

Analiza instrumentalnih istraživačkih metoda na međunarodnim kongresima fonetskih znanosti

Klarić, Antonio

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:131:270004>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#) / [Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-16**



Repository / Repozitorij:

[ODRAZ - open repository of the University of Zagreb Faculty of Humanities and Social Sciences](#)



Sveučilište u Zagrebu
Filozofski fakultet
Odsjek za fonetiku

Antonio Klarić

**ANALIZA INSTRUMENTALNIH ISTRAŽIVAČKIH METODA NA
MEĐUNARODNIM KONGRESIMA FONETSKIH ZNANOSTI**

Diplomski rad

Zagreb, veljača, 2021.

Sveučilište u Zagrebu
Filozofski fakultet
Odsjek za fonetiku

Antonio Klarić

**ANALIZA INSTRUMENTALNIH ISTRAŽIVAČKIH METODA NA
MEĐUNARODNIM KONGRESIMA FONETSKIH ZNANOSTI**

Diplomski rad

Mentor: izv. prof. dr. sc. Marko Liker

Zagreb, veljača, 2021.

PODACI O AUTORU

Ime i prezime: Antonio Klarić

Naziv obaju studija:

Fonetika – Znanstveno usmjerenje fonetike

Informacijske i komunikacijske znanosti – Informatologija

PODACI O RADU

Naslov rada na hrvatskome jeziku:

Analiza instrumentalnih istraživačkih metoda na međunarodnim kongresima fonetskih znanosti

Naslov rada na engleskome jeziku:

Instrumental research techniques at international congresses of phonetic sciences.

Datum predaje rada: 26. veljače, 2021.

IZJAVA O AUTORSTVU DIPLOMSKOGA RADA

Ovim potvrđujem da sam osobno napisao diplomski rad pod naslovom

ANALIZA INSTRUMENTALNIH ISTRAŽIVAČKIH METODA NA MEĐUNARODNIM KONGRESIMA FONETSKIH ZNANOSTI

i da sam njegov autor.

Svi dijelovi rada, podaci ili ideje koje su u radu citirane ili se temelje na drugim izvorima (mrežni izvori, udžbenici, knjige, znanstveni, stručni članci i sl.) u radu su jasno označeni kao takvi te su navedeni u popisu literature.

Ime i prezime studenta/ice:

Antonio Klarić

Zagreb, veljača, 2021.

Želim od srca zahvaliti svojem mentoru izv. prof. dr. sc. Marku Likeru, koji me tijekom studiranja na Filozofskom fakultetu u Zagrebu na Odsjeku za fonetiku svojim neumornim trudom i zalaganjem, odličnim predavačkim sposobnostima oduševio te smatram kako rijetki mogu ostati ravnodušni u njegovoj prisutnosti. Iskreno sam ponosan što sam dio njegova mentorstva kroz sve kolegije i ovaj rad. Dodatno želim zahvaliti i doc. dr. sc. Ines Carović, koja me svojim vrijednim savjetima usmjerila kroz školovanje, red. prof. dr. sc. Nikolaju Laziću na neiscrpnj inspiraciji i zanimljivim i poticajnim razgovorima na obama odsjecima, profesorici emeriti Vesni Mildner na nesebično pruženim materijalima za istraživanje u ovom radu te doc. dr. sc. Ani Vidović Zorić kao članici stručne komisije. Želim spomenuti i Govorničku školu *Ivo Škarić*, koja je u mom srcu predivan instrument širenja zanimanja o govorništvu i fonetici, bez koje ovaj rad ne bi u konačnici bio moguć.

Iskoristit ću ovu priliku za pismenu zahvalu svim kolegicama i kolegama, prijateljicama i prijateljima, na godinama potpore i dijeljenja zajedničkih iskustava studiranja na Filozofskom fakultetu i Klubu studenata fonetike FonET. Uvijek će imati posebno mjesto u mojem sjećanju.

Želim zahvaliti svojoj djevojci Zrinki, koja je bila uz mene uz sve teške trenutke oko rada na ovom diplomskom te nepresušnoj motivaciji za njegov nastavak i krajnju realizaciju. Svojoj obitelji – Anti, Luciji, Marku, Stanislavu i Žizeli, na godinama ohrabrenja te kontinuiranoj financijskoj potpori.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. RAZVOJ INSTRUMENTALNIH METODA	3
3. VRSTE INSTRUMENTALNIH METODA	7
3.1. <i>Akustička metoda</i>	9
3.2. <i>Metode praćenja pomaka točaka</i>	12
3.2.1. <i>Elektromagnetska artikulografija (EMA)</i>	12
3.2.2. <i>Optotrak</i>	13
3.3. <i>Metode mjerenja jezično-nepčane interakcije</i>	14
3.3.1. <i>Palatografija (PG)</i>	14
3.3.2. <i>Elektropalatografija (EPG)</i>	15
3.4. <i>Metode vizualnog prikaza (oslikavanja)</i>	17
3.4.1. <i>Rendgenografija (RTG)</i>	17
3.4.2. <i>Računalna tomografija (CT)</i>	18
3.4.3. <i>Magnetska rezonancija (MRI)</i>	19
3.4.4. <i>Ultrazvuk</i>	19
3.4.5. <i>Elektroglotografija (eGG)</i>	20
3.5. <i>Metode mjerenja mišićne aktivnosti</i>	21
4. KONFERENCIJE	22
4.1. <i>ICPhS – Međunarodni kongres fonetskih znanosti</i>	22
4.2. <i>SMC – Međunarodni kongres o motoričkoj kontroli govora</i>	24
4.3. <i>ICPLA –Kongres međunarodne asocijacije kliničke fonetike i lingvistike</i>	24
4.4. <i>Istraživanja govora</i>	25
5. ANALIZA INSTRUMENTALNIH ISTRAŽIVAČKIH METODA	26
6. ZAKLJUČAK	31
7. LITERATURA	33
SAŽETAK	I
SUMMARY	II
ŽIVOTOPIS	III

POPIS SLIKA I GRAFOVA

Slika 1. Ikone najčešće korištenih računalnih programa (Praat, EMU, WebMAUS, AAA)	9
Slika 2. Prikaz EMA točaka	13
Slika 3. Primjer statične palatografije	15
Slika 4. Vizualna shema korištenja EPG-a.....	16
Slika 5. Primjer zaslona računala prilikom ispitivanja ultrazvukom	20
Slika 6. Prikaz ukupnih rezultata SMC kongresa prema korištenoj metodi istraživanja.	27
Slika 7. Prikaz ukupnih rezultata ICPhS kongresa prema korištenoj metodi istraživanja	28
Slika 8. Prikaz akustičke metode na ICPhS konferencijama s obzirom na korišteni alat.	29
Slika 9. Prikaz korištenih tehnika u metodi vizualnog prikaza na ICPhS-kongresima.....	30
Graf 1. Prikaz podjela eksperimentalnih instrumentalnih metoda istraživanja izgovora.....	8

1. UVOD

Ključni čimbenik razvoja svakog dijela društva je znanje dobiveno znanstvenim istraživanjima. Znanost je danas predmet i velikog interesa šire javnosti koji se nastavlja i na fonetske znanosti, posvećenih izučavanju ljudskog govora i njegovih najmanjih zamislivih odsječaka (Malmberg, 1995:1). Proizvodnja, odnosno produkcija ljudskog govora, u fonetici se proučava kroz dva paralelna sustava. Prvo je akustički pogled, odnosno kako se govorni signal prenosi između govornika i slušatelja, te drugi artikulacijski pogled, odnosno kako se oblikuje govorni signal (Richmond, Hoole i King, 2011). Znanstveni radovi i pripadajuća im istraživanja procesi su koji zahtijevaju dugogodišnji rad prema vrlo specifičnim kriterijima, a ulaganje u znanstveno-istraživačka područja cilj je svake ozbiljne organizacije posvećene znanosti. Globalizacija i informatizacija procesa označavaju narušavanje dosadašnje statičnosti akademskog rada i školstva kao konzervativne institucije (Nadrljanski, 2006), te kao takve olakšavaju komuniciranje s osobama istih interesa i znatno utječu na brzinu razvoja svih znanstvenih područja, uključujući i fonetskih znanosti. Zahvaljujući novim znanstvenim spoznajama uzrokovanih znanstvenim naprecima, poboljšava se kvaliteta života pojedinca, diseminacija znanja, financijska struktura društva i sl. Danas su rijetka polja znanosti u potpunosti zasebna, već interdisciplinarnost (poglavito u kombinaciji s računalnim znanostima) prevladava današnjim razvojem i provođenjem znanstvenih istraživanja.

Definirajući glavne pojmove u ovom radu, potrebno je razlikovati termine metodologija i metoda. *Metodologija* je znanost o metodama spoznaje (načinima mišljenja) i istraživanjima u svim znanostima. Opća metodologija sadrži teorijske i filozofske pretpostavke te logičke okvire znanstvene spoznaje, dok se posebne metodologije bave istraživačkim metodama (postupcima i sredstvima) i rezultatima koje pojedine znanosti primjenjuju i poštuju u svojim istraživanjima da bi došle do spoznaja u određenim područjima zbilje. *Metoda* je osnovni dio znanosti i nerazdvojivo je povezana s teorijskim shvaćanjem znanosti o njezinu predmetu u svim njegovim aspektima i kao takva pokazatelj je stupnja i razine razvijenosti određene znanosti (Skledar, 2006). U nastavku rada bit će riječi o istraživačkim tehnikama, koje su prema svojem obliku podskup metode. U jednoj metodi može biti navedeno više tehnika te se pregledom radova prema kriteriju odabira korištene tehnike svrstava u određenu metodu. Termin *tehnika* korišten je u kontekstu aparature te rezultata njegova korištenja, dok je termin *metoda* korištena u kontekstu općeg pristupa

metodologiji znanstvenog rada. Takav rad može se smatrati i dijelom informatološkog istraživanja (informatologija kao znanost koja se bavi temeljnim načelima strukture i uporabom znanstvenih informacija).

Cilj ovog diplomskog rada je analiza istraživačkih metoda i pripadajućih im tehnika na dijelu međunarodnih konferencija tijekom zadnjih pet godina, kako bi se provjerila brojnost radova s eksperimentalnim, odnosno istraživačkim metodama, njihovih trendova zastupljenosti, potencijalnim promjenama u fokusu rada istraživača te razvoj novih istraživačkih tehnika u skladu s tehnološkim razvojem (ako postoji). Najprije će se predstaviti povijesni razvoj instrumentalnih tehnika u okvirima fonetskih znanosti te nastaviti s općenitim informacijama o metodama istraživanja u fonetskim znanostima. Podjelu pripadajućih instrumentalnih tehnika detaljno će se analizirati u sklopu recentnih znanstvenih radova prema spomenutim kriterijima. Rad je osmišljen kao kombinacija preglednog rada i kvantitativne analize, svojevrsna meta analiza, budući da sadrži analizu izvornih podataka. Budući da je ovom radu također želja dodatno suziti temu, analizirat će se određenu skupinu istraživačkih tehnika usmjerenih na istraživanje govorne proizvodnje (odnosno govorne kinematike), stoga predmet proučavanja nisu instrumentalne metode za percepciju i prepoznavanje govora, neurofonetiku, govornu sintezu i sl. te su one svrstane u posebnu kategoriju. Dakako, postoje već slična istraživanja o radovima u fonetskim znanostima. Kao primjer dosadašnjih analiza može se uzeti nekoliko radova, poput rada Yağıza, Aydına i Akdemira (2016). Autori su napravili analizu sadržaja objavljenih znanstvenih radova u Turskoj u periodu od deset godina. Iz njihove analize vidljivo je kako istraživači u području podučavanja engleskog jezika s visokim postotkom preferiraju kvantitativna istraživanja s deskriptivnim alatima i procesima analize. Yihong, Lichun i Jun (2001) autori su rada u kojemu je napravljena usporedba istraživačkih metoda objavljenih u četirima kineskim i četirima engleskim časopisima u periodu od 1978. do 1997. godine. Rezultati su pokazali kako se u Kini istraživanja u području primijenjene lingvistike pomiču s ne-empirijskih na empirijska istraživanja, s naglaskom na porast kvantitativnih istraživanja. Slične rezultate može se očekivati i u analizi unutar ovog rada, točnije očekuju se pozitivni trendovi prema suvremenim istraživačkim tehnikama, na račun starijih i rigidnijih načina ispitivanja.

2. RAZVOJ INSTRUMENTALNIH METODA

Govoreći o pregledu instrumentalnih metoda u fonetskim znanostima, prvi povijesni zapisi o analizi govora, prema MacHanonu (2013), mogu se pronaći 500 g. p. n. e. u radovima određenih gramatičara Sankrta (područje današnje Indije), i to u obliku predmeta, crteža te čak i pisanih dokumenata (Horga i Liker, 2016: 321). No taj podatak stvara netočnu predodžbu o kontinuiranosti razvoja područja. Naime, razvoj fonetike i interesa za nju vrlo je specifičan za određena geografska područja. U grčko-rimskoj kulturi postoje veoma ograničeni dokazi, dok na području cijele Europe u periodu nakon nove ere gotovo da i nema sačuvanih dokaza o razvoju primijenjene lingvistike ili barem općem interesu u područje MacHanon (2013). To razdoblje obilježavaju Aristotel, Hipokrat i Galen, no s naglaskom na proučavanje gramatike i izvedbe govora (fonacije i disanja), dok su artikulaciju u očuvanim radovima spominjali usputno. Proučavanje govora u srednjem vijeku (od 3. do 16. stoljeća) period je stagnacije, s izuzetkom radova Leonarda da Vincija (Panconcelli-Calza, 1957 prema Horga i Liker, 2016:322). Usporedivo, za vrijeme srednjeg vijeka u Indiji postoje radovi autora Pāṇinija and Patañjalija koji svojom kvalitetom pariraju radovima dvadesetog stoljeća (MacHanon, 2013).

U 18. stoljeću u Europi osim radova na analizi govora, ostvaruju se i prvi pokušaji sinteze govora, i to akustičkim rezonatorima, poput sintetizatora pet vokala mađarskog znanstvenika Wolganga Von Kempelena. Drugi znanstvenik, imena Christian Goettlieb Kratzeinstein, osmislio je konstrukt s mjehovima za proizvodnju zračne struje s posebnim rezonatorom za svaki vokal, za što ga je i nagradila Carska ruska akademija. Razdoblje od 16. do 19. stoljeća od iznimne je važnosti u daljnjem razvoju fonetike budući da se proizvodnja govora prestaje proučavati isključivo u sklopu građe govornih organa, već i kao dio govornog pokreta (Horga i Liker, 2016).

Početkom 19.stoljeća vidljivo je povećanje interesa za fonetiku. Moses (1964) prema MacHanonu (2013) navodi evidentan porast broja pisanih znanstvenih radova, posebice od 1829. do 1899. godine. Ispitivačke metode prelaze iz kvalitativnih u kvantitativna, temeljena na mjerenju i analizi dobivenih podataka (Horga i Liker, 2016). MacHanon (2013) navodi kako većina razvoja u tom periodu nije direktno vezana za područje fonetike, no napreci u znanosti, posebice u području medicine i fizike, dovode do dostupnosti eksperimentalnih

metoda i instrumenata koji su se mogli primijeniti i u fonetici. Primjer jednog takvog izuma i njegovih pripadajućih tehnika je laringoskop izumljen 1829. godine, za što je zaslužan engleski liječnik i epidemiolog Benjamin Babington. 1847. godine Carl Ludwig, njemački liječnik i fiziolog, predlaže koncept metode zapisivanja, zajedno s pripadajućom instrumentacijom (koju je dijelom i on osmislio) u područje fiziologije. Primjeri radova fokusiranih na područje fonetike pokušaji su sinteze govora engleskog liječnika Erasmusa Darwina, nekoliko radova na temu ideje sinteze govora korištenjem orgulja engleskog znanstvenika i inženjera Roberta Willisa te primjerice istraživanje španjolskog pjesnika Manuela Garcíe 1854. godine o opažanjima na glasnica za vrijeme govora živih subjekata, pomoću dentalnog ogledala prema kojem je bilo usmjereno veće ogledalo (MacHanon, 2013). Spominjati ovakve metode danas djeluje pomalo banalno no u tom periodu radovi takva kalibra postavljali su temeljne korake u razvoju specifičnih znanosti. Za Eduarda Sieversa, njemačkog lingvisti i člana Leipziške škole, fonetika se u navedenom periodu počela pomicati iz istraživanja u sklopu medicinskih znanosti i fiziologije (akustike) u autonomiju i lingvistički involviranu znanost u kojoj su središnja tema zvukovi i njihov sustav u jezicima i dijalektima (Kohler 1981., prema MacHanon, 2013:157). Zbog uzlazne krivulje interesa u područjima analize zvukova, dijalekata, sinteze i analize glasova, u drugoj polovici 19. stoljeća zabilježeni su prvi izumi instrumentalnih metoda primjenjivi u fonetskim znanostima. Primjer jednog takvog uređaja je kimogram engleskog inženjera Williama Henryja Barlowa. Kimogram je proizvod kimografa (hidrauličkog uređaja za izradu grafičkih reprezentacija vrijednosti tlaka), no umjesto za krvni tlak primijenjen je za zračnu struju prilikom artikulacije. Barlow je svojim uređajem prvi zabilježio govornu artikulaciju. U fonetskom priručniku, radu Folke Strengera iz 1968. godine, nalazi se popis instrumentalnih metoda zabilježenih sve do polovice 20. stoljeća. Uznapredovale instrumentalne metode Strenger dijeli na (prema Horga i Liker, 2016:323):

- **rendgenografija** (istraživanja rendgenskim ili X-zrakama),
- **palatografija** (istraživanja mjesta dodira jezika i okolnog tkiva),
- **labiografija** (istraživanja na usnama i usnoj šupljini),
- **elektromiografija*** (istraživanje aktivnosti mišića prilikom govora).

*Folke Strenger u svom radu *Manual of Phonetics* elektromiografiju u to doba nije smatrao fonetskom, već primarno neurofiziološkom metodom te nije navedena u njegovu preglednom radu (Horga i Liker, 2016).

Labiografsko ispitivanje provodi se za mjerenje i analizu usnene šupljine. Vrlo gruba metoda, koja se temelji na fotografiranju usana ispitanika. Labiograf je uređaj za ispitivanje pomoću kimografskih snimki pokreta usana, gdje se pokreti preko mehanizma transliraju na papir. Moguće je proučavati istodobno samo jednu dimenziju usana (frontalno ili u profilu) (Horga i Liker, 2016:325). Strengerova prvotna podjela označava začetak razvoja sličnog toka mišljenja te je dala poticaj za daljnji razvoj istraživačkih tehnika. Iz tog perioda ne smijemo izostaviti ime francuskog svećenika Jean-Pierrea Rousselota. On je u prijelazu s 19. na 20. stoljeće za vrijeme rada na francuskom sveučilištu Sorbonne objavio rad *Principes de Phonétique Expérimentale* (1904). Smatra se ocem eksperimentalne fonetike, kako teorijske tako i primijenjene (eng. *Applied*) (Demolin, 2012).

Početkom 20. stoljeća do tada korištene fiziološke metode počinju se smatrati neekonomičnima, no postupni razvoj elektroakustike daje značajan polet i u razvoju fonetike (Horga i Liker, 2016). Heydarov, Jafarov i Habibova (2019) navode kako se u tom periodu osnivaju i laboratoriji za eksperimentalnu fonetiku, u kojima se posebnim uređajima proučavaju akustička i artikulacijska svojstva glasa i govora. Prema autorima to područje dalo je podlogu za razvoj novijih, specifičnijih znanstvenih polja poput psiholingvistike, prepoznavanja govora, forenzike govora i sl. Horga i Liker (2016) također navode kako je za razvoj akustičke fonetike jedan od najznačajnijih događaja razvoj spektrografa u tvrtci Bell Telephone Industries, nazvanoj prema jednom od suosnivača, Alexanderu Grahamu Bellu. Engleski lingvist Ladefoged 1967. godine u svom radu definira tri područja eksperimentalne fonetike – stres i respiratornu aktivnost, prirodu kvalitete vokale te jedinice za percepciju i produkciju govora. John Ohala, američki fonetičar i Ladefogedov učenik, počeo se krajem stoljeća zauzimati za uspostavljanje fonologije* kao eksperimentalne discipline (Demolin, 2012). Ladefoged (1998) u svojoj intelektualnoj biografiji s prijelaza stoljeća navodi kako se u istraživanju govorne komunikacije koristio znanjem i pogledom iz raznih znanosti, no još uvijek nije pronađen odgovor na koji se način govorni akti organiziraju u umu.

Potrebno je spomenuti kako je razvoj interesa za područje fonetike utjecao i na oblik pravopisa (ortografije). Primarni cilj proučavanja jezika stoljećima je bio shvatiti i ilustrirati sustav vokala i prikazati ih slikovno. Ideja o izgledu pravopisa počela se korjenito mijenjati još u 17. stoljeću. Britanac Robert Robinson 1617. godine objavljuje knjigu u kojoj nudi

* Fonologija proučava logiku, funkciju i aspekte ponašanja govornih glasova, zvanih i *fon*. (Demolin, 2012).

pseudo-artikulacijski pristup izgovoru vokala, nudeći i posebnu notaciju s novim oznakama i korištenjem dijakritika (Pfitzinger i Niebuhr, 2011). Razvoj pravopisa bilježi se i kroz tiskanje Biblije za potrebe misionarskih misija Katoličke crkve u Africi. Sin Alexandera Bella, Melville Bell, sredinom 19. stoljeća osmislio je vlastiti fonetski notacijski sustav. Oznake su predstavljale artikulaciju prema mjestu načinu i zvučnosti, no nije se koristio slovima abecede, već je osmislio vlastite oznake nalik na ikonske reprezentacije aktivnosti samog artikulatora (Duchan, 2006). U drugoj polovici 19. stoljeća, kako fonetika postaje dio kruga akademskih kolegija, korjenito se i mijenja način shvaćanja pravopisa budući da klasična notacija u pravopisu nije odgovarala svim potrebama lingvista. Zbog toga, oko 1890. godine nastaje međunarodna abeceda, IPA (eng. *International Phonetic Alphabet*), koja nosi isti akronim kao i pripadajuća organizacija (eng. *International Phonetic Association*) (Loakes, 2013).

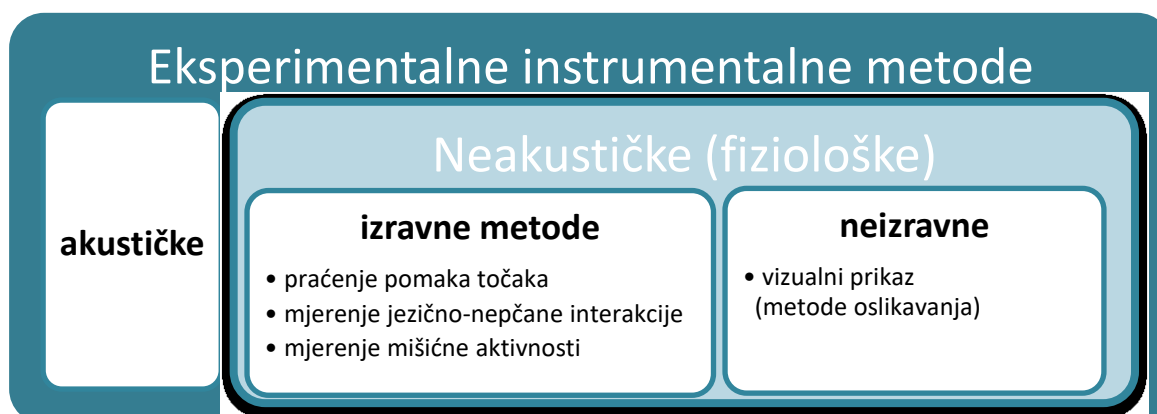
3. VRSTE INSTRUMENTALNIH METODA

Zbog čega se istraživači u fonetskim znanostima odlučuju za korištenje eksperimentalne metode u svom istraživanju? Istraživanja u području fonetike prema navodu autora Heydarov, Jafarov i Habibova (2019) od iznimne su važnosti, budući da je moguće proučavati sustave zvukova kroz različite smjerove. Smatraju bitnim stavku da u *svim jezicima sastavnice govora su skoro identične, no u nekim jezicima uloga tih sastavnica nosi vrlo drugačiju i specifičnu ulogu*. Smatraju fonetiku važnom zbog proučavanja govora kao ljudskog komunikacijskog alata. Nadalje, smatraju da eksperimentalne metode u fonetskim istraživanjima pružaju vrlo točne rezultate, stoga privlače pozornost istraživača lingvističkih područja. Malberg (1995:85) navodi kako se u proučavanju glasnika i njihova odnosa fonetičari služe raznim metodama, no kao najbitniju smatra sam sluh ispitivača. Upotrebu istraživačkih aparata smatra tek metodom provjere i dopune već otkrivenog. Područje eksperimentalne ili istraživačke fonetike, prema autoru, daje podatke o objektivnim svojstvima pojava obično percipiranih subjektivno. Za Heydarova, Jafarova i Habibovu (2019) eksperimentalna fonetika istražuje akustična i fiziološka svojstva govornih zvukova unutar jednog jezika ili obitelji jezika uz pomoć uređaja, stoga ju definiraju kao skup instrumentalnih metoda za proučavanje sastavnica govora.

Sumirajući navedeno te prema definiciji enciklopedije Encyclopedia Britannica, preuzetoj od Ladefogeda (1998), može se uobličiti kako se eksperimentalna fonetika služi metodama istraživanja često korištenim u drugim disciplinama (primjerice fizici, medicini, psihologiji) kako bi mjerila fizičke i psihološke dimenzije govornog zvuka i njegove perceptivne karakteristike. Velik dio rada u eksperimentalnoj fonetici usmjeren je na dobivanje točnijih podataka glasovnih deskriptora koji karakteriziraju različite svjetske jezike. Koriste se razne tehnike istraživanja, poput analize spektrografa zvuka i govorne sinteze u akustičkoj fonetici, dok se za proučavanje aktivnosti govornih organa koriste rendgen, snimanje pritiska zraka i prolaska zraka, palatografija i sl. Također, postoje studije usmjerene na određivanje relativne važnosti raznih osobnosti u signalnim kontrastima među glasovima. Fonetičari koji se bave eksperimentima najvjerojatnije su najviše zabrinuti pokušavanjem otkrivanja centralnih neuroloških procesa koji su uključeni u govor. Prema Milasu (2009: 13), mjerni instrumenti i sam postupak mjerenja neobično su važni i o njima ovise preciznost i valjanost naše procjene. U velikom se broju slučajeva pokazalo kako je prosječan čovjek razmjerno loš i nepouzdan procjenjivač, pogotovo ako za to prethodno nije uvježban.

Zahvaljujući povijesti njihova tehnološkog napretka, instrumentalne metode veoma su zastupljene u novijim fonetskim istraživanjima. Prema knjizi Horge i Likera (2016: 321), eksperimentalne instrumentalne metode istraživanja izgovora sadrže dodatnu podjelu, te se dijele na dvije temeljne skupine s određenim podjelama ovisno o direktnosti metode (prikazano vizualno i na Grafu 1.):

- Akustičke metode,
- Neakustičke (fiziološke) metode:
 - izravne metode:
 - metode praćenja pomaka točaka,
 - metode mjerenja jezično-nepčane interakcije,
 - metode mjerenja mišićne aktivnosti.
 - neizravne metode:
 - metode vizualnog prikaza ili metode oslikavanja.



Graf 1. Prikaz podjela eksperimentalnih instrumentalnih metoda istraživanja izgovora

Podjela na izravne i neizravne ovisi o tome mjeri li istraživački uređaj direktnim kontaktom s artikulatorom ili indirektnim kontaktom, odnosno promatranjem vizualizacijom (Horga i Liker, 2016). U novije vrijeme s ciljem prikaza govora koriste se instrumentalne tehnike poput ultrazvuka (UZV), magnetske rezonancije (MRI) i elektromiografije (EMG) te posebne instrumentalne tehnike poput elektromagnetske artikulografije (EMA) (McLeod, 2012). Spomenute metode, njihov razvoj i tehnike bit će razrađene u sljedećim poglavljima. Postoje i druge podjele prema tehnikama istraživanja u fonetskim znanostima (prema Heydarov, Jafarov i Habibova, 2019): metoda opservacija, somatska metoda, oscilografska metoda, pneumatska metoda, spektralna metoda, kombinatorna metoda i metoda povijesne usporedbe. Referirajući se na radove iz 1970-ih i 1980-ih godina, autori ne ulaze u objašnjenje takve podjele niti daju njihov sažetak, stoga one nisu razrađene u nastavku teksta.

3.1. Akustička metoda

Razvoj računalnih komponenti i pripadajućih programa omogućio je i velik napredak u analizi govornih signala. Prema Loakesu (2013) sustavi za lingvističku analizu drastično su se promijenili tijekom vremena te trenutno mogu snimiti i pohraniti visokokvalitetne snimke govora na osobnom računalu. Kao instrumentalna metoda za akustičku analizu koristi se velik broj računalnih programa/programskih paketa i njihovih inačica, alata i skripata. Neke od osnovnih funkcionalnosti svakog od njih su manipulacija zvuka u kontekstu fonetike – prikaz spektra frekvencija u jedinici vremena (spektrogram) na kojemu se mogu zabilježiti osnovne i više frekvencije, nakupine energije (formanti), prikaz intenziteta zvuka i valnih oblika. Spektrogrami riječi do složenih dijaloga danas se računalnim programima mogu proizvesti gotovo trenutačno (Loakes, 2013). Prema analizi radova (Heydarov, Jafarov i Habibova, 2019; Bombien et al. 2006; službena dokumentacija) navodi se nekoliko značajnih računalnih programa za primjenu u akustičkim istraživanjima, objašnjenih u daljnjem tekstu (ikone prikazane na Slici 1.).



Slika 1. Ikone najčešće korištenih računalnih programa (Praat, EMU, WebMAUS, AAA)

PRAAT: ovaj računalni program nastao na Sveučilištu u Amsterdamu rad je tamošnjih profesora Paula Boersmaa i Davida Weeninka. Sam naziv dolazi od imperativa riječi govoriti na nizozemskom jeziku (Boersma & Weenink, 2007). Taj alat namijenjen je proučavanju govora te omogućuje označavanje glasova na više razina, izradu oscilograma, spektrograma i intonograma. Program Praat podržava i pisanje vlastitih skripata¹ s kojima se koje rade sistematske analize kontinuiranih prozodijskih događaja na velikoj razini. **PSOLA** (eng. *Pitch Synchronous Overlap Add*) je također jedna od važnih funkcionalnosti unutar

¹ Skripte su sekvencirane upute koje izvršava računalno u svrhu automatizacije nekog procesa. (*Script*. Merriam-Webster Dictionary. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/script>. Pristup 3. 2. 2021)

Praata, a koristi se za manipulaciju tonom. **ProsodyPro** razvijen je kao alat/skripta unutar Praata za potrebe istraživanja na londonskom sveučilištu UCL kao doktorski rad. Koristi se za procesuiranje velike količine podataka nekog govora (ili korpusa) s visokom preciznošću. Automatizira postupke poput lociranja i otvaranja snimki govora, mjerenja te spremanja rezultata u oblik pogodan za statističku analizu i grafičku obradu. Omogućuje ispitivaču intervenciju u radu algoritama koji su skloni greškama (poput segmentacije visine tona). Algoritmi za podešavanje F0 i algoritmi za normalizaciju vremena jezgra su skripte. U kombinaciji s Praatom algoritmi se nalaze u jedinstvenoj skripti te se mogu pokrenuti na svim računalnim platformama.

SpeechMark: računalni program koji su osmislili istraživači i razvojni programeri s interesom proučavanja govorne proizvodnje i govorne akustike. Razvijen na Sveučilištu Cincinnati i Sveučilištu Northeastern. Prema podacima službene dokumentacije na mrežnim stranicama, sadrži automatske alate za detekciju, brojanje i analizu akustičkih događaja u govornim signalima za potrebe mjerenja različitosti u govornoj artikulaciji. Temelji se na detekciji govorno-akustičkih oznaka i najpogodniji je za brze i automatske analize malih, ne-lexičkih razlika u produkciji istog govornog materijala kod istog govornika. Primjeri korištenja su u studijama vokalizacije djece s tipičnim i atipičnim razvojem (Fell et al., 2002, 1998 prema službenoj dokumentaciji), govora kod normalnih osoba i osoba deprivirana sna (Boyce, MacAuslan, et al., 2008 prema službenoj dokumentaciji).

EMU: Integrirana kolekcija računalnih programskih alata za kreiranje, manipulaciju i analizu baza podataka govora, odnosno anotiranih govornih korpusa (Bombien et al. 2006). Jezgra sustava je pretraživač koji omogućuje pronalazak raznih segmenata govora temeljeno na njegovoj sekvencijskoj i hijerarhijskoj strukturi u kojoj se nalaze govorni iskazi (eng. *Utterance*). EMU se koristi i kao označivač koji prikazuje spektrogram i druge valne oblike govora te kreira hijerarhijske oznake za govorne iskaze. Harrington et al. (2003) prema Bombien et al. (2006) navodi kako je moguće oznake u Praatu konvertirati u EMU i obrnuto. Prema službenoj dokumentaciji, razvojni tim za sustav EMU prestao je s podrškom 2013. godine, no Winkelmann, Harrington i Jansch (2017) objavljuju rad analizirajući komponente potpuno restrukturirana i nanovo dizajnirana sustava EMU, koji nazivaju EMU-SDMS (eng. *Speech database management system*) centrirana oko modernih baza podataka i programskog jezika R. Naknadnim usavršavanjem nastaje The EMU Speech Database Management System

(EMU-SDMS) te nasljedno tome i **Emu-WebApp**. Službena dokumentacija navodi kako je to *web*-aplikacija namijenjena potpunom radu u internetskom pregledniku u kojem korisnik ima pristup alatima za označavanje i korekciju s dodatnim značajkama za vizualizaciju. Aplikacija može renderirati sadržaj poput spektrograma ili računskih operacija direktno na preglednik. Pisana je potpunosti u HTML-u, CSS-u i JavaScriptu te se zbog toga može koristiti i kao zasebna aplikacija za označavanje, a ima ugrađen i WebSocket, s kojim je moguće koristiti aplikaciju i kao dodatak u suradnji s drugim alatima. Nije potrebna serverska dodatna kalkulacija ili računska operacija.

MAUS sustav: slobodno je dostupan softver (*freeware* paket ili *web*-aplikacija) čiji akronim znači *Munich Automatic Segmentation*. Predmet je rada i nadogradnje Ludwig-Maximilian sveučilišta u München–u, u kombinaciji suradnje Bavarskog arhiva za govorne signale (eng. *Bavarian Archive for Speech Signal*, kratica BAS) te Odsjeka za fonetsko i govorno procesiranje. Koristi se kao tehnika u mnogim istraživačkim radovima, te se među prvima spominje u radu Shiel, Kipp i Tillman (2015). Prema radu Shiela (2015), zamišljen je kao skup potpuno autonomnih algoritama za segmentaciju i označavanje govornog signala u fonetske segmente. Trenutna verzija pokriva 15 jezika (uglavnom europskih). Taj računalni program također sadrži tehniku za neovisni jezik koja se koristi čistim SAM-PA (akronim od eng. *Speech Assessment Methods Phonetic Alphabet*) ulaznim vrijednostima za procesiranje nepodržanih jezika ili jezika koji nemaju ortografski sustav (pismo). Ostali alati u paketu omogućuju segmentaciju potpunih korpusa ili iterativnu segmentaciju s mogućnošću adaptacije akustičkog modela na govorne podatke. Izlazne vrijednosti mogu biti proizvedene u SAMPA-i, IPA-i ili prema mjestu artikulacije.

Kay MVDP: ovaj je program potrebno spomenuti kao jedan od pionira akustičke analize govornih signala. Akronim MVDP označava multidimenzionalni glasovni program. Nicastri et al. (2004) navode kako je zahvaljujući kompaniji Kay Elemetrics od 1993. godine moguće analizirati i kvantitativno procijeniti čak 33 parametra govora prilikom jedne vokalizacije. Velik broj radova objavljen je pomoću ovog programa, kako analizirajući normalnu govornu proizvodnju tako i govornu patologiju (Christman et al., 2015). Neke od funkcionalnosti bile su izračun fundamentalne frekvencije, amplitude, formantata, *shimmera*, *jittera* i sl. Važno je spomenuti kako je u radu Richardson et al. (2020) MVDP program korišten kao predmet

istraživanja za usporedbu dobivenih podataka govorne analize s programima Praat i MV32, gdje su dobiveni rezultati analize značajno odstupali od ostalih programa.

Vrijedno je spomenuti i sustav *SIS II*. To je sustav koji pruža širok raspon profesionalnih alata za razne vrste istraživanja govornih signala, poput segmentacije i interpretacije teksta, jasnog vizualnog prikaza signala, ručne i automatske usporedbe govornih fonograma, itd. Nadalje, *OTExpert 5.0* sustav je koji omogućuje reprezentaciju audio signala u valnim oblicima, spektrogramima i intonogramima. Omogućuje izračun osnovnog tona, formanta te može pružiti usporedbu fonograma i njihovih presjeka, izračunati omjer signala i buke (*eng. Signal to noise ratio*, kratica SNR). *WinPitch Pro W10* sustav je koji se koristi za istraživanja prozodije govora. Sadrži prikaz spektrograma u realnom vremenu, analizu višestrukog praćenja F0, analizu videosadržaja i audiosadržaja i sl. Računalni programi koji se znaju koristiti u akustičkoj obradi govornog materijala primjerice su *Audacity* i *LMMS* no njihova namjena je prvenstveno u glazbene svrhe. *AAA (Articulate Assistant Advanced)* računalni je program za snimanje i analizu podataka govorne produkcije, najčešće dobivenih pomoću ultrazvuka, elektromagnetske artikulografije, magnetske rezonance ili elektropalatografije.

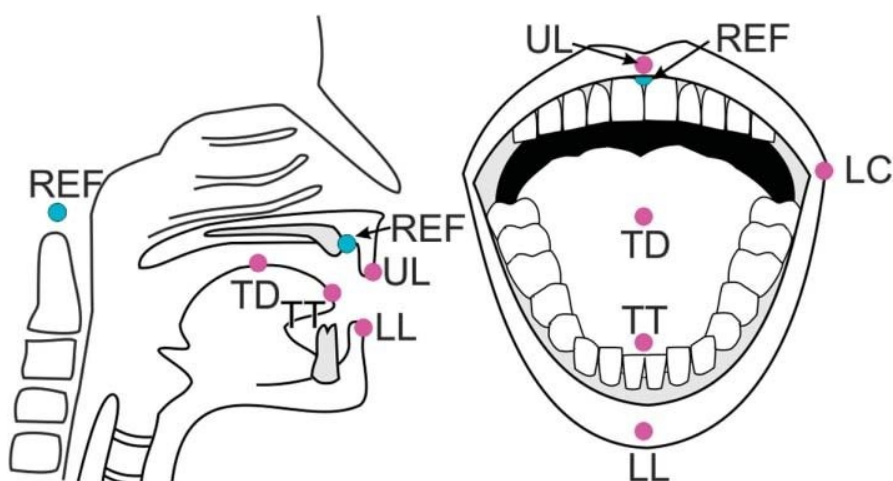
3.2. Metode praćenja pomaka točaka

Karakteristika metoda praćenja pomaka točaka uvid je u točno određena mjesta proučavane artikulacijske strukture. U nastavku su detaljnije objašnjene takve dvije najzastupljenije tehnike u fonetskim istraživanjima izgovora vokala (Carović, 2014).

3.2.1. Elektromagnetska artikulografija (EMA)

Elektromagnetska artikulografija (EMA) eksperimentalna je metoda kojom je moguće u realnom vremenu zabilježiti 3D-pokrete usana, čeljusti, jezika i mekog nepca prilikom proizvodnje govora. Koristi se i u istraživanjima poteškoća govora (Murdoch, 2011; Kroos, 2008). Praćenje točaka unutar usne šupljine koje sudjeluju u artikulaciji vrši se heuristički postavljenim senzorima u longitudinalnoj ravnini (Pattem et al. 2018). Začetak ove metode dogodio se prije skoro četrdeset godina pomoću vrlo ograničenih 2D sustava koji su do devedesetih godina razvijeni u 3D. Carović (2014:52) prema Beckman i sur. (1995), Stone (2013), Howard i Heselwood (2013) navodi kako je EMA financijski vrlo zahtjevna tehnika

koja koristi elektromagnetske zavojnice smještene na artikulatore vokalnog trakta. Zavojnice primaju i reflektiraju signale i informacije o dinamici pokreta artikulatora i modifikacijama u izgledu vokalnog trakta u određenom vremenskom intervalu. Na ispitanika se može postaviti maksimalno pet (5) referentnih točaka (opcije su donja i gornja usna, vrh i leđa jezika, meko nepce ili čeljust). Prema navodu Kroosa (2008) postoji nekoliko komercijalnih sustava, poput AG500 (Carstens Medizinelektronik) i Aurora system (NorthernDigital). Kao primjer istraživanja može se navesti neki od prethodnih radova pomoću EMA-e s normalnom auditornom povratnom vezom (eng. *auditory feedback*), koji sugeriraju kako mnoge kategoričke greške uključuju subfonemske artikulacijske greške, uključujući i koprodukciju mnogostrukih segmenata (Goldstein et al., (2007), Pouplier (2007), Pouplier & Hardcastle (2005), prema Cler et al., 2017). U navedenom radu ispitivana je multivarijantna analiza (ANOVA) velikih artikulografskih setova podataka govora i izazvanih govornih grešaka. (Slika 2.)



Slika 2. Prikaz EMA točaka (Cler et al., 2017)

Iako ova tehnika pruža vrlo detaljne informacije o koordinaciji artikulatora vokalnog trakta, zbog svoje specifičnosti ne može se koristiti u široj primjeni – primjerice na djeci (Carović, 2014: 52)

3.2.2. Optotrak

Optotrak Certus® je neinvazivni sustav za trodimenzionalno praćenje pokreta. Nudi visoku prostornu točnost u visokoj rezoluciji za istraživanja govorne kinematike u realnom vremenu. Dodatne značajke sustava su pred-kalibracija, automatska identifikacija markera, te minimalno vrijeme otklona. Prema Horga i Liker (2016), Optotrak je osmišljen za

proučavanje mikropokreta donje čeljusti, usana ili lica te njihove međusobne utjecaje za vrijeme govorne proizvodnje. Sustav se zasniva na optičkim mjerenjima vidljivih struktura pomoću malenih pločica odnosno odašiljača koji se postavljaju na ispitivane artikulatore te od njih odašilju infracrvene signale. Procesiranjem primljenog signala bavi se centralni sustav koji s velikom preciznošću (ovisno o zadanoj osi u trodimenzionalnom prostoru) prati pomake odašiljača. Prednost je u velikoj brzini i preciznosti, no jedan od većih nedostataka je nemogućnost korištenja unutar samog govornog trakta.

3.3. Metode mjerenja jezično-nepčane interakcije

Mjerenje interakcija artikulacijske strukture jezika (dorsalnog dijela jezika) s drugom artikulacijskom strukturom (tvrdog i mekog nepca) jedna je od izravnih fizioloških metoda ispitivanja izgovora (Horga i Liker, 2016:334). Glavni primjeri su palatografija i njezine izvedenice.

3.3.1. *Palatografija (PG)*

Palatografija (PG) je metoda registracije kontakta jezika s nepcem (Horga i Liker, 2016). Prema Ladefogedu (1957), prvotno je zamišljena kao postupak u kojem osoba nanosi medicinski ugljen, kakao ili boju na zube gornje čeljusti, tvrdo i meko nepce te izgovara potrebne riječi ili fraze. Prati se kretanja jezika koji svojim pokretima odnosno dodirima područja uklanja prah. Također, autor navodi kako se palatografija može ispitivati i pomoću posebno izrađenog umjetnog akrilnog nepca, izrađenom prema gipsanom odljevu gornje čeljusti na koju je prije upotrebe također nanesen medij ili prah. Ispitivanje se provodi tako da osoba izgovara glas ili riječ te se umjetno nepce uklanja kako bi se mogle označiti dodirne točke, budući da je jezik prilikom dodira uklonio prah. Prema Anderson et al. (2004), palatografija (znana kao statična ili direktna palatografija) metoda je ispitivanja pomoću jestivih materijala za označavanje koje obilježavaju uzorak kontakta jezika s krovom usne šupljine prilikom izgovora. Zbog kontinuiranog razvoja ove metode danas se u literaturi naziva dvodimenzionalnom (2D) ili tradicionalnom palatografijom (primjer Slika 3.).



Slika 3. Primjer statične palatografije (Anderson et al., 2004)

Horga i Liker (2016) navode podjelu metoda palatografije na dvije osnovne skupine:

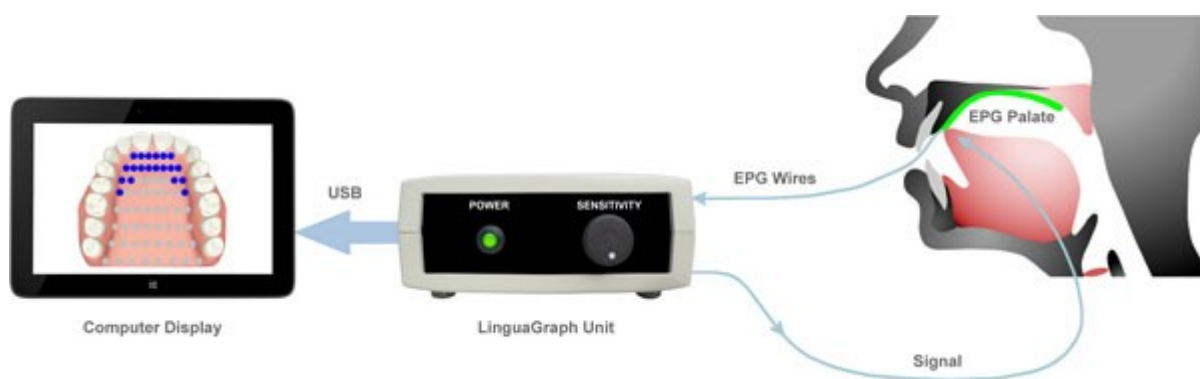
- Izravne metode (nanošenje obojene smjese direktno na jezik),
- Neizravne metode (nanošenje obojene smjese na akrilno umjetno nepce).

3.3.2. *Elektropalatografija (EPG)*

Razvoj palatografije doveo je do nastanka elektropalatografije (EPG), poznate pod nazivom palatometrija (Fabus et al., 2015). To je fiziološka, instrumentalna, neinvazivna i sigurna metoda za procjenu artikulacijske dinamike. Ispituje funkciju jezika, dajući vizualne informacije o uzorcima, lokaciji i vremenu dodira s nepcem za vrijeme govora u realnom vremenu (Murdoch, 2011; Gibbon et al., 2007). U kontekstu rehabilitacije govora može se opisati i kao instrumentalna tehnika temeljena na biološkoj povratnoj vezi koja pruža pristup liječenju skupa komunikacijskih poteškoća. U srodnoj literaturi može se pronaći i pod nazivom dinamični elektropalatografski sustav (Fabus et al., 2015). Hardacastle et al. prema Murdoch (2011) navode kako u korištenju ove metode ispitanik nosi akrilno nepce* s redovima kontaktnih senzora na njegovoj površini, gdje broj senzora može biti u rasponu od 32 do čak 124 senzora. Primjerice, sustavi bazirani na modelu Reading najčešće koriste 62 elektrode, dok modeli Kay Elemetricsa 96 elektroda (Cecile, Meynadier i Demolin, 2000). Stvoren kontakt prilikom dodira jezika i elektrode senzora prenosi se preko izvedenih žica

* Akrilni materijali napravljeni su od sintetičkih polimernih vlakna.

prema vanjskoj procesnoj jedinici (Murdoch, 2011). Multiplekser je dio centralne jedinice na koji se spaja nepce. Služi za skeniranje elektroda određenom frekvencijom uzorkovanja (tipične vrijednosti su 100 Hz ili 200 Hz) (Horga i Liker, 2016). Gledano sa strane elektrotehnike, svaka elektroda nepca je prijemnik, dok je elektroda koja odašilje signal zapravo sam jezik. Takav strujni krug upotpunjen je spajanjem ispitanika na neosjetno nisku struju, postavljajući dodatnu elektrodu na kožu ruke ili zapešća (Demolin, 2012:23). Jednom uzorkovani, podaci se šalju računalu na daljnju obradu i analizu (Horga i Liker, 2016). Potpuna shema prikazana je na Slici 4.



Slika 4. Vizualna shema korištenja EPG-a (Rose Medical. 2020. EPG System LinguaGraph.)

Proces izrade nepca uključuje rad stomatologa na izradi odlijeva gornjeg tvrdog nepca, te kompaniju koja će izraditi akrilno nepce s pripadajućim senzorima. Očitavanje signala senzora registrira se specifičnim računalnim programom. Novija nepca, doduše, nisu akrilna, već se oblikuju termoformiranjem, što ih čini jeftinijima i lakšima za održavanje. Cijena uređaja također ovisi ne samo o količini elektroda već i njihovu rasporedu. Raspored može biti ekvidistantan (jednakih razmaka među elektrodama) ili prema anatomskim karakteristikama usne šupljine ispitanika (Horga i Liker, 2016).

EPG je u praksi zadnjih tridesetak godina u istraživanjima produkcije tipičnog i atipičnog govora u više jezika. Koristi se u ispitivanju poremećaja produkcije govora osoba različite starosti i različitih zdravstvenih poteškoća. Rascjep nepca, poteškoće sluha, ugradnja pužnice, apraksija i disartrija samo su neki od poremećaja govora i slušanja kojima EPG pomaže ne samo u procjeni već i u kliničkom liječenju djece, adolescenata i starijih osoba (Gibbon et al., 2007). EPG se u kliničkom liječenju koristi kod pacijenata s poteškoćama u proizvodnji govora koji ne pokazuju znakove napretka s tradicionalnim oblikom logopedске

terapije (Fabus et al., 2015). Primjer fonetskog istraživanja je rad Volenca i Likera (2019) gdje je EPG korišten za istraživanje i empirijsku provjeru trajnosti asimilacije prilikom asimilacije nazala u hrvatskom jeziku gdje su EPG i akustični signali snimani simultano. Prema Fabus et al. (2015) Complete Speech® jedan je od rijetkih računalnih programa za EPG, no pregledom literature mogu se navesti još i Articulate Assistant Advanced, LinguaGraph i WinEPG.

Posebna metoda EPG-a je *tlakopalatografija* (PPG od eng. *Pressure palatography*) gdje se uz standardne elektrode ugrađuju i senzori pritiska. Cilj je mjerenje jačine dodira jezika i nepca, što nije bilo moguće prethodnim palatografskim tehnikama (Horga i Liker, 2016).

3.4. Metode vizualnog prikaza (oslikavanja)

Vizualni prikaz u fonetskim istraživanjima neizravna je metoda proučavanja izgovora, budući da ne postoji direktni kontakt s artikulatorom. Omogućuje se uvid u cijelu proučavanu artikulacijsku strukturu, čak i duboko u farinksu (što primjerice nije moguće drugim metodama) (Horga i Liker, 2016). Stone (2013) prema Horgi i Likeru (2016) u metode vizualnog prikaza ubraja rendgenografiju, računalnu tomografiju, magnetsku rezonanciju i ultrazvuk. Brant i Helms (2012) navode kako su računalna tomografija, magnetska rezonancija i ultrazvuk trodimenzionalne tehnike za produkciju dvodimenzionalne slike, koristeći se kros-sekcijskim (transverzalnim) slikama tijela.

3.4.1. Rendgenografija (RTG)

Najstarija ne-akustička fiziološka metoda vizualnog prikaza je *rendgenografija* (Horga i Liker, 2016). Prema autorima Brant i Helms (2012), konvencionalna dijagnostička radiologija, koju je izumio Wilhelm Roentgen, osnova je vizualne, odnosno slikovne dijagnostike. Potrebno je razlikovati termine *rendgenologija* (*radiologija*) – grana znanosti medicine koja proučava isključivo primjenu X-zraka u vizualizaciji te *rendgenografija* (*radiografija*) – postupak snimanja dijela tijela rendgenskim zračenjem u radiološkom uređaju (Hrvatska enciklopedija). Prvi postupci rendgenografije koristili su se kratkovalnim X-zrakama, projicirajući ih na ploču izrađenu od volframa. Projicirane X-zrake na pacijenta

emitirane su na fluorescentni zaslon sa spremnikom u kojemu se nalazi tanki film. U trenutku projiciranja X-zraka odvija se fotokemijska interakcija koja radi ekspoziciju na film, koji se automatski razvija pomoću vlastita procesora. Razvojem tehnologije, ovakav sustav zamijenjen je računalnim. Računalna rendgenografija koristi se fosfornom pločom uz koju se nalazi laserski čitač koji procesira signal u digitalnu sliku na zaslonu računala. Rendgen u sklopu fonetskih istraživanja počeo se koristiti vrlo brzo – dvije godine nakon Roentgenova otkrića. 1928./1929. godine američki znanstvenik George Oscar Russell proveo je najveće istraživanje rendgenom na čak 400 ispitanika, s ciljem proučavanja varijabilnosti položaja i oblika jezika u izgovoru određenih vokala. Prednost u rendgenskom istraživanju govornih organa imalo je snimanje profila glave, dok je frontalno snimanje zbog gustoće čeljusti i zuba korišteno vrlo rijetko (Horga i Liker, 2016:323).

Fluoroskopija (FS) je zasebna digitalna, vizualna tehnika kojom se X-zrake iz posebnog uređaja kroz pacijenta projiciraju na fluorescentni zaslon. U fonetskim znanostima koristi se za ispitivanje kretnje dijafragme prilikom respiracije. Primjena je i kod ispitivanja kontinuiranih pokreta (Brant i Helms, 2012).

3.4.2. *Računalna tomografija (CT)*

Prema Hrvatskoj enciklopediji, tomografija je naziv za sve radiološke metode snimanja organa ili dijelova tijela u nizu slojeva pomoću X-zraka. stoga područje rengenografskih ispitivanja uključuje i računalnu ili kompjutoriziranu tomografiju (RT) (od eng. *Computed Tomography*, kratica CT) Subtelny et al. (1957) prema Horga i Liker (2016) nazivaju je još i rendgenskom laminografijom. Kod CT pregleda osoba je okružena kružecom rendgenskom cijevi (u 360°) te elektroničkim detektorima koji rendgenske zrake pretvaraju u električne impulse. Računalo impulsa matematički rekonstruira kros-sekciju slika tijela ispitanika pomoću mjerenja napravljenih X-zrakama koje prolaze kroz tanke slojeve tkiva te izračunava njihovu apsorpciju. Računalnim algoritmima brojevi pridruženi svakom pikselu slike spajaju se zajedno u potpunu sliku. Primjena CT-a je u promatranju prokrvljenosti tkiva i organa uz intravenozni unos kontrastnog sredstva. Postoji nekoliko vrsta CT-a. S obzirom na tijek snimanja razlikuje se konvencionalni, spiralni itd. Spiralna CT tehnologija prikazuje kontinuirani prostorni prikaz određenog dijela tijela, budući da se s gibanjem rendgenske cijevi giba i podloga na kojoj leži ispitanik (Brant i Helms, 2012; Hrvatska enciklopedija).

3.4.3. *Magnetska rezonancija (MRI)*

Ispitivanje magnetskom rezonancijom je trodimenzionalna tehnika koja proizvodi snimke pomoću magnetskih polja i radiovalova. Bazira se na sposobnosti malog broja protona u tijelu da apsorbiraju i otpuštaju energiju radio valova kada se tijelo postavi u područje snažnog magnetnog polja. Različite vrste tkiva apsorbiraju i otpuštaju energiju različitim stopama. Za razliku od CT-a MRI je može prikazati i različite karakteristike tkiva (poput protonske gustoće, vremena relaksacije, tkiva, krvnog toka unutar tkiva i sl.). Iako je kontrast mekog tkiva znatno bolji u usporedbi s bilo kojom vizualnom tehnikom, pokreti poput disanja ili pulsiranja krvotoka mogu znatno utjecati na kvalitetu rezultata. Također, za razliku od brzine snimanja kod drugih vizualnih tehnika, snimanje traje deset do dvadeset minuta po osobi. Ovisno o željenoj metodi ispitivanja, postoje razne tehnike sekvenciranja i njihove posebne varijacije (poput MRI spektroskopije, traktografije vlakana i sl.). Osobe koje imaju slušne, srčane ili druge implantate ne mogu prisustvovati MRI ispitivanjima zbog utjecaja magnetskog polja na metalne komponente implantata. Zbog ovalnog oblika uređaja i uskog prostora za ispitanika nije pogodan za osobe s klaustrofobijom. Nadalje, zbog kompleksnosti slikovnog rezultata prilikom njihova tumačenja potrebna je i visoka stručnost osoblja (Brant i Helms, 2012).

3.4.4. *Ultrazvuk*

Dominantna instrumentalna tehnika za preglede u trudnoći, ultrazvuk se u znanstvenoj literaturi nerijetko spominje pod punim nazivom kao dijagnostička, dinamična, dvodimenzionalna ultrasonografija ili kao ehosonografija (hrvatski naziv). Rudimentarno objašnjavamo tehniku kao onu koja koristi odbijanje zvučnih valova u megahercnom (MHz) području (Horga i Liker, 2016). Kako bi se ultrazvukom prikazali govor ili drugi jezični pokreti, sonda s pretvornikom ili pretvaračem (eng. *transducer*) postavlja se na fiksirano postolje ili u ruke ispitanika što omogućuje potpuni kontakt s ispitanikovom bradom. Na pretvornik je nanesen poseban vodotopivi gel koji služi za poboljšanje ultrazvučnog signala. Zvučni valovi prenose se pretvornikom kroz tkivo usne šupljine te, odudarajući od jezika, stvaraju jeku koja se može registrirati (Dopplerov efekt). Vidljivost linije govornog organa ovisi o jačini ultrazvučnog vala, udaljenosti od sonde i vrsti tkiva kroz koje prolazi (Carović, 2014). Naposljetku, signal se u realnom vremenu može pretvoriti u sliku na zaslonu uređaja

(Slika 5.). Postoje različite vrste uređaja, ovisno o kompleksnosti uređaja i pretvornika te njihovoj veličini, što direktno diktira cijenu (Bernhardt et al. 2005). Primjer jednog recentnog istraživanja u fonetskim znanostima je istraživanje Lina Jingmina i Moisika (2019) u kojemu je korištena mikrokonveksna ultrazvučna sonda MC10-5R10S-3 (10 mm, 5–10 MHz), pomoću sustava SonoSpeech (kompanija Articulate Instruments). Ispitaniku je sonda postavljena ispod brade kako bi se vizualizirala sagitalna os jezika. Sonda je stabilizirana vrlo laganom aluminijskom kacigom postavljenom na glavu ispitanika. U ispitivanju je govorni materijal snimljen mikrofonom (marke Audio-Tehnica AT3035) spojenim na sučelje sa 16-bitnim uzorkovanjem na 44.1 kHz, koji signal prosljeđuje na stolno računalo. Poseban računalni program automatski je skupljao i sinkronizirao video ultrazvuka s govornim signalima ispitanika.



Slika 5. Primjer zaslona računala prilikom ispitivanja ultrazvukom (Carović, 2014)

3.4.5. *Elektroglotografija (eGG)*

Glottografija je invazivna tehnika koja se koristi umetanjem posebno izrađenog izvora svjetlosti ili fotosenzora u ždrijelo ispitanika (točnije u područje orofarinksa ili nazofarinksa). Rizik od ozljede ždrijela i neugoda prilikom ispitivanja umanjila je širu rasprostranjenost ove ispitivačke tehnike. Također, potrebno je puno truda i vremena za ručno označavanje pokreta glotisa i za analizu podataka koji imaju ograničenu kliničku upotrebu (Gerratt et al., 1991).

Elektroglotografija (EGG) je neinvazivna tehnika mjerenja promjena kontakta glasnice za vrijeme laringalne produkcije glasa. Koristi se za istraživanje direktnog signala glotalne aktivnosti (otvaranja i zatvaranja glotisa), neuključujući efekte supralaringealne

rezonancije (Mayuki Matsui i Kochetov, 2019). Tehnika je osmišljena oko 1960. godine. (Herbst, Hitch i Švec, 2010). U svom radu Herbst (2020) donosi novi pregled te metode. Prvo se mjeri osnovna frekvencija kroz određeni period te se svaki individualni glotalni ciklus ujednači unutar EGG signala. Tada se svaki ciklus lokalno normalizira prema trajanju i amplitudi frekvencije, te se vrijednosti signala označe bojom. Naposljetku, ciklusi se ulančavaju kako bi prikazali cijeli uzorak glasa u jedinstvenom pregledu, nalik na spektar zvuka. U istraživanju Mayuki Matsuija i Kochetova (2019) EGG signal generiran je pomoću EG2-PCX2 (kompanije Glottal Enterprises Inc.), a signal je pretpojačalom proslijeđen u računalni program Audacity. Elektrode EGG-a postavljene su na vrat ispitanika remenom s čičak-trakom. *Fotoglotografija (ePGG)* je tehnika mjerenja proporcija glotalnog područja. Primjena je u kliničkim istraživanjima uglavnom kod disfoničnih pacijenata (Gerratt et al., 1991).

3.5. Metode mjerenja mišićne aktivnosti

Najbitnija metoda mjerenja mišićne aktivnosti je *elektromiografija* (EMG). Ona je invazivna, instrumentalna, fiziološka metoda mjerenja električnih potencijala u skeletnim mišićima (motornim jedinicama) za vrijeme govorne proizvodnje (Horga i Liker, 2016; Berković-Šubić et al., 2016). Koristi se kako bi se dobile informacije o motornim jedinicama ljudskog tijela, to jest njihovoj bioelektričnoj aktivnosti. Prilikom ispitivanja elektrode se postavljaju na mišić ili u njega kako bi se očitale promjene. Tip i veličine elektroda ovise o predmetu istraživanja te tako mogu biti igličaste, udičaste i površinske. Rezultati uvelike ovise o iskustvu istraživača te njegovu/njezinu odabiru mjesta, načina i dubine položaja elektrode. Mjerenja se prate u realnom vremenu te na zaslonu računala prikazuju razliku potencijala nastalih aktivnošću jednog mišića ili njih više, vremensku razliku aktivacije i izgovornog pomaka te vrijeme u kojemu se postiže vršna aktivnost mišića. Berković-Šubić et al. (2016) navode kako su glavni razlozi korištenja elektromiografije (te općenito elektrodijagnostike) u kontekstu fizioterapije i rehabilitacije kvantitativan način na koji se iz dijagnoze može potvrditi ili opovrgnuti određeno neuromuskulaturno stanje koje svojom pojavom oponaša izgled miopatije (bolesti mišića, primjerice distrofije ili posljedice zaraznih ili zloćudnih bolesti). Horga i Liker (2016) navode kako se trenutno jedino ovom metodom može izravno istražiti aktivnost mišića za vrijeme govorne proizvodnje.

4. KONFERENCIJE

U nastavku je opisano nekoliko međunarodnih znanstvenih konferencija, njihov kratak povijesni pregled te organizacijska struktura. Također, predstavljen je njihov pregled glavnih tema unatrag posljednjih nekoliko godina, odnosno nekoliko održanih kongresa. U skladu s uvodom, kriterij za odabir konferencije minimalno je deset godina uzastopnog održavanja, poštujući pritom arbitrarno postavljene vremenske intervale, što znači da između održanih kongresa ne smije biti nepravilnog razmaka u godinama ili preskočenih kongresa u potpunosti. Također, kriterij je da su održavani uz sudjelovanje stručnjaka iz cijeloga svijeta (dakle međunarodnog su karaktera) s mogućnošću korištenja istraživačkih metoda i pripadajućih tehnika u fonetskim znanostima. U nastavku je opisana i konferencija koja ne ispunjava postavljene kriterije u potpunosti no vrijedna je spomena.

Prilikom inicijalnog pregleda postojećeg stanja i mrežne i knjižnične pretrage konferencija koje zadovoljavaju postavljene uvjete pronađeno je mnoštvo mrežnih stranica s ponuđenim pregledom i popisom aktualnih konferencija. S velikim brojem postojećih konferencija na globalnoj razini, pogotovo u sferi informacijskih i komunikacijskih i tehnologija (ICT), kao prvotna poteškoća u analizi postojećeg stanja često se događalo da više konferencija nosi isti akronim, što je uvelike otežavalo pretragu.

4.1. *ICPhS – Međunarodni kongres fonetskih znanosti*

Međunarodno društvo fonetskih znanosti ISPhS (eng. *International Society of Phonetic Sciences*) kao organizacija osnovana je 1938. godine u suradnji s UNESCO-om, s ciljem osnivanja i održavanja informacijskog centra za fonetičare. Kontinuirana želja organizacije je osigurati i razviti kontakt sa srodnim znanstvenim organizacijama i pomoći osnovati takve organizacije u zemljama u kojima nisu prisutne te promovirati treninge i istraživanja u području fonetike u svim zemljama i na svim razinama sustava obrazovanja. Kako navode na svojim mrežnim stranicama, jedan od ciljeva je i potaknuti istraživanje i prijenos znanja na novim i/ili specijaliziranim područjima fonetike, posebice u područjima u kojima fonetske znanosti nisu dovoljno istražene, te utjecati na praktičnu primjenu fonetike u učenju stranog jezika (L2). Društvo se bavi i promoviranjem znanstvenih skupova na temu fonetskih istraživanja, podržavajući zahtjeve za službenom potporom kroz pokroviteljstvo ili

druge oblike inicijative. Organizatori su najvećeg međunarodnog kongresa fonetskih znanosti pod nazivom ICPhS (od eng. *International Congress of Phonetic Sciences*). Konferencije se na različitim lokacijama u svijetu održavaju u razmaku od četiriju godina. Kratka lista lokacija s godinama izvođenja (zadnjih osam konferencija) prikazana je u tablici. Informacije o konferencijama održanim prije 1991. godine nisu dostupne na mrežnim stranicama i objavljenim, javno dostupnim, konferencijskim zapisnicima.

Br.	Lokacija	God.	Objavljeni radovi	Zaprimljeni radovi	recenzenata
12	Aix-en-Provence	1991	nema info	nema info	nema info
13	Stockholm	1995	598	nema info	nema info
14	San Francisco	1999	711	810	82
15	Barcelona	2003	800	1200	132
16	Saarbrücken	2007	467	708	351
17	Hong Kong	2011	542	nema info	175
18	Glasgow	2015	774	nema info	229
19	Melbourne	2019	792	nema info	473

Konferencija ICPhS organizira se kako bi povezala istraživače, znanstvenike, akademike i edukatore na istoj platformi, koja im omogućuje razmjenu stečenih znanja i iskustava te uvid u nove tehnološke trendove i njihova ograničenja u praksi. Konferencija najčešće traje pet dana, s rasporedom koji varira s obzirom na broj primljenih i odobrenih izlaganja.

ISPhS kao organizacija i pripadajući kongres ICPhS odabran je kao predmet analize upravo zbog svoje sveobuhvatnosti. Kao najveći kongres fonetskih znanosti na svijetu odličan je pokazatelj kvantitete i vrsta korištenih istraživačkih tehnika za fiziologiju govora. Značajna je količina objavljenih radova. Na svakoj konferenciji održanoj u razmaku od četiriju godina, više od 750 znanstvenih radova direktno je izloženo na konferenciji, dok sam broj zaprimljenih radova nije uvijek objavljena informacija (prema informacijama dobivenim tijekom pretrage radi se o brojevima od 700 do više od 1200). Svi radovi organizirani su prema temi proučavanja što čini pregled određena područja jednostavnim. Prema zadnjim informacijama u *Knjizi sažetaka* 2019. godine, o samoj kvaliteti objavljenih radova brine se više od 450 stručnih recenzenata (eng. *peer-reviewers*).

4.2. SMC – Međunarodni kongres o motoričkoj kontroli govora

Međunarodnu konferenciju o motoričkoj vještini, odnosno kontroli govora prvotno zvanu kao simpozij, najvećim dijelom organizira javno istraživačko sveučilište Groningen u istoimenom gradu u Nizozemskoj, gdje se od osnutka i održava. Od početne konferencije 1985. godine bave se pitanjima motoričke kontrole govora, s različitim središnjim temama. Početna tema bila je vrlo specifična (mucanje), dok su već na sljedećoj konferenciji 1990. godine za središnju temu postavljeni općeniti modeli motoričke kontrole govora s višim psihomotornim i psiholingvističkim funkcijama. Treća konferencija 1996. godine bavila se pitanjem tehnika prikaza mozga, što se nastavlja i na četvrtoj konferenciji 2001. godine s proširenjem na teorijske neurofiziološke i neurobiheviističke koncepte. Naglasak na interdisciplinarni pristup nastavio se i na petoj i šestoj konferenciji 2006. i 2011. godine. Sedma konferencija 2017. godine osmišljena je oko teme evolucije govora – filogenetske evolucije homo sapiensa, ontogenetske evolucije novorođenčadi i evolucije govornih poteškoća u raznim kontekstima. Od 2010. do 2020. godine izdane su dvije knjige zahvaljujući održanim konferencijama, uz publicistiku American Speech i organizacije Language and Hearing Association (ASHA):

- Massen, B. Val Lieshout, P. (2010). *Speech Motor Control: New developments in basic and applied research*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Massen, B. Val Lieshout, P. Terband, H. (2016) *Speech Motor Control in Normal and Disordered Speech: Future Developments in Theory and Methodology*. Oxford, UK: Oxford University Press.

Ta konferencija svakako zadovoljava sve postavljene kriterije te je važan predmet analize i kao primjer jedine konferencije za motoričku kontrolu govora.

4.3. ICPLA –Kongres međunarodne asocijacije kliničke fonetike i lingvistike

Organizacija ICPLA (eng. *International clinical phonetics and linguistics association*) osnovana 1991. godine međunarodna je organizacija s ciljem poticanja razvoja primijenjene lingvistike i fonetike za istraživanja jezičnih i govornih poremećaja. Spoznaje tih primjena mogu se koristiti za unaprjeđenje lingvističkih i fonetičkih teorija ili za razvoj novih pristupa evaluaciji, dijagnostici i tretmanu komunikacijskih poteškoća. Konferencije su održavane na dvogodišnjoj razini, organizirane svaki puta u drugoj zemlji. Konferencije obično traju tri

dana te uključuju usmene prezentacije, poslovne sastanke, prezentacije stručnih plakata te vremena posvećena neformalnim diskusijama. Organizacija konferencije za 2020. godinu prebačena je na 2021. godinu zbog pandemije korona virusa. Službeni časopis organizacije je *Clinical Linguistics and Phonetics* koji se objavljuje od 1987. godine, a od 2007. godine časopis se objavljuje svaki mjesec. Ta konferencija svakako zadovoljava svaki postavljeni kriterij te je važan predmet analize kao primjer velikog međunarodnog kongresa s temom kliničke logopedije i rehabilitacije govora.

4.4. Istraživanja govora

Istraživanja govora (**IG**) je hrvatski znanstveni skup s mogućnošću sudjelovanja međunarodnih istraživača, u cilju predstavljanja novih fonetskih znanstvenih istraživanja i spoznaja. Iako u trenutnom obliku izvođenja ne zadovoljava postavljeni kriterij za odabir kongresa budući da nije u potpunosti međunarodnog karaktera, zaslužuje spomen kao jedini hrvatski kongres s dugogodišnjom tradicijom održavanja koji okuplja stručnjake iz cijele regije. Skup organiziraju Odjel za fonetiku Hrvatskoga filološkog društva te Odsjek za fonetiku Filozofskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Prvi skup pod nazivom *Govorne komunikacije* održan je 1984. godine. Od drugog skupa 1995. godine odlučeno je kako će skup pod novim nazivom *Istraživanja govora* biti održavan svake treće godine u prosincu na Filozofskom fakultetu u Zagrebu. Službeni jezici su hrvatski i engleski. Skup je obično centriran oko jedne glavne teme. Središnje teme prema godini kongresa su:

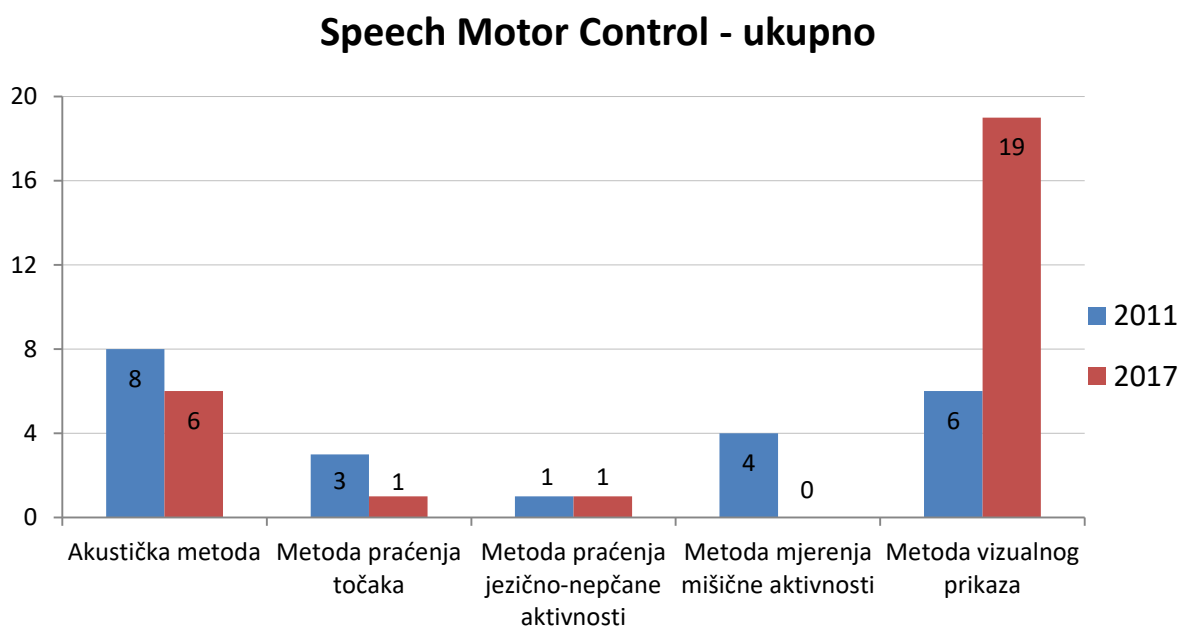
- **IG 2010:** Fonetika hrvatskoga jezika uz dodatnu temu Opće fonetske teme.
- **IG 2013:** Umjetnički glas, uz još dvije glavne teme: Opće fonetske teme i Retoriku.
- **IG 2016:** Prozodija govora, uz drugu temu pod Ostale fonetske i retoričke teme.
- **IG 2019:** Koartikulacija i instrumentalne fiziološke tehnike, dok je u području Općih fonetskih tema posebno naglašena tema Ortoepija.

5. ANALIZA INSTRUMENTALNIH ISTRAŽIVAČKIH METODA

Analiza istraživačkih radova kongresa fonetskih znanosti obavljena je nekoliko koraka. Prvi korak je pregled naslova rada te pretraga po ključnim riječima dokumentu te provjera nalazi li se ključna riječ u odgovarajućem paragrafu. Ako odgovarajući podatak nije pronađen, sljedeći korak je čitanje sažetka te pregled navedenih ključnih riječi. Ako ni tada podatak o korištenim instrumentalnim tehnikama nije uočljiv, sljedeći korak je čitanje cijelog znanstvenog rada, s naglaskom na poglavlje Metode. Tada se prepoznata tehnika ili njezino odsustvo zapisuje u tablicu svih radova. Informacije o korištenim instrumentalnim metodama tražene su u paragrafu rada pod podnaslovom *Metoda* (negdje zvano i *Pribor* ili *Instrumenti*) gdje se u znanstvenim publikacijama tradicionalno opisuju potankosti izvođenja znanstveno-istraživačkog rada i korištenih metoda. Općenito govoreći, prema uputama za strukturiranje znanstvenih publikacija (Milas, 2009), sama provedba rada treba opisivati vrednovanje nacrtu istraživanja, kritički odnos spram njegove primjerenosti i prosudbu o opravdanosti izvedbenih zaključaka temeljeno na pretpostavljenoj hipotezi – sve informacije nužne za potpuno razumijevanje studije. No ručna pretraga unaprijed definiranih metoda prema ključnoj riječi pokazala se izrazito teškom, budući da postoji značajna razlika u kvaliteti pisanja te samog strukturiranja objavljenih radova. Analizirana su ukupno 1634 znanstvena rada s više od 4500 stranica teksta. Zatečena je vrlo visoka varijabilnost – ponekad se instrumentalne metode spominju nekoliko puta u svakom dijelu teksta: od sažetka rada i navođenja ključnih riječi do razrade i zaključka, dok se ponekad korištena metoda može razaznati isključivo kroz korištene vizualne prikaze (primjerice MRI ili Praat) ili u samom navođenju literature. Ovakva različitost u formatiranju znanstvenih radova uočena je neovisno o analiziranoj konferenciji.

Raspravu o analizi može se započeti s rezultatima istraživanja kongresa o govornoj motoričkoj kontroli održanih 2011. i 2017. godine, s ukupno sedamdeset znanstvenih radova (35 po svakoj konferenciji). Rezultati prethodnih konferencija (2006. godine i ranije) nisu dostupni na mrežnim stranicama konferencije. Zakazana konferencija za 2021. godinu odgođena je za 2022. godinu zbog pandemije korona virusa. Analiza obrađenih rezultata (Slika 6.) prikazuje vidljiv porast u svim vrstama istraživačkih metoda na račun metode vizualnog prikaza, posebice po pitanju korištenja tehnike ultrazvuka. Takav rezultat može označavati prijelaz iz skupljih, vremenski dugotrajnijih istraživanja (ne nužno longitudinalnih) na ona kraća i jednostavnija. U kategoriji metoda mjerenja mišićne

aktivnosti, tehnika elektromiografije (EMG) korištena je u četirima radovima na konferenciji iz 2011. godine, dok nema zabilježene tehnike u istraživanju iz 2017. godine, što označava potpuno napuštanje te tehnike. Budući da je elektromiografija (EMG) invazivna tehnika, a ultrazvuk neinvazivna tehnika, može se zaključiti kako se unutar dviju konferencija dogodio značajan prelazak s invazivnih na neinvazivne tehnike istraživanja.



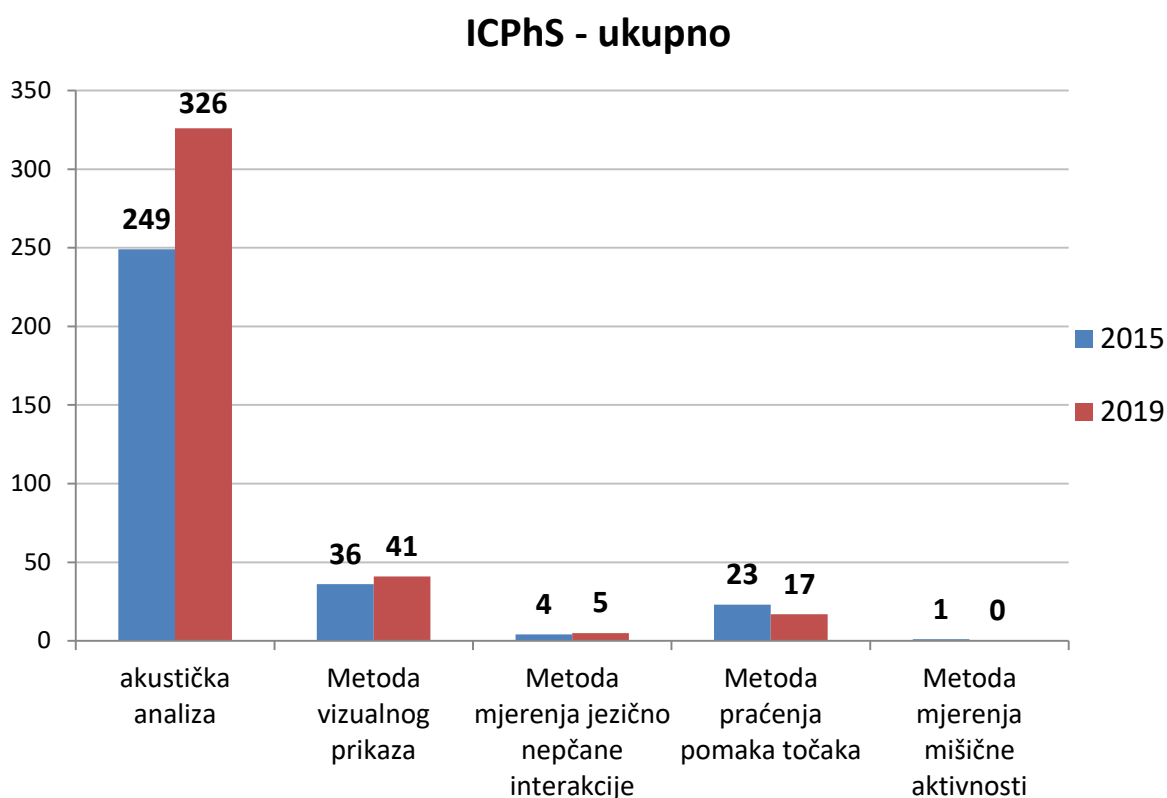
Slika 6. Prikaz ukupnih rezultata SMC kongresa prema korištenoj metodi istraživanja.

Ne može se s točnošću ustvrditi razlog budući da moguće da su se izlaganju na kongresu pridružili istraživači koji svoje radove nisu prijavili na prethodne (ako se radi primjerice o longitudinalnom istraživanju pomoću iste tehnike), ili se uistinu radi o novoodabranim metodama koje su prvi put korištene i objavljene u tim radovima (s mogućnošću naknadnih radova). Zanimljivo je također kako se samo u jednom radu akustička analiza obavlja alatom Praat, te da općenito analiza akustičkih parametara softverom kao objektivno najjednostavnijom metodom nije više zastupljena. No opet, moguće je da zbog specifičnosti tipa konferencije (motorička govorna kontrola kao vrlo usko polje istraživanja) i teme istraživanja akustičkim metodama nisu donosila posebnu vrijednost.

Analiza radova konferencije ICPLA napravljena je na materijalima od 2009. do 2020. godine, s ukupno 800 radova na jednako toliko stranica. Iako dostupni dijelom i fizičkom obliku, konferencijski programi sadržavali su samo kratke opise znanstvenih istraživanja, a ne potpune znanstvene radove kao u primjerima SMC i ICPhS kongresa. Budući da se radi o

redom kliničkim istraživanjima, najzastupljenije su tehnike transkripcije govora (ručne i računalne), rad na testovima percepcije s osobama s patologijom sluha, govora i/ili neurološkim poteškoćama. Pronašao se jako mali broj radova u kojima se zapravo navodi neka od istraživačkih eksperimentalnih metoda prema prethodno definiranim kriterijima u ovom radu, stoga nije moguće dobiti reprezentativne rezultate.

Analiza znanstvenih radova na ICPhS kongresima odvijala se šest mjeseci te se sastojala od pregleda 865 znanstvenih radova s više od četiri tisuće stranica mrežnih materijala u rasponu objavljivanja od deset godina (dva kongresa). Izazovi u pregledu tekstova svakako su nedosljednosti u formatiranju teksta, oblikovanju istraživanja, citiranju, formiranju ključnih riječi te su uvelike otežavali čak i ručno označavanje korištenih istraživačkih metoda. Prema sljedećoj slici (Slika 7.) prikazana je ukupna analiza zastupljenosti istraživačkih metoda na kongresima ICPhS 2015. i 2019. godine:

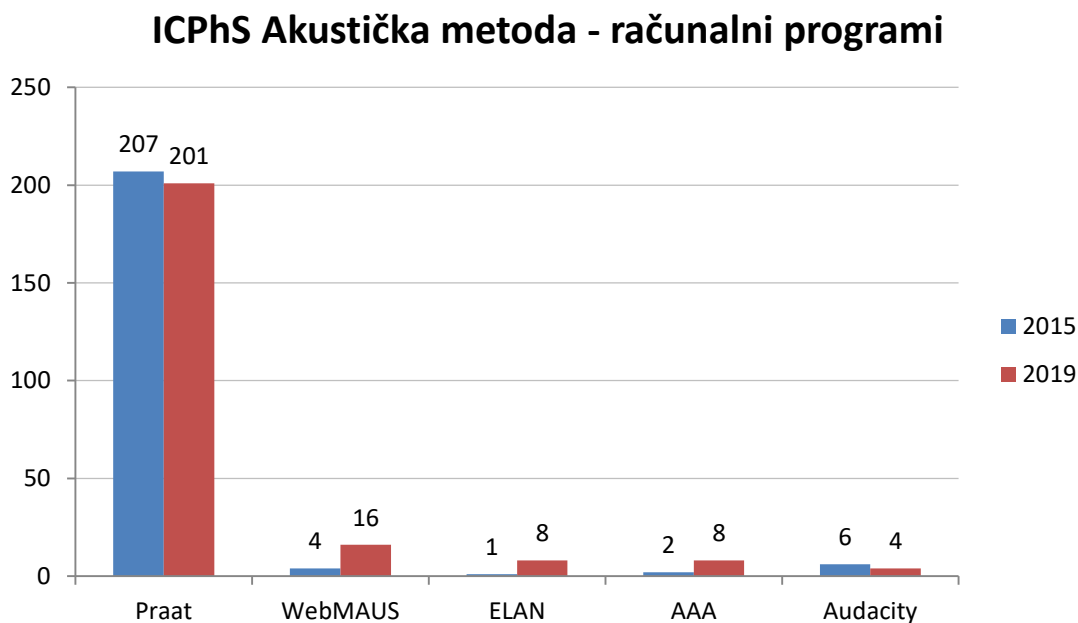


Slika 7. Prikaz ukupnih rezultata ICPhS kongresa prema korištenoj metodi istraživanja

Prema slici može se zaključiti kako je:

- najbrojnija metoda akustička analiza s prosjekom od oko tristo pojavljivanja po konferenciji (otprilike 80% ukupnog broja registriranih fizioloških metoda).
- sljedeća je metoda vizualnog prikaza s prosjekom od 40 pojavljivanja (otprilike 10% ukupnog pojavljivanja).
- metoda praćenja pomaka točaka pojavljuje se u još manjem broju, s prosjekom od dvadeset po konferenciji (otprilike 7%).
- metode mjerenja jezično-nepčane interakcije i metode mjerenja mišićne aktivnosti vrlo niske, gotovo zanemarive stope pojavljivanja.

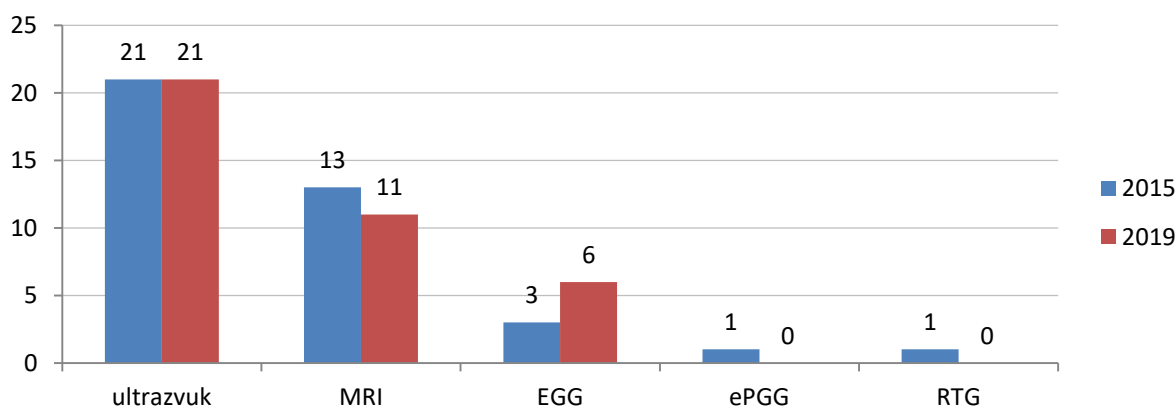
Također, moguće je prepoznati značajniju razliku u vrijednostima 2015. godine i 2019. godine isključivo u području akustičke analize. Podaci se neznatno razlikuju kod metode praćenja pomaka točaka gdje je vidljiv pad u broju korištenih tehnika u 2019. godini s obzirom na 2015. godinu, dok je za metodu vizualnog prikaza obrnuto proporcionalno, odnosno vidljiv je blagi rast. Valja napomenuti kako su iz analize izuzete razne tehnike neurološke slikovne dijagnostike, alati za transkripciju govora i općenita transkripcija te računalna analiza podataka velikih govornih korpusa – tehnike koje se mogu svrstati pod ostale, no brojčano zastupljene.



Slika 8. Prikaz akustičke metode na ICPhS konferencijama s obzirom na korišteni alat.

Postavlja se pitanje na osnovu čega je zapravo došlo do porasta broja tehnika u akustičkoj metodi ako niti jedna druga metoda nije manje zastupljena? Prema Slici 8. može se primijetiti kako je broj zabilježenih korištenja Praata ostao gotovo isti kroz godine, no zamjetna je razlika u porastu skoro svih ostalih računalnih programa u kombinaciji s Praatom kao najzastupljenijim. Tako je moguće pronaći sve više znanstvenih istraživanja kojima za akustičku analizu nije korišten samo jedan računalni program već u isto vrijeme za različite stvari koriste njih više – primjerice Praat, WebMAUS te Articulate Assistant Advanced. Praat je u svom izvornom obliku 2015. godine bio zastupljen sa 73% u svim istraživanjima s akustičkom analizom, dok se u 2019. godini taj postotak smanjio na 55. Moguće objašnjenje je Praatove nemogućnosti kao računalnog programa u praćenju novih trendova, hardverskih zahtjeva ili primjerice potrebnoj obradi sve kompleksnijeg govornog materijala. Provjerom Praatove dokumentacije nisu vidljive značajne promjene u većim funkcionalnostima sustava, što svakako može biti razlog zašto se sve više istraživača odlučuje za korištenje drugih softvera kao dodatkom ili potpunom zamjenom. Prema navodu Sarvasy et al. (2020), u alatu Praat postoji određena nemogućnost preciznog automatskog označavanja (detekcije) formanta kod snimki lošije kvalitete, što može biti jedna od prekretnica kod odabira pravog alata za akustičku analizu govornog materijala. Istraživanja vremenske varijabilnosti, asimilacija glasova, tona (eng. *pitch*) i osnovne frekvencije te njihove pripadajuće konture, VOT (eng. *voice onset time*, kratica VOT), koartikulacija L1 i L2 govornika i dalje se u najvećem postotku istražuje alatom Praat. On je također u potpunosti dominantan u radovima čiji je predmet istraživanja vrijeme uključivanja govora (VOT) s više od 90% podudaranja.

ICPhS Metoda vizualnog prikaza



Slika 9. Prikaz korištenih tehnika u metodi vizualnog prikaza na ICPhS-kongresima.

Nadalje, potrebno je prokomentirati i tehnike u metodi vizualnog prikaza (Slika 9.), u kojima se dubljom analizom podataka dolazi do uvida kako je zastupljenost ultrazvuka konstantna, s identičnim brojem zabilježenih korištenja na objema analiziranim konferencijama. Korištenje magnetske rezonancije u odnosu na 2015. godinu u blagom je padu, dok se elektroglotografija koristi dvostruko češće. Također, ispitivanja ultrazvukom u vrlo visokom postotku popraćena su akustičkom analizom dobivena materijala u Praatu. Kao zanimljiv dodatak u analizi kongresa dodatno je zabilježen i način statističke obrade prikupljenih podataka – u veoma velikoj mjeri spominje se računalni jezik za statističke izračune i grafičke prikaze **R**, s pripadajućim paketom **lme4**. Matlab je također često spominjan alat za statističku obradu podataka. Analiza varijance (eng. *Analysis of variance*, kratica ANOVA) najčešće je zastupljena statistička metoda obrade podataka.

6. ZAKLJUČAK

Ovaj diplomski rad započinje s kratkim povijesnim pregledom razvoja instrumentalnih metoda u fonetskim znanostima čime se dolazi do podjele instrumentalnih istraživačkih metoda s ciljem proučavanja fiziologije govora. Opisana je osnovna podjela na akustičke metode te neakustičke ili fiziološke metode koje su dodatno podijeljene na metodu praćenja pomaka točaka, metodu mjerenja jezično-nepčane interakcije te metodu vizualnog prikaza ili oslikavanja. U svakoj od metoda postoji nekoliko tehnika kojima se istraživači koriste u ispitivanjima fiziologije govora, poput elektropalatografije, elektromagnetske artikulografije ili ultrazvuka. U radu je također opisano nekoliko konferencija s obzirom na definirane kriterije (međunarodnog su karaktera, dugotrajne i kontinuirane u postojanju, te se na njima objavljuju znanstveni radovi u kojima su korištene i istraživačke metode fiziologije govora). Kvantificiranje navedenih metoda isključivo prema ključnoj riječi nije pridonijelo analizi budući da se manualnim pregledom ustanovila velika raznolikost u kvaliteti pisanih radova i njihova strukturiranja, a ponekad instrumentalne metode uopće nisu navedene iako se iz konteksta može razlučiti o kojoj se tehnici točno radi. Slične analize znanstvenih radova već postoje te su analizirani prema sličnim kriterijima upravo zbog navedene problematike. Dugotrajnom ručnom analizom spomenutih instrumentalnih istraživačkih metoda na međunarodnim kongresima fonetskih znanosti ustanovljeno je kako je u prosjeku trima od četiri istraživanja proizvodnje govora korištena akustička metoda. Sljedeća metoda po zastupljenosti je metoda vizualnih prikaza, u kojoj dominira tehnika ultrazvuka. Metodu

praćenja pomaka točaka obilježava elektromagnetska artikulografija (EMA) u najvećem broju, dok su ostale metode, metode mjerenja jezično-nepčane interakcije i metode vizualnog prikaza, vrlo slabo reprezentirane. Ovakva analiza instrumentalnih istraživačkih metoda može poslužiti kao odlična podloga budućim istraživačima fonetskih znanosti ili srodnih područja lingvistike. Ovaj rad također omogućuje uvid u održivost željene metode istraživanja, kvantitativnu usporedbu s ostalim korištenim metodama te na određen način pruža i smjernicu kako doći do željene praktične literature o bilo kojoj od analiziranih istraživačkih metoda fiziologije govora. Uz objavu novih radova na budućim konferencijama moguće je nastaviti s analizom istraživačkih metoda započetim u ovom radu kako bi se obradili svi dostupni znanstveni radovi konferencija prema istim kriterijima na isti, detaljan način i dobio potpuniji uvid u trendove korištenja istraživačkih metoda – na njihov rast ili pad s obzirom na promatrani period. Prilikom analize svakako bi pomoglo osmišljavanje računalnog programa (algoritma) koji bi mogao automatski prolaziti kroz podatke te pronaći relevantne informacije o metodama te ih označiti i popisati poštujući zadane uvjete. U tom slučaju treba u obzir uzeti kako metode spomenute u poglavljima uvoda i razrade nisu nužno korištene instrumentalne metode unutar samog istraživačkog rada. Jedan od načina koji bi olakšao analizu budućih kongresa te pripadajućih znanstvenih radova bio bi definirati striktnije smjernice strukture primljenih rada na kongrese te provjeru tih smjernica kroz proces stručne revizije (eng. *peer-review*), obraćanje veće pozornosti na navedene ključne riječi (koje zapravo služe toj svrsi) te moguće delegiranje obrade podataka (koja metoda i tehnika je korištena, na koji način) na autore ili koautore rada. Ako se računalni algoritmi pokažu kao valjani i isplativi, moguće je vrlo velike brojeve znanstvenih radova i analiza svih radova spojiti u jedan korpus koji bi ultimativno isporučio statistički relevantne podatke ne samo o kvantiteti korištenih instrumentalnih (i ostalih) tehnika prema kriteriju godine, već i prema kriteriju geografske lokacije istraživača i sveučilišta, korelaciji s njihovom dobi i radnom iskustvu (zbog čega odabiru tehnike koje odabiru) i slično.

7. LITERATURA

1. Anderson, V. B. Ko, I. O'Grady, W. Choo, W. (2004) *Palatographic investigation of place of articulation in korean coronal obstruents*. Korean Linguistics. Volumen 12, Izdanje 1. Stranice 1–24.
2. Berković-Šubić, M. Hofmann, G. Cvetković Glazer, S. Jurić, Abramović, K. Radišić, D. Vuzem, B. Kopjar, Ž. (2016) *Elektromioneurografija (EMNG) dijagnostička metoda u procjeni stanja mišića i živaca u potvrdi neurološke patologije*. PHYSIOTHERAPIA CROATICA 2016: Vol 14, (Dodatak. 1).
3. Boersma, Paul & Weenink, David. (2007) *PRAAT: Doing phonetics by computer* (Verzija 5.3.51).
4. Bombien, L. Cassidy, S. Harrington, J. John, T. Palethorpe, S. (2006) *Recent Developments in the Emu Speech Database System*. Australasian International Speech Science and Technology Conference, Auckland, Stranice 313–316.
5. Brant, E. W. Helms, A. C. (2012) *Fundamentals of Diagnostic Radiology. Diagnostic Imaging Methods*. Fourth edition. Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins publisher.
6. Carović, I. (2014) *Ultrazvučno istraživanje artikulacije i koartikulacije hrvatskoga vokalskog sustava*. Doktorski rad. Sveučilište u Zagrebu. Filozofski fakultet, Odsjek za fonetiku.
7. Cecile, F. Meynadier, Y. & Demolin, D. (2000) *62 vs. 96 electrodes: a comparative analysis of Reading and Kay Elemetrics EPG pseudo-palates*. 5th Symposium on Speech Production. Seminar on Speech Production: Models and Data - CREST Workshop on Models on Speech Production: Motor Planning and Articulatory Modelling, Svibanj, 2000, München, Njemačka, Stranice 1–4.
8. Christmann, M. K, Brancalioni, A. R. Freitas, C. R. Vargas, D. Z. Keske-Soares, M. Mezzomo, C. L. & Mota H. B. (2015) *Use of the program MDVP in different contexts: a literature review*. Revista CEFAC, Svezak 17(4), Stranice 1341–1349.
9. Demolin, D. (2012) *Experimental methods in phonology*. TIPa. Travaux interdisciplinaires sur la parole et le langage. Gipsa-lab & Université Stendhal, Grenoble.
10. Duchan, J. F. (2006) *The Phonetic Notation System of Melville Bell and its Role in the History of Phonetics*. Journal of Speech-Language Pathology and Audiology - Vol. 30, Broj. 1., Stranice 14–17.

11. Electropalatography (EPG) System: *LinguaGraph. How electropalatography works*. URL: <http://www.rose-medical.com/electropalatography.html>. (pristupljeno: 9.rujna 2020.)
12. Gerratt, B. R. Hanson, G. D. Berke, S. G. Precoda, K. (1991) *Photoglottography: A clinical synopsis*. Journal of Voice. Volume 5, Izdanje 2, 1991, Stranice 98–105.
13. Horga, D. Liker, M. (2016) *Artikulacijska fonetika. Anatomija i fiziologija izgovora. Instrumentalne metode istraživanja artikulacije i koartikulacije*. Iblis grafika. Zagreb, Hrvatska, Stranice 321–347.
14. Herbst, C. T. Hitch, W. T. Švec, J. G. (2010) *Electroglottographic wavegrams: a technique for visualizing vocal fold dynamics noninvasively*. Journal of Acoustical Society of America. 128(5): Stranice 3070 – 3078.
15. Herbst, C. T. (2020) *Electroglottography – An Update*. Journal of Voice. Volume 34, Issue 4. Stranice 503–526.
16. Heydarov R. A. Jafarov A. G. Habibova K. A. (2019) *Software for experimental methods in phonetic research*. Advances in Economics, Business and Management Research, volume 81. 1st International Scientific Conference "Modern Management Trends and the Digital Economy: from Regional Development to Global Economic Growth" (MTDE 2019). Atlantis press.
17. Istraživanja Govora. O skupu. URL: <https://ig.ffzg.unizg.hr/o-skupu/>. (pristupljeno 12. rujna 2020.).
18. Kroos, C. (2008) *Measurement Accuracy in 3D Electromagnetic Articulography (Carstens AG500)*. 8th International Seminar on Speech Production. Stranice 61–64.
19. Ladefoged, P. N. (1957) *Use of palatography*. Journal of Speech and Hearing Disorders. Volumen 22, Izdanje 5, Stranice 764–774.
20. Ladefoged, P. N. (1967) *Three areas of experimental phonetics: Stress and respiratory activity, the nature of vowel quality, units in the perception and production of speech*. London: Oxford University Press.
21. Ladefoged, P. N. (1998) *Chasing ideas in phonetics*. UCLA Working Papers in Phonetics. Phonetics Laboratory, Linguistics Department, UCLA, Los Angeles, CA.
22. Ladefoged, P. N. (1998) Encyclopedia Britannica. *Experimental Phonetics*. URL: <https://www.britannica.com/science/phonetics/Experimental-phonetics>. (pristupljeno: 27. kolovoza 2020.).
23. Lin Jingmin, L. Moisik, S. R. (2019) *The lingual voice quality settings of standard singapore english and singapore colloquial english*. In Sasha Calhoun, Paola Escudero,

- Marija Tabain & Paul Warren (eds.) Proceedings of the 19th International Congress of Phonetic Sciences, Melbourne, Australia 2019. Canberra, Australia: Australasian Speech Science and Technology Association Inc.
24. Loakes, D. (2013) *From IPA to Praat and beyond*. Oxford Handbooks online. Edited by Keith Allan.
 25. MacHanon, C. K. (2013) *Orthography and the Early History of Phonetics*. Oxford Handbooks Online. Edited by Keith Allan.
 26. Malberg, B. (1995) *Fonetika*. S francuskog prevela Marija Semenov. Ivor, Zagreb.
 27. Mayuki Matsui, M. Kochetov, A. (2019) *Laryngeal coarticulation in two types of devoicing: an electroglottographic study of russian and english*. In Sasha Calhoun, Paola Escudero, Marija Tabain & Paul Warren (eds.) Proceedings of the 19th International Congress of Phonetic Sciences, Melbourne, Australia 2019. Canberra, Australia: Australasian Speech Science and Technology Association Inc.
 28. McLeod, S. L. (2012) *The impact of seeing speech*. Translational speech-language pathology and audiology: Essays in honor of Dr. Sadanand Singhpp. Plural Publishing. San Diego. Stranice 245–251.
 29. Milas, G. (2009) *Istraživačke metode u psihologiji i drugim društvenim znanostima*. 2. izdanje. Naklada Slap. Zagreb, Hrvatska.
 30. miopatija. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020. URL: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=41094>. (pristupljeno 4. veljače 2021.).
 31. Nadrljanski, Đ. (2006) *Informatička pismenost i informatizacija obrazovanja*. Časopis Informatologija Vol 39. Broj 4. Godina 2006. Stranice 262–266.
 32. Nicastrì, M. Chiarella, G. Gallo, L. V. Catalano, M. Cassandro, E. (2004) *Multidimensional Voice Program (MDVP) and amplitude variation parameters in euphonic adult subjects*. Normative study. Acta Otorhinolaryngol Ital. Svezak 24(6): Stranice 337–341.
 33. Sarvasy, H. Elvin, J. Li, W. Escudero, P. (2020) *An acoustic phonetic description of Nungon vowels*. The Journal of the Acoustical Society of America (IF1.780).
 34. Schiel, F. (2015) *A statistical model for predicting pronunciation*. Proceedings of the 18th International Congress of Phonetic Sciences. Glasgow, UK: the University of Glasgow. Broj rada 1041. Stranice 1–9.

35. *Script*. Merriam-Webster.com Dictionary, Merriam-Webster, <https://www.merriam-webster.com/dictionary/script>. (pristupljeno 3. veljače 2021.).
36. Skledar, N. (2006) *Metodologičke osnove znanstvenih istraživanja*. Institut za društvena istraživanja u Zagrebu. Sociologija sela, broj 44. Stranice 309–323.
37. Optotrak Certus. About. URL: <https://www.ndigital.com/msci/products/optotrak-certus/>. (pristupljeno 11. rujna 2020.).
38. Pattem, A.K. et al. (2018) *Optimal sensor placement in electromagnetic articulography recording for speech production study*. Computer Speech & Language, Volume 47, Siječanj, 2018, Stranice 157–174.
39. Pfitzinger, H. Niebuhr, O. (2011). *Historical development of phonetic vowel systems - The last 400 years*. In Proceedings of the 17th ICPhS, Hong Kong, China. Stranice 160–163.
40. Politzer-Ahles, S. (2015) *Asymmetries in the perception of mandarin tones: evidence from mismatch negativity*. Proceedings of the 18th International Congress of Phonetic Sciences. Glasgow, UK: the University of Glasgow. Broj rada 1041. Stranice 1–9.
41. Radiografija. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020. URL: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=51482>. (pristupljeno 9. rujna 2020.).
42. Radiologija, medicinska. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020. URL: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=51494>. (pristupljeno 9. rujna 2020.).
43. Richardson, K. Matheron, D. Martel Sauvageau, V. Vincent, I. (2019). A Comparative Normative Study Between Multidimensional Voice Program, Praat, and TF32. Perspectives of the ASHA Special Interest Groups. Svezak 4. Stranice 563–573.
44. Richmond, K. Hoole, P. King. S. (2011) *Announcing the Electromagnetic Articulography (Day 1) Subset of the mngu0 Articulatory Corpus*. In Proc. Interspeech, Florence, Italy. Stranice 1505–1508.
45. Ridouane, R. (2006) Investigating speech production: a review of some techniques. Online dokument. URL: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.535.7922&rep=rep1&type=pdf> (pristupljeno 11. rujna 2020.).
46. Tomografija. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020. URL: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=61728>. (pristupljeno 9. rujna 2020.).

47. Underdown, A.D. Buchman, C.L. Demolin, D. (2019) *Acoustico-physiological coordination in the human beatbox: a pilot study on the beatboxed classic kick drum*. In Sasha Calhoun, Paola Escudero, Marija Tabain & Paul Warren (eds.) *Proceedings of the 19th International Congress of Phonetic Sciences*, Melbourne, Australia 2019. Canberra, Australia: Australasian Speech Science and Technology Association Inc.
48. What is R? *Intruduction to R*. Webpage. URL: <https://www.r-project.org/about.html>. (pristupljeno 2. veljače 2021.).
49. Yağız, O. Aydın, B. Akdemir, A. S. (2016) *ELT research in Turkey: A content analysis of selected features of published articles*. *Journal of Language and Linguistic Studies*, 12(2), Stranice 117–134.
50. Yihong, G. Lichun, L. Jun, L. (2001) *Trends in Research Methods in Applied Linguistics: China and the West*. English for Specific Purposes. Stranice 1–14.
51. What is R? *Intruduction to R*. Webpage URL: <https://www.r-project.org/about.html>. (pristupljeno 2. veljače 2021.).
52. Winkelmann, R. Harrington, J. Jansch, K. (2017) *EMU-SDMS: Advanced speech database management and analysis in R*. *Computer Speech & Language* 45 (2017) Stranice 392–410.

SAŽETAK

U ovom diplomskom radu napravljena je analiza instrumentalnih istraživačkih metoda na primjeru međunarodnih kongresa u fonetskim znanostima prema određenim kriterijima: međunarodni, dugotrajni, kontinuirani u izvođenju te se koriste instrumentalnim istraživačkim metodama. Analizirane metode odabrane su po principu ispitivanja fiziologije govora te su, u skladu s literaturom, podijeljene na akustičku metodu, metodu vizualnog prikaza (rendgen, ultrazvuk), praćenja pomaka točaka (elektromagnetska artikulografija, Optotrak), jezično-nepčane interakcije (elektropalatografija), te metodu mjerenja mišićne aktivnosti (elektromiografija). Ukratko je opisan povijesni razvoj navedenih metoda te je svaka od njih razrađena kroz tehnike kojima se koriste. Analizirane su sljedeće konferencije: Međunarodni kongres fonetskih znanosti u periodu od zadnjih deset godina, konferencija na temu motoričke kontrole govora u periodu od zadnjih trinaest godina te kongres Međunarodne asocijacije kliničke fonetike i lingvistike u periodu od zadnjih dvanaest godina. Analizirana su ukupno 1634 znanstvena rada s više od 4500 stranica teksta. Analiza je kvantitativno pokazala najveću zastupljenost akustičke metode u istraživanjima, koju redom slijede metoda vizualnog prikaza, metoda praćenja točaka te metode jezično-nepčane interakcije i mišićne aktivnosti u vrlo malom postotku.

Ključne riječi: međunarodne konferencije, fiziologija govora, instrumentalna tehnike

SUMMARY

In this thesis, an analysis was made of instrumental experimental methods used in international congresses of phonetic sciences on predetermined criteria: international participation, longevity and consisting of papers using instrumental techniques. Only physiological techniques were taken into account divided into well-established sub-groups: acoustic method, method of visual representation (X-ray, CT, MRI and ultrasound), flesh-point tracking method (electromagnetic articulography), tongue-palate interaction (electro/palatography) and method of muscle activity measurements (electromyography). Their historical development was briefly explained and every method was elaborated in the context of its current use. The following conferences were are International Congress of Phonetic sciences in a period of the last ten years, conference on Speech motor control in a period of the last thirteen years and ultimately conferences organized by International clinical phonetics and linguistics association in a period of the last twelve years. In total, around 1600 scientific papers and abstracts were examined, covering on over 4500 pages of text. Quantitative analysis showed a large predominance of acoustic method, followed by method of visual representation and flesh-point tracking with tongue-palate interaction method and muscle activity measurements in the smallest percentage.

Key words: international conferences, speech physiology, instrumental techniques

ŽIVOTOPIS

Antonio Klarić rođen je u gradu Šibeniku. Tamo pohađa osnovnu školu, osnovnu Glazbenu školu Ivana Lukačića te srednju školu Gimnazija Antuna Vrančića. Za vrijeme srednje škole dvije godine pohađa i *Govorničku školu Ivo Škarić*. Visoko obrazovanje započinje na Sveučilištu u Zagrebu, točnije na Fakultetu strojarstva i brodogradnje, upisom na smjer zrakoplovstvo. Nakon tri godine mijenja smjer te upisuje Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, preddiplomski dvopredmetni studij – smjerove fonetika i informacijske znanosti. 2016. godine, nakon obrane završnog rada pod naslovom *Automatsko prepoznavanje govora*, nastavlja školovanje te upisuje dvopredmetni diplomski studij znanstveno usmjerenje fonetike na Odsjeku za fonetiku te informatologija na Odsjeku za informacijske znanosti. Kao član Kluba studenata fonetike *Eufonija* u suradnji s kolegicama i kolegama organizira Edukacijski trening za nefonetičare – FonET 2015, za što su za doprinos u području humanističkih znanosti nagrađeni posebnom Rektorovom nagradom 2015. godine. Kao student informacijskih znanosti u ljetnom semestru 2018. godine sudjeluje na šestomjesečnoj studentskoj razmjeni Erasmus+ u njemačkom gradu Hildesheim na istoimenom sveučilištu. U sklopu Filozofskog fakulteta pri samostalnoj katedri za kineziologiju radi kao demonstrator tečaja samoobrane. Uz studij koristi usluge zagrebačkog studentskog servisa te obavlja poslove na puno radno vrijeme u agencijama za promociju, telekomunikacijskim kompanijama te IT firmama, gdje trenutno radi kao projektni menadžer.