

# Formantinę balsių struktūrą lemiančių veiksnių ryšiai: žvalgomasis bendrinės lietuvių kalbos ilgųjų ir trumpųjų balsių tyrimas

**Evaldas Švageris**

Lietuvių kalbos katedra

Vilniaus universitetas

Universiteto g. 5

LT-01131 Vilnius, Lietuva

El. paštas: [evaldas.svageris@ff.vu.lt](mailto:evaldas.svageris@ff.vu.lt)

ORCID numeris: 0009-0002-5624-7275

**Anotacija.** Šiame straipsnyje statistinėmis priemonėmis (pasitelkiant dvifaktoriinę dispersinę analizę ANOVA) siekiama nustatyti faktorių, darančių tiesioginę įtaką balsių F1 ir F2 distribucijai, santykinę galią ir hierarchiją. Šio tipo analizei pasirinkti trys lietuvių kalbos balsiai [ɑ:/ɐ], [u:/o] ir [i:/ɪ] (vadinamieji kraštiniai balsiai) ir keturi faktoriai (fonologinė balsių kiekybė, diktoriai, frazės kirtis ir priebalsinė balsių aplinka / dusliųjų sprogstamųjų priebalsių pogrupis). Tyrimų rezultatai atskleidė, kad hierarchinis faktorių išsidėstymas pirmiausia priklauso nuo balsių artikuliacinio tipo (jų atvirumo / pakilimo ir eilės). Užpakalinės eilės balsių formantinei struktūrai didžiausią įtaką daro priebalsinis veiksnys, o priešakinės – fonologinė kiekybė. Faktorių hierarchijos skirtumus atliepia keletas nustatytų koreliacijų: balsių atvirumo / pakilimo ir frazės kirčio (kuo balsis atviresnis, tuo jo formantinė struktūra labiau priklauso nuo prozodinio faktoriaus), balsių eilės ir dusliųjų sprogstamųjų priebalsių (kuo balsis užpakalesnis, tuo priebalsinės aplinkos veiksnio įtaka F1 ir F2 didesnė) bei fonologinės kiekybės (priešakinių aukštųjų balsių formantės šiuo požiūriu skyrėsi labiausiai). Suprantama, šį tyrimą reikėtų pratęsti ateityje gausesnė ir įvairesnė medžiaga.

**Raktažodžiai:** faktorinė analizė, formantės, faktorių hierarchija, lietuvių kalba, balsiai, interakcija

## Interaction between factors determining the formant structure of long and short vowels in standard Lithuanian: A pilot study

**Abstract.** This article aims to determine the relative power and hierarchy of factors that directly impact the distribution of vowels F1 and F2. For this purpose, statistical analysis (ANOVA) has been conducted. Three Lithuanian vowels [ɑ:/ɐ], [u:/ʊ], and [i:/ɪ] (the so-called corner vowels), and four factors (the phonological quantity, speakers, focus, and consonants/voiceless plosives) were chosen for the analysis. The results revealed that the hierarchical order of factors primarily depends on vowels' height/frontness. The consonantal factor most influences the formant structure of back vowels, while that of front vowels is more influenced by phonological quantity. Differences in factor hierarchy are reflected in several observed correlations: the openness/closeness of vowels and focus (the more open the vowel, the more its formant structure depends on the prosodic factor), the frontness/backness of vowels and voiceless plosives (the consonantal factor influences back vowels more), and phonological quantity (the formants of short and long front high vowels differed the most). This study is to be extended in the future with a larger dataset.

**Keywords:** factorial analysis, formants, hierarchy, Standard Lithuanian, vowels, interaction

### 1 Įvadas

Bjornas Lindblomas (1963, 1773–1781; 1990, 65–100) kažkada išsakė mintį, kad formanti-  
nė balsių struktūrą galima interpretuoti kaip paprastą matematinę jų trukmės funkciją (šiuo  
aspektu plg. Lehiste 1970, 9–10). Pasak jo, pavyzdžiui, CVC tipo junginiuose mažėjančios  
trukmės veiksnys apriboja galimybes kalbos padargams pasiekti tikslines pozicijas (angl.  
*target positions*), būdingas vieno ar kito balsio artikuliacijai. Dėl šios priežasties trumpesni  
balsiai nėra tokiu pat laipsniu išartikuliuojami kaip atitinkami ilgesnieji jų variantai. Visa tai  
yra šio lingvisto „neišbaigtumo“ teorijos (angl. *undershoot theory*) loginis pagrindas. Nors  
pastaroji hipotezė sulaukė pagrįstos kritikos (Harris 1978, 359; Pakerys 1982, 133), reikia  
manyti, kad pačia bendriausia prasme visos pridėtinės mokslinės savo vertės ji neprarado.  
Yra kalbų, kurių fonologines vokalizmo opozicijas įprasta grįšti kokybinių ir kiekybinių  
balsių rodiklių korelacijomis. Turima omenyje balsių ilgumo-įtemptumo ir trumpumo-ne-  
įtemptumo (angl. *tense and lax vowels*) skirtis, būdinga grupei germanų kalbų (Chomsky,  
Halle 1968, 201–205; Fisher-Jørgensen 1990, 104–106; Jessen 1993, 1–27; Jessen ir kt.  
1995, 428–431; Jessen, Marasek 1997, 127–130); Ladefoged, Maddieson 1996, 302–306;  
Mooshammer, Geng 2008, 117–136; Roesler, Yung Song 2018, 535–539; kritinė nuomonė  
šiuo požiūriu Lass 1976, 1–39), iš dalies prancūzų (Fagyal, Kibbee, Jenkins 2006, 24–26)  
ir, žinoma, lietuvių kalbai (Pakerys 2003, 36–37; Jaroslaviėnė 2015, 1–17; Jaroslaviėnė,  
Grigorjevs, Urbanaviėienė, Indriėėnė 2019, 136 ir kt.).

Kita vertus, didžiausias Lindblomo teorijos trūkumas, nepaisant iliustratyvių analogijų su fizikiniais reiškiniiais, yra balsių formančių varijavimo siejimas su absoliučiąja garso trukme. Jei tokia koreliacija būtų stipri, matyt, neatpažįstamai transformuotųsi kalbos dinamika. Akcentuotina, kad formantinės struktūros distribucija nėra tik fizikinio balsių ilgumo klausimas. Vėlgi, galima rasti kalbų ar jų tarmių, kuriose ilgųjų ir trumpųjų balsių opozicija yra grindžiama daugiau trukmės, o ne kokybinių charakteristikų skirtumais (pavyzdžiui, latvių – Jaroslaviene, Grigorjevs, Urbanavičienė, Indričane 2019, 136; arabų, japonų, tajų – Abramson, Ren 1990, 79–92; Tsukada 2009, 136 ir kt., taip pat plg. pietinius vakarų aukštaičius kauniškius – Kazlauskienė 1998, 61–77). Maža to, empiriškai įrodyta, kad kokybiniai balsių rodikliai reaguoja tiek į įvairius kalbinius, tiek į nekalbinius veiksnus (platesnę lietuvių kalbos vokalizmo apžvalgą šiuo aspektu žr. Pakerys 1995, 41–43; Jaroslaviene, Grigorjevs, Urbanavičienė, Indričane 2019, 41–52; Ledichova 2020b, 23–44). Dėl šios priežasties net izoliuotai išarto balsio fonetinis pavidalas, fonologinėmis kategorijomis kalbant, neatstovauja grynajai fonemai (kuri pati savaime yra abstrakcija), o yra tik vienas jos alofonų, t. y. variantų (Girdenis 2003, 79–80). Iš to išplaukia, kad fonologinės logikos diktuojamos įprastinės artikuliacinės ir akustinės balsių charakteristikos stipriose (kirčiuotose) pozicijose neatspindi visos jų fonetinių variantų aibės. Tai reiškia, kad norėdami giliau perprasti kalbos vidinius procesus ir ypač jų dinamiką negalime kliautis vien opozicijos principo išgryninamų elementų fonetiniu pobūdžiu, nes visumos požiūriu visada išlieka opi invariantiškumo problema (angl. *invariance issue*) – t. y. poreikis išgryninti tuos kalbos garsų požymius, kurie būtų nepriklausomi nuo kalbinio konteksto ir sietų visus vienos fonemos alofonus (ten pat). Pastaroji problematika nesyk bandyta apibrėžti teoriškai. Paminėtinos, pavyzdžiui, kvantinė (angl. *quantal theory*; Stevens 1989), motorinė (angl. *motor theory of speech*; Liberman, Mattingly 1985) ir adaptyvinės dispersijos (angl. *adaptive dispersion model*; Lindblom 1990) teorijos. Pagal pirmąją iš jų variantiškumą esą lemia tai, kad artikuliaciniai ir akustiniai garsų pokyčiai nėra siejami griežtos koreliacijos (angl. *nonlinear mapping between acoustics and articulation*). Dėl šios priežasties mažesnis artikuliacijos pokyčiai kartais gali atliepti didesnius akustinius garsų skirtumus, o didesni – mažesnius (Stevens 1989). Antrosios teorijos kūrėjų teigimu, kalbos garsų suvokimas priklauso nuo motorinės jų artikuliacijos pajautos (angl. *Phonetic perception is perception of gesture...*) (Liberman, Mattingly 1985), kuri yra ir individuali, ir nereguliari / kintanti (pavyzdžiui, dėl kalbėjimo tempo). Pagaliau Lindblomo (1990, 75) nurodyta, kad kalbos garsų fonetinės „šerdis“ paieškos negali būti produktyvios iš principo, nes akustinės informacijos stygius yra nesunkiai kompensuojamas kitų kalbos lygmenų (trečioji teorija). Jo nurodoma, kad optimaliau kalbėti ne apie kalbos signalų akustinę invariantiškumą, bet apie perceptyvinį jų kontrastą (angl. *perceptually sufficiently contrastive*), kurio ryškumas kinta priklausomai nuo konkrečių kalbinių aplinkybių. Kitaip sakant, fonetinis kalbos garso ryškumas koreliuoja ir su funkciniu jo krūviu (dar vienu iš faktorių). Tad, norėdami apibrėžti kalbos garsų variantų ribas, visų pirma, turime išsiaiškinti, kiek ir kokių faktorių veikia fonetinių jų požymių distribuciją.

## 2 Problema ir tikslas

Terpė, į kurią būtų galima išplėsti šį probleminį lauką, yra veiksnių, tiesiogiai lemiančių vieno ar kito kalbinio garso fonetinę realizaciją, santykių analizė. Kalbant, pavyzdžiui, apie lietuvių kalbos vokalizmo akustinius tyrimus, yra nemaža darbų, kuriais jau konstatuotas įvairių veiksnių poveikis formantinei balsių struktūrai. Yra žinoma, kad tų pačių bendrinės lietuvių kalbos balsių kokybiniai rodikliai priklauso nuo pozicijos žodžio kirčio atžvilgiu (Vaitkevičiūtė 1961, 19–46; Mikalauskaitė 1975, 16–18; Pakerys 1982, 132–134; Kaukėnienė 2002, 41–59; 2004, 216–225; Kudirka 2009, 141–152 ir kt.), nuo fonologinės kiekybės (Pakerys 2003, 24; Jaroslaviėnė 2015, 1–17; Jaroslaviėnė, Grigorjevs, Urbanaviėienė, Indriėėnė 2019, 136), nuo greta esanėių priebalsių (Pakerys 2003, 35–36, 190–191; Ledichova 2012, 76–85; 2020a, 1–33; 2020b) ar jų minkštumo bei kitų veiksnių (ten pat). Vis dėlto iki šiol nepabandyta ištirti, kurio iš jų santykinė galia (įtaka F1 ir F2 distribucijai) yra didesnė (plg. panašios koncepcijos kitų kalbų tyrimus Johnson, Ladefoged, Lindau 1993, 701–714; Hillenbrand, Clark, Nearey 2001, 748–763; Tsukada 2009, 127–138; Roesler, Yung Song 2018, 535–540 ir kt.). Suprantama, išsamiai faktorinei analizei reikalingas itin didelis tikslinės medžiagos kiekis (t. y. ją renkant, turėtų būti atsižvelgta į visus galimus faktorius), o toks tyrimas niekaip netilptų į mokslinio straipsnio rėmus. Aktualėsnis galėtų būti pats tokio pobūdžio tyrimų inicijavimas (pradžia su mažesniu duomenų kiekiu). Jei paaiškėtų, kad faktorių santykių analizė pasirinktu statistiniu modeliu yra produktyvi ir suteikia apėiuopiamėsnėjų rezultatų, natūralu, ją būtų galima tęsti ir papildyti gausėsniais duomenimis. Tad šio **straipsnio tikslas** – pabandyti nustatyti grupės veiksnių, daranėių įtaką bendrinės lietuvių kalbos balsių formantine struktūrai, hierarchinius ryšius (santykinę kiekvieno iš jų galią). Šiam tyrimui keliami **uždaviniai**:

- a) Pasirinkti fonetinių balsių požymių ir juos veikianėių faktorių grupes (pagal šiuos kriterijus surinkti tikslinę empirinę medžiagą).
- b) Atlikti statistinę analizę, kuri leistų objektyviai įvertinti faktorių daromą poveikį spektrinių balsių požymių distribucijai (ANOVA).
- c) Remiantis gautais rezultatais, nustatyti santykinę faktorių galią ir jų tarpusavio ryšius (sudaryti hierarchiją).

Kalbant konkreėiau, šiame tyrime nuspręsta statistinėmis priemonėmis palyginti keturių veiksnių – fonologinės kiekybės (ilgieji ir trumpieji balsiai), diktorių (du diktoriai vyrai), konsonantinės balsio aplinkos (duslijų sprogstamųjų priebalsių poklasis [k], [p], [t]) ir frazės kirėio (prieškirtinė, kirėiuota ir pokirtinė pozicijos) – santykinę įtaką balsių [a:/ę], [u:/o] ir [i:/i] pirmųjų dviejų formanėių distribucijai. Toks pasirinkimas motyvuojamas tuo, kad šie balsiai atliepia labiausiai nuo neutralios pozicijos nutolusias horizontaliąją ir vertikaliją liežuvio padėtis (angl. *corner vowels*, Titze 2000, 163–164; dar plg. Vorperian, Kent, Lee, Bolt 2019, 3255–3274). Sąlyginiai šio tyrimo atskaitos tašku pasirinktas

fonologinis kiekybės veiksnys, pagal kurį tiriama, kaip formantinės trumpųjų ir ilgųjų balsių struktūros skirtumas yra veikiamas (didinamas ar mažinamas) kitų konkuruojančių veiksnių<sup>1</sup>.

### 3 Trumpa lietuvių kalbos balsių kokybės eksperimentinių tyrimų apžvalga

Suprantama, pats svarbiausias veiksnys, diferencijuojantis formantinę balsių struktūrą, yra fonologinė balsių kokybė. Akustinė riba, skirianti artikuliacinius balsių tipus (jų pakilimą ir eilę), gali išblukti nebent labai stiprios redukcijos atvejais nekirčiuotuose, paprastai galiniuose skiemenyse. Be to, kiek yra žinoma, skirtingos prigimties balsiai į įvairius veiksnius reaguoja nevienodai, todėl, užbėgant šiek tiek įvykiams už akių, galima pasakyti, kad skirtingiems balsiams turėtų atstovauti nevienoda tų pačių faktorių hierarchija.

Pradėti tyrimų apžvalgą būtų galima nuo fonologinės balsių kiekybės. Nors chrestomatiniuose veikaluose nurodoma, kad ilgųjų lietuvių bendrinės kalbos balsių formantės yra tiesiog labiau nutolusios nuo akustinio spektro centro, o jų artikuliacija yra įtemptesnė (Girdenis 2003, 196–202; Pakerys 2003, 27–34; iš eksperimentinių tyrimų žr. Jaroslavičienė 2015, 1–17; Jaroslavičienė, Grigorjevs, Urbanavičienė, Indričėnė 2019, 136 ir kt.), tačiau ten pat dažnai priduriama, kad kiekybinių ir kokybinių rodiklių koreliacija trumpųjų ir ilgųjų balsių pogrupiuose nėra vienoda. Spektriniaisiais požymiais labiau skiriasi aukštesnio pakilimo balsių ilgieji ir trumpieji variantai, o trukmė yra patikimesnis žemutinių balsių kiekybinės opozicijos rodiklis. Tokią takoskyrą paremia ir vadinamieji inherentiniai balsių požymiai (Lehiste 1970, 18–19; Pakerys 1982; Fisher-Jørgensen 1990, 99–140), fiksuojami nemažoje grupėje kalbų. Dažniausiai konstatuojama pirmosios balsio formantės ir trukmės koreliacija – kuo balsio aukštesnė F1 (žemesnė vertikaliaji liežuvio padėtis), tuo ilgesnis balsis (atitinkamai kuo F1 žemesnė, tuo balsis trumpesnis). Tokią koreliaciją tarp balsių F1 ir trukmės esą lemia fiziologinis kriterijus. Teigiama, kad žemutinių balsių artikuliacijai būtinas papildomas laiko momentas žandikauliui nuleisti (burnai praverti), o šio kalbos padargo padėtis tariant aukštutinius balsius yra panašesnė / artimesnė su daugeliu priebalsių būdingąja (Lehiste 1970, 19; Toivonen ir kt. 2015, 64–71). Kadangi, kaip matyti, aukštutiniai balsiai iš prigimties yra trumpesni už žemutinius, fonologinėse balsių kiekybės opozicijose, regis, padidėja funkcinis kokybinės aukštutinių balsių raiškos krūvis (kaip kompensacija nepakankamam balsių diferencialumui pagal trukmę). Tai galėtų būti viena svarbesnių netolygaus trumpųjų ir ilgųjų balsių rodiklių pasiskirstymo priežasčių (plg. vokiečių kalbos duomenis – Jessen 1993, 2–3).

<sup>1</sup> Galima būtų pridėti, kad bendriausiu požiūriu panaši metodologinė koncepcija, tiesa, sprendžiant kiek kitokius lingvistinius klausimus, jau yra taikyta kai kuriuose lietuvių kalbos tyrimuose (Pakerys 1982, 182–189).

Balsių eilės ir pakilimo veiksnys išlieka aktualus ir tada, kai pakinta balsio pozicija žodžio kirčio atžvilgiu. Kitaip sakant, kiekybinę ir kokybinę redukciją nekirčiuotose skiemenyse skirtingi balsiai patiria nevienodai. Bendriausiu atveju teigiama, kad nekirčiuoti žodžių skiemensys, tiksliau balsiniai jų branduoliai, lengviau pasiduoda koartikuliacijai ir yra labiau pasislinkę neartikuliuoto centrinio *schwa* tipo balsio link (Dogil, Williams 1999; van Heuven 2018, 3). Stipriau kokybiškai lietuvių bendrinėje kalboje redukuojami žemutinio pakilimo ilgieji [ɑ:] ir [æ:] bei aukštutinis [i:], o mažiausiai šiuo požiūriu kinta trumpasis aukštutinis [ʊ] (Kaukėnienė 2002, 41–59). Matyti, kad silpnojoje žodžio pozicijoje užpakaliniai balsiai linkę priešakėti, o priešakiniai – užpakalėti. Apibendrintai teigiama, kad nekirčiuotiems balsiams nebūdinga nei kraštutinė priešakinė, nei užpakalinė, nei aukštutinė artikuliacija (ten pat). Kiekybinius pokyčius labiau patiria nekirčiuoti ilgieji balsiai<sup>2</sup> (prieškirtiniai labiau nei pokirtiniai; žr. Kaukėnienė 2004, 35–47; apie panašius reiškinius kitos kalbose žr. Jessen 1993, 1–27; Jessen, Marasek, Schneider, Clahssen 1995, 428–431; Jessen, Marasek 1997, 127–130; Mooshammer, Geng 2008, 117–136; Roesler, Yung Song 2018, 535–540).

Formantinei bendrinės lietuvių kalbos balsių struktūrai įtaką daro ir greta esantys priebalsiai (išsamią apžvalgą šiuo aspektu žr. Ledichova 2020b, 23–42; kitų kalbų panašius tyrimus žr. Hillenbrand, Clark, Nearey 2001, 748–763). Pasaulinė eksperimentinių tyrimų praktika rodo, kad bene ryškiausia universalija šiuo požiūriu yra užpakalinės eilės aukštutinių balsių F2 pokytis tarp liežuvio priešakinių dantinių (alveolinių) priebalsių (ryškus F2 paaukštėjimas šiais atvejais; žr. Stevens, House 1963; Hillenbrand, Clark, Nearey 2001, 749). Klasikiniuose lietuvių kalbos fonetikos veikaluose taip pat nurodoma, kad balsiai po liežuvio priešakinių priebalsių [t], [d] tariami šiek tiek priešakesni, o po liežuvio užpakalinių [k], [g] – užpakalesni (Pakerys 2003, 36). Liežuvio priešakiniai dantiniai priebalsiai labiau veikia užpakalinės eilės balsius (minėtasis F2 paaukštėjimas). Žemutinio pakilimo balsių, tariamų po [t], [d], F1 formantė yra žemesnė, todėl jie laikytini uždaresniais, o nežemutinių balsių – atvirkščiai: F1 yra aukštesnė (balsiai atviresni). Pastebėta, kad stipriausią priešakėjimą patiria žemutinio pakilimo balsiai [ɑ:], [ɐ], [æ:], [ɛ] (Ledichova 2020b, 236), o po liežuvio užpakalinių [k], [g] balsiai ne su užpakalėja, kaip galima laukti, o taip pat supriešakėja. Be to, nustatyta, kad priešakinės eilės balsiams [k], [g] daro menkesnę įtaką nei užpakaliniams (ten pat).

Balsiai taip pat gali būti kažkurio laipsniu nazalizuojami ir labializuojami (Pakerys 2003, 35; Ledichova 2020a, 23–24). Bendrinės lietuvių kalbos tyrimai parodė, kad bal-

<sup>2</sup> Įdomi šiuo požiūriu dvejojama vokiečių kalbos nekirčiuotų balsių redukcijos interpretacija. Pirmąja iš jų (disociacijos hipoteze) suponuojama, kad silpnojoje žodžio pozicijoje balsiai patiria tik kiekybinius pokyčius (kokybė nuo žodžio kirčio nepriklausanti), o antrąja (asociacijos hipoteze), kad redukcija vienodai veikia tiek kiekybines, tiek kokybines nekirčiuotų balsių charakteristikas (žr. Jessen 1993, 1–27; Jessen, Marasek, Schneider, Clahssen 1995, 428–431; Jessen, Marasek 1997, 127–130).

sių nazalizaciją atspindi žemutinio pakilimo trumpųjų ir ilgųjų balsių pirmosios formantės pažemėjimas, atitinkamai aukštutinio ir vidutinio pakilimo balsių – F1 paaukštėjimas. Informatyvi šiuo aspektu ir F2 pozicija spektre. Pastaroji indikuoja, kad nazalizuoti užpakalinės eilės ilgieji balsiai ir priešakinės eilės trumpieji tariami kiek priešakiau (F2 kiek aukštesnė; žr. Ledichova 2020b, 110–112). Tiesa, kitų kalbų eksperimentiniai duomenys rodo, kad balsių nazalizaciją atliepia aukštutinių balsių F1 aukštėjimas (atitinkamai ne aukštutinių balsių – F1 žemėjimas) bei nepriešakinių balsių F2 žemėjimas (Carignan 2018, 19–39). Savo ruožtu tarp lūpinių priebalsių atsidūrę nelūpiniai balsiai yra linkę slinkti užpakalesnės artikuliacijos link, jų F2 šiomis sąlygomis kiek pažemėja (labializacijai labiau pasiduoda priešakinės eilės balsiai; Ledichova 2020b, 77). Pagaliau lietuvių kalbos priebalsių minkštumas ir kietumas koreliuoja su priešakinės eilės balsių atvirumu. Prieš kietuosius priebalsius šie balsiai dažniau būna atviresni, prieš minkštuosius – uždaresni (ten pat). Itin ryški minkštųjų priebalsių įtaka matyti įbalsinėse nepriešakinių balsių fazėse (F2 paaukštėjimas) (Ambrazevičius, Leskauskaitė 2014, 16–24).

Kokybinių balsių rodiklių pasiskirstymas, savaime suprantama, priklauso ir nuo kalbėtojo savybių. Kad būtų išvengta šio veiksnio įtakos, paprastai vyrų ir moterų kalbiniai duomenys yra analizuojami skyriumi arba kuriami algoritmai jų duomenims normalizuoti (plg. Jaroslavičienė, Grigorjevs, Urbanavičienė, Indričianė 2019; taip pat Grigorjevs 2008). Vis dėlto tokiais atvejais reikia būti tikriems, kad tokiomis duomenų pertvarkomis nėra pašalinama kita svarbi lingvistinė informacija. Reikėtų priminti, kad, be lyties veiksnio, ne ką mažiau svarbus yra diktoriaus amžius ir individualios artikuliacinės savybės (plg. Lee, Keating, Kreiman 2019, 1568–1579). Kita vertus, kliovimasis tik vieno diktoriaus duomenimis gali taip pat iškreipti kalbinės tikrovės vaizdą, kadangi tokiu atveju niekaip neišsprendžiamas individualios (subjektyvaus veiksnio) ir kalbinės sistemos diktuojamos (objektyvaus) artikuliacinės garsų raiškos santykis.

#### 4 Tyrimo metodas

Faktorinės analizės įtraukimas į kalbinius tyrimus yra gana dažna praktika. Bene populiariausias tokio tipo statistinis modelis yra ANOVA<sup>3</sup> (apie šio modelio pritaikymą kalbiniams tyrimams žr. Rietveld, van Hout 2005, 75–96). Užsienio kalbų tyrimuose, remiantis dvifaktorinės dispersinės analizės rezultatais, pavyzdžiui, vertinta balsių trukmės priklausomybė nuo kalbėjimo stiliaus, balsių įtemptumo ir pozicijos frazėje (Roesler, Yung Song 2018, 535–540), nuo kalbėtojo individualios artikuliacijos (Johnson, Ladefoged, Lindau 1993, 701–714; Tsukada 2009, 127–138), nustatinėta, kaip balsių spektriniai požymiai priklauso nuo greta esančių priebalsių (Hillenbrand, Clark, Nearey 2001, 748–763) ir kt. Prozininio kalbos sluoksnio tyrimai šiuo požiūriu taip pat nėra išimtis

<sup>3</sup> Siekiant labiau pritaikyti jį prie tiriamųjų objektų, dažnai kuriamos šio modelio modifikacijos.

(žr., pvz., Fournier, Verhoeven, Swerts Gussenhoven 2006, 29–48; Mooshammer, Geng 2008, 117–136 ir pan.). Be ANOVA‘os, panašiams tikslams pasitelkiami ir sudėtingesni modeliai, tokie kaip pagrindinių komponentų analizė (ang. *principal component analysis*; plg. Lee, Keating, Kreiman 2019, 1568–1579), diskriminantė analizė (angl. *discriminant analysis*; plg. Hillenbrand, Clark, Nearey 2001, 748–763) ir kt.

Iš tiesų, atliekant šiuos tyrimus, galima sukurti tokias eksperimentines sąlygas, kuriomis veiksniai būtų priversti konkuruoti tarpusavyje (taigi, ir pozicijuoti save vienas kito atžvilgiu). Kadangi tokios analizės centre yra akustinis parametras (šiuo atveju pirmųjų dviejų balsio formančių dažniai), galima sekti, kokia linkme jo distribuciją pakreipia vienas ar kitas veiksnys, ypač jų sukeitimas vietomis. Tarkime, siekdami išsiaiškinti, kuris iš veiksnių – balsių kiekybė (ilgieji ir trumpieji) ar frazės kirtis (kirčiuoti ir nekirčiuoti) – labiau veikia balsio kokybę, fiksuojame formantinius dažnius tokiose minimaliosiose porose, kuriose vienu atveju jos nariai skiriasi pagal pirmąjį veiksnį, o pagal antrąjį sutampa, kitu – atvirkščiai. Jei tokiu būdu surinktų akustinių duomenų pasiskirstymas statistiškai reikšmingai skiriasi, atsiranda objektyvus pagrindas veiksnių poveikio stiprumui įvertinti.

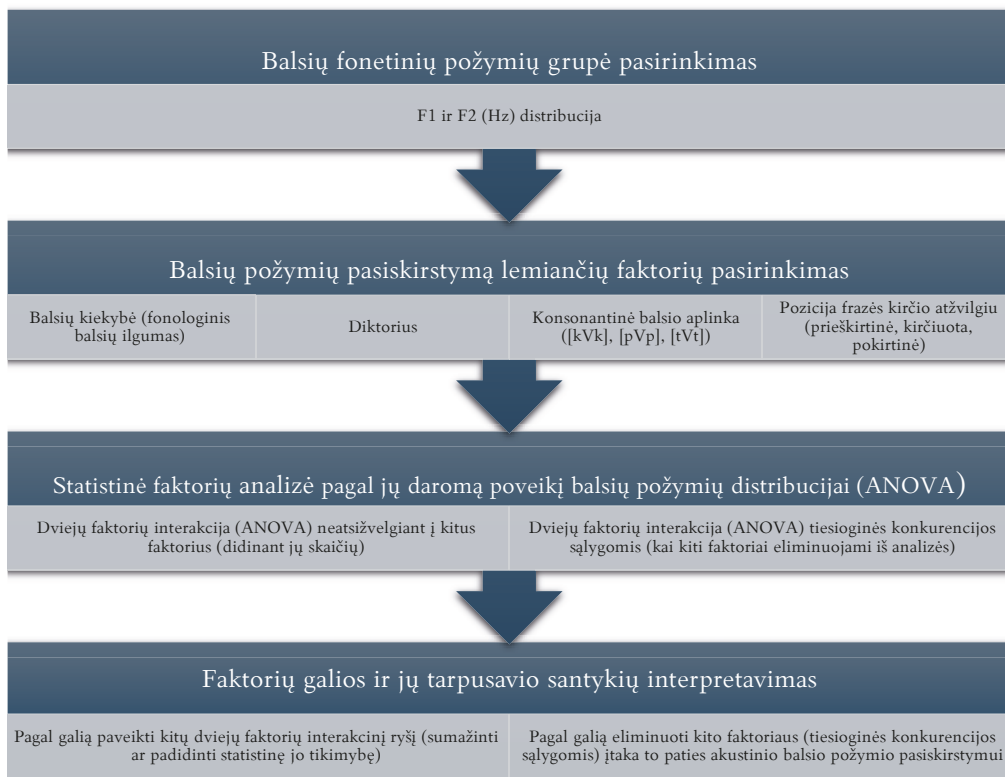
Reikėtų priminti, kad šio tyrimo koncepcinė ašis yra ne patys balsių formantinę struktūrą lemiantys veiksniai (dauguma jų, kaip jau buvo matyti, identifikuoti ankstesnių tyrėjų), o jų santykiai. Detalesniam jų nagrinėjimui šiuosyk nuspręsta pasitelkti dvifaktoriinę dispersinę analizę (angl. *ANOVA – analysis of variance*). Svarbu tai, kad viena iš statistinių jos hipotezių yra tikrinama dviejų nepriklausomų kintamųjų interakcijos tikimybė (apie tai šiek tiek plačiau žr. Čekanavičius, Murauskas 2002, 82). Šiais nepriklausomais kintamaisiais gali būti visi išvardyti veiksniai, kurių sąryšius turėtų atliepti priklausomojo kintamojo – mūsų atveju iš pirmųjų dviejų balsio formančių verčių sudarytų imčių – pasiskirstymas. Jei, pavyzdžiui, balsio [a:] formantės samplaikose su skirtingais priebalsiais reikšmingai skiriasi, šiuo modeliu turėtų būti užfiksuota palanki ( $p \leq 0.05$ ) statistinė dviejų veiksnių – balsių kokybės ir konsonantinės jų aplinkos – interakcijos tikimybė. Kitais žodžiais tariant, tokiais atvejais būtų galima teigti, kad, pakitus greta balsio esančio priebalsio artikuliaciniam tipui, statistiškai reikšmingai pakito ir balsio [a:] pirmąsias dvi formantes skiriantis intervalas. Tą pačią procedūrą atlikus su kitais veiksniais (t. y. pakeitus priebalsio veiksnį kitu), turėtų paaiškėti, kurio iš jų įtaka balsio [a:] formančių distribucijai yra didesnė. Maža to, varijuodami eksperimentiniais duomenimis mes galime priversti visus veiksnius konkuruoti tarpusavyje ir tokiu būdu nustatyti, kurio iš jų santykinė galia vienodomis sąlygomis yra didesnė.

Pagal visas šias išdėstytas metodologines nuostatas, galima sudaryti bendrąją tyrimo schemą<sup>4</sup> (žr. 1 pav.). Kaip matyti, ją sudaro keturios pagrindinės pakopos: balsių fonetinių požymių ir faktorių pasirinkimas, faktorinės analizės (ANOVA) atlikimas ir jos

<sup>4</sup> Ši schema paimta iš mokslinės studijos, kurią su bendraautore šiuo metu rengia straipsnio autorius (studija turėtų būti išleista 2024-ųjų pabaigoje).



rezultatų interpretavimas faktorių hierarchijos požiūriu. Verta pakartoti, kad analizuojamų faktorių skaičius kol kas nėra didelis, todėl šiuo tyrimu nėra aprėpiama visa balsių formantinės struktūros galimų variantų aibė.



1 pav. Bendroji tyrimo schema

## 5 Tyrimo medžiaga

Bendrinės lietuvių kalbos balsių kokybės interakciniams ryšiams nagrinėti šįsyk pasirinkti trigarsiai junginiai, sudaryti iš: trumpųjų [e], [o], [ɪ] ir ilgųjų [ɑ:], [u:], [i:] bei dusliųjų sprogstamųjų priebalsių [p], [t], [k] (iš viso 18 skirtingų junginių). Su visais jais sudarytos trumputės trižodės frazės, kuriose tiriamoji samplaika visais atvejais užėmė centrinę poziciją. Kadangi vienas iš analizuojamų veiksnių buvo balsio (tiksliau, samplaikos su balsiu) pozicija frazės kirčio atžvilgiu (prieškirtinė, kirčiuota ir pokirtinė), iš viso susidarė 54 frazių variantai (vieną jų galite matyti 2-ame paveiksle). Kiekviena skaidrė dviejų diktorių perskaityta po 20 kartų (vienu ypu po penkis kartus), todėl iš viso įrašyta 2160 pavyzdžių. Frazės kirčiu kirčiuotinas žodis skaidrėse paryškintas ir pabrauktas. Įrašai padaryti Vilniaus universiteto fonetikos laboratorijoje profesionalia garso įrašymo įranga.



2 pav. Vienos iš tiriamųjų samplaikų pavyzdys

Visus pavyzdžius įskaitė du diktoriai vyrai (toliau tekste – D1 ir D2), kilę atitinkamai iš Ukmergės ir Vilniaus. Abu jie (pirmasis iš jų 38-ių metų, antrasis 20-ties) šiuo metu gyvena ir darbuojasi / studijuoja Vilniuje. Be lietuvių, šių diktorių yra kalbama angliškai ir šiek tiek rusiškai. Nors nebuvo pastebėta neįprastų abiejų diktorių artikuliacijos požymių ir ryškaus tarminio kalbėjimo apraiškų, tačiau atsargumo dėlei abu jie laikytini ne bendrinės kalbos<sup>5</sup>, o veikiausiai jos substandarto atstovais.

Visi įrašyti pavyzdžiai išsaugoti *wav.* tipo sauginiais ir sukarpyti *Audacity* programa. Po to visiems jiems sukurtos anotacijos, kad parametriniai duomenys būtų sugeneruoti automatiškai. Tam pasinaudota *Praat* skriptu *Formants and duration*<sup>6</sup>, kuriuo suskaičiuoti centrinės balsių dalies pirmųjų trijų formančių dažniai (F1, F2 ir F3 vertės hercais). Šie duomenys vėliau perkelti į *Excel* programą, su kuria atlikti visi dvifaktoriškos dispersinės analizės (ANOVA) skaičiavimai. Bendriausioji duomenų sklaida (kiekvienam balsiui atskirai) pavaizduota trimačiuose grafikuose, o tiesioginės konkurencijos sąlygomis nustatyti santykinės veiksmų galios įvertiniai pateikti atskirose lentelėse. Tiesa, ANOVA skaičiavimuose figūravo tik pirmųjų dviejų formančių dažniai, nes laikytasi nuostatos, kad jų iš principo pakanka skiriamiesiems balsių požymiams nustatyti.

## 6 Tyrimo rezultatai

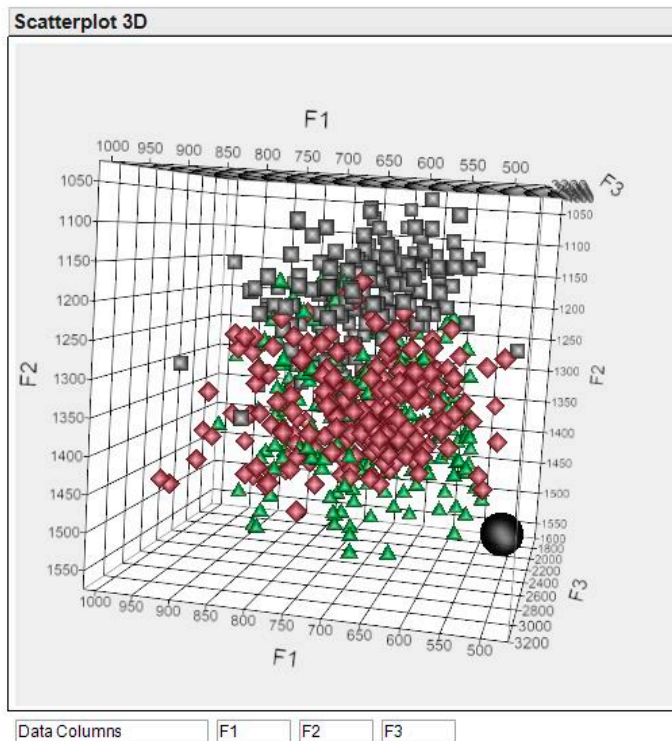
### 6.1 Užpakalinės eilės žemutinio pakilimo [ɑ: / ɐ] formančių distribuciją lemiančių veiksmų santykinė galia ir hierarchija

Kaip jau buvo aptarta tyrimo metodo skyriuje, nustatyti, kurio iš faktorių (ar dusliųjų sprogs-tamųjų priebalsių, ar fonologinės kiekybės, ar diktorių, ar frazės kirčio) įtaka užpakalinių žemutinių balsių [ɑ: / ɐ] formančių varijavimui yra didžiausia, galima pagal kelis statistinius vektorius. Bendrojoje tyrimo schemeje (žr. 1 pav.), žemiausioje jos pakopoje, buvo nurodyta, kad konkretaus faktoriaus galią galima įvertinti pagal jo sąryšio su F1 ir F2 distribucija statistinį reikšmingumą, kai: a) lyginami duomenys neišklasifikuojami pagal kitus fakto-

<sup>5</sup> Apie tai išsamiau žr. Miliūnaitė 2018, 53; Pupkis 2020 ir kt.

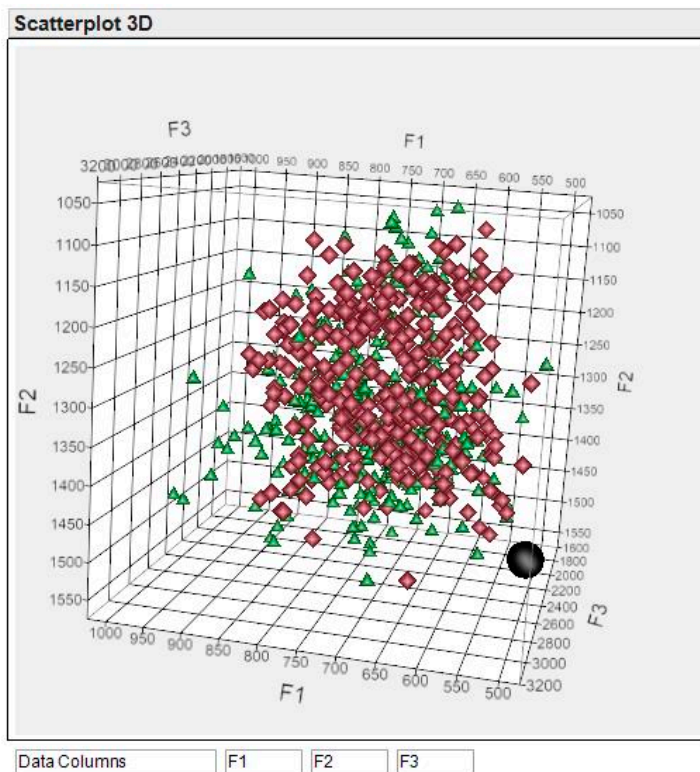
<sup>6</sup> Laisva prieiga internete: <http://phonetics.linguistics.ucla.edu/facilities/acoustic/praat.html#textgridanalysis>.

rius, b) sukuriamos tiesioginės konkurencijos su kitu faktoriumi sąlygos (tiesioginė dviejų faktorių priešprieša). Statistiniai rezultatai rodo, kad bendriausiu atveju pagal formantinius dažnius aiškiausiai galime atskirti greta balsių [ɑ: / ɐ] esančio dusliojo sprogstamojo priebalsio tipą. Tiksliau sakant, ANOVA ryškiausiai statistinę takoskyrą fiksuoja tarp p[ɑ: / ɐ]p ir t[ɑ: / ɐ]t, k[ɑ: / ɐ]k ( $p = 5,9E-83$ ). Lūpinių sprogstamųjų priebalsių apsupty atsidūręs atvirasis užpakalinis žemutinio pakilimo balsis yra labializuojamas (F2 stipriai pažemėja; atitinkami formančių vidurkiai: p[ɑ: / ɐ]p F1 = 723 Hz, F2 = 1187 Hz; t[ɑ: / ɐ]t F1 = 707 Hz, F2 = 1336 Hz; k[ɑ: / ɐ]k F1 = 711 Hz, F2 = 1368 Hz). Hierarchinio faktorių išsidėstymo požiūriu svarbesnis ne pats labializacijos faktas, bet santykinis jos svoris. Vertinant statistiniais kriterijais, labializacija p[ɑ: / ɐ]p atvejais suformuoja didžiausią skirtį ( $p = 5,9E-83$ ) tarp žemutinio atvirojo balsio F1 ir F2 pasiskirstymo variantų, o visi kiti faktoriai (fonologinis balsių ilgumas, diktoriai ir frazės kirtis) tokiu pat statistiniu lygiu akustinių duomenų neišdiferenciuoja. Ši duomenų sankloda bent jau šiuo tyrimo etapu suponuoja aukščiausią hierarchinę priebalsinio veiksnio poziciją likusių faktorių atžvilgiu. Tą pačią tendenciją byloja ir akustinių duomenų išsidėstymas trimačiame grafike (žr. 3 pav.). Jame reikėtų atkreipti dėmesį į tai, kaip (p[ɑ: / ɐ]p) atstovaujantys kvadratai suformuoja atskirą klasterį, atsiskirdami nuo visų kitų duomenų.



3 pav. Balsių [ɑ: / ɐ] formančių pasiskirstymas pagal konsonantinės aplinkos faktorių (k[ɑ: / ɐ]k – trikampiai, p[ɑ: / ɐ]p – kvadratai, t[ɑ: / ɐ]t – rombai; juodas taškas – centrinis *schwa*; statistinės interakcijos tikimybė  $p = 5,9E-83$ )

Konsonantinės balsio aplinkos (sprogstamųjų dusliųjų priebalsių) veiksnio dominavimas visiškai neužkardo F1 ir F2 diferenciacijos (kad ir žemesniu statistiniu lygiu) pagal kitus faktorius. Statistiniai skaičiavimai atskleidžia, kad yra tikimybė bendrame duomenų masyve atskirti ir trumpuosius [ɐ] balsius nuo ilgųjų [ɑ:] (formančių vidurkiai: [ɑ:] F1 = 733 Hz, F2 = 1289 Hz; [ɐ] F1 = 692 Hz, F2 = 1305 Hz;  $p = 1,88E-08$ ) bei kirčiuotus frazės kirčiu nuo prieškirtinių / pokirtinių (formančių vidurkiai: kirčiuoti F1 = 783 Hz, F2 = 1310 Hz; prieškirtiniai F1 = 680 Hz, F2 = 1300; pokirtiniai F1 = 679 Hz, F2 = 1281 Hz;  $p = 1,11E-16$ ). To padaryti nepavyks tik tuo atveju, jei tuos pačius duomenis bandysime atskirti pagal diktorius (formančių vidurkiai: D1 F1 = 736 Hz, F2 = 1326 Hz; D2 F1 = 692 Hz, F2 = 1269 Hz;  $p = 0,16$ ; žr. 4 pav.). Iš viso to aiškėja, kad antrąją poziciją hierarchinėje grandinėje užima frazės kirčio faktorius, trečiąją – fonologinis balsių ilgumas, o paskutiniąją – diktorių veiksnys. Iš vidurkių reikšmių matyti, kad, kaip įprasta, trumpieji balsių variantai yra šiek tiek pasislinkę akustinio spektro centro link (šiuo atveju trumpojo [ɐ] F1 yra šiek tiek žemesnė, o F2 aukštesnė).



4 pav. Balsių [ɑ: / ɐ] formančių pasiskirstymas pagal diktorių faktorių (D1 – trikampiai, D2 – rombai; juodas taškas – centrinis *schwa*; statistinė interakcijos tikimybė  $p = 0,162$ )

Savo ruožtu frazės kirčio įtaką atliepia santykinis F1 paaukštėjimas (t. y. stipriojoje frazės pozicijose bendriausiu atveju šie balsiai pasislenka žemesnio pakilimo link). Vėlgi, hierarchiniu požiūriu vertinant šią rodiklių sanklodą, konstatuotina, kad polinkis centralizuoti trumpuosius balsių variantus yra silpnesnis už frazės kirčio implikuojamą vertikalųjį liežuvio poslinkį žemiausios jo pozicijos link. Atkreiptinas dėmesys į tai, kad akivaizdžiai besiskiriantys abiejų diktorių ištartų balsių formančių vidurkiai yra lydimi neigiamo statistinio įverčio. Čia reikėtų priminti, kad ANOVA reaguoja ne į pačius vidurkius, o į juos skiriančius intervalus. Jei, nepaisant absoliučių reikšmių skirtumo, šie intervalai išlieka panašūs, dvifaktorinė dispersinė analizė interakcinio ryšio nefiksuoja (šiuo atveju balsių [ɑ: / ɐ] F1 ir F2 distribucijos priklausomybės nuo diktorių faktoriaus). Pravartu turėti omeny, kad šis statistinis modelis veikiausiai lieka nejautrus patiems bendriausiems balso trakto požymiams (pvz., bendrajam jo ilgiui).

Identiškas hierarchinis faktorių išsidėstymas gaunamas, kai statistinėmis priemonėmis faktoriai yra priverčiami tiesiogiai konkuruoti tarpusavyje. Kaip jau buvo minėta, šiuo atveju yra lyginami tik du faktoriai, o visi kiti yra eliminuojami iš analizės. Kitaip sakant, fiksuojamas formantinių dažnių statistinis skirtumas, kai duomenys pagal vieną iš veiksnių skiriasi, o pagal kitą sutampa, ir atvirkščiai. Kadangi kiekvienu konkrečiu atveju yra nustatomas dviejų faktorių tarpusavio santykis, reikia atlikti kur kas daugiau statistinių skaičiavimų. Apskaičiuojama, kurio iš dviejų veiksnių, pavyzdžiui priebalsinės balsio aplinkos ar diktorių, santykinė galia yra didesnė trumpųjų ir ilgųjų balsių poklasiuose, prieširtinėse, pokirtinėse, kirčiuotose pozicijose ir t. t. Kuo daugiau atvejų yra fiksuojamas vieno iš lyginamų faktorių pranašumas (statistinė interakcija su F1 ir F2 distribucija neviršija  $p = 0,05$  ribos), tuo stipresnės hierarchinės jo pozicijos.

Faktoriaus tipas	Priebalsinė aplinka	Fonologinė kiekybė	Diktoriai	Frazės kirtis
Santykinis faktoriaus pranašumas tiesioginės konkurencijos sąlygomis (procentinė išraiška)	87 % (14/16)	33 % (7/21)	23 % (5/21)	68 % (11/16)

1 lentelė. Faktorių pranašumas vienas kito atžvilgiu tiesioginės konkurencijos sąlygomis (procentinė išraiška; [ɑ: / ɐ] balsių F1 ir F2 distribucija)

Iš šiuo būdu surinktų duomenų suvestinės (žr. 1 lentelę) akivaizdu, kad savo dominuojančios pozicijos pagal [ɑ: / ɐ] F1 ir F2 distribucijai daromą poveikį neužleidžia priebalsinės aplinkos veiksnys. Net 14 atvejų iš 16 (87 % visų atvejų) pastarasis tiesioginėse akistatose pranoko savo konkurentus. Tik po viena kartą nusileista frazės kirčio veiksniumi ilgųjų balsių poklasyje (D2 duomenys; statistinių reikšmingumo lygmenų santykis  $p = 2,42E-14 > p = 5,4E-24$  priebalsinio veiksnio nenaudai) ir diktorių veiksniumi (frazės kirčiu kirčiuotų ilgųjų balsių grupėje, atitinkamas statistinis santykis

$p = 0,242 > p = 1,19E-08$ ). Kaip matyti iš statistinių įverčių santykio, ne visada vieno iš faktorių pranašumas užkardo jo oponento interakcinius ryšius su kokybinių balsių rodiklių pasiskirstymu. Šis santykis parodo tai, kad tiesioginės konkurencijos sąlygomis tuos pačius duomenis vienas iš veiksnių išdiferenciuoja aukštesniu statistiniu lygiu. Jei, pavyzdžiui, fiksuojamas neseniai nurodytas  $p = 2,42E-14 > p = 5,4E-24$  atvejis (abi vertės yra labai nutolusios nuo  $p = 0,05$  ribos), akivaizdu, kad abiejų faktorių (nors vienas iš jų akivaizdžiai stipresnis) poveikio kryptys yra organiškai suderinamos diferencijuotos F1 ir F2 sklaidos naudai.

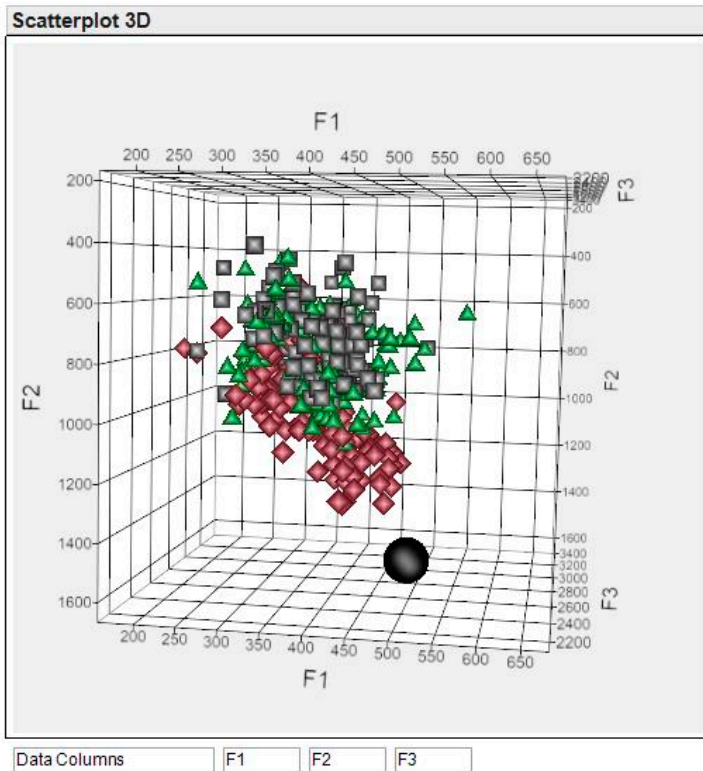
Nors bendrajame duomenų masyve (nesugrupuotame pagal faktorius) atskirti trumpuosius [ɐ] nuo ilgųjų [ɑ:] pavyko palyginti su nemaža statistine tikimybe ( $p = 1,88E-08$ ), tačiau tiesioginėse akistatose vos vienu kartu iš trijų (33 % atvejų) fonologinė balsių kiekybė pranoko kitus veiksnius. Apskritai, konsonantinei aplinkai ir frazės kirčiui poveikio galia šiuo požiūriu likę du veiksniai akivaizdžiai neprilygsta (žr. 1 lentelės duomenis). Dėl šios priežasties, statistiškai vertinant, žemutinio užpakalinio [ɑ: / ɐ] F1 ir F2 pasiskirstymas visumos požiūriu labiau priklauso nuo fonotaktinių ir prozodinių veiksnių nei nuo fonologinės kiekybės ir individualios kalbančiojo artikuliacijos. Šie rezultatai antrina vyraujančiai nuostatai, kad lietuvių bendrinės kalbos trumpųjų ir ilgųjų žemutinio pakilimo užpakalinės eilės balsių fonetinę skirtį daugiau atspindi ne spektriniai požymiai, o fizikinė trukmė (Pakerys 1995, 30; iš eksperimentinių tyrimų žr. Jaroslaviene 2015, 1–17; Jaroslaviene, Grigorjevs, Urbanavičienė, Indričėnė 2019, 136 ir kt.).

Taigi, šiame poskyryje aptarti faktorinės analizės rezultatai leidžia sudaryti tokią faktorių hierarchiją (faktorai išdėstomi silpnėjimo tvarka – nuo stipriausio iki silpniausio): **konsonantinė balsio aplinka** (sprogstamieji duslieji priebalsiai) → **frazės kirtis** → **fonologinė balsių kiekybė** → **diktoriai**.

## 6.2 Užpakalinės eilės aukštutinio pakilimo [u:/o] formančių distribuciją lemiančių veiksnių santykinė galia ir hierarchija

Aukščiausias hierarchines priebalsinio veiksnio (dusliųjų sprogstamųjų priebalsių aplinkos) pozicijas atspindi ir užpakalinio aukštutinio balsio formančių pasiskirstymas bendrajame duomenų masyve (žr. 5 pav.). Tyrimų apžvalgos skyriuje buvo užsiminta apie fonetinę universaliją stumtelėti [u: / o] priešakesnės artikuliacijos link (paaukštinti F2) greta liežuvio priešakinių dantinių (alveolinių) priebalsių (Hillenbrand, Clark, Nearey 2001, 748–763). Šio tipo skirtis ir šiame tyrime analizuojamais atvejais yra lydima aukščiausio statistinio reikšmingumo lygmens (formančių vidurkiai: k[u: / o]k F1 = 373 Hz, F2 = 770 Hz, p[u: / o]p F1 = 371 Hz, F2 = 729 Hz, t[u: / o]t F1 = 363 Hz, F2 = **956** Hz; statistinė interakcijos tikimybė  $p = 5,05E-51$ ). Vėlgi, tai reiškia, kad, neišgrupavę duomenų pagal faktorius, iš F1 ir F2 išsidėstymo su didžiausia statistine tikimybe atskirsime t[u: / o]t nuo k[u: / o]k ir p[u: / o]p. Sunkėliau tokiomis sąlygomis bus atskirti ilguosius

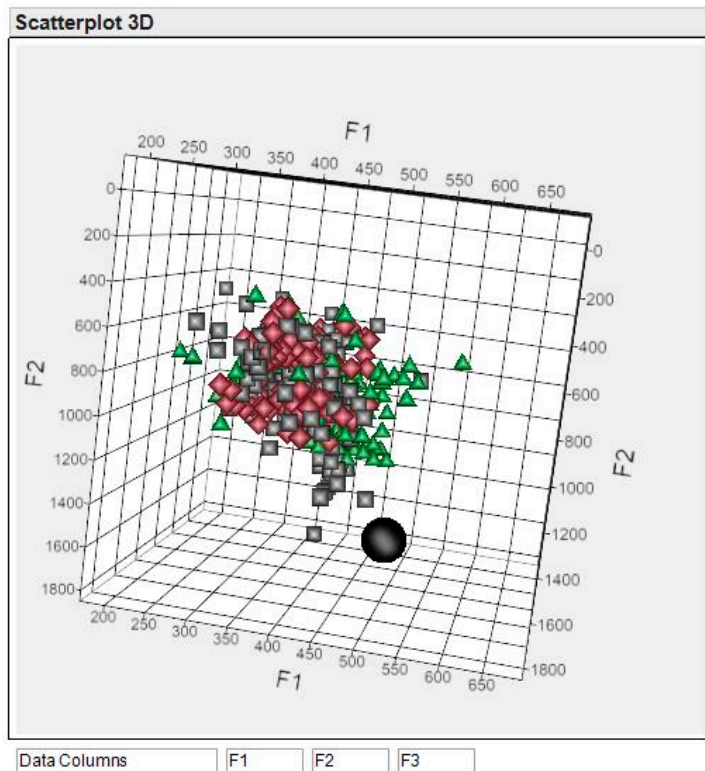
šių balsių variantus nuo trumpųjų (formančių vidurkiai: [u:] F1 = 346 Hz, F2 = 742 Hz, [o] F1 = 391 Hz, F2 = 896 Hz; statistinė interakcijos tikimybė  $p = 4,94E-15$ ), dar sunkiau diktoriaus (formančių vidurkiai: D1 F1 = 354 Hz, F2 = 783 Hz, D2 = F1 383 Hz, F2 = 857 Hz; statistinė interakcijos tikimybė  $p = 0,003$ ) ir frazės kirtį (kirčiuoti F1 = 376 Hz, F2 = 817 Hz, prieškirtiniai F1 = 364 Hz, F2 = 831 Hz, pokirtiniai F1 = 363 Hz, F2 = 785 Hz; statistinė interakcijos tikimybė  $p = 0,05$ ).



5 pav. Balsių [u: / o] formančių pasiskirstymas pagal konsonantinės aplinkos faktorių (k[u: / o]k – trikampiai, p[u: / o]p – kvadratai, t[u: / o]t – rombai; juodas taškas – centrinis *schwa*; statistinės interakcijos tikimybė  $p = 5,05E-51$ )

Nors nesyk nėra viršijama kritinė  $p = 0,05$  riba (atmesdami nulinę hipotezę rizikuojame suklysti ne daugiau kaip penkis kartus iš šimto), vis dėlto hierarchijai aktualesnis pats statistinių rodiklių santykis. Palyginus su atitinkamais žemutinio užpakalinio balsio duomenimis, matyti, kad smarkiai sumenksta frazės kirčio įtaka (šiais atvejais jo santykinė galia yra mažiausia), o fonologinės kiekybės ir diktorių kiek pakyla. Kiek galima spręsti iš formančių vidurkių, pagal prozodinį veiksnių ryškiau nuo kitų atsiskiria tik pokirtiniai variantai (jų F2 kiek žemesnė, tarimas užpakalesnis), nors grafinėje erdvėje ši skirtumą įžvelgti yra gana sunku (nuo kitų aiškiau turėtų atsiskirti rombai; žr. 6 pav.). Regis, to-

čio paties pobūdžio skirtumas matyti ir tarp abiejų diktorių duomenų (D2 analizuojamą užpakalinį aukštutinį balsį taria kiek priešakesnį, F2 aukštesnė). Savo ruožtu ilgųjų ir trumpųjų balsių formantinė takoskyra įprastinė – pirmųjų iš jų artikuliacija šiek tiek įtemptesnė (vienalaikis F1 ir F2 pažemėjimas).



6 pav. Balsių [u: / o] formančių pasiskirstymas pagal frazės kirčio faktorių (pozicija prieš frazės kirtį – trikampiai, kirčiuoti frazės kirčiu – kvadratai, pozicija už frazės kirčio – rombai; juodas taškas – centrinis *schwa*; statistinės interakcijos tikimybė  $p = 0,05$ )

Kitu kampu apibrėžti visų analizuojamų faktorių galią pagal jų [u: / o] F1 ir F2 distribucijai daromą poveikį galima remiantis tiesioginės konkurencijos sąlygomis užfiksuotais statistiniais rodikliais. Lentelės duomenys byloja (žr. žemiau), kad praktiškai jokių galimybių pasipriešinti kitiems neturi frazės kirčio veiksnys (vos 3 atvejai iš 16; 18 %). Kadangi konsonantinės aplinkos veiksnio statistinis svoris, palyginti su [a: / e] atvejais, išlieka iš esmės toks pat (atitinkamai 87 % ir 81 %), galima būtų pastebėti, kad užpakalinės eilės balsių F1 ir F2 distribucijoje prozodinis faktorius konfrontuoja (nėra suderinamas) su individualiąja artikuliacine kalbėtojo raiška ir fonologine kiekybe. Kitaip sakant, frazės kirčio įtakai didėjant, menksta diktorių ir kiekybės santykinė galia, ir atvirškčiai. Silpnosiose frazės pozicijose (prieškirtinėse ir pokirtinėse) atvirieji žemuti-



niai [ɑ: / ɐ] tarti uždaresni (F1 vidutiniškai 100 Hz žemesnės; žr. ankstesniame poskyryje nurodytus formančių vidurkius). Spėtina, kad polinkis prozodiniais sumetimais mažinti šių balsių atvirumą yra toks stiprus (p[ɑ: / ɐ] labializacija tokiu atveju veikia ta pačia kryptimi), kad nebelieka pakankamai erdvės išdiferencijuoti F1 ir F2 struktūrą pagal kiekybę ir diktorius. Užpakalinis aukštutinis [u: / ʊ] iš prigimties yra lūpinis garsas, todėl frazės kirčio implikuojamai atvirumo ir uždarumo skirčiai tarpė drastiškai sumažėja (F1 visose pozicijose iš esmės nekinta) ir automatiškai padidėja minimų dviejų konkuruojančių faktorių galia (plg. analogišką tendenciją Kaukėnienė 2002, 41–59). Kitaip sakant, kuo balsis atviresnis, tuo jis santykinu požiūriu labiau reaguoja į prozodinius faktorius (šiuo atveju į frazės kirtį). Mintį tęsiant toliau, galima būtų spėti, kad kiekybinę ir individualią artikuliacinę balsių raišką savo ruožtu pirmiausia atliepia vertikaliųjų ir horizontaliųjų liežuvio poslinkių skirtumai. Nors šių prielaidų suabsoliutinti negalima, tačiau jomis iš esmės būtų galima aiškinti užfiksuotą ryškų faktorių santykinės galios pasikeitimą [ɑ: / ɐ] ir [u: / ʊ] atvejais.

Faktoriaus tipas	Priebalsinė aplinka	Fonologinė kiekybė	Diktoriai	Frazės kirtis
Santykiniis faktoriaus pranašumas tiesioginės konkurencijos sąlygomis (procentinė išraiška)	81 % (13/16)	57 % (12/21)	42 % (9/21)	18 % (3/16)

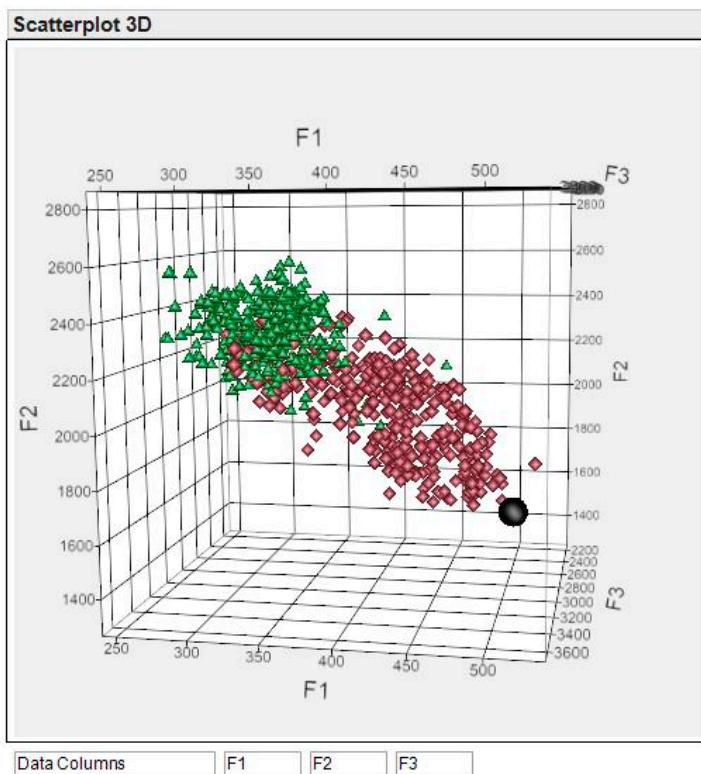
2 lentelė. Faktorių pranašumas vienas kito atžvilgiu tiesioginės konkurencijos sąlygomis (procentinė išraiška; [u: / ʊ] balsių F1 ir F2 distribucija)

Kadangi bendrojo duomenų masyvo faktorinės analizės ir ką tik aptarto statistinio rodiklio pasiskirstymo rezultatai sutampa, galima sudaryti šią faktorių hierarchiją (nuo stipriausio iki silpniausio): **konsonantinė balsio aplinka** (sprogstamieji duslieji priebalsiai) → **fonologinė balsių kiekybė** → **diktoriai** → **frazės kirtis**.

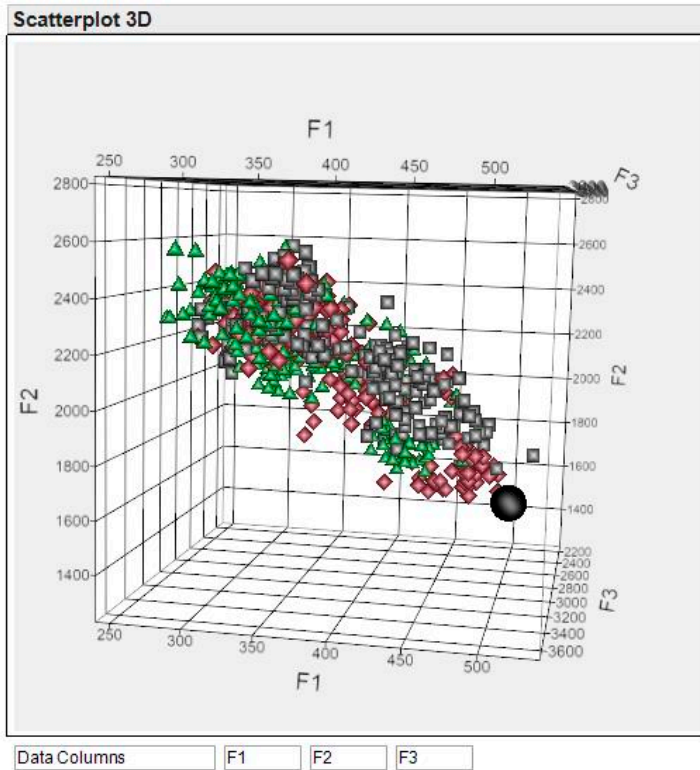
### 6.3 Priešakinės eilės aukštutinio pakilimo [i: / i] formančių distribuciją lemiančių veiksnių santykinė galia ir hierarchija

Dar labiau fonologinės kiekybės galia išauga (tiksliau sakant, pasiekia savo maksimumą), kai aukštutinio pakilimo balsiai pereina į priešakinę artikuliaciją (eilę). Balsių ilgumo ir frazės kirčio atvirkštinės koreliacijos tendencija tampa dar ryškesnė. Rizikos pagal F1 ir F2 intervalines vertes neatskirti trumpųjų [ɪ] nuo ilgųjų [i:], galima sakyti, nelieka (p = 8,97E-173; žr. 6 pav.). Iš vidurkių verčių matyti ([ɪ] F1 = 393 Hz, F2 = 1958 Hz; [i:] F1 = 325 Hz, F2 = 2318 Hz), kad artikuliacinę skirtį labiausiai nulemia horizontalieji liežuvio poslinkiai (F2 skirtumai). Ilgieji šių balsių variantai, suprantama, tariami priešakesni ir įtemptesni (F2 ~300 hercų aukštesnė). Vėlgi, toks absoliutus kiekybinio veiksnio dominavimas netampa kliūtimi išdiferencijuoti akustinių duomenų ir pagal kitus fak-

torius. Apskritai vertinant, aukštutinė priešakinė balsio artikuliacija yra palankiausia terpė daugiafaktorinei diferenciacijai (organiškam faktorių galios suderinimui). Nėra nė vieno atvejo, kada būtų viršyta kritinė  $p = 0,05$  riba. Bendrajame duomenų masyve sunkiausia atskirti kirčiuotus frazės kirčiu nuo atitinkamų nekirčiuotų (formančių vidurkiai: prieš-kirtiniai [i: / i] F1 = 338 Hz, F2 = 2161 Hz; kirčiuoti [i: / i] F1 = 379 Hz, F2 = 2156 Hz; pokirtiniai [i: / i] F1 = 359 Hz, F2 = 2099 Hz; interakcijos tikimybė  $p = 0,001$ ), o diktorius (formančių vidurkiai: D1 F1 = 337 Hz, F2 = 2153 Hz; D2 F1 = 381 Hz, F2 = 2117 Hz; interakcijos tikimybė  $p = 4,3294E-05$ ; žr. 7 pav.) ir priebalsius (formančių vidurkiai: k[i: / i]k F1 = 356 Hz, F2 = 2221 Hz, p[i: / i]p F1 = 358 Hz, F2 = 2079 Hz, t[i: / i]t F1 = 363 Hz, F2 = 2115 Hz; statistinė interakcijos tikimybė  $p = 4,02E-10$ ) – kur kas lengviau. Galima būtų manyti, kad viso to priežastis yra priešakinių aukštutinių balsių artikuliacijos įtemptumas / sudėtingumas. Paprastai sakant, kuo sudėtingesnis artikuliaciniu požiūriu garsas, tuo platesnė jo varijavimo erdvė (pakanka pažiūrėti į grafini [i: / i] atstumą nuo akustinio centro tradicinėje balsių trapecijoje).



7 pav. Balsių [i: / i] formančių pasiskirstymas pagal fonologinį balsių ilgumą (ilgieji balsiai – trikampiai, trumpieji balsiai – rombai; juodas taškas – centrinis *schwa*; statistinės interakcijos tikimybė  $p = 8,97E-173$ )



8 pav. Balsių [i: / i] formančių pasiskirstymas pagal frazės kirčio faktorių (pozicija prieš frazės kirtį – trikampiai, kirčiuoti frazės kirčiu – kvadratai, pozicija už frazės kirčio – rombais; juodas taškas – centrinis *schwa*; statistinės interakcijos tikimybė  $p = 0,05$ )

Vis dėlto hierarchiniu požiūriu aktualesni faktorių ryšiai, interpretuojami pagal jų daromo poveikio F1 ir F2 distribucijai santykinę galią (tiksliau, ją atspindinčius statistinius įverčius). Sukonkretinti ją, kaip nesyk jau minėta, galima priverčiant faktorius tiesiogiai konkuruoti tarpusavyje. Tokiu būdu surinkti duomenys (žr. 3 lentelę) papildo keletą anksčiau pastebėtų tendencijų. Frazės kirčio galios santykinis sumažėjimas (1/16 atvejų: 6 %) galėtų būti susijęs su artikuliaciniu liežuvio poslinkiu priešakinės eilės ir aukštutinio pakilimo link (plg. atitinkamus kitų balsių duomenis 1 ir 2 lentelėse). Kuo labiau balsio artikuliacija pasilenka šiomis dviem artikuliacinėmis kryptimis, tuo labiau menksta minimo prozodinio veiksnio įtaka formančių distribucijai. Be to, akivaizdžiai sumenkęs dusliųjų sprogstamųjų priebalsių poveikis suponuoja (kiek labiau nuo kitų atsiskiria tik tarp gomurinių priebalsių atsidūrę aukštutinių priešakinių balsių variantai) dar vieną sąryšį. Formantinės struktūros galimybė atliepti priebalsių pasikeitimą auga lygia greta su balsių slinktimi užpakalinės eilės link. Iš duomenų matyti, kad konsonantinė aplinka ryškiau atspindėta [ɑ: / ɐ] ir [u: / ʊ] atvejais (atitinkamai 87 % 14/16 ir 81 % 13/16) ir

kur kas prasčiau [i: / i] (31 % 5/16). Be to, santykinu požiūriu sudėtingesnė priešakinio aukštutinio balsio artikuliacija sudarė geresnes sąlygas ir individualiajai raiškai (nors ši tendencija nėra tokia ryški kaip anksčiau minėtosios).

Faktoriaus tipas	Priebalsinė aplinka	Fonologinė kiekybė	Diktoriai	Frazės kirtis
Santykinis faktoriaus pranašumas tiesioginės konkurencijos sąlygomis (procentinė išraiška)	31 % (5/16)	100 % (21/21)	47 % (10/21)	6 % (1/16)

3 lentelė. Faktorių pranašumas vienas kito atžvilgiu tiesioginės konkurencijos sąlygomis (procentinė išraiška; [i: / i] balsių F1 ir F2 distribucija)

Suprantama, pastebėti reiškiniai negali nelemti pertvarkų ir hierarchinėse grandinėse. Sumažėjus frazės kirčio ir priebalsinės aplinkos, bei padidėjus fonologinės kiekybės veiksnio įtakai, galutinis faktorių išsidėstymas pagal F1 ir F2 distribucijai daromą įtaką atrodo taip (nuo stipriausio iki silpniausio): **fonologinė balsių kiekybė** → **diktoriai** → **konsonantinė balsio aplinka** (sprogstamieji duslieji priebalsiai) → **frazės kirtis**. Pastaroji skiriasi nuo anksčiau fiksuotųjų, todėl peršasi natūrali išvada, kad faktorių hierarchinės pozicijos, visų pirma, priklauso nuo balsių artikuliacinio tipo (jų pakilimo ir eilės). Maža to, svarbus vaidmuo tenka balsių atvirumui (vertikalaus liežuvio pakilimo koreliatui). Jei iš visų trijų balsių duomenų sudarytume bendrąją suvestinę (išvestume lentelėse pateiktų duomenų vidurkius), pagal galią fonologinė kiekybė ir priebalsinė aplinka aiškiai oponuotų likusiems frazės kirčio ir diktorių veiksniams (pirmųjų dviejų galia didesnė). Nors tokių bendrųjų vidurkių informatyvumas, suprantama, yra reliatyvus, vis dėlto jis padeda išgryninti analizuotų faktorių priešpriešas. Pastarosios ne tik padeda lengviau nustatyti hierarchines jų pozicijas, bet ir atskleidžia bendrąsias artikuliacinių reiškinių kryptis, anksčiau šiame tekste įvardytas korelacijomis (kuo balsis atviresnis, tuo jis santykinu požiūriu labiau reaguoja į frazės kirčio faktorių; kuomet balsis užpakalesnis, tuo jo F1 ir F2 pasiskirstymui daugiau įtakos daro priebalsiai ir kt.). Šie rezultatai ne tik verifikuoja pačią metodologinę tyrimo prieigą, bet ir verčia tęsti pradėtą darbą ateityje gausne empirine medžiaga.

## 7 Išvados

Atlikta faktorinė akustinių duomenų (F1 ir F2 pasiskirstymo) analizė leidžia padaryti šias bendresnio pobūdžio išvadas.

1. Faktorių (fonologinio balsių ilgumo, diktorių, frazės kirčio ir konsonantinės aplinkos / sprogstamųjų dusliųjų priebalsių), darančių įtaką balsių F1 ir F2 distribucijai, hierarchinis išsidėstymas pirmiausia priklauso nuo balsių artikuliacinio tipo (jų

atvirumo / pakilimo ir eilės). Atsižvelgus į pastarąjį kriterijų, galima sudaryti šias hierarchines grandines (faktoriai išdėstomi silpnėjimo tvarka – nuo stipriausio iki silpniausio):

[ɑ: / ɐ] balsis: **konsonantinė balsio aplinka** (sprogstamieji duslieji priebalsiai) → **frazės kirtis** → **fonologinė balsių kiekybė** → **diktoriai**.

[u: / ʊ] balsis: **konsonantinė balsio aplinka** (sprogstamieji duslieji priebalsiai) → **fonologinė balsių kiekybė** → **diktoriai** → **frazės kirtis**.

[i: / ɪ] balsis: **fonologinė balsių kiekybė** → **diktoriai** → **konsonantinė balsio aplinka** (sprogstamieji duslieji priebalsiai) → **frazės kirtis**.

- Šie hierarchinio faktorių išsidėstymo skirtumai veikiausiai yra nulemti faktorių veikimo krypčių nesuderinamumo, kurį atliepia keletas pastebėtų ir statistiniais skaičiavimais pagrįstų koreliacijų. Pirmiausia, balsių atvirumas / pakilimas koreliuoja su santykinė frazės kirčio įtaka jų F1 ir F2 distribucijai. Kuo balsis atviresnis, tuo jo formantinė struktūra labiau priklauso nuo prozodinio faktoriaus (tuo mažiau nuo kiekybės) ir atvirškščiai. Antra, balsių poslinkis užpakalinės eilės link yra palanki sąlyga priebalsių faktoriaus poveikio sustiprėjimui (kuo balsis užpakalesnis, tuo priebalsinės aplinkos veiksnio įtaka didesnė). Trečia, statistinis formančių išdiferencijavimas pagal fonologinį balsių ilgumą svaris koreliuoja su balsių slinktimi priešakinės ir aukštutinės artikuliacijos link (ilgųjų ir trumpųjų priešakinių aukštutinių balsių variantų formantės skyrėsi labiausiai).
- Aukštutiniai priešakiniai balsiai yra palankiausia terpė visų faktorių diferencinei galiai suderinti. Faktoringė bendrojo duomenų masyvo analizė atskleidė, kad statistinė tikimybė tokiomis sąlygomis išdiferencijuoti duomenis pagal visus faktorius niekada neviršijo kritinės ribos ( $p = 0,05$ ). Galima būtų spėti, kad to priežastis yra didžiausias šio tipo balsių artikuliacijos įtemptumas / sudėtingumas (paprastai sakant, kuo sudėtingesnę darbą atliekame, tuo daugiau galutinio jo rezultato variantų galime padaryti). Šią prielaidą veikiausiai atspindi ir didžiausias minimo balsio atotrūkis nuo akustinio centro tradicinėje balsių trapecijoje.

## Literatūra

- Abramson, Arthur S., Nian-qi Ren. 1990. Distinctive Vowel Length: Duration vs Spectrum in Thai. *Journal of Phonetics* 18, 79–92. [https://doi.org/10.1016/S0095-4470\(19\)30395-X](https://doi.org/10.1016/S0095-4470(19)30395-X)
- Ambrazevičius, Rytis, Asta Leskauskaitė. 2014. *Priebalsių akustinės ypatybės: palatalizacija ir balsingumas*. Kaunas: Technologija.
- Carignan, Christopher. 2018. An examination of oral articulation of vowel nasality in the light of the independent effects of nasalization on vowel quality. *As-*

- sociazione Italiana Scienze della Voce* 4 (2), 19–40. <https://doi.org/10.17469/O2104AISV000002>
- Chomsky, Noam, Morris Halle. 1968. *The Sound Pattern of English*. New York: Harper & Row.
- Čekanavičius, Vydas, Gediminas Murauskas. 2002. *Statistika ir jos taikymai (II)*. Vilnius: TEV leidykla.
- Dogil, Grzegorz, Briony Williams. 1999. The phonetic manifestation of word stress in Lithuanian, Polish, German, and Spanish. *Word prosodic systems in the languages of Europe*. Harry van der Hulst, ed. Berlin: De Gruyter. 273–334. <https://doi.org/10.1515/9783110197082.1.273>
- Fagyal, Zsuzsanna, Douglas Kibbee, Fred Jenkins. 2006. *French: A Linguistic Introduction*. Cambridge University Press.
- Fisher-Jørgensen, Eli. 1990. Intrinsic F0 in tense and lax vowels with special reference to German. *Phonetica* 47 (3-4), 99–140. <https://doi.org/10.1159/000261858>
- Fournier, Rachel, Jo Verhoeven, Marc Swerts, Carlos Gussenhoven. 2006. Perceiving word prosodic contrasts as a function of sentence prosody in two Dutch Limburgian dialects. *Journal of Phonetics* 34, 29–48. <https://doi.org/10.1016/j.wocn.2005.03.002>
- Girdenis, Aleksas 2003. *Teoriniai lietuvių fonologijos pagrindai*. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidybos institutas.
- Grigorjevs, Juris. 2008. *Latviešu valodas patskaņu sistēmas akustisks un auditīvs raksturojums*. Rīga: Latviešu valodas institūts. <https://dspace.lu.lv/dspace/handle/7/205>
- Harris, Katherine S. 1978. Vowel Duration Change and Its Underlying Physiological Mechanisms. *Language and Speech* 21 (4), 354–361. <https://doi.org/10.1177/002383097802100410>
- Hillenbrand, James M., Michael J. Clark, Terrance M. Nearey. 2001. Effects of consonant environment on vowel formant patterns. *Journal of the International Phonetic Association* 109 (2), 748–763. <https://doi.org/10.1121/1.1337959>
- Jaroslavienė, Jurgita. 2015. Lietuvių kalbos trumpųjų ir ilgųjų balsių kiekybės ir kokybės etalonai. *Bendrinė kalba* 88, 1–17.
- Jaroslavienė, Jurgita, Juris Grigorjevs, Jolita Urbanavičienė, Inese Indričāne. 2019. *Baltų kalbų garsynas XXI a. pradžioje: Balsių ir garsų sąveikos instrumentinis tyrimas*. Vilnius: Lietuvių kalbos institutas. [https://lki.lt/wp-content/uploads/2021/03/Baltu\\_kalbu\\_garsynas\\_XXI\\_a\\_pr\\_1\\_knyga\\_2019\\_v2.pdf](https://lki.lt/wp-content/uploads/2021/03/Baltu_kalbu_garsynas_XXI_a_pr_1_knyga_2019_v2.pdf)
- Jessen, Michael. 1993. Stress-conditions on vowel quality and quantity in German. *Working Papers of the Cornell Phonetics Laboratory* 8, 1–27.
- Jessen, Michael, Krzysztof Marasek, Katrin Schneider, Kathrin Clahssen. 1995. Acoustic correlates of word stress and tense/lax opposition in the vowel system of German (Conference paper). *13th International Congress of Phonetic Sciences*. Stockholm, Sweden.

- Jessen, Michael, Krzysztof Marasek. 1997. Voice quality correlates of word stress and tense versus lax vowel vowels in German (Conference paper). *Larynx* 97. France: Marseille. [https://www.isca-archive.org/larynx\\_1997/jessen97\\_larynx.pdf](https://www.isca-archive.org/larynx_1997/jessen97_larynx.pdf)
- Johnson, Keith, Peter Ladefoged, Mona Lindau. 1993. Individual difference in vowel production. *The Journal of Acoustical Society of America* 94 (2), 701–714. <https://doi.org/10.1121/1.406887>
- Kaukėnienė, Lidija. 2002. Lietuvių bendrinės kalbos nekirčiuotų balsių spektrai. *Kalbotyra* 51 (1), 41–59.
- Kaukėnienė, Lidija. 2004. *Dabartinių baltų bendrinių kalbų nekirčiuotų skiemenų vokalizmas (Instrumentinis tyrimas)*. Humanitarinių mokslų daktaro disertacija. Vilnius: Vilniaus universitetas.
- Kazlauskienė, Asta. 1998. Balsių kiekybės santykiai pietinių vakarų aukštaičių tarmėje. *Kalbotyra* 47 (1), 61–77.
- Kudirka, Robertas. 2009. Lietuvių bendrinės kalbos kirčiuotų ilgųjų ir trumpųjų balsių formantinė struktūra. *Respectus Philologicus* 16 (21), 141–152.
- Ladefoged, Peter, Ian Maddieson. 1996. *The Sounds of the World's Languages*. Oxford: Blackwell Publisher.
- Lass, Roger. 1976. *English Phonology and Phonological Theory*. Cambridge University Press.
- Ledichova, Edita. 2012. Lietuvių bendrinės kalbos ilgųjų labializuotųjų balsių kokybės požymiai. *Tarptautinė mokslinė konferencija XXI amžiaus kalbos tyrimai: nuo garso iki teksto* (pranešimo tezės). Vilnius: Lietuvos edukologijos universitetas.
- Ledichova, Edita. 2020a. Labializuotų bendrinės lietuvių kalbos balsių eksperimentinis tyrimas. *Bendrinė kalba* 93, 1–33.
- Ledichova, Edita. 2020b. *Lietuvių bendrinės kalbos vokalizmo variantai: eksperimentinis kokybės ypatybių tyrimas*. Humanitarinių mokslų daktaro disertacija. Kaunas: Vytauto Didžiojo universitetas, Lietuvių kalbos institutas.
- Lee, Yoonjeong, Patricia Keating, Jody Kreiman. 2019. Acoustic voice variation within and between speakers. *The Journal of Acoustical Society of America* 146 (3), 1568–1579.
- Lehiste, Ilse. 1970. *Suprasegmentals*. Cambridge. <https://doi.org/10.1121/1.5125134>
- Lieberman, Alvin M., Ignatius G. Mattingly. 1985. The motor theory of speech perception revised. *Cognition* 21 (1), 1–36. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(85\)90021-6](https://doi.org/10.1016/0010-0277(85)90021-6)
- Lindblom, Björn. 1963. Spectrographic study of vowel reduction. *Journal of the Acoustic Society of America* 33, 1773–1781. <https://doi.org/10.1121/1.1918816>
- Lindblom, Björn. 1990. Models of phonetic variation and selection. *Perilus* 11, 65–100.
- Mikalauskaitė, Elzė. 1975. *Lietuvių kalbos fonetikos darbai*. Vilnius: Mokslas.
- Miliūnaitė, Rita. 2018. *Kalbos normos ir jų savireguliacija interneto bendruomenėje*. Vilnius: Lietuvių kalbos institutas.
- Mooshammer, Christine, Christian Geng. 2008. Acoustic and articulatory manifestations of vowel reduction in German. *Journal of the International Phonetic Association* 38 (2), 117–136. <https://www.jstor.org/stable/44526488>

- Pakerys, Antanas. 1982. *Lietuvių bendrinės kalbos prozodija*. Vilnius: Mokslas.
- Pakerys, Antanas. 1995. *Lietuvių bendrinės kalbos fonetika*. Vilnius: Žara.
- Pakerys, Antanas. 2003. *Lietuvių bendrinės kalbos fonetika*. Vilnius: Enciklopedija.
- Pupkis, Aldonas. 2020. *Lietuvių bendrinė tartis: istorija ir dabartis*. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla.
- Rietveld, Toni, Roland van Hout. 2005. *Statistics in Language Research: Analysis of Variance*. Berlin, New York: Mouton de Gruyter.
- Roesler, Lindsay, Jae Yung Song. 2018. Acoustic characteristics of tense and lax vowels across sentence position in clear speech. *The Journal of the Acoustical Society of America* 144 (6), 535–540. <https://doi.org/10.1121/1.5084022>
- Stevens, Kenneth N. 1989. On the quantal theory of speech. *Journal of phonetics* 17, 3–45. [https://doi.org/10.1016/S0095-4470\(19\)31520-7](https://doi.org/10.1016/S0095-4470(19)31520-7)
- Stevens, Kenneth N., Arthur S. House. 1963. Perturbation of vowel articulations by consonantal context: An Acoustical study. *Journal of speech and hearing research* 6, 111–128. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1044/jshr.0602.111>
- Titze, Ingo R. 2000. *Principles of voice production*. National Center for Voice and Speech: Iowa City.
- Toivonen, Ida, Lev Blumenfeld, Andrea Gormley, Leah Hoiting, John Logan, Nalini Ramlakhan, Adam Stone. 2015. Vowel Hight and Duration. *Proceedings of the 32nd West Coast Conference on Formal Linguistics*. Ulrike Steindl et al., ed. Somerville, MA: Cascadilla Proceedings Project. 64–71. <https://www.lingref.com/cpp/wccfl/32/paper3157.pdf>
- Tsukada, Kimiko. 2009. An acoustic comparison of vowel length contrasts in Arabic, Japanese and Thai: Durational and spectral data. *International Journal of Asian Language Processing* 19 (4), 127–138. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=92dc5149939b30d7364c6f47d27f8c7a7131316d>
- Vaitkevičiūtė, Valerija. 1961. Lietuvių literatūrinės kalbos balsinės ir dvibalsinės fonemos. *Lietuvių kalbotyros klausimai* 4, 19–46.
- van Heuven, Vincent. 2018. Acoustic Correlates and Perceptual Cues of Word and Sentence Stress: Towards a Cross-Linguistic Perspective. *The Study of Word Stress and Accent: Theories, Methods and Data*. Rob Goedemans, Jeffrey Heinz, Harry van der Hulst, eds. Cambridge: Cambridge University Press. 15–59.
- Vorperian, Hourii K., Raymond D. Kent, Yen Lee, Daniel M. Bolt. 2019. Corner vowels in males and females ages 4 to 20 years: Fundamental and F1-F4 formant frequencies. *The Journal of the Acoustical Society of America* 146, 3255–3274. <https://doi.org/10.1121/1.5131271>