fonemos *áu* signalas PRAAT lange.

2.25 Pav. a) dalyje pavaizduotas žodžio aukštas signalas, b) dalyje fonemos *au* signalo forma. Fonemos vidutyje matomas perėjimas tarp *a* ir *u* dėmenų. Jo trukmė apytiksliai siekia 60ms. Jei žodis būtų diktuojamas greitesniu tempu. Perėjimo trukmė aišku, kad sumažėtų, tačiau jo procentinė dalis fonemos signale išliktu tokia pati.



a) b)
2.26 pav. Žodis *aũkštas* ir fonemos *aũ* signalas PRAAT lange

Atkreipiame dėmesį į tai, kad dviskiemenis žodis *aukštas* turi tvirtapradę priegaidę, todėl labiau girdimas *a* tarimas. Nagrinėjame atvejį kai dvibalsinė fonema *au* turi tvirtagalę priegaidę.

Palyginus 2.25 pav. ir 2.26 pav. akivaizdžiai matome skirtumą tarp tvirtapradės ir tvirtagalės priegaidžių. Iš žodžio *aukštas* galime pilnai atskirti balsinį elementą *a*, o iš žodžio *aũkštas* tai padaryti yra sunku, nes *a* garsinis elementas yra labai trumpas ir siekia tik 0,03 – 0,04s.

3. LIETUVIŲ KALBOS GARSYNO SUDARYMAS

Kalbos duomenys kaupiami, papildomi, anotuojami ir kitaip apdorojami. Didėjant tokių duomenų kiekiui bei atsirandant naujiems poreikiams, iškyla įvairios problemos, susijusios su kalbos duomenų saugojimu, apdorojimu, paieška. Stengiamasi išsivaduoti iš didelio duomenų formatų kiekio, unifikuoti kalbos signalų apdorojimo sistemų sąsajas, kad būtų galima patogiau, o tuo pačiu, greičiau keistis skaičiavimų rezultatais bei pačiais duomenimis.

Priimta, kad garsynas yra kalbos signalų rinkinys, skirtas kalbos atpažinimo, sintezės, diktoriaus identifikavimo, verifikavimo ar kitų uždavinių, reikalaujančių kalbos signalo apdorojimo, sprendimui. Garsynai, be kita ko, dažnai turi ir papildomą programinę įrangą kalbos signalų rinkinio apdorojimui, duomenų tvarkymui ir pateikimui. Šnekos duomenų bazių – garsynų – yra daug ir labai įvairių. Tą įvairumą skatina didelė kalbos technologijų taikymų sfera.

Tik prasidėjus garsynų rinkimui, svarbiausiu akcentu tapo duomenų turinys. Šiuo metu ryškėja ir kitos tendencijos. Didėja sukauptos informacijos kiekis ir reikia specialios įrangos apdoroti ir valdyti didelius informacijos kiekius. Garsyno rinkimo paruošimo darbas tampa išskirstytas rolėmis, kur kiekvienam proceso dalyviui nebūtina žinoti visų smulkesnių procesų detalių. Analitikui geriau koncentruotis į duomenų analizę, o duomenų bazių specialistui vykdyti garsyno duomenų palaikymą, duomenų bazės administravimą ir panašiai. Iš čia atsiranda poreikis panaudoti interaktyvias sistemas, kurios analitikui, kaip pagrindiniam sintezės kūrėjui, padėtų koncentruotis į duomenų analizės darbus, o ne į duomenų paruošimą ar paieškų kalbų įsisavinimą. Be to, svarbus uždavinys – integruoti esamas kalbos duomenų apdorojimo ir saugojimo sistemas, kad palengvėtų ne tik duomenų pasikeitimas, bet ir eksperimentų su garsyno duomenimis organizavimas. Todėl daugelis sutinka, kad reikia standartizuoti duomenų struktūras bei programines sąsajas. Tačiau nėra sutarimo, kaip tai padaryti.

3.1. Galimų difonų sudarymas

Konkatenacinės sintezės garsyno sudarymui kaip natūralios kalbos segmentai parinkti fonemos ir difonai. Fonemomis vadinami patys smulkiausi, toliau nebeskaldomi kalbos vienetai. Difonas yra dviejų greta stovinčių fonemų junginys. Lietuvių kalboje yra 65 fonemos.

Teoriškai turėtų būti 4225 difonai, nes visus galimus difonų variantus galima apskaičiuoti pagal elementarią formulę:

$$D = N^2,$$

D – difonas

N – fonema

Lietuvių kalboje randami ne visi teoriškai įmanomi fonemų junginiai. Pagal lietuvių kalbos gramatikos taisykles yra negalimi tokie junginiai kaip „mi“ [m i], „fe“ [f e], „nė“ [n è], nes po priebalsio einantys priešakinės eilės balsiai jį suminkština. Dėl tos pačios priežasties negalimi ir tokie priebalsių junginiai kaip „gm“ [g'm] (' – žymi priebalsio minkštumą), „gm“ [g m']. Taip pat lietuvių kalboje nėra „dvibalsis/ dvibalsis“, „dvibalsis/balsis“, bei kai kurių „priebalsis/priebalsis“, „balsis/balsis“ junginių. Dėl paminėtų priežasčių, galimų difonų kiekis praktiškai yra mažesnis. Siekiant iškirpti būdingus lietuvių kalbos difonus, sudaromas dažniausiai lietuvių kalboje naudojamų difonų sąrašas. Naudojant lietuvių kalbos žodyną išrinkti žodžiai, kad būtų galima iškirpti dažniausiai pasitaikančius difonus. Kiekvienai difonai pririnkome po vieną žodį, kuriame difonas tariamas ir girdimas aiškiausiai. Pvz.: mamà - „ma“, pōnas – „pō“.

Galimi lietuvių kalbos difonų variantai buvo sudarinėjami automatiškai, panaudojant Microsoft Office Excel 2003 programa. Žinodami, kad lietuvių kalboje yra 65 fonemos, sudarėme visu foneminių junginių matricą. Junginių sudarymo principo pavyzdys pateikiamas 3.1 pav.

5 lentelė

	X₁	X₂	X₃	.....	X₆₅
X₁	X ₁ X ₁	X ₁ X ₂	X ₁ X ₃	.....	X ₁ X ₆₅
X₂	X ₂ X ₁	X ₂ X ₂	X ₂ X ₃	.....	X ₂ X ₆₅
X₃	X ₃ X ₁	X ₃ X ₂	X ₃ X ₃	.....	X ₃ X ₆₅
.....
X₆₅	X ₆₅ X ₁	X ₆₅ X ₂	X ₆₅ X ₃	.....	X ₆₅ X ₆₅

3.1 pav. Galimų foneminių junginių sudarymo principas.

3.2. Būdingų žodžių įrašymas

Įrašai buvo daromi tylioje aplinkoje, bet ne profesionaliose garso įrašų studijose; buvo naudojamas personalinis kompiuteris bei neprofesionalus mikrofonas. Įrašai saugomi PCM 11025 Hz 16 bitų mono formatu. Žodžio įrašymui ir skaitmeniniam apdorojimui naudojama programa PRAAT. Ši programa pasirinkta dėl jos gero lankstumo atliekant kalbos signalų akustinę analizę. Kalbos signalų apdorojimo programos paprastai suteikia vartotojui tokias galimybes: įvesti kalbos signalą į kompiuterį, pamatyti ekrane signalo grafiką, redaguoti

signalus, pasiklausyti signalą ar norimą fragmentą, pamatyti ekrane spektrogramą, formantinių dažnių trajektorijas, pagrindinio tono periodo grafiką ir pažymėto segmento spektrą, filtruoti signalą, užrašyti į failą signalo charakteristikas (segmentus, jų ilgius, formantinius dažnius ir pagrindinio tono periodo reikšmes). Žodis įdiktuojamas vartotojo, be jokios intonacijos, vienodu tarimo tempu.

Surinktas garsynas pirmiausiai skirtas konkatenacinės kalbos sintezės taikymams. Garsyno žodžiai pagal savo įvairovę atspindi įvairius literatūros funkcinius stilius. Kiekvienas funkcinis stilius pasižymi tam tikra specifika: specialiais išsireiškimais, morfologinėmis ar sintaksinėmis ypatybėmis. Iš viso surinkta apie 1300 žodžių. Žodžiai buvo rinkti iš grožinės literatūros (ieškojimas užtruko 16 h), iš populiariosios periodikos (20 h) ir iš respublikinių laikraščių (7 h.).

Kaip diktorius buvo pasirinktas vienas iš magistro darbo autorių, kurio žodžių įrašymo laikas 65 h. Tam, kad gauti kokybiškesnį įrašą, kuriame atsispindėtų visos difonų savybės, kiekvienas žodis buvo įrašomas po 5 kartus. Vėliau klausos ir signalo analizės pagalba buvo atrinktas geriausias įrašyto žodžio variantas. Atrenkant buvo atsižvelgiama į teisingą žodžių kirčiavimą, balso aiškumą ir kt.

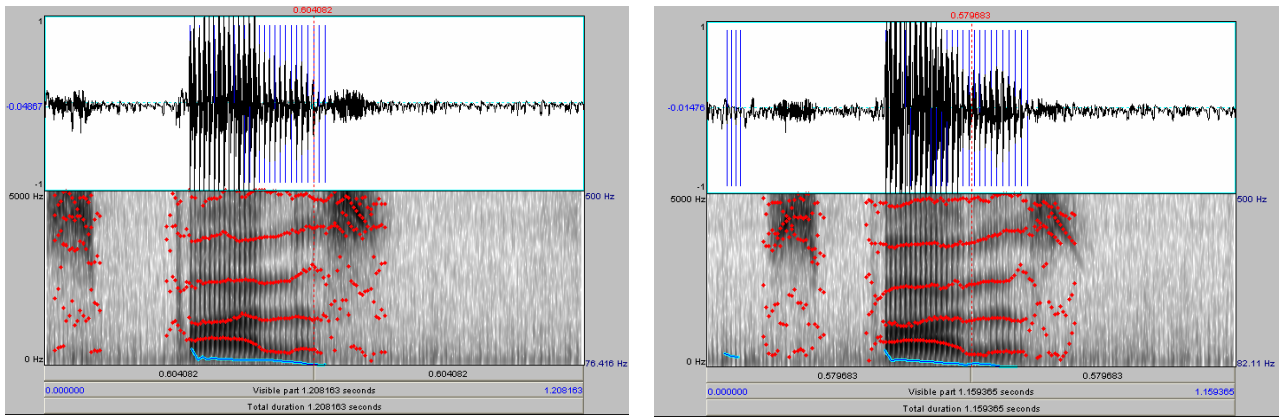
Iš viso garsyno sudarymui buvo surinkta apytiksliai 1300 lietuvių kalbos žodžių, iš kurių 98% yra skirtingi.

Garsyno sudarymui reikalingų difonų išskyrimui iš įrašytų žodžių sugaišta apie 120 h. Vienam difonui iškirpti rankiniu būdu vidutiniškai tenka 5 min.

Iš viso prie garsyno sudarymo dirbta 28 dienas.

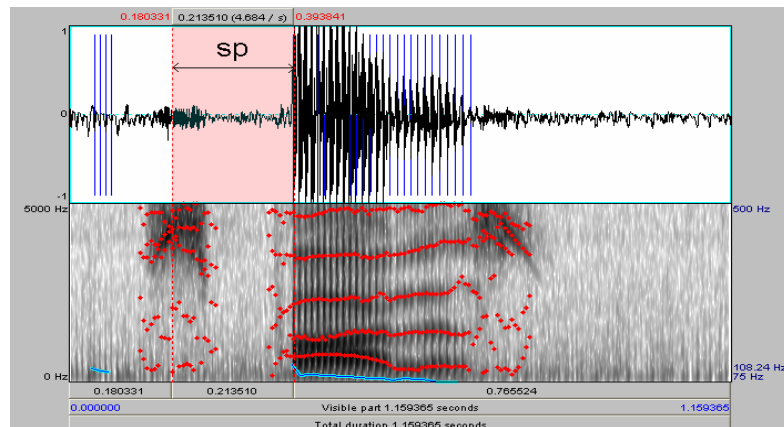
3.3. Fonemų ir difonų išskyrimas

Fonologiniai elementai visada patiria kitų, greta ar drauge tariamų fonologinių elementų įtaką, kalbėjimo aktuose jie labai sklandžiai pereina vieni į kitus. Kalbos srautas yra beveik tolydus, nediskretiškas reiškinys, visai nepanašus į spausdintą tekstą. Didžiulį modifikuojamą poveikį fonologiniams elementams (tiek atskiroms fonemoms, tiek ištisiems pasakymams) daro tam tikras kalbos padargų netaisyklingumas. Ir trumpiausias pasakymas, net mažiausias jo elementas kartojamas skamba kiekvieną kartą vis kitaip net vieno ir to paties kalbėtojo lūpose. Tą nevienodumą lengvai matome dirbant su programa PRAAT. Kaip matome 3.2 paveikslėlyje, vieno ir to paties kelis kartus įdiktuito žodžio įrašas kiekvieną kartą skambėjo skirtingai.



3.2 pav. Žodis „spalis“ signalas PRAAT lange.

Taigi kiekvienas kalbėjimo aktas kaip fizinis reiškinys yra visiškai unikalūs, niekada nepasikartojantis ir žmogaus kalbos padargais nepakartojamas įvykis. Galėtume tvirtinti, kad negalima du kartus pasakyti visiškai tą patį žodį ar garsą. Išklausių kelis to paties žodžio įrašus, vartotojiškai išrenkame žodį, kuriame difonas girdimas aiškiausiai. Difonai karpomi rankiniu būdu atsižvelgiant į kiekvienos fonemos prigimtinę trukmę. Difonų atveju kirpimo pradžia yra ties pirmos fonemos viduriu, o pabaiga ties antros fonemos viduriu. Iš žodžio „spalis“ iškerpame difoną „sp“. Kirpimo rezultatas matomas 3.3 pav.

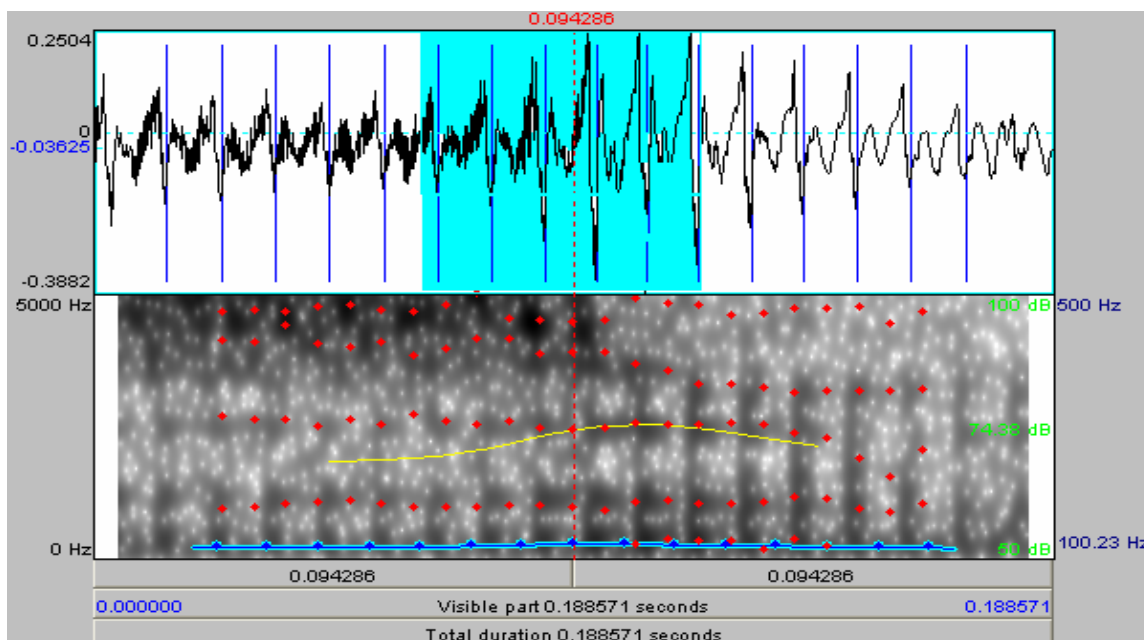


3.3 pav. Iš žodžio spalis iškirpta difonai „sp“ PRAAT lange.

3.4. Difonų analizė

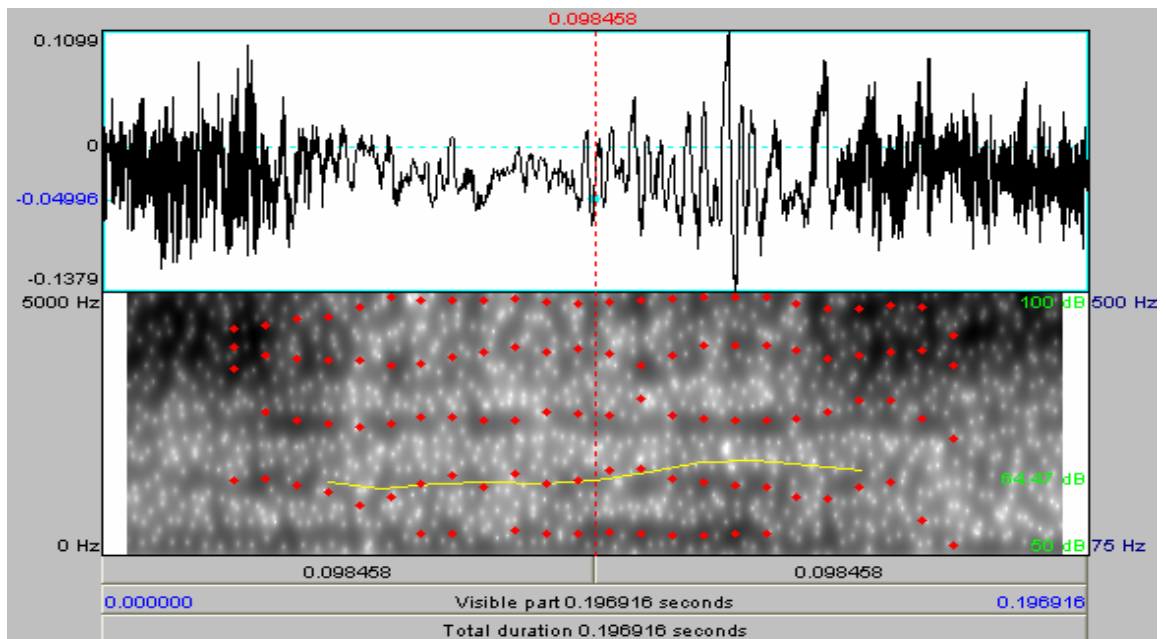
Difonas yra dviejų fonemų junginys. Jame atsispindi nuoseklus perėjimas nuo vienos fonemos prie kitos. Tam, kad gauti difoną yra išskiriamos greta esančios fonemos. Difonų atveju kirpimo pradžia yra ties pirmos fonemos viduriu, o pabaiga ties antros fonemos viduriu. Tokiu būdu gaunama signalo atkarpa, kurioje minimaliai atsispindi abiejų fonemų

savybės ir aiškiai yra išreikštas perėjimas tarp jų. Pav. 3.4 pav. matomas zv difono pavyzdys PRAAT lange



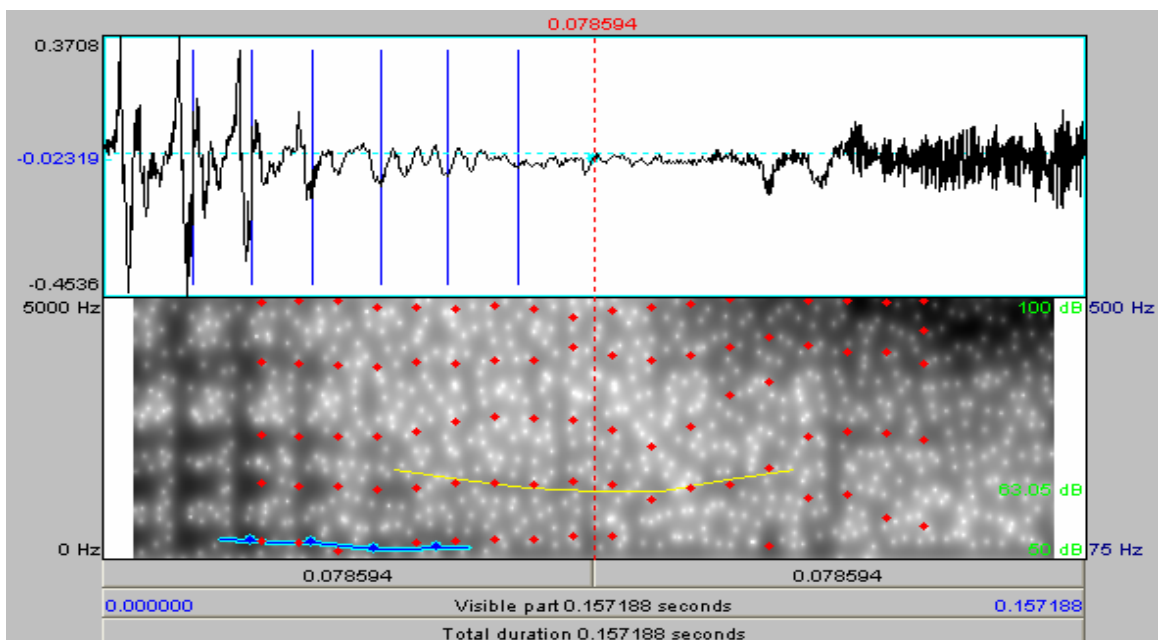
3.4 pav. Difono zv signalas PRAAT lange.

Difonas gautas iš žodžio „zvanga“. Analizuojant difono oscilogramą aiškiai matomas skirtumas tarp dviejų fonemų, jis paveikslėlyje yra paryškintas. Difoną sudaro abu skardieji priebalsiai. Difono signalo pradžioje matomi triukšmai, kurie charakterizuoja z fonemą, vėliau yra perėjimas, kai triukšmai palengva pereina į virpesius sudarančius v fonemą. Penkių pagrindinių difoną sudarančių formančių dažniai yra: F1 – 948 Hz, F2 – 2420 Hz, F3 – 3890 Hz, F4 - 4461 F5 – 4966 Hz. Geltona linija 3.4 pav. apatinėje dalyje žymi balso intensyvumą ir galime pastebėti kaip perėjimo tarp dviejų fonemų metu pakinta intensyvumo lygis.



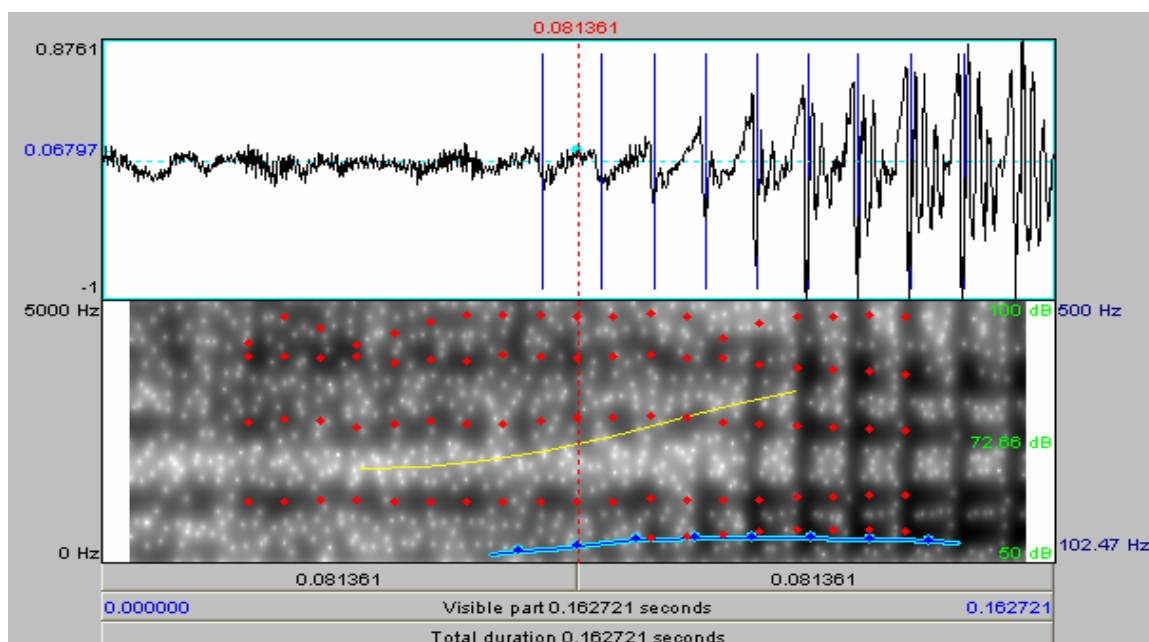
3.5 pav. Difono *s's* signalas PRAAT lange.

Difonas gautas iš žodžio „pusseserė“. Analizuojant difono oscilogramą aiškiai matomas skirtumas tarp dviejų fonemų, kuris yra signalo viduryje. Difoną sudaro du vienodi duslieji, minkštieji priebalsiai. Tiek signalo pradžioje, tiek pabaigoje matomi „savotiški“ triukšmai, kurie charakterizuoja *s* fonemas. Penkių pagrindinių difoną sudarančių formančių dažniai yra: F1 – 405 Hz, F2 – 2471 Hz, F3 – 3690 Hz, F4 – 4558 Hz, F5 – 4905 Hz. Geltona linija 3.5 pav. apatinėje dalyje žymi balso intensyvumą ir galime pastebėti kaip perėjimo tarp dviejų fonemų metu intensyvumo lygis pakinta nedaug. Intensyvumo lygio kitimas priklauso nuo po difono einančių garsų (kirčiuotas ar nekirčiuotas).



3.6 pav. Difono *r'c* signalas PRAAT lange.

3.6 paveikslėlyje nagrinėjame difono *r'c'* pavyzdį. Segmentas iškirptas iš žodžio „karceris“. Difoną sudaro skardaus ir duslaus priebalsio junginys. Kad priebalsis *r* yra skardusis, rodo PRAAT lango apatinėje dalyje esanti mėlyna linija. Ji apibrėžia „gryno“ *r* priebalsio ribas. Vėliau seka perėjimas tarp dviejų priebalsių. Penkių pagrindinių difoną sudarančių formančių dažniai yra: F1 – 410 Hz, F2 – 1435 Hz, F3 – 2533 Hz, F4 – 3947 Hz F5 – 4810 Hz. Analizuodami įtensyvumo linijos kitimą matome, kad perėjimo tarp šių priebalsių metu, įtensyvumas sumažėja.



3.7 pav. Difono *ha* signalas PRAAT lange.

3.7 paveikslėlyje nagrinėjame difono *ha* signalo pavyzdį. Jis iškirptas iš žodžio „muhamedas“. Šis difonas įdomesnis tuom, kad jį sudaro skardus priebalsis ir trumpasis balsis. Perėjimas tarp *h* ir *a* pažymėtas paveikslėlio centre. Penkių pagrindinių difoną sudarančių formančių dažniai yra: F1 – 1129 Hz, F2 – 2751 Hz, F3 – 3879 Hz, F4 – 3879 Hz F5 – 4795 Hz. Analizuodami įtensyvumo linijos kitimą matome, kad ji ties balsio pradžia pradeda staigiai kilti į viršų. tai galime paaiškinti tuom, kad balsis žymiai skambesnis už priebalsį.

3.5 Sintezės modeliavimas PRAAT programa

Sudarę lietuvių kalbos fonemų ir difonų garsyną, atlikome vieno sakinio „vėl atėjo šiltas pavasaris“ sintezės eksperimentą:

- Iš savo sudaryto garsyno išrinkome sakiniui suformuoti reikalingus difonus ir fonemas. Sintezės bandymą atlikome pasinaudodami PRAAT programa.

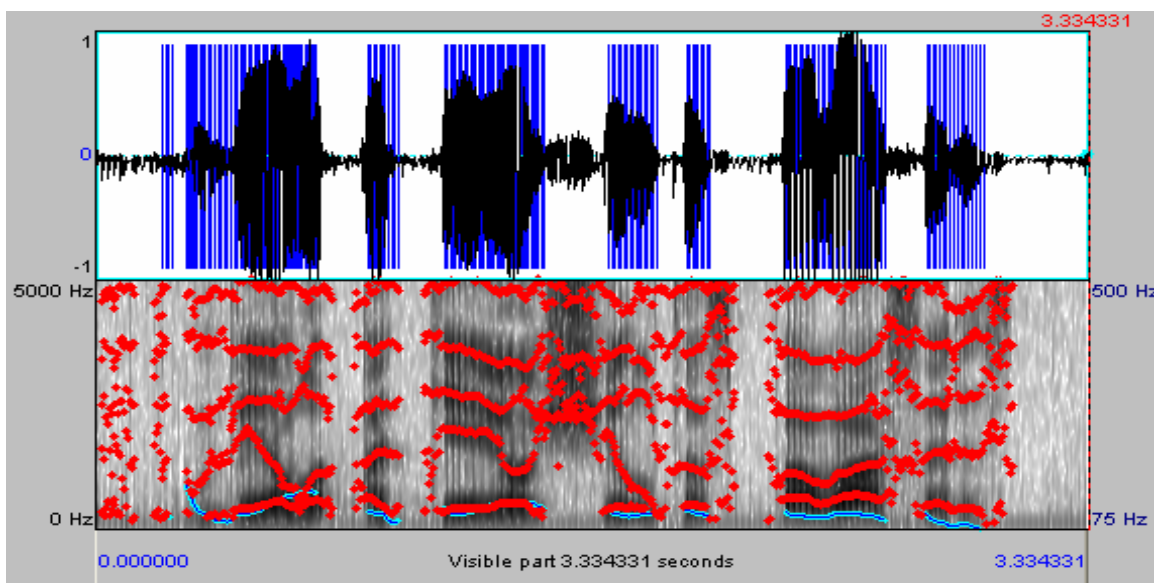
- Norint, kad žodis skambėtų natūraliai būtina fonemas ir difonus sudėlioti tam tikra tvarka. Pvz.: sintezuojant žodį „šiltas“ segmentai išdėstomi sekančiai:

$$\text{ši} - \text{il} - \text{lt} - \text{ta} - \text{as} - \text{S}$$

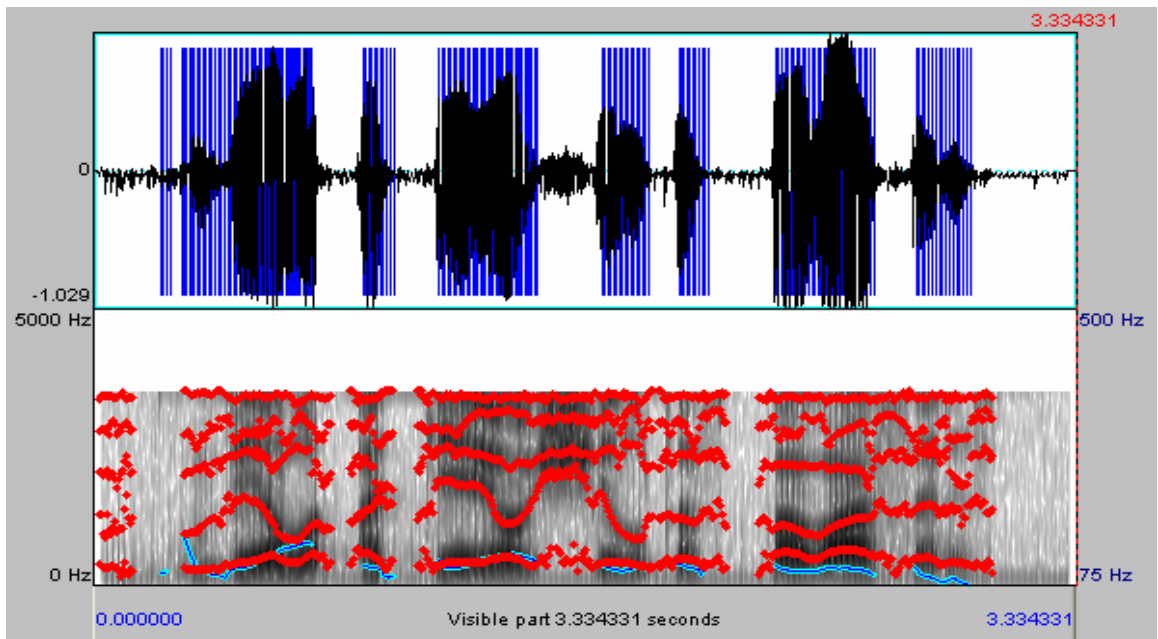
Kaip matome žodžio „šiltas“ pabaigoje po difonų eilės yra papildoma „S“ fonema, kurios trukmė yra minimali 0,08 s, o prigimtinė fonemos trukmė yra 0,16 - 0,18 s. Ji reikalinga, kad paskutinio difono antra dalis pailgėtų ir priebalsis „s“ būtų aiškiai girdimas. Jei žodis baigiasi sprogstamuoju priebalsiu žodžio pabaigoje fonemos nebereikia.

- Iš meniu funkcijų eilutės Formants & LPC pasirinkome LPC burg metodą.
- Nustatėme prognozavimo koeficientų skaičių (Prediction order).
- Pasirinkome gretimo analizės lango postūmį sekundėmis (Time step). Tokiu būdu gavome fonemas ir difonus charakterizuojančius LPC koeficientus.
- Gauname kalbos trakto skerspjūvio kitimą, tai atliekame pažymėdami LPC objektą ir pasirinkdami menu punktą „To vocal tract (slice)“.
- Garso signalą išskaidome į dedamasias (balso šaltinį ir filtrą), pagal kurias bus galima susintezuoti garsą. Pirmiausia pakeičiame garso signalo atskaitų dažnį (vyrams – 10 000, moterims 11 000). Tokiu būdu apribojame maksimalų formančių dažnį.
- Surandame LPC koeficientus, kurie nusakys filtrą. Filter (inverse) funkcijos pagalba sukuriame šaltinio filtrui signalą.
- Apjungdami anksčiau gautus LPC koeficientus ir naująjį filtro signalą, susintezuojame pageidaujamą sakinį.

Žemiau pateikiamuose paveikslėliuose pavaizduotas diktorius įdikuoto sakinio signalas bei susintezuotas.



3.8 pav. Diktorius įdikuoto sakinio signalo forma



3.9 pav. Susintezuoto sakinio signalo forma

Pasiklausę susintezuotą sakinį ir sulyginę su originaliu diktorius įdiktuoju darome sekančias išvadas:

1. susintezuoto garso kokybė gera
2. balsas skamba pakankamai natūraliai, tačiau jaučiamas silpnas metalinis skambesys
3. sakinio turinys lengvai suprantamas, t. y. suprantamumui įtakos sintezavimas neturi.

Toliau buvo atliekami eksperimentai siekiant nustatyti kokie parametrai įtakoja sintezuojamo garso kokybei.

Kitame to paties sakinio sintezės bandyme buvo pakeisti: prognozavimo koeficientų skaičius iš 16 į 64 ir padidintas garso signalo atskaitų dažnis iš 10000 Hz į 11000 Hz. Atlikus sintezę ir sulyginus rezultatus su anksčiau sintezuoto sakinio kokybiniais rodikliais, pastebėta, kad sumažėjo triukšmų lygis, bei silpniau jaučiamas metalinis skambesys.

Vėliau atliekant sintezės bandymą pakeitėme prognozavimo koeficientų skaičius iš 16 į 8, sumažinome garso signalo atskaitų dažnį iš 10000 Hz į 7000 Hz, bei sumažinome lango tikslumą nuo 50 iki 30. Pastebėta, kad susintezuoto sakinio kokybė sumažėjo. Pablogėjo kalbos natūralumas, tačiau suprantamumui įtakos nėra.

Sumažinus garso signalo atskaitų dažnį nuo 10000 Hz iki 3000 Hz, lango tikslumą nuo 50 iki 30 ir prognozavimo koeficientų skaičių nuo 16 iki 8, sintezuojamo sakinio kokybė žymiai suprastėjo. Balsas visiškai nenatūralus, kai kurie sakinio žodžiai labai sunkiai suprantami. Klausydamiesi susintezuoto sakinio vietoj *š* garso žodyje „šiltas“, girdime *p* ir taip toliau.

Darome prielaidą, kad norint atlikti kokybišką garsų sintezę, diskretizacijos dažnis negali būti mažesnis nei 7000 Hz. Jei prognozavimo koeficientų skaičius ir lango tikslumas parenkami per maži, gaunamas kalbos natūralumo sumažėjimas.

IŠVADOS

Mūsų tiriamajame magistro darbe yra apžvelgta sintezės sistemų specifika, išanalizuotos garsų susidarymo priežastys. Atlikę išsamią sintezės principų analizę sudarėme lietuvių kalbos fonemų ir difonų garsyną tinkanti kalbos sintezės programos kūrimui

Lietuvių kalbos fonetinė struktūra unikali, t.y. nesutampa su jokia kita kalba. Sudarant fonetinių vienetų bazę negalima remtis vien fonetiniais ar fonologiniais lietuvių kalbos tyrimais, reikia atlikti specialius tyrimus siekiant nustatyti kiek, kokių garsų, iš kokių kontekstų ir kaip reikia iškirpti, kad juos jungiant gautume kokybišką sintezuotą kalbą.

Sukurto garsyno specifikacija:

- 1) Trūksta kai kurių fonetinių vienetų: neskiriama kai kurių ilgųjų balsių ir dvibalsių tvirtapradė ir tvirtagalė priegaidės, pvz., brólis - brōkas, píenas – piēnė;
- 2) Yra tik po vieną kiekvieno fonetinio vieneto realizaciją, o galima turėti po kelis su skirtingom intonacijom, kalbėjimo greičiais, ir pagal situaciją parinkti tinkamiausią, tokiai fonetinių vienetų įvairovei sudaryti reikalinga labai daug laiko ir specifinių tyrimų;
- 3) Fonetiniai vienetai buvo kerpami be konteksto, kontekstas gali būti reikalingas norint sklandžiau jungti garsus;
- 4) Garsas buvo įrašinėjamas tylioje aplinkoje, bet ne profesionalioje garso studijoje;
- 5) Mūsų sudarytame segmentų garsyne yra apie 1300 dažniausiai lietuvių kalboje pasitaikančių difonų ir visos 65 fonemos;
- 6) Garsynas neturi jokios sąsajos su jokia konkrečia programa, todėl gali būti standartizuotas ir pritaikytas konkrečioms poreikiams;
- 7) Atlikus sintezės modeliavimą, kurio metu buvo naudojami mūsų sukurto garsyno segmentai, sintezuojamo garso kokybė tenkina kokybinius rodiklius.

LITERATŪRA

1. A. Pakerys. Lietuvių bendrinės kalbos fonetika. Enciklopedija. Vilnius 2003;
2. A. Raškinis. Automatinis lietuvių šnekamosios kalbos segmentavimas ir lietuvių šnekos automatinė transkripcija. Lietuvių kalbos informacinėje visuomenėje 2000 – 2006 metu programa. 2001 m. I ketvirčio tarpinė ataskaita
3. Aleksas Girdenis. Fonologija. Vilnius, 1981. 216 p.
4. Aleksas Girdenis. Teoriniai lietuvių fonologijos pagrindai. Vilnius, 2003. 388 p.
5. Antanas Pakerys. Lietuvių bendrinės kalbos fonetika. Vilnius, 1995. 316 p.
6. John R. Deller, Jr., John H. L. Hansen, John G. Proakis (2000). *Discrete – Time Processing of Speech Signals*. NY
7. Kalbos organai, kalbos generavimas ir suvokimas. www.google.lt (žiūrėta 2004 12 01)
8. Klatt, D. H. (1979). "Synthesis by Rule of Segmental Durations in English Sentences," in *Frontiers of Speech Communication Research*, edited by B. Lindblom and S. Öhman (Academic, New York);
9. Lietuvių kalbos žodynas. I – XXII tomai
10. http://en.wikipedia.org/wiki/speech_synthesis (žiūrėta 2005 02 01)
11. <http://www.art.bdk.com.ru/govor/infast119.shtm> (žiūrėta 2005 04 20)
12. <http://www.autoinfa.lt/webdic/> (žiūrėta 2005 05 01)
13. http://www.likit.lt/all/balso_tech/04_darbai.htm (žiūrėta 2005 02 01)
14. <http://www.tcts.fpms.ac.be/synthesis> (žiūrėta 2003 11 01)

I. PRIEDAS
Galimų foneminių junginių (difonų) lentelė

fonema	ī	žodis	i	žodis	ė	žodis	e	žodis	e	žodis
ī	īī		īī		ėė	jėjo	ėe		ėe	
i	iī		ii	priimti	iė	priėjo	ie		ie	
ė	ėī		ėi		ėė		ėe		ėe	
e	eī	nejėjo	ei		eė	neėmė	ee		ee	
<u>e</u>	<u>eī</u>		<u>ei</u>		<u>eė</u>		<u>ee</u>		<u>ee</u>	
ē	ēī		ēi		ēė		ēe		ēe	
ū	ūī		ūi		ūė		ūe		ūe	
u	uī		ui	nuimti	uė	suėmė	ue		ue	
ō	ōī		ōi		ōė		ōe		ōe	
o	oī		oi		oė		oe	poema	oe	
a	aī		ai	kairas	aė	paėmė	ae	aero	ae	
ā	āī		āi		āė		āe		āe	
p	pī		pi		pė		pe		pe	
p'	pī	pyragas	p'i	pilti	p'ė	pėda	p'e	peronas	p'e	
b	bī		bi		bė		be		be	
b'	bī	byla	b'i	bilietas	b'ė	bėda	b'e	bedarbis	b'e	
t	tī		ti		tė		te		te	
t'	tī	tyla	t'i	tibetas	t'ė	tėtė	t'e	tema	t'e	
d	dī		di		dė		de		de	
d'	dī	dyla	d'i	didelis	d'ė	dėdė	d'e	debetas	d'e	
k	kī		ki		kė		ke		ke	
k'	kī	kyla	k'i	kitas	k'ė	kėlési	k'e	keli	k'e	
g	gī		gi		gė		ge		ge	
g'	gī	gyna	g'i	gili	g'ė	gėda	g'e	geri	g'e	
c	cī		ci		cė		ce		ce	
c'	cī	cypti	c'i	cigaras	c'ė	cėcė	c'e	ceremonija	c'e	
dz	dzī		dzi		dzė		dze		dze	
dz'	dzī	dzyvai	dz'i	dzinginti	dz'ė	dzindzėti	dz'e	dzindzeliuoti	dz'e	
č	čī		či		čė		če		če	
č'	čī	čyras	č'i	čili	č'ė	čėras	č'e	čekas	č'e	
dž	džī		dži		džė		dže		dže	
dž'	džī		dž'i	džinas	dž'ė	džėris	dž'e	džeraldas	dž'e	
m	mī		mi		mė		me		me	
m'	mī	myli	m'i	milas	m'ė	mėlyna	m'e	medalis	m'e	
n	nī		ni		nė		ne		ne	
n'	nī	nyčia	n'i	nikelis	n'ė	nėra	n'e	neopolis	n'e	
f	fī		fi		fė		fe		fe	
f'	fī	fyfa	f'i	fizika	f'ė	fėja	f'e	federalinis	f'e	
v	vī		vi		vė		ve		ve	
v'	vī	vysla	v'i	viskas	v'ė	vėsu	v'e	vedėjes	v'e	
s	sī		si		sė		se		se	
s'	sī	syvai	s'i	sibiras	s'ė	sėti	s'e	sedanas	s'e	

z	zī		zi		zè		ze		ze	
z'	z'ī	zylé	z'i	zigmas	z'è	linzé	z'e	zenitas	z'e	
š	šī		ši		šé		še		še	
š'	š'ī	šykštus	š'i	šiitas	š'è	šéšélis	š'e	šedevras	š'e	
ž	žī		ži		žé		že		že	
ž'	ž'ī	žymėti	ž'i	žibėti	ž'è	gužėti	ž'e	želatina	ž'e	
j	jī	jī	ji		jé	jéga	je	jeronimas	je	foje
ch	chī		chi		ché		che		che	
ch'	ch'ī		ch'i	chininas	ch'è	tiché	ch'e	chemikalas	ch'e	
h	hī		hi		hé		he		he	
h'	h'ī		h'i	sahibas	h'è		h'e	helena	h'e	
l	lī		li		lé		le		le	
l'	l'ī	lygtis	l'i	liko	l'è	lélé	l'e	ledai	l'e	
r	rī		ri		ré		re		re	
r'	r'ī	rymoti	r'i	riša	r'è	rélé	r'e	rebeka	r'e	
ai	aī		aī		aié		aie		aie	
au	auī		auī		aué		aue		aue	
ei	eī		eī		eié		eie		eie	
eu	euī		euī		eué		eue		eue	
oi	oiī		oiī		oié		oie		oie	
ui	uiī		uiī		uié		uie		uie	
ie	ieī		ieī		ieé		iee		iee	
uo	uoī		uoī		uoé		uoe		uoe	

ē	žodis	ū	žodis	u	žodis	ō	žodis	ɔ	žodis
īē		īū		īu		īō		īɔ	
iē		iū		iu		iō		iɔ	
éē		éū		éu		éō		éɔ	
eē		eū		eu	seulas	eō		eɔ	neopolis
eē		eū		eu		eō		eɔ	
ēē		ēū		ēu		ēō		ēɔ	
ūē		ūū		ūu		ūō		ūɔ	
uē		uū		uu		uō		uɔ	
ōē		ōū		ōu		ōō		ōɔ	
œ		ɔū		ɔu		ɔo		ɔɔ	kooperacija
aē		aū	aūlas	au	paunksmė	aō	aorta	aɔ	kaolinas
āē		āū		āu		āō		āɔ	
pē		pū	pūvēsis	pu	puta	pō	ponas	pɔ	pokeris
p'ē	pezalas	p'ū	tulpių	p'u	su kumpiu	p'ō		p'ɔ	
bē		bū	būna	bu	burė	bō	botas	bɔ	boras
b'ē	begalė	b'ū	bulbių	b'u	gerbiu	b'ō		b'ɔ	
tē		tū	tūris	tu	tu	tō	tostas	tɔ	tomas
t'ē	tešti	t'ū		t'u	tiulis	t'ō		t'ɔ	
dē		dū	dūris	du	du	dō	doras	dɔ	dokas
d'ē	denis	d'ū		d'u		d'ō		d'ɔ	
kē		kū	kūlis	ku	kumelė	kō	kotas	kɔ	koma
k'ē	kelias	k'ū	kokių	k'u	ekiu	k'ō	tankio	k'ɔ	
gē		gū	gūdi	gu	guru	gō	goda	gɔ	gotika
g'ē	gedulas	g'ū	vangių	g'u	su vangiu	g'ō	tingio	g'ɔ	
cē		cū	cūga	cu	cukinija	cō	colis	cɔ	cokolis
c'ē		c'ū		c'u		c'ō		c'ɔ	
dzē		dzū	dzūkas	dzu		dzō		dzɔ	
dz'ē		dz'ū		dz'u	dziudo	dz'ō		dz'ɔ	
čē		čū	ginčų	ču		čō		čɔ	čoserio
č'ē		č'ū	karčių	č'u	čiulpti	č'ō	kirčio	č'ɔ	
džē		džū		džu		džō		džɔ	džo
dž'ē		dž'ū	kėdžių	dž'u	Džiugas	dž'ō		dž'ɔ	
mē		mū	mūkė	mu	mulas	mō	molis	mɔ	moka
m'ē	medis	m'ū		m'u	miuzetė	m'ō		m'ɔ	
nē		nū	anūkė	nu	nuvarė	nō	noras	nɔ	
n'ē	nevala	n'ū	kamanių	n'u	su Deniu	n'ō		n'ɔ	
fē		fū	konfūzas	fu	fuga	fō	fonema	fɔ	telefonas
f'ē		f'ū		f'u	fiureris	f'ō		f'ɔ	
vē		vū	galvų	vu	pastovus	vō	voras	vɔ	
v'ē	bevelyti	v'ū	karvių	v'u	pastoviu	v'ō		v'ɔ	
sē		sū	lasų	su	suma	sō	sodas	sɔ	solo

s'ē	sesalas	s'ū	balsių	s'u	karsiu	s'ō	siogūnas	s'ᵛ	
zē		zū	bizu	zu	zulu	zō	zondas	zᵛ	zona
z'ē		z'ū		z'u	su murziu	z'ō		z'ᵛ	
šē		šū	kaušų	šu	šumeras	šō	šokiai	šᵛ	šokas
š'ē	šešuras	š'ū	kiaušių	š'u	su kiaušiū	š'ō	šiose	š'ᵛ	
žē		žū	dažų	žu	žukas	žō	žodis	žᵛ	
ž'ē	žemuogė	ž'ū	žiūri	ž'u	žiuri	ž'ō	žiogas	ž'ᵛ	
jē		jū	kojų	ju	justė	jō	jojo	jᵛ	jokeris
chē		chū		chu	chuligamas	chō	chorda	chᵛ	choras
ch'ē		ch'ū		ch'u		ch'ō		ch'ᵛ	
hē		hū		hu	humusas	hō	homeras	hᵛ	
h'ē		h'ū		h'u		h'ō	hiosciaminas	h'ᵛ	
lē		lū	lūpa	lu	lukas	lō	lobis	lᵛ	solo
l'ē	lėšis	l'ū	liūnas	l'u	liusi	l'ō	liokajus	l'ᵛ	
rē		rū	rūkas	ru	rudas	rō	ropė	rᵛ	pogromas
r'ē	retas	r'ū	kambarių	r'u	kariu	r'ō	kario	r'ᵛ	
aiē		aiū		aiu		aiō		aiᵛ	
auē		auū		auu		auō		auᵛ	
eiē		eiū		eiu		eiō		eiᵛ	
euē		euū		euu		euō		euᵛ	
oiē		oiū		oiu		oiō		oiᵛ	
uiē		uiū		uiu		uiō		uiᵛ	
ieē		ieū		ieu		ieō		ieᵛ	
uoē		uoū		uou		uoō		uoᵛ	

a	žodis	ā	žodis	p	žodis	p'	žodis	b	žodis
īa		īā		īp	īpakavo	īp'	īpilti	īb	tapyba
ia		iā		ip	lipas	ip'	hipis	ib	riba
éa		éā		ép	sléptas	ép'	slépti	éb	lébauti
ea		eā		ep	epas	ep'	kepti	eb	geba (kas)
<u>ea</u>		<u>eā</u>		<u>ep</u>		<u>ep'</u>		<u>eb</u>	
ēa		ēā		ēp	epocha	ēp'	lepinti	ēb	kleba
ūa		ūā		ūp	ūpas	ūp'	pliūpsnis	ūb	kūbas
ua		uā	vualis	up	pupas	up'	klupti	ub	lubos
ōa		ōā		ōp	kopas	ōp'	opi	ōb	kobra
ɔa	koalicija	ɔà	oazé	ɔp	opa	ɔp'		ɔb	
aa	paaria	aā		ap	apako	ap'	apinys	ab	labai
āa		āā		āp	papas	āp'	krapinti	āb	labas
pa	pabaiga	pā	papas	pp		pp'		pb	
p'a	su klampia	p'ā	klampia	p'p		p'p'		p'b	
ba	bala	bā	baras	bp		bp'		bb	
b'a	skalbia	b'ā	skubia	b'p		b'p'		b'b	
ta	tara	tā	taré	tp	lietpaltis	tp'		tb	pitbulis
t'a		t'ā		t'p		t'p'	katpédé	t'b	
da	dabar	dā	daro	dp		dp'		db	
d'a		d'ā		d'p		d'p'		d'b	
ka	kas	kā	karas	kp		kp'		kb	
k'a	kenkia	k'ā		k'p		k'p'		k'b	
ga	gana	gā	galas	gp		gp'		gb	
g'a	engia	g'ā		g'p		g'p'		g'b	
ca	cariené	cā	caras	cp	lacportas	cp'		cb	
c'a		c'ā		c'p		c'p'		c'b	
dza	dzak	dzā	dzanis	dzp		dzp'		dzb	
dz'a		dz'ā		dz'p		dz'p'		dz'b	
ča	čakona	čā	čadas	čp		čp'		čb	
č'a	kenčia	č'ā		č'p		č'p'		č'b	
dža	džaneta	džā		džp		džp'		džb	
dž'a	žaidžia	dž'ā		dž'p		dž'p'		dž'b	
ma	mama	mā	mama	mp	kampas	mp'		mb	bomba
m'a	lemia	m'ā		m'p		m'p'	kumpis	m'b	
na	nafta	nā	namas	np		np'		nb	
n'a		n'ā	minia	n'p		n'p'		n'b	
fa	fadomas	fā	fabula	fp		fp'		fb	
f'a		f'ā		f'p		f'p'		f'b	
va	vada	vā	vadas	vp		vp'		vb	
v'a		v'ā		v'p		v'p'		v'b	

sa	saga	sā	sako	sp	spalis	sp'		sb	
s'a	prausia	s'ā		s'p		s'p'	aspektas	s'b	
za	zakristiaja	zā	zazas	zp		zp'		zb	
z'a	zirzia	z'ā		z'p		z'p'		z'b	
ša	šaka	šā	šamas	šp	špaga	šp'		šb	
š'a	su šia	š'ā	šia	š'p		š'p'		š'b	
ža	žara	žā	žadas	žp		žp'		žb	ežbambis
ž'a	ūžia	ž'ā		ž'p		ž'p'		ž'b	
ja	tuja	jā	ja	jp		jp'		jb	
cha	chaki	chā	chamas	chp		chp'		chb	
ch'a		ch'ā		ch'p		ch'p'		ch'b	
ha	halitas	hā	hadas	hp		hp'		hb	
h'a		h'ā		h'p		h'p'		h'b	
la	kala	lā	lapas	lp	pulpa	lp'		lb	kolba
l'a	kelia	l'ā		l'p		l'p'	sutilpti	l'b	
ra	rasti	rā	raja	rp	karpa	rp'		rb	skorbutas
r'a	tiria	r'ā		r'p		r'p'	kirpti	r'b	
aia		aiā		aip	taip	aip'	laipioti	aib	laibas
aua		auā		aup	taupus	aup'	taupi	aub	baubas
eia		eiā		eip	šeip	eip'	kreiptis	eib	
eua		euā		eup		eup'		eub	
oia		oiā		oip		oip'		oib	
uia		uiā		uip		uip'		uib	
iea		ieā		iep	liepa	iep'	liepti	ieb	stiebas
uoa		uoā		uop	suopa	uop'	suopis	uob	guoba

b'	žodis	t	žodis	t'	žodis	d	žodis	d'	žodis
īb'		īt	darytas	īt'	daryti	īd	yda	īd'	dydis
ib'	slibinas	it	kitas	it'	kiti	id	sidras	id'	dydis
ėb'	srėbimas	ėt	vėtra	ėt'		ėd	ėdalas	ėd'	kėdė
eb'	klebėti	et	ketus	et'	ketinis	ed	redakcija	ed'	edita
<u>eb'</u>		<u>et</u>		<u>et'</u>		<u>ed</u>		<u>ed'</u>	
ėb'		ēt	keturis	ēt'		ēd	ledas	ēd'	medis
ūb'	rūbinė	ūt	būta	ūt'		ūd	ūdra	ūd'	rūdys
ub'		ut	butas	ut'		ud	sudanas	ud'	sudėtis
ōb'	kobinys	ōt	botas	ōt'		ōd	sodas	ōd'	sode
ɔb'	problema	ɔt	botas	ɔt'		ɔd	kodas	ɔd'	kodi
ab'		at	taip pat	at'	pati	ad	kada	ad'	žadi
āb'		āt	batas	āt'		ād	kadras	ād'	padėtys
pb'		pt	keptas	pt'		pd	apdaras	pd'	
p'b'		p't		p't'	kepti	p'd		p'd'	apdėti
bb'		bt	gaubtas	bt'		bd		bd'	
b'b'		b't		b't'	gaubti	b'd		b'd'	
tb'		tt		tt'		td		td'	
t'b'		t't		t't'		t'd		t'd'	
db'		dt		dt'		dd	baddvasa	dd'	
d'b'		d't		d't'		d'd		d'd'	
kb'		kt	rinktas	kt'		kd	likdavo	kd'	
k'b'		k't		k't'	rinkti	k'd		k'd'	rikdymas
gb'		gt	mygtukas	gt'		gd	snigdavo	gd'	
g'b'		g't		g't'	mygti	g'd		g'd'	
cb'		ct	actas	ct'		cd		cd'	
c'b'		c't		c't'	acte	c'd		c'd'	
dzb'		dzt		dzt'		dzd		dzd'	
dz'b'		dz't		dz't'		dz'd		dz'd'	
čb'		čt		čt'		čd		čd'	
č'b'		č't		č't'		č'd		č'd'	
džb'		džt		džt'		džd	didždvaris	džd'	
dž'b'		dž't		dž't'		dž'd		dž'd'	
mb'		mt	šimtas	mt'		md	samdo	md'	
m'b'	kombinuoti	m't		m't'	šimte	m'd		m'd'	samdinys
nb'		nt	lenta	nt'		nd	kando	nd'	
n'b'		n't		n't'	lentelė	n'd		n'd'	kandis
fb'		ft	liftas	ft'		fd		fd'	
f'b'		f't		f't'	lifte	f'd		f'd'	
vb'		vt		vt'		vd		vd'	
v'b'		v't		v't'		v'd		v'd'	

sb'		st	stotis	st'		sd	kasdavo	sd'	
s'b'		s't		s't'	stilius	s'd		s'd'	
zb'		zt		zt'		zd	lizdas	zd'	
z'b'		z't		z't'		z'd		z'd'	lizde
šb'		št	aukštas	št'		šd	kišdavo	šd'	
š'b'		š't		š't'	štilis	š'd		š'd'	
žb'		žt	laužtas	žt'		žd	iždas	žd'	
ž'b'		ž't		ž't'	laužtinis	ž'd		ž'd'	ižde
jb'		jt		jt'		jd		jd'	
chb'		cht	jachta	cht'		chd		chd'	
ch'b'		ch't		ch't'	jachtininkas	ch'd		ch'd'	
hb'		ht		ht'		hd		hd'	
h'b'		h't		h't'		h'd		h'd'	
lb'		lt	balta	lt'		ld	kildavo	ld'	
l'b'	kalbėti	l't		l't'	kelti	l'd		l'd'	gildija
rb'		rt	gertas	rt'		rd	vardas	rd'	
r'b'	orbita	r't		r't'	girti	r'd		r'd'	girdi
aib'	aibė	ait	saitas	ait'	raiti	aid	raida	aid'	zaidimas
aub'	ko baubi	aut	autas	aut'	auti	aud	audra	aud'	audinė
eib'		eit	eitas	eit'	eiti	eid	eidavo	eid'	leidimas
eub'		eut	eutanazija	eut'		eud		eud'	
oib'		oit		oit'	roiteris	oid	loidas	oid'	loide
uib'		uit	luitas	uit'	luite	uid		uid'	
ieb'	stiebėsi	iet	vieta	iet'	ietis	ied	žiedas	ied'	žiede
uob'	duobė	uot	šluota	uot'	šluoti	uod	puodas	uod'	puode

k	žodis	k'	žodis	g	žodis	g'	žodis	c	žodis
īk	rašykla	īk'	rodyklė	īg	žygdarbis	īg'	žygis	īc	
ik	pikas	ik'		ig	sigma	ig'	sigis	ic	pica
ėk	rėkdavo	ėk'	rėkimas	ėg	bėga	ėg'	bėgimas	ėc	
ek	reklama	ek'	sekti	eg	egzaminas	eg'	egidijus	ec	specas
ek		ek'		eg		eg'		ec	
ėk	sekasi	ėk'	sekėsi	ėg		ėg'	ėglė	ėc	
ūk	rūkas	ūk'	rūke	ūg	papūga	ūg'	ūgis	ūc	
uk	suka	uk'	suki	ug	dugnas	ug'	ugdyti	uc	
ōk	mokamas	ōk'	kokia	ōg	sloga	ōg'	blogis	ōc	
ɔk	rokas	ɔk'	rokis	ɔg	dogma	ɔg'		ɔc	locmanas
ak	plakatas	ak'	akis	ag	saga	ag'		ac	
āk	sako	āk'	sakė	āg	magas	āg'	magija	āc	pacas
pk	apkartu	pk'		pg	apgavo	pg'	apgynė	pc	
p'k		p'k'	tapkite	p'g		p'g'		p'c	
bk	subkategorija	bk'		bg		bg'		bc	
b'k		b'k'	dirbkite	b'g		b'g'		b'c	
tk	atkrapštome	tk'		tg	plytgalis	tg'		tc	
t'k		t'k'	atkreipiame	t'g		t'g'		t'c	
dk		dk'		dg		dg'		dc	
d'k		d'k'		d'g		d'g'		d'c	
kk		kk'		kg		kg'		kc	
k'k		k'k'		k'g		k'g'		k'c	
gk		gk'		gg		gg'		gc	
g'k		g'k'		g'g		g'g'		g'c	
ck		ck'		cg		cg'		cc	
c'k		c'k'	peckelis	c'g		c'g'		c'c	
dzk		dzk'		dzg		dzg'		dzc	
dz'k		dz'k'		dz'g		dz'g'		dz'c	
čk	bačka	čk'		čg		čg'		čc	
č'k		č'k'	račkis	č'g		č'g'		č'c	
džk		džk'		džg		džg'		džc	
dž'k		dž'k'		dž'g		dž'g'		dž'c	
mk	rimkus	mk'		mg		mg'		mc	
m'k		m'k'	imkite	m'g		m'g'		m'c	
nk	konkursas	nk'		ng	manganas	ng'		nc	
n'k		n'k'	rinkite	n'g		n'g'	angis	n'c	
fk	kafka	fk'		fg		fg'		fc	
f'k		f'k'		f'g		f'g'		f'c	
vk		vk'		vg		vg'		vc	

v'k		v'k'		v'g		v'g'		v'c	
sk	skala	sk'		sg		sg'		sc	
s'k		s'k'	skylė	s'g		s'g'	skaisgiris	s'c	
zk		zk'		zg	mazgotė	zg'		zc	
z'k		z'k'		z'g		z'g'	mazginys	z'c	
šk		šk'		šg		šg'		šč	
š'k		š'k'		š'g		š'g'		š'c	
žk		žk'		žg		žg'		žc	
ž'k		ž'k'		ž'g		ž'g'	užgis	ž'c	
jk		jk'		jg		jg'		jc	
chk		chk'		chg		chg'		chc	
ch'k		ch'k'		ch'g		ch'g'		ch'c	
hk		hk'		hg		hg'		hc	
h'k		h'k'		h'g		h'g'		h'c	
lk		lk'		lg	alga	lg'		lc	falcas
l'k		l'k'		l'g		l'g'	žalgiris	l'c	
rk		rk'		rg		rg'		rc	
r'k		r'k'		r'g		r'g'	orgija	r'c	
aik		aik'		aig	daigas	aig'	sraigė	aic	
auk		auk'		aug	auga	aug'	mauglis	auc	
eik		eik'		eig	speigas	eig'	smeigė	eic	beicas
euk		euk'		eug		eug'	eugenijus	euc	
oik		oik'		oig		oig'		oic	
uik		uik'		uig		uig'		uic	
iek		iek'		ieg	sniegas	ieg'	sniegena	iec	
uok		uok'		uog	uoga	uog'	uogienė	uoc	

c'	žodis	dz	žodis	dz'	žodis	č	žodis	č'	žodis
īc'	įcentrinis	īdz		īdz'		īč	lyčnas	īč'	
ic'		idz		idz'	bidzenti	ič	kičas	ič'	
éc'	cécé	édz		édz'	édžios	ėč		ėč'	skėčia
ec'		edz		edz'		eč		eč'	mečėtė
ec'		edz		edz'		eč		eč'	
ēc'	lecitinas	ēdz		ēdz'		ēč		ēč'	pečius
ūc'		ūdz		ūdz'		ūč		ūč'	
uc'		udz		udz'		uč	tučtuojau	uč'	pučia
ōc'		ōdz	godzila	ōdz'		ōč		ōč'	sočiau
ɔc'		ɔdz		ɔdz'		ɔč		ɔč'	
ac'	pace	adz		adz'		ač		ač'	pačia
āc'		ādz		ādz'	kamikadzė	āč	mačas	āč'	pačią
pc'		pdz		pdz'		pč		pč'	
p'c'		p'dz		p'dz'		p'č		p'č'	slapčia
bc'		bdz		bdz'		bč		bč'	
b'c'		b'dz		b'dz'		b'č		b'č'	
tc'		tdz		tdz'		tč		tč'	
t'c'		t'dz		t'dz'		t'č		t'č'	
dc'		ddz		ddz'		dč		dč'	
d'c'		d'dz		d'dz'		d'č		d'č'	
kc'		kdz		kdz'		kč		kč'	
k'c'	konjunkcija	k'dz		k'dz'		k'č		k'č'	mikčius
gc'		gdz		gdz'		gč		gč'	
g'c'		g'dz		g'dz'		g'č		g'č'	vogčia
cc'		cdz		cdz'		cč		cč'	
c'c'		c'dz		c'dz'		c'č		c'č'	
dzc'		dzdz		dzdz'		dzč		dzč'	
dz'c'		dz'dz		dz'dz'		dz'č		dz'č'	
čc'		čdz		čdz'		čč		čč'	
č'c'		č'dz		č'dz'		č'č		č'č'	
džc'		dždz		dždz'		džč		džč'	
dž'c'		dž'dz		dž'dz'		dž'č		dž'č'	
mc'		mdz		mdz'		mč		mč'	
m'c'		m'dz		m'dz'		m'č		m'č'	imčiau
nc'		ndz		ndz'		nč	ginčas	nč'	
n'c'	koncertas	n'dz		n'dz'	dzindzeliuoti	n'č		n'č'	skinčiau
fc'		fdz		fdz'		fč		fč'	
f'c'		f'dz		f'dz'		f'č		f'č'	

vc'		vdz		vdz'		vč		vč'	
v'c'		v'dz		v'dz'		v'č		v'č'	
sc'		sdz		sdz'		sč		sč'	
s'c'		s'dz		s'dz'		s'č		s'č'	kasčiau
zc'		zdz		zdz'		zč		zč'	
z'c'		z'dz		z'dz'		z'č		z'č'	
šč'		šdz		šdz'		šč		šč'	
š'c'		š'dz		š'dz'		š'č		š'č'	nėščia
žc'		ždz		ždz'		žč		žč'	
ž'c'		ž'dz		ž'dz'		ž'č		ž'č'	užčiaupti
jc'		jdz		jdz'		jč		jč'	
chc'		chdz		chdz'		chč		chč'	
ch'c'		ch'dz		ch'dz'		ch'č		ch'č'	
hc'		hdz		hdz'		hč		hč'	
h'c'		h'dz		h'dz'		h'č		h'č'	
lc'		ldz		ldz'		lč		lč'	
l'c'	kalcis	l'dz		l'dz'		l'č		l'č'	kilčiau
rc'		rdz		rdz'		rč		rč'	
r'c'	karceris	r'dz		r'dz'		r'č		r'č'	irčiausi
aic'		aidz		aidz'		aič		aič'	žemaičio
auc'		audz		audz'		auč		auč'	gaučiau
eic'		eidz		eidz'		eič		eič'	greičiau
euc'		eudz		eudz'		euč		euč'	
oic'		oidz		oidz'		oič		oič'	
uic'		uidz		uidz'		uič		uič'	kuičias
iec'		iedz	dziedzulis	iedz'		ieč		ieč'	liečiau
uoc'		uodz		uodz'		uoč		uoč'	duočiau

dž	žodis	dž'	žodis	m	žodis	m'	žodis
īdž		īdž'	pavyzdžiui	īm	įmauti	īm'	įminti
idž	didžlaukis	idž'	didžiulis	im	ima	im'	imidžas
édž		édž'	kédžiu	ém		ém'	émė
edž		edž'	vedžioti	em	ema	em'	emi
<u>edž</u>		<u>edž'</u>		<u>em</u>		<u>em'</u>	
ēdž		ēdž'	meddžiu	ēm		ēm'	lemia
ūdž		ūdž'	sprūdžiu	ūm	ūmus	ūm'	ūmi
udž		udž'	sudžius	um	suma	um'	stumi
ōdž		ōdž'	žodžiu	ōm	loma	ōm'	zombis
ɔdž		ɔdž'		ɔm	koma	ɔm'	komikas
adž		adž'		am	amarilis	am'	kamine
ādž		ādž'	vadžiu	ām	sąmana	ām'	kaminas
pdž		pdž'		pm		pm'	
p'dž		p'dž'	apdžiūti	p'm		p'm'	
bdž		bdž'		bm		bm'	
b'dž		b'dž'		b'm		b'm'	
tdž		tdž'		tm	atmaina	tm'	
t'dž		t'dž'	piktdžiuga	t'm		t'm'	atminimas
ddž		dž'		dm		dm'	
d'dž		d'dž'		d'm		d'm'	admirolas
kdž		kdž'		km	sekmadienis	km'	
k'dž		k'dž'		k'm		k'm'	sakmė
gdž		gdž'		gm	dogma	gm'	
g'dž		g'dž'		g'm		g'm'	
cdž		cdž'		cm	locmanas	cm'	
c'dž		c'dž'		c'm		c'm'	
dzdž		dzdž'		dzm		dzm'	
dz'dž		dz'dž'		dz'm		dz'm'	
čdž		čdž'		čm		čm'	
č'dž		č'dž'		č'm		č'm'	
dždž		dždž'		džm		džm'	
dž'dž		dž'dž'		dž'm		dž'm'	
mdž		mdž'		mm		mm'	
m'dž		m'dž'	gimdžiau	m'm		m'm'	
ndž		ndž'		nm		nm'	
n'dž		n'dž'	grindžia	n'm		n'm'	
fdž		fdž'		fm		fm'	
f'dž		f'dž'		f'm		f'm'	

vdž		vdž'		vm		vm'	
v'dž		v'dž'		v'm		v'm'	
sdž		sdž'		sm	kosmosas	sm'	
s'dž		s'dž'		s'm		s'm'	kosmetika
zdž		zdž'		zm	klyzma	zm'	
z'dž		z'dž'	vamzdžiu	z'm		z'm'	
šdž		šdž'		šm		šm'	
š'dž		š'dž'		š'm		š'm'	
ždž		ždž'		žm	žmogus	žm'	
ž'dž		ž'dž'	beždžionė	ž'm		ž'm'	
jdž		jdž'		jm		jm'	
chdž		chdž'		chm		chm'	
ch'dž		ch'dž'		ch'm		ch'm'	chmeras
hdž		hdž'		hm		hm'	
h'dž		h'dž'		h'm		h'm'	
ldž		ldž'		lm	kalmaras	lm'	
l'dž		l'dž'	beldžiasi	l'm		l'm'	kulminacija
rdž		rdž'		rm	karma	rm'	
r'dž		r'dž'	girdžiu	r'm		r'm'	kurmis
aidž		aidž'	raidžiu	aim	kaimas	aim'	kaimenė
audž		audž'	baudžia	aum	raumuo	aum'	laumė
eidž		eidž'	žeidžia	eim	seimas	eim'	seime
eudž		eudž'		eum	reumatas	eum'	
oidž		oidž'		oim		oim'	
uidž		uidž'		uim		uim'	
iedž		iedž'	kliedžiu	iem	skiemuo	iem'	skiemenyje
uodž		uodž'	guodžia	uom	luoma	uom'	stuomeningas

n	žodis	n'	žodis	f	žodis	f'	žodis	v	žodis
īn	lynas	īn'	lyne	īf		īf'		īv	gyvas
in	kinas	in'	ineta	if	rifas	if'	rife	iv	divanas
ėn	mėnuo	ėn'	slėnis	ėf		ėf'		ėv	tėvas
en	sena	en'	kenija	ef	stefa	ef'	štefi	ev	revoliucija
<u>en</u>		<u>en'</u>		<u>ef</u>		<u>ef'</u>		<u>ev</u>	
ēn	senas	ēn'	senis	ēf	šeforius	ēf'		ēv	kevalas
ūn	kūnas	ūn'	kūniškas	ūf		ūf'		ūv	srūva
un	runa	un'	unikalus	uf	ufonautas	uf'		uv	buvo
ōn	ponas	ōn'	ponis	ōf	kofa	ōf'		ōv	kovas
ɔn	konakris	ɔn'		ɔf	sofa	ɔf'		ɔv	
an	panama	an'	panelė	af		af'	grafitas	av	kava
ān	kanai	ān'		āf	žirafa	āf'	grafė	āv	savas
pn	sapnas	pn'		pf		pf'		pv	apvalus
p'n		p'n'	sapne	p'f		p'f'		p'v	
bn		bn'		bf		bf'		bv	
b'n		b'n'		b'f		b'f'		b'v	
tn	atnaujinti	tn'		tf		tf'		tv	tvartas
t'n		t'n'	atnešti	t'f		t'f'		t'v	
dn		dn'		df		df'		dv	dvaras
d'n		d'n'		d'f		d'f'		d'v	
kn	šikna	kn'		kf		kf'		kv	kvadratas
k'n		k'n'	miknius	k'f		k'f'	rokfeleris	k'v	
gn	ignalina	gn'		gf		gf'		gv	
g'n		g'n'	ugnelė	g'f		g'f'		g'v	
cn		cn'		cf		cf'		cv	
c'n		c'n'		c'f		c'f'		c'v	
dzn		dzn'		dzf		dzf'		dzv	
dz'n		dz'n'		dz'f		dz'f'		dz'v	
čn	lyčnas	čn'		čf		čf'		čv	
č'n		č'n'		č'f		č'f'		č'v	
džn		džn'		džf		džf'		džv	
dž'n		dž'n'		dž'f		dž'f'		dž'v	
mn	himnas	mn'		mf		mf'		mv	
m'n		m'n'	himne	m'f		m'f'		m'v	
nn		nn'		nf		nf'		nv	konvojus
n'n		n'n'		n'f		n'f'		n'v	
fn		fn'		ff		ff'		fv	
f'n		f'n'	dafni	ff		ff'		f'v	

vn	grivna	vn'		vf		vf'		vv	
v'n		v'n'		v'f		v'f'		v'v	
sn	snausti	sn'		sf		sf'		sv	svaja
s'n		s'n'	kašnis	s'f		s'f'		s'v	
zn		zn'		zf		zf'		zv	zvanga
z'n		z'n'		z'f		z'f'		z'v	
šn	šikšna	šn'		šf		šf'		šv	švara
š'n		š'n'		š'f		š'f'		š'v	
žn		žn'		žf		žf'		žv	žvalus
ž'n		ž'n'	myžnius	ž'f		ž'f'		ž'v	
jn		jn'		jf		jf'		jv	
chn		ch		chf		chf'		chv	lochva
ch'n		ch'		ch'f		ch'f'		ch'v	
hn		hn'		hf		hf'		hv	
h'n		h'n'		h'f		h'f'		h'v	
ln	kilnus	ln'		lf		lf'		lv	kalva
l'n		l'n'	kilni	l'f		l'f'		l'v	
rn	girna	rn'		rf	arfa	rf'		rv	derva
r'n		r'n'	svirne	r'f		r'f'	arfytė	r'v	
ain	kaina	ain'	rainelė	aif	kaifas	aif'	kaifiukas	aiv	laivas
aun	kaunas	aun'	kaune	auf		auf'		auv	
ein	reinas	ein'	reine	eif	šleifas	eif'	eifelis	eiv	kreivas
eun		eun'		euf	eufratas	euf'		euv	
oin		oin'		oif		oif'		oiv	
uin	kuinas	uin'	kuine	uif		uif'		uiv	
ien	iena	ien'	pienė	ief		ief'		iev	pieva
uon	duona	uon'	kluone	uof		uof'		uov	

v'	žodis	s	žodis	s'	žodis	z	žodis	z'	žodis
īv'	gyvi	īs		īs'	lijsti	īz	klyzma	īz'	fyzinis
iv'	rivjera	is	vislus	is'	visli	iz	izotopa	iz'	fizinis
év'	tévelis	és	vésa	és'	vési	éz	vaikézas	éz'	vézde
ev'		es	estas	es'	esté	ez	protezas	ez'	tezé
<u>ev'</u>		<u>es</u>		<u>es'</u>		<u>ez</u>		<u>ez'</u>	
ēv'		ēs	lesa	ēs'	lesé	ēz	peza	ēz'	pezėti
ūv'	šūvis	ūs	ūsas	ūs'		ūz	mūza	ūz'	kontūzija
uv'	suvys	us	duslus	us'	dusli	uz	guzas	uz'	difuzija
ōv'	srovė	ōs	sostas	ōs'	sostinė	ōz	mozaika	ōz'	mozė
ov'		os	kosovas	os'	kosinusas	oz		oz'	
av'	kavinė	as	rastas	as'	pase	az	azartas	az'	azijietis
āv'		ās	basas	ās'	žąši	āz	gazaras	āz'	azimutas
pv'		ps	pypsas	ps'		pz		pz'	
p'v'	apvylė	p's		p's'	pypsi	p'z		p'z'	
bv'		bs		bs'		bz		bz'	
b'v'		b's		b's'		b'z		b'z'	
tv'		ts	atsakymas	ts'		tz		tz'	
t'v'	tvyras	t's		t's'	atsitiko	t'z		t'z'	
dv'		ds		ds'		dz		dz'	
d'v'	dvi	d's		d's'		d'z		d'z'	
kv'		ks	pykasta	ks'		kz		kz'	
k'v'	likvidacija	k's		k's'	pyksti	k'z		k'z'	
gv'		gs		gs'		gz		gz'	
g'v'	gvidas	g's		g's'		g'z		g'z'	megztinis
cv'		cs		cs'		cz		cz'	
c'v'		c's		c's'		c'z		c'z'	
dzv'		dzs		dzs'		dzz		dzz'	
dz'v'		dz's		dz's'		dz'z		dz'z'	
čv'		čs		čs'		čz		čz'	
č'v'		č's		č's'		č'z		č'z'	
džv'		džs		džs'		džz		džz'	
dž'v'		dž's		dž's'		dž'z		dž'z'	
mv'		ms	ramsas	ms'		mz	dumza	mz'	
m'v'	dumvilka	m's		m's'	remsi	m'z		m'z'	
nv'		ns		ns'		nz		nz'	
n'v'		n's		n's'	lunskis	n'z		n'z'	dunzgėti
fv'		fs		fs'		fz		fz'	
f'v'		f's		f's'		f'z		f'z'	

vv'		vs		vs'		vz		vz'	
v'v'		v's		v's'		v'z		v'z'	
sv'		ss		ss'		sz		sz'	
s'v'	pasviro	s's		s's'	pusseserė	s'z		s'z'	
zv'		zs		zs'		zz		zz'	
z'v'	zvimbria	z's		z's'		z'z		z'z'	
šv'		šs	išsakė	šs'		šz		šz'	
š'v'	švedas	š's		š's'	išsiskyrė	š'z		š'z'	išzirzė
žv'		žs	užsuko	žs'		žz		žz'	
ž'v'	žvilga	ž's		ž's'		ž'z		ž'z'	
jv'		js		js'		jz		jz'	
chv'		chs		chs'		chz		chz'	
ch'v'	lochvė	ch's		ch's'		ch'z		ch'z'	
hv'		hs		hs'		hz		hz'	
h'v'		h's		h's'		h'z		h'z'	
lv'		ls	balsas	ls'		lz		lz'	
l'v'	dulvietė	l's		l's'	kilsiu	l'z		l'z'	
rv'		rs	marsas	rs'		rz	kerzas	rz'	
r'v'	kirvis	r's		r's'	kirsiu	r'z		r'z'	
aiv'	laive	ais	kaista	ais'	aistė	aiz		aiz'	malaizija
auv'		aus	dausa	aus'	ausis	auz		auz'	tauzija
eiv'	keleivis	eis	keistas	eis'	keisis	eiz		eiz'	
euv'		eus	dzeusas	eus'		euz		euz'	
oiv'		ois		ois'		oiz		oiz'	
uiv'	buivys	uis		uis'	kuisis	uiz	buiza	uiz'	
iev'		ies	liesas	ies'	liesi	iez		iez'	
uov'		uos		uos'	šluostyti	uoz		uoz'	

š	žodis	š'	žodis	ž	žodis	ž'	žodis	j	žodis
tš	kyšis	tš'	iširdis	tž	ižanga	tž'	ižimus	tj	ijavė
iš	miškas	iš'	išilgas	iž	ižas	iž'	ižena	ij	gija
ėš	mėšlas	ėš'	mėšle	ež		ėž'	mėžia	ėj	sėja
eš	meška	eš'	nešti	ež	ežbambis	ež'	ežys	ej	deja
<u>eš</u>		<u>eš'</u>		<u>ež</u>		<u>ež'</u>		<u>ej</u>	
ėš	eša	ėš'	lėšis	ėž	veža	ėž'	ežj	ėj	veja
ūš	mūša	ūš'	lūšis	ūž	iūžo	ūž'	lūžis	ūj	mažųjū
uš	muša	uš'	pušis	už	užpakalis	už'	dužena	uj	tujų
oš	oša	oš'	ošia	ož	ožka	ož'		oj	loja
oš		oš		ož		ož'		oj	foje
aš	aš	aš'	ašis	až	ažna	až'	ažę	aj	aja
āš	ašaką	āš'	ašian	āž	aža	āž'	ažiuf	āj	majai
pš	apšalo	pš'		pž	apžavėjo	pž'		pj	
p'š		p's'		p'ž		p'ž'	apžiūreti	p'j	pjauti
bš		bš'		bž	slibžakas	bž'		bj	
b'š		b's'		b'ž		b'ž'		b'j	bjork
tš		tš'		tž	atžavėjo	tž'		tj	
t'š		t's'		t'ž		t'ž'		t'j	atjoti
dš		dš'		dž		dž'		dj	
d'š		d's'		d'ž		d'ž'		d'j	adjudantas
kš	plikšala	kš'		kž		kž'		kj	
k'š		k's'	plikšius	k'ž		k'ž'		k'j	
gš		gš'		gž	gargždai	gž'		gj	
g'š		g's'		g'ž		g'ž'		g'j	
cš		cš'		cž		cž'		cj	
c'š		c's'		c'ž		c'ž'		c'j	
dzš		dzš'		dzž		dzž'		dzj	
dz'š		dz's'		dz'ž		dz'ž'		dz'j	
čš		čš'		čž		čž'		čj	
č'š		č's'		č'ž		č'ž'		č'j	
džš		džš'		džž		džž'		džj	
dž'š		dž's'		dž'ž		dž'ž'		dž'j	
mš	iškamša	mš'		mž		mž'		mj	
m'š		m's'	kamštis	m'ž		m'ž'	amžinas	m'j	
nš	anšlagas	nš'		nž	kinžalas	nž'		nj	
n'š		n's'		n'ž		n'ž'		n'j	konjunkcija
fš		fš'		fž		fž'		fj	
f'š		f's'		f'ž		f'ž'		f'j	

vš		vš'		vž		vž'		vj	
v'š		v'š'		v'ž		v'ž'		v'j	
sš		sš'		sž		sž'		sj	
s'š		s'š'		s'ž		s'ž'		s'j	
zš		zš'		zž		zž'		zj	
z'š		z'š'		z'ž		z'ž'		z'j	
šš	iššoko	šš'		šž	išžudyti	šž'		šj	
š's		š's'		š'ž		š'ž'	išžiūrėti	š'j	
žš	užšalo	žš'		žž	užžudyti	žž'		žj	
ž's		ž's'	užšilo	ž'ž		ž'ž'	užžėlė	ž'j	
jš		jš'		jž		jž'		jj	
chš		chš'		chž		chž'		chj	
ch's		ch's'		ch'ž		ch'ž'		ch'j	
hš		hš'		hž		hž'		hj	
h's		h's'		h'ž		h'ž'		h'j	
lš	palšas	lš'		lž		lž'		lj	
l's		l's'	kulšis	l'ž		l'ž'	tulžis	l'j	
rš	viršus	rš'		rž	biržai	rž'		rj	
r's		r's'	piršlys	r'ž		r'ž'	viržis	r'j	
aiš	maišas	aiš'	maiše	aiž	raižo	aiž'	raižyti	aij	
auš	aušra	auš'	aušti	auž	laužas	auž'	lauži	auj	jauja
eiš	geiša	eiš'	vileišius	eiž		eiž'	šmeiži	eij	
euš	tadeušas	euš'		euž		euž'		euj	
oiš		oiš'	moiše	oiž		oiž'		oij	
uiš		uiš'		uiž		uiž'		uij	
ieš	iešmas	ieš'	iešme	iež	niežas	iež'	driežiukas	iej	aliejus
uoš	luošas	uoš'	luošys	uož	buožgalvis	uož'	buožė	uoj	tuoj

ch	žodis	ch'	žodis	h	žodis	h'	žodis	l	žodis
īch		īch'		īh		īh'		īl	kyla
ich	icha	ich'	ichtiolis	ih		ih'		il	kilo
éch		éch'		éh		éh'		él	veėlu
ech	echolalija	ech'	echidna	eh		eh'		el	elas
<u>ech</u>		<u>ech'</u>		<u>eh</u>		<u>eh'</u>		<u>el</u>	
ēch		ēch'		ēh		ēh'		ēl	melas
ūch		ūch'		ūh		ūh'		ūl	tūlas
uch		uch'		uh	muhamedas	uh'		ul	kula
ōch	ochra	ōch'		ōh		ōh'		ōl	volas
ɔch		ɔch'		ɔh	kohorta	ɔh'	koherentinis	ɔl	kola
ach	ach	ach'		ah	bahamai	ah'		al	bala
āch	machas	āch'		āh		āh'		āl	mala
pch		pch'		ph		ph'		pl	plūgas
p'ch		p'ch'		p'h		p'h'		p'l	
bch		bch'		bh		bh'		bl	blankas
b'ch		b'ch'		b'h		b'h'		b'l	
tch		tch'		th		th'		tl	atlapas
t'ch		t'ch'		t'h		t'h'		t'l	
dch		dch'		dh		dh'		dl	didlaukis
d'ch		d'ch'		d'h		d'h'		d'l	
kch		kch'		kh		kh'		kl	klaunas
k'ch		k'ch'		k'h		k'h'		k'l	
gch		gch'		gh		gh'		gl	gaudės
g'ch		g'ch'		g'h		g'h'		g'l	
cch		cch'		ch		ch'		cl	
c'ch		c'ch'		c'h		c'h'		c'l	
dzch		dzch'		dzh		dzh'		dzl	
dz'ch		dz'ch'		dz'h		dz'h'		dz'l	
čch		čch'		čh		čh'		čl	
č'ch		č'ch'		č'h		č'h'		č'l	
džch		džch'		džh		džh'		džl	didžlaukis
dž'ch		dž'ch'		dž'h		dž'h'		dž'l	
mch		mch'		mh		mh'		ml	
m'ch		m'ch'		m'h		m'h'		m'l	
nch		nch'		nh		nh'		nl	vynlapis
n'ch		n'ch'		n'h		n'h'		n'l	
fch		fch'		fh		fh'		fl	teflonas
f'ch		f'ch'		f'h		f'h'		f'l	

vch		vch'		vh		vh'		vl	vldas
v'ch		v'ch'		v'h		v'h'		v'l	
sch		sch'		sh		sh'		sl	slavai
s'ch		s'ch'		s'h		s'h'		s'l	
zch		zch'		zh		zh'		zl	
z'ch		z'ch'		z'h		z'h'		z'l	
ščh		ščh'		šh		šh'		šl	šluota
š'ch		š'ch'		š'h		š'h'		š'l	
žch		žch'		žh		žh'		žl	žlugęs
ž'ch		ž'ch'		ž'h		ž'h'		ž'l	
jch		jch'		jh		jh'		jl	
chch		chch'		chh		chh'		chl	chloras
ch'ch		ch'ch'		ch'h		ch'h'		ch'l	
hch		hch'		hh		hh'		hl	
h'ch		h'ch'		h'h		h'h'		h'l	
lch		lch'		lh		lh'		ll	
l'ch		l'ch'		l'h		l'h'		l'l	
rch		rch'		rh		rh'		rl	parlamentas
r'ch		r'ch'		r'h		r'h'		r'l	
aich		aich'		aih		aih'		ail	dailus
auch		auch'		auh		auh'		aul	aulas
eich	šeichas	eich'		eih		eih'		eil	veilokai
euch		euch'		euH		euH'		eul	
oich		oich'		oih		oih'		oil	doilas
uich		uich'		uih		uih'		uil	muilas
iech		iech'		ieh		ieh'		iel	siela
uoch		uoch'		uoh		uoh'		uol	uola

l'	žodis	r	žodis	r'	žodis	ai	žodis	au	žodis
l̄'	pylimas	l̄r	yra	l̄r'	l̄rėžė	l̄ai		l̄au	l̄auga
il'	kilimas	ir	ir	ir'	mirimas	iai		iau	
el'	kėlė	er	nėra	er'	vėrinys	ėai		ėau	
eł'	kelelis	er	gertuvė	er'	merė	eai		eau	
el'		er		er'		eai		eau	
ēl'	kelia	ēr	geras	ēr'	geria	ēai		ēau	
ūl'	kūlė	ūr	mūras	ūr'	mūryti	ūai		ūau	
ul'	kulimas	ur	durnas	ur'	durnius	uai		uau	
ōl'	molis	ōr	korolas	ōr'	orinis	ōai		ōau	
ɔl'	koli	ɔr	choras	ɔr'	chorinis	ɔai		ɔau	
al'	alimentai	ar	arabas	ar'	karinis	aai		aau	
āl'	alina	ār	karas	ār'	varis	āai		āau	
pl'	p	pr	pradžia	pr'		pai	painiava	pau	paukštis
p'l'	plius	p'r		p'r'	prieiti	p'ai	kumpiai	p'au	kumpiau
bl'		br	brasta	br'		bai	baisu	bau	baubas
b'l'	bliūdas	b'r		b'r'	bristi	b'ai	stambiai	b'au	stambiau
tl'		tr	traukti	tr'		tai	taika	tau	taukas
t'l'	atlygis	t'r		t'r'	triukas	t'ai		t'au	
dl'		dr	sidras	dr'		dai	dailė	dau	dauginti
d'l'		d'r		d'r'	sidre	d'ai		d'au	
kl'		kr	krūmas	kr'		kai	kailis	kau	kaulas
k'l'	klykia	k'r		k'r'	kristi	k'ai	taikiai	k'au	rūkia
gl'		gr	grumtis	gr'		gai	gaila	gau	gausa
g'l'	glaudo	g'r		g'r'	grįsti	g'ai	staigiai	g'au	daugiau
cl'		cr		cr'		cai	pacai	cau	
c'l'		c'r		c'r'		c'ai		c'au	
dzl'		dzr		dzr'		dzai		dzau	
dz'l'		dz'r		dz'r'		dz'ai		dz'au	
čl'		čr		čr'		čai	čaika	čau	
č'l'		č'r		č'r'		č'ai	pačiai	č'au	dingčiai
džl'		džr		džr'		džai		džau	džaulis
dž'l'		dž'r		dž'r'		dž'ai	išdidžiai	dž'au	džiaugsmas
ml'		mr		mr'		mai	mailius	mau	maudytis
m'l'	omletas	m'r		m'r'		m'ai	ramiai	m'au	ramiau
nl'		nr	konradas	nr'		nai	naivus	nau	nauja
n'l'		n'r		n'r'	anri	n'ai	dainiai	n'au	dainiau
fl'		fr	frazė	fr'		fai	failas	fau	faustas
f'l'		f'r		f'r'	fregata	f'ai		f'au	

v'		vr		vr'		vai	vaikas	vau	
v'l'		v'r		v'r'		v'ai		v'au	daviau
sl'		sr	sraigé	sr'		sai	saikas	sau	sausas
s'l'		s'r		s'r'	srébtí	s'ai		s'au	sausiau
zl'		zr	zrazas	zr'		zai		zau	zaunyti
z'l'		z'r		z'r'		z'ai		z'au	zirziau
š'		šr	šratas	šr'		šai	mušai	šau	šaukti
š'l'	šliaužti	š'r		š'r'	mišri	š'ai	šiaip	š'au	prašiau
ž'		žr		žr'		žai	žaidimas	žau	dažau
ž'l'	žliaugia	ž'r		ž'r'		ž'ai	viržiai	ž'au	mažiau
jl'		jr		jr'		jai	naujai	jau	jauja
chl'		chr	chromas	chr'		chai		chau	
ch'l'		ch'r		ch'r'		ch'ai		ch'au	
hl''		hr	hronas	hr'		hai	haidas	hau	haubica
h'l''		h'r		h'r'		h'ai		h'au	
ll'		lr		lr'		lai	laivas	lau	
l'l'		l'r		l'r'		l'ai	pūliai	l'au	pagaliau
rl'		rr		rr'		rai	rainas	rau	raumuo
r'l'	perliné	r'r		r'r'		r'ai	spyriai	r'au	nėriau
ail'	kailis	air	vairas	air'	vaire	aiai		aiau	
aul'	paulius	aur	aura	aur'	taurė	auai		auau	
eil'	meilė	eir	eira	eir'		eiai		eiau	
eul'		eur	europa	eur'	eirika	euai		euau	
oil'		oir		oir'		oiai		oiau	
uil'	kuilys	uir		uir'		uiiai		uiiau	
iel'	miela	ier	siera	ier'	sierinis	ieai		ieau	
uol'	šuoľis	uor	suoras	uor'	šuoře	uoai		auau	

ei	žodis	eu	žodis	oi	žodis	ui	žodis
Tei	jeiti	Teu		Ťoi		Ťui	
iei		ieu		ioi		iui	
éei		éeu		éoi		éui	
eei		eeu		eo <i>ı</i>		eui	
<u>eei</u>		<u>eeu</u>		<u>eoı</u>		<u>eui</u>	
ēei		ēeu		ēoi		ēui	
ūei		ūeu		ūoi		ūui	
uei		ueu		uoi		uui	
ōei		ōeu		ōoi		ōui	
œei		œeu		œoi		œui	
aei		aeu		aoi		au <i>ı</i>	
āei		āeu		āoi		āui	
pei		peu		poi		pui	puikus
p'ei	peikti	p'eu		p'oi		p'ui	talpiui
bei		beu		boi	boileris	bui	buivolas
b'ei	beilis	b'eu		b'oi		b'ui	pokalbiui
tei		teu		toi		tui	pastatui
t'ei	statei	t'eu	teutonas	t'oi		t'ui	
dei		deu		doi		dui	diedui
d'ei	deivė	d'eu	deuteris	d'oi		d'ui	
kei		keu		koi		kui	kuinas
k'ei	keiktis	k'eu		k'oi		k'ui	tankiui
gei		geu		goi		gui	langui
g'ei	geiša	g'eu		g'oi		g'ui	migiui
cei		ceu		coi		cui	princui
c'ei	ceilonas	c'eu		c'oi		c'ui	
dzei		dzeu		dzoi		dzui	
dz'ei		dz'eu		dz'oi		dz'ui	
čei		čeu		čoi		čui	mačui
č'ei		č'eu		č'oi		č'ui	skėčiui
džei		džeu		džoi		džui	
dž'ei	džeinė	dž'eu		dž'oi		dž'ui	
mei		meu		moi	moiros	mui	muilas
m'ei	meilus	m'eu		m'oi		m'ui	
nei		neu		noi	humanoidas	nui	kūnui
n'ei	neikite	n'eu	neuronas	n'oi		n'ui	durniui
fei		feu		foi		fui	kaifui
f'ei		f'eu		f'oi		f'ui	

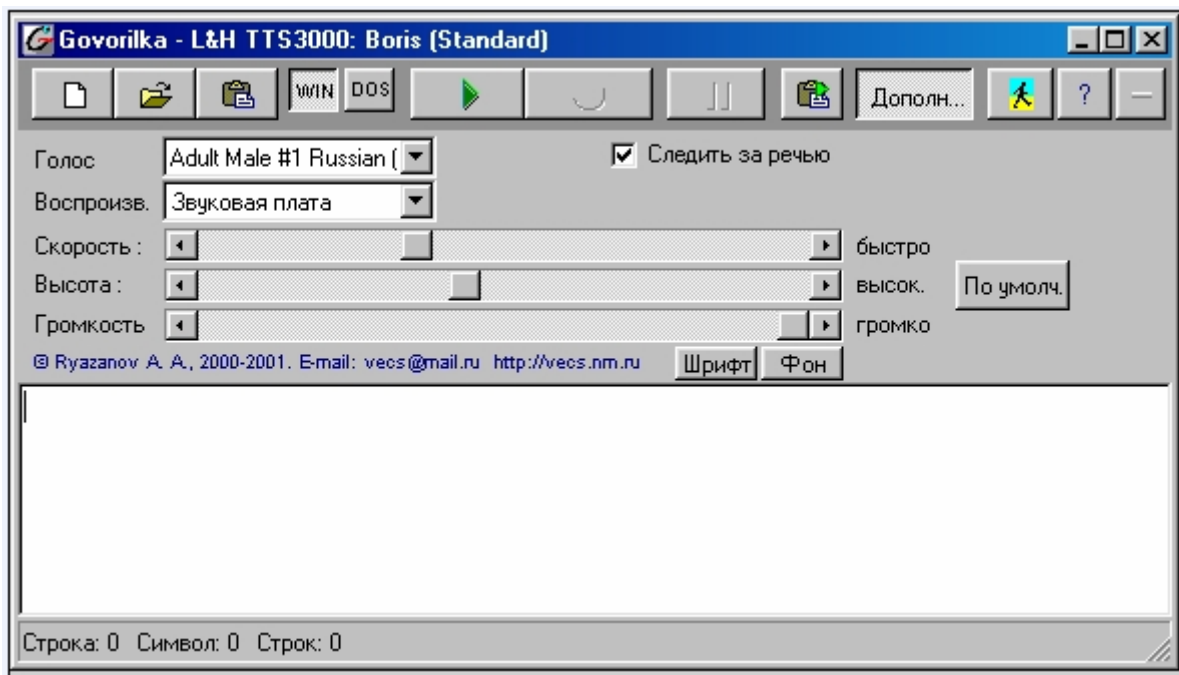
vei		veu		voi		vui	laivui
v'ei	veikti	v'eu		v'oi		v'ui	kirviui
sei		seu		soi		sui	ramsui
s'ei	seimas	s'eu		s'oi		s'ui	
zei		zeu		zoi		zui	zuikis
z'ei	zirzei	z'eu	zeugma	z'oi		z'ui	murziui
šei		šeu		šoi		šui	priešui
š'ei	šeichas	š'eu		š'oi		š'ui	lepšiui
žei		žeu		žoi		žui	niežui
ž'ei	dažei	ž'eu		ž'oi		ž'ui	mažiui
jei	jeigiu	jeu		joi		jui	lajui
chei		cheu		choi		chui	
ch'ei		ch'eu		ch'oi		ch'ui	
hei		heu		hoi		hui	
h'ei		h'eu		h'oi		h'ui	
lei		leu		loi	loidas	lui	luitas
l'ei	leisti	l'eu	leukozė	l'oi		l'ui	staliui
rei		reu		roi	roiterio	rui	marui
r'ei	reikia	r'eu	reumatatas	r'oi		r'ui	mariui
aiei		aieu		aioi		aiui	
aei		aeu		auoi		auui	
eiei		eieu		eioi		eiui	
euei		eueu		euoi		euui	
oiei		oieu		oioi		oiui	
uiei		uieu		uioi		uiui	
ieei		ieeu		ieoi		ieui	
uoiei		uoieu		uooi		uoui	

ie	žodis	uo	žodis
īie		īuo	
īie		iuo	
ėie		ėuo	
eie		euo	
<u>eie</u>		<u>euo</u>	
ēie		ēuo	
ūie		ūuo	
uie		uuo	
ōie		ōuo	
ɔie		ɔuo	
aie		auo	
āie		āuo	
pie		puo	puodas
p'ie	pienas	p'uo	kumpiuose
bie		buo	buožė
b'ie	biednas	b'uo	stambiuose
tie		tuo	tuopa
t'ie	tiesa	t'uo	
die		duo	duona
d'ie	diena	d'uo	
kie		kuo	kuoka
k'ie	kietas	k'uo	
gie		guo	guoba
g'ie	giedra	g'uo	
cie		cuo	
c'ie		c'uo	
dzie		dzuo	
dz'ie		dz'uo	
čie		čiuo	
č'ie		č'uo	čiuopia
džie		džuo	
dž'ie		dž'uo	
mie		muo	piemuo
m'ie	mielas	m'uo	miuonas
nie		nuo	nuoma
n'ie	niekas	n'uo	
fie		fuo	
f'ie		f'uo	

vie		vuo	aktyvuoti
v'ie	viela	v'uo	aktyviuose
sie		suo	sesuo
s'ie	siekis	s'uo	specialiuosiuose
zie		zuo	automatizuotas
z'ie	muziejus	z'uo	
šie		šuo	šuo
š'ie	šienas	š'uo	šiuo
žie		žuo	žuolis
ž'ie	žiedas	ž'uo	ožiutis
jie	jie	juo	juokas
chie		chuo	
ch'ie		ch'uo	
hie		huo	
h'ie	hierarchija	h'uo	
lie		luo	luomas
l'ie	liepa	l'uo	specialiuose
rie		ruo	ruoniui
r'ie	rietena	r'uo	kariuomenė
aiie		aiuo	
auie		auuo	
eiie		eiuo	
euie		euuo	
oiie		oiuo	
uiie		uiuo	
ieie		ieuo	
uoie		uouo	

2. PRIEDAS

Programos GOVORILKA interfeisas



2.1 pav. Programos Govorilka interfeisas