

UVOD U FORENZIČNU FONETIKU I AKUSTIKU

priređio:
Mladen Heđever



2009.

SADRŽAJ:

| | |
|---|-----------|
| 1. PREDGOVOR | 7 |
| 2. KODEKS STRUKE | 9 |
| 3. STANDARDI ZA ANALIZU GLASA..... | 10 |
| 3.1. PRIPREMA MATERIJALA | 10 |
| 3.2. RUKOVANJE DOKAZNIM MATERIJALOM..... | 10 |
| 3.3. PRIPREMA UZORAKA..... | 10 |
| 3.3.1. REPRODUKCIJA..... | 10 |
| 3.3.2. IMITIRANJE ORIGINALNIH UVJETA SNIMANJA | 11 |
| 3.3.2.1. MIKROFON | 11 |
| 3.3.2.2. Akustična okolina..... | 11 |
| 3.3.2.3. Linija za snimanje i prijenos zvuka | 11 |
| 3.3.2.4. Sustav za snimanje | 11 |
| 3.3.2.5. Medij za snimanje..... | 11 |
| 3.3.3. NAČIN IZRADE GOVORNOG UZORKA..... | 11 |
| 3.3.3.1. Čitanje i govor..... | 11 |
| 3.3.3.2. Ponavljanja | 12 |
| 3.3.3.3. Brzina (tempo) govora | 12 |
| 3.3.3.5. Utjecaj alkohola, droge ili lijekova | 12 |
| 3.3.3.6. Ostale napomene | 12 |
| 3.4. PRIPREMA KOPIJA..... | 12 |
| 3.4.1. REPRODUKCIJA DOKAZNIH SNIMKI | 12 |
| 3.4.2.2. Kablovsko povezivanje | 12 |
| 3.4.2.3. Uređaj za snimanje..... | 12 |
| 3.4.2.4. Pohranjivane snimki | 13 |
| 3.4.3. POBOLJŠANJE KOPIJA | 13 |
| 3.4.3.1. Ekvalizatori | 13 |
| 3.4.3.2. Notch filtri..... | 13 |
| 3.4.3.3. Dekonvolucionni filtri | 13 |
| 3.4.3.4. Drugi filtri | 13 |
| 3.5. ANALIZA SNIMKI | 13 |
| 3.5.1. PRELIMINARNA ANALIZA I ISPITIVANJE MATERIJALA..... | 13 |
| 3.5.2. ORIGINAL/KOPIJA SNIMKE | 13 |
| 3.5.3. IZVORNOST/NE-IZVORNOST..... | 14 |
| 3.5.4. BROJ USPOREDIVIH RIJEČI..... | 14 |
| 3.5.5. KVALITETA GLASOVNIH UZORAKA..... | 14 |
| 3.5.5.1. Masking (prikriivanje govora) | 14 |
| 3.5.5.2. Distorzije..... | 14 |
| 3.5.5.3. Frekvencijski raspon..... | 14 |
| 3.5.5.4. Interferencija govora i drugih zvukova | 15 |
| 3.5.5.5. Omjer signala i šuma..... | 15 |
| 3.5.5.6. Varijacije između uzoraka | 15 |
| 3.6. PRIPREMA SPEKTROGRAMA | 15 |

| | |
|--|-----------|
| 3.6.1. OPREMA | 15 |
| 3.6.2. SPEKTROGRAMSKI PRIKAZ I ANALIZA..... | 15 |
| 3.6.2.1. Filtarska širina pojasa..... | 15 |
| 3.6.2.2. Frekvencijski raspon spektrograma..... | 15 |
| 3.6.3. OZNAČAVANJE | 16 |
| 3.6.4. ARHIVIRANJE | 16 |
| 3.7. ANALIZA SPEKTROGRAMA..... | 16 |
| 3.7.1. KOMPARIANJE UZORAKA..... | 16 |
| 3.7.1.1. Konzistentnost govora pojedinog govornika | 16 |
| 3.7.1.2. Slični govorni zvukovi | 16 |
| 3.7.1.3. Broj usporedivih riječi | 16 |
| 3.7.1.4. Govorne karakteristike | 16 |
| 3.7.2. SLUŠNO USPOREĐIVANJE UZORAKA..... | 17 |
| 3.7.2.1. Kratkoročna usporedba | 17 |
| 3.7.2.2. Originali i kopije | 17 |
| 3.7.2.3. Izgovor..... | 17 |
| 3.7.2.4. Podudarnost (konzistencija) govornika | 17 |
| 3.7.2.5. Govorne karakteristike | 17 |
| 3.7.3. ZAKLJUČAK | 18 |
| 3.7.3.1. Sigurna identifikacija | 18 |
| 3.7.3.2. gotovo sigurna identifikacija | 18 |
| 3.7.3.3. moguća identifikacija | 18 |
| 3.7.3.4. nedefinirana identifikacija (nema zaključka)..... | 18 |
| 3.7.3.5. moguće eliminiranje | 19 |
| 3.7.3.6. gotovo sigurno eliminiranje..... | 19 |
| 3.7.3.7. eliminiranje | 19 |
| 3.8. DRUGO MIŠLJENJE | 19 |
| 3.8.1. NEOVISNOST | 19 |
| 3.8.2. UTVRĐIVANJE RAZLIKA..... | 19 |
| 3.9. BILJEŠKE | 19 |
| 3.9.2. POHRANJIVANJE MATERIJALA..... | 20 |
| 3.9.3. IZVJEŠĆE..... | 20 |
| 3.10. SVJEDOČANSTVO | 20 |
| 3.10.1. SVJEDOČANSTVO I PROVOĐENJE ISTRAŽIVANJA | 20 |
| 3.10.2. NAVOĐENJE KVALIFIKACIJA VJEŠTAKA | 20 |
| 3.10.3. PRETHODNO SVJEDOČANSTVO (DOGOVOR)..... | 20 |
| 3.10.4. IZGLED I ODORA..... | 20 |
| 3.10.5. PREZENTIRANJE | 20 |
| 4. LJUDSKA KOMUNIKACIJA I GOVOR..... | 20 |
| 4.1. KOMUNIKACIJSKI KANAL | 21 |
| 4.2. JEZIK | 21 |
| 4.3. GOVOR..... | 22 |
| 4.4. PROGRAMIRANJE MOTORIČKIH ASPEKATA PRODUKCIJE GOVORA ... | 22 |
| 4.5.1. RESPIRACIJA | 23 |

| | |
|--|-----------|
| 4.5.2. FONACIJA | 23 |
| 4.5.3. ARTIKULACIJA | 23 |
| 4.5.4. REZONANCIJA | 24 |
| 4.5.5. PROZODIJA..... | 25 |
| 4.6. FONETIKA I TRANSKRIPCIIJA GLASOVA U GOVORU | 25 |
| 4.6.1. SAMOGLASNICI..... | 28 |
| 4.12. SAŽETAK..... | 28 |
| 5. "OTISAK GLASA" I IDENTIFIKACIIJA GOVORNIKA..... | 29 |
| 5.1. UVOD..... | 29 |
| 5.2. GOVORNA ANALIZA I SINTEZA..... | 31 |
| 5.2.1. FOURIEROV ZAKON | 32 |
| 5.2.2. AKUSTIČKA ENERGIJA | 32 |
| 5.2.3. ZVUČNI VALOVI | 33 |
| 5.2.4. FREKVENCIIJA VIBRACIIJE I VISINE TONA | 33 |
| 5.2.5. AMPLITUDA VIBRACIIJE I GLASNOĆE | 34 |
| 5.2.6. VALNA DULJINA | 35 |
| 5.2.7. ZVUČNI TLAK | 35 |
| 5.2.8. JEDNOSTAVNO HARMONIČKO GIBANJE, SINUSOIDALNI PRIKAZI I KOMPLEKSNI VALOVI..... | 36 |
| 5.2.9. REZONANCIJA | 36 |
| 5.2.10. GOVORNA REZONANCIJA..... | 36 |
| 5.2.12. SHIMMER, JITTER, PERIODIČNI I APERIODIČNI ZVUČNI VALOVI | 37 |
| 5.2.13. VRIJEME UKLJUČENJA GLASA (VUG: VOICE ONSET TIME - VOT) | 38 |
| 5.3. DIJELOVI ZVUČNOG SPEKTROGRAMA | 38 |
| 5.4. PRIJELAZNI SEGMENTI GOVORA I AUTOMATIZIRAN GOVOR..... | 40 |
| 5.5. SUBJEKTIVNE I OBJEKTIVNE METODE IDENTIFIKACIIJE GLASA..... | 40 |
| 5.5.1. TOSI MODEL..... | 40 |
| 5.5.2. VIZUALNO OPAŽANJE GOVORNIH MODELA..... | 41 |
| 5.5.2.1. Okluzivi | 42 |
| 5.5.2.2. Afrikate | 43 |
| 5.5.2.3. Frikativi | 43 |
| 5.5.2.4. Nazali..... | 43 |
| 5.5.2.5. Samoglasnici | 44 |
| 5.5.2.6. Samoglasničke skupine (diftonzi)..... | 44 |
| 5.5.2.7. Suglasničke skupine..... | 45 |
| 5.5.2.8. Pauze | 45 |
| 5.5.2.9. Opće karakteristike..... | 45 |
| 5.5.3. POLUAUTOMATSKA I AUTOMATSKA IDENTIFIKACIIJA GLASA | 46 |
| 5.6. ZAKLJUČAK | 46 |
| 6. NAGLASAK I DIJALEKT GOVORNIKA..... | 47 |
| 6.1. UVOD..... | 47 |

| | |
|---|-----------|
| 6.2. RASA, KULTURA, NARODNOST I JEZIČNA PONAŠANJA | 47 |
| 6.3. GOVOR, GLAS I JEZIK | 47 |
| 6.4. NAGLASAK I DIJALEKT | 47 |
| 6.5. JEZIČNO PONAŠANJE I SOCIOEKONOMSKI STATUS | 48 |
| 6.6. FORENZIČNI ASPEKTI GOVORNIKA NA PODRUČJU BIVŠE JUGOSLAVIJE | 49 |
| 6.7. SAŽETAK..... | 50 |
| 7. DETEKTOR LAŽI, EMOCIJE I STRES U GOVORU..... | 51 |
| 7.1. UVOD..... | 51 |
| 7.2. POVIJEST POLIGRAFA I ANALIZE STRESA U GLASU | 51 |
| 7.3. POLIGRAF – POSTUPAK | 54 |
| 7.4. DETEKCIJA LAŽI I BORBENI / KOLEBLJIV ODGOVOR..... | 54 |
| 7.5. PSIHOLOGIJA GLASA | 55 |
| 7.6. FIZIOLOŠKA DINAMIKA POVEZANA SA STRESOM GLASA..... | 58 |
| 7.7. STRES, NESTABILNOST VISINE I MIKRO TREMORI GLASA | 60 |
| 7.8. VERBALNA ZABLUDA I PRIZNANJA KRIVNJE..... | 62 |
| 7.9. INSTRUMENTI ZA DETEKCIJU LAŽI U GLASU | 63 |
| 8. OTKRIVANJE INTOKSIKACIJE U GOVORU | 64 |
| 8.1. UVOD..... | 64 |
| 8.2. GOVOR I MOTORIČKA PRODUKCIJA GOVORA | 64 |
| 8.3. NEUROLOŠKA ORGANIZACIJA I MOTORIČKA PODUKCIJA GOVORA.... | 65 |
| 8.4. OMETAJUĆE DJELOVANJE ANKSIOZNOSTI NA PRODUKCIJU GOVORA66 | |
| 8.5. INTOKSIKANSI I MOTORIČKO GOVORNO PROGRAMIRANJE | 66 |
| 8.6. INTIKSIKANSI I MOTORIČKO GOVORNA KOORDINACIJA..... | 67 |
| 8.7. INTOKSIKANSI I AUTOMATSKI MOTORIČKI GOVOR | 68 |
| 8.8. JEZIK POD UTJECAJEM INTOKSIKACIJE..... | 69 |
| 8.9. NEUROLOŠKA OBOLJENJA I POREMEĆAJI SLIČNI INTOKSIKACIJI | 70 |
| 8.10. RAZLIKOVNJE INTOKSIKACIJE U GOVORU OD NEUROLOŠKIH BOLESTI I POREMEĆAJA | 72 |
| 8.11. SAŽETAK..... | 72 |
| 9. LABORATORIJ ZA FORENZIČNU FONETIKU I AKUSTIKU | 73 |
| 9.1. OPREMA LABORATORIJA I NJENA NAMJENA..... | 73 |
| 9.2. OPIS LABORATORIJSKIH POSLOVA | 73 |
| 9.2.1. PRIPREMA SNIMKI, IZRADA KOPIJA I NJIHOVO REPARIRANJE | 73 |
| 9.2.2. POBOLJŠANJE AUDIO SNIMKI | 74 |
| 9.2.3. IDENTIFIKACIJA GOVORNIKA | 74 |

| | |
|---|-----------|
| 9.2.4. UTVRĐIVANJE AUTENTIČNOSTI SNIMKI | 75 |
| 9.3. PROSTOR LABORATORIJA | 75 |
| 10. LITERATURA..... | 76 |
| 10.1. PREPORUČENA LITERATURA | 76 |

1. PREDGOVOR

Mladen Heđever posljednjih desetak godina obavlja sudska vještačenja iz forenzične fonetike i akustike i jedan je dvije-tri osobe u Hrvatskoj koje rade ovakva vještačenja. Stoga sudovi u Hrvatskoj povremeno, prema potrebi, angažiraju prof. dr. sc. Mladena Heđevera kao "ad hoc" sudskog vještaka za ovakve vrste vještačenja (stalnih sudskih vještaka za sada nema). Kako u Hrvatskoj za ovu vrstu vještačenja ne postoje propisane norme, tehnički standardi ili protokoli, vještačenja se provode u skladu s kodeksom Međunarodne udruge forenzičara-fonetičara - The International Association for Forensic Phonetics (IAFP), te prema pravilima American Board Of Recorded Evidence - Voice Comparison Standards (Američki odbor za vještačenja - standardi za provođenje analize glasa i govora).

Prema međunarodnim standardima ova specifična vještačenja može provesti samo stručnjak koji ima akademsko obrazovanje u području govora, fonetike i/ili patologije govora te određena tehnička znanja iz područja akustike i elektroakustike. Budući da se radi o specifičnim analizama, potrebno je dobro poznavanje znanstvenih metoda procjene i ispitivanja govora te dobro praktično iskustvo.

Kako se od akademske godine 2008/09 na Sveučilištu u Zagrebu, Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet, izvodi nastava iz kolegija "Forenzična fonetika i akustika" (nositelj i izvoditelj je M. Heđever) ovaj materijal pripremljen je za studente s ciljem da im se pruže osnovne informacije iz kolegija. Koliko je autoru poznato, ovo je prvi kolegij na diplomskim studijima u Hrvatskoj koji se bavi problematikom forenzične fonetike i akustike.

Za potrebe ovog kolegija pripremljena je ova skripta. Skripta obuhvaća dio materije koju je autor godinama prikupljao te dio literature koji je uz pomoć studenata iz ove generacije (akademske godine 2008/09) preveo i uredio kao skriptu za potrebe nastave. Dio ove skripte temelji se na slobodnom i dorađenom i prilagođenom prijevodu pojedinih poglavlja iz knjige: Tanner, D. C., Tanner, M. E. (2004). 'Forensic Aspects of Speech Patterns: Voice Prints, Speaker Profiling, Lie and Intoxication Detection. Lawyers & Judges Publishing Company, Inc., Tuscon. Neka su poglavlja zamijenjena novima (npr. fonološki sustav engleskog jezika zamijenjen je opisom hrvatskog glasovnog sustava), neka su proširena a neka su potpuno izbačena (npr. karakteristike govora arapskih govornika). Svi dijelovi teksta koji se odnose na fonologiju i jezik uređeni su s opisima koji odgovaraju hrvatskom jeziku. Neka su poglavlja dopunjena dodatnim pojašnjenjima kako bi sadržajno tekst bio cjelovitiji. Dio prijevoda su obavili studenti (slijedi popis) a M. Heđever je ove tekstove prilagodio i doradio za potrebe nastave.

Popis studentica koje su sudjelovale u prevođenju dijela materijala za ovu skriptu:

Magdalena Barun
Lucija Božajić
Iva Buzdum
Ivana Čohan
Lea Dukić
Martina Gagula
Lea Horvat
Janja Klasić
Dušanka Kojdić
Marija Kordić
Anita Kovačević
Sanja Lanc
Ivana Ledinski
Gorana Markulin
Irena Mlinarić
Maja Mrkajić
Irina Pandža
Iva Pavlić
Dragana Peršić
Ksenija Petković
Morana Ropac
Jelena Rosić
Marina Skenderović
Sanja Šimović
Emilija Ujević
Ana Viđak
Maja Vincek
Valentina Vivoda
Dinah Vodanović
Martina Zalabak
Adriana Zović

2. KODEKS STRUKE¹

Ovo je novi IAFP Kodeks prakse usvojen u Helsinikiju 2004.

1. Članovi (vještaci) se trebaju ponašati dostojanstveno, pošteno i nepristrano u svim okolnostima.
2. Identifikacijom raznolikog niza slučajeva koji su u domeni IAFP-a (to jest identifikacija/eliminacija govornika, profiliranje govornika, prepoznavanje glasova, transkripcije, svjedočanstva, pojačavanje audio signala, propagacija zvuka na mjestu zločina), članovi trebaju biti svjesni ograničenja vlastitog znanja i kompetencija kada pristaju na preuzimanje slučaja vještačenja.
3. Članovi ne smiju ulaziti u angažmane u kojima je nagrada ovisna o raspletu slučaja.
4. Članovi trebaju jasno iznijeti, i u izvještajima i u svjedočenjima na sudu, ograničenja forenzičke fonetike i akustičke analize.
5. Kod izvještaja o slučajevima u kojima se zahtijeva mišljenje ili zaključak, članovi trebaju jasno izraziti razinu sigurnosti i dati svoju procjenu u okviru skale identifikacije/eliminacije govornika.
6.
 - (a) Članovi trebaju postupati s posebnim oprezom, ako izvode forenzičku analizu bilo kakve vrste na snimkama koje sadrže govor na jeziku koji nije njihov materinski jezik.
 - (b) Kod provođenja poslova forenzičke identifikacije/eliminacije govornika, članovi trebaju postupati s posebnim oprezom, ako su uzorci za uspoređivanje na različitim jezicima.
 - (c) Članovi trebaju postupati s posebnim oprezom, ako utvrđuju autentičnost ili ispituju integritet snimki za koje se sumnja da su originalni.
7. Članovi koji se bave forenzičkom fonetikom i provode akustičku analizu ili bilo kakve slične operacije, u svojim izvještajima trebaju iznijeti metode kojima su se služili i pružiti detaljne informacije o korištenoj opremi i računalnim programima.
8. U provođenju analize, članovi trebaju razmotriti sve trenutno dostupne metode i njihovu prikladnost obzirom na uzorke koji se ispituju.
9. Članovi ne bi trebali izrađivati psihološke profile ili procjene iskrenosti govornika.
10. Izvještaji članova ne bi trebali uključiti ili isključiti bilo kakav materijal predložen od drugih (osobito osoba koje ih instruiraju), dok sami ne formiraju vlastito neovisno mišljenje.

¹ The International Association for Forensic Phonetics (IAFP)

3. STANDARDI ZA ANALIZU GLASA

3.1. PRIPREMA MATERIJALA

Ovaj standard specificira preporučene postupke za rukovanje, pripremu i analizu snimljenog dokaznog materijala nakon čega slijedi praktična akustička (spektralna) analiza identifikacije govornika.

Obuhvaća specifične upute za pripremu uzorka snimaka, analizu spektrograma i zvučnu usporedbu uzetih uzoraka.

Definira kriterije koji će biti primijenjeni kod zaključaka koji se temelje na analizi.

Uključuje zahtjeve kod pisanja izvješća i svjedočanstva koje će se koristiti kao svjedočenje u nalazima akustičke analize.

Namjena je ovog standarda da posluži kao vodič za dobru laboratorijsku obradu snimke kako bi se ona mogla upotrijebiti kao dokaz.

Osobe koje rukuju dokaznim snimkama moraju slijediti odredbe zakona. Ako zakon daje precizne upute, treba ih poštivati.

U nedostatku pravnih (zakonskih) uputa (odredbi) treba primijeniti preporuke ovog standarda uz uvažavanje suda.

3.2. RUKOVANJE DOKAZNIM MATERIJALOM

Preporuka je napravljena od strane ABRE (American Board of Recorded Evidence) koja je usvojila standard za rukovanje dokaznim materijalom (AES Standard: AES27-1996).

AES daje naputak za forenzičke svrhe za audio zapise i materijale. Potpun dokument je dostupan kod: Audio Engineering Society, Inc, 60 Istok 42nd Ulica, NY 10165.

3.3. PRIPREMA UZORAKA

Kvaliteta uzoraka može biti kritična (sporna) točka kod određivanja točnosti glasova nepoznatih osoba.

3.3.1. REPRODUKCIJA

Uzorke može pripremiti bilo koji istražitelj, vještak ili druga odgovarajuća osoba.

Kada god je moguće, nepristran profesionalni govornik bi trebao izgovoriti tekst koji je predmet ispitivanja kako bi se minimalizirali pokušaji maskinga, promijene u govornoj brzini, dodavanje ili brisanje naglasaka i drugih promjena.

Poznat govornik bi trebao na početku reći svoje ime i zatim ponoviti izjavu nepoznatog govornika (tri do šest puta), ovisno o duljini nepoznatih uzoraka. Normalno, osoba koja priprema ispitivanje bi trebala voditi zapis o cijelom postupku.

3.3.2. IMITIRANJE ORIGINALNIH UVJETA SNIMANJA

3.3.2.1. MIKROFON

Kada god je moguće, trebalo bi koristiti isti tip mikrofona koji je bio korišten prilikom izvornog snimanja.

Slijedom navedenog, ako je nepoznata osoba upotrijebila telefon, uzorak trebati biti pripremljen tako da se koristi telefonski aparati na odgovarajućim udaljenostima kao i u izvornoj snimci.

3.3.2.2. AKUSTIČNA OKOLINA

Uzorke snimke treba pripremati u tihoj okolini s razmjerno kratkom reverberacijom.

Nije preporučeno koristiti dodatne zvukove kako bi se imitirali šumovi u originalnoj snimci.

3.3.2.3. LINIJA ZA SNIMANJE I PRIJENOS ZVUKA

Kada god je moguće, treba koristiti iste uređaje koji su korišteni prilikom izvornog snimanja, kao na primjer telefonski poziv.

3.3.2.4. SUSTAV ZA SNIMANJE

U pripremi uzoraka treba uvijek koristiti kvalitetan sustav (opremu).

Ako je dostupan originalni sustav za snimanje treba ga koristiti.

Ako je sustav koji je bio korišten za snimanje nepoznat, tada je preporučljivo koristiti standardne kazete s brzinom od 1, 7/8 inča u sekundi ili magnetofon kolotaša s brzinama od 3, 3/4 ili 7, 1/2 inča u sekundi ili digitalni snimač.

Mikro kazetni i drugi minijaturni formati, kojima je brzina ispod ispod 1, 7/8 inča u sekundi su nekvalitetni te se ne preporučuju.

Kada poznati govornik profesionalac izgovara tekst za vještačenje, osim originalne opreme za snimanje (kao što je u izvornom uzorku) potrebno je napraviti i visokokvalitetne snimke istog materijala.

3.3.2.5. MEDIJ ZA SNIMANJE

U pripremi uzorka treba koristiti dobru kvalitetnu traku ili drugi odgovarajući mediji uvijek. Nije nužno imati isti tip trake kao pri originalnom snimanju.

Traka bi trebala biti nova i potpuno čista i izbrisana.

3.3.3. NAČIN IZRADE GOVORNOG UZORKA

3.3.3.1. ČITANJE I GOVOR

Ispitaniku trebati biti dopušteno da ponovo pregleda pisani tekst ili prijepis govora prije nego što će se napraviti snimka tog govora. To će obično poboljšati čitanje teksta i odgovora na usmena pitanja i povećati vjerojatnost dobivanja normalnog govornog uzorka. Kada sumnjivac ne može, ne zna ili ne čita normalno, pogodno je imati nekoga nepoznat govornika koji čita/recitirati zadane fraze na isti način kako su one bile izrečene u spornom (izvornom) zapisu a od ispitanika (osumnjičenog) se traži da ih ponovi na isti način. Idealno bi nepoznati govornik trebao govoriti na način da što bolje

oponaša nepoznati uzorak koji je predmet istraživanja, uključujući govornu brzinu, naglaske (bilo da su realni ili fingirani - lažni), promuklost, ili bilo koju abnormalnost glasa nepoznatog govornika. Postupak ponavljanja govora čitanja treba ponoviti više puta sve dok ne dobijemo zadovoljavajuću snimku govora osumnjičenog.

3.3.3.2. PONAVLJANJA

Višestruka ponavljanja teksta su neophodna da se dobije pouzdana informacija o govoru osumnjičenog. Sav bi materijal trebalo ponoviti 3 – 6 puta da se dobije zadovoljavajuća količina govornog uzorka.

3.3.3.3. BRZINA (TEMPO) GOVORA

Govorni uzorci trebaju biti proizvedeni istom govornom brzinom nepoznatog govornika. **3.3.4. Prozodijske osobine - naglasci/akcenti.** Prozodija uključuje akcent i rečeničnu melodiju na razini slogova, riječi i rečenica. Ako u spornoj snimci postoji specifičan naglasak, uzorak trebati biti dobiveni na sličan način, ako je moguće. Izgovoreni naglasci ili dijalekti, bez obzira da li su realni ili fingirani, trebaju biti što vjernije oponašani kod ispitivanja. Najbolja tehnika za dobivanje specifične prozodije je tehnika ponavljanja za govornikom.

3.3.3.5. UTJECAJ ALKOHOLA, DROGE ILI LIJEKOVA

Ako je ispitanik pod utjecajem alkohola i sl. u toj mjeri da to može utjecati na govor, ispitivanje govora treba odgoditi.

3.3.3.6. OSTALE NAPOMENE

Ako je bilo što specifično prisutno u snimljenom govoru, treba nastojati da se isti efekt dobije i prilikom uzimanja uzorka govora za vještačenje.

3.4. Markiranje/obilježavanje. Isto kao u poglavlju br. 3.2.

3.4. PRIPREMA KOPIJA

3.4.1. REPRODUKCIJA DOKAZNIH SNIMKI

Veoma je važno pažljivo preslušavanje snimki nepoznatog i poznatog glasa da bi napravili optimalnu zvučnu i spektralnu analizu govornih uzoraka.

3.4.2.2. KABLOVSKO POVEZIVANJE

Sve kopije moraju biti pripremljene i presnimljene direktnim putem pomoću kvalitetnih kablova za prijenos audio signala.

Ne smije se koristiti postupak presnimavanja zvučnik – mikrofona.

3.4.2.3. UREĐAJ ZA SNIMANJE

Za snimanje treba koristiti poseban profesionalan magnetofon kolutaš koji treba redovito testirati i kontrolirati ispravnost.

Ako se koristi digitalno snimanje tada gotovo da i nema nepoželjnih pojava ili distorzija, odnosno one su zanemarive.

3.4.2.4. POHRANJIVANE SNIMKI

Kopije moraju biti pohranjene i sačuvane na normalnoj sobnoj temperaturi i vlažnosti barem tri (3) godine po završetku sudskog postupka. Nakon toga svi korišteni materijali koji su zaprimljeni od suda moraju biti vraćeni sudu.

3.4.3. POBOLJŠANJE KOPIJA

Kada izvorna snimka sadržava mješavinu buke i/ili ima ograničen frekvencijski raspon, kopija se može pojačati i pročistiti (*filtrirati*) radi poboljšanja razumljivosti i pripreme za akustičku analizu.

Ponekad, treba napraviti odvojene kopije posebno **za preslušavanje** (radi bolje razumljivosti) i kopije **za akustičku (spektralnu analizu)** kako bi se dobili optimalni rezultati za svaku namjenu.

Ako je potrebna **kalibracija** software-a ili spektrografa treba je učiniti prije uporabe.

3.4.3.1. EKVALIZATORI

Parametarski ili grafički ekvalizatori mogu se koristiti za poboljšanje preslušavanja i analiziranja govornog spektra.

Iako FFT ili RTA analizatori daju znatnu pomoć u podešavanju spektra, konačna odluka o postavi ekvalizatora treba biti donesena na temelju zvučne (slušne) i/ili spektrogramске analize.

3.4.3.2. NOTCH FILTRI

Ovi filtri omogućavaju "izrezivanje" (potiskivanje) neželjenih zvukova koje se konstantno javljaju kao ometajući prilikom FFT ili RTA analize.

3.4.3.3. DEKONVOLUCIONI FILTRI

Ovi filtri automatski stišavaju zvukove koji bi trajali duže od predvidljivog vremena i njihovog vremena reverberacije u zvučnom spektru. Filtar može, ponekad, poboljšati zvučni uzorak za spektrogramsku i slušnu analizu. Njega trebati namjestiti na vrijednost koja neće izbrisati govornu informaciju.

3.4.3.4. DRUGI FILTRI

Pojasni filtri, visokopropusni i niskopropusni "češljajući" filtri, korisnički-definirani digitalni filtri i drugi filtri su korisni kada imamo male govorne uzorke.

3.5. ANALIZA SNIMKI

3.5.1. PRELIMINARNA ANALIZA I ISPITIVANJE MATERIJALA

Služi da procijenimo da li nepoznati i poznati glasovni uzorci sadrže specifične smjernice na temelju kojih se može nastaviti ispitivanje.

3.5.2. ORIGINAL/KOPIJA SNIMKE

Treba tražiti originalne snimke govora osim u nekim iznimkama. Magnetofonske kopije ne mogu biti korištene za analizu osim kada pristup izvornoj snimci nije moguć zbog pravnih ili drugih ograničenja.

Kopija se može koristiti u slijedećim iznimkama:

a) ako je izvorna snimka bila izbrisana ili je uništena, vještak tada treba upotrijebiti najbolju

raspoloživu kopiju prve generacije;

b) ako su kopije bile pripremljene od stručnjaka za snimanje i identifikaciju glasa ili druge tehnički ovlaštene osobe u skladu s uputama;

c) ako je izvorna snimka sastavni dio jedinstvenog digitalno pohranjenog signala, vještak ili drugi tehnički ovlašten pojedinac bi trebao pripremati kopije od izvornog materijalnog u skladu s uputama.

Ako stručna osoba nije u mogućnosti doći u fizički kontakt sa spomenutim uzorkom, kopiju može napraviti i druga osoba koja će dobiti **precizne i detaljne upute** (pisane ili putem telefona). Takve kopije koje su uradili "nestručnjaci" trebaju biti pažljivo analizirane u laboratoriju kako bi se provjerilo da je kopiranje bilo valjano učinjeno.

3.5.3. IZVORNOST/NE-IZVORNOST

Poznat, ili drugi nepoznat glas koji su uzeti za test-uzorak, moraju biti u cijelosti identični ili što sličniji s nepoznatim glasovnim uzorkom. Test-uzorak bi trebao sadržavati barem tri fraze ili rečenice.

3.5.4. BROJ USPOREDIVIH RIJEČI

Mora biti najmanje 10 usporediva riječ između dva glasovna uzorka da bi se zadovoljili minimalni kriteriji za donošenje odluke. Jedna izgovorena riječi unutar svakog uzorka može se upotrijebiti samo jednom. Poznato je da veći dio glasovnog uzorka neće je bio koristan u konačnim ispitivanjima.

3.5.5. KVALITETA GLASOVNIH UZORAKA

Na temelju preliminarnе zvučne i spektralne analize treba odrediti da li su glasovni uzorci dovoljno kvalitetni da dopuštaju značajne zaključke.

3.5.5.1. MASKING (PRIKRIVANJE GOVORA)

Ako uzorak, ili dio uzoraka sadržava falset, šapat ili niske amplitude govornog signala, ili druge maskirajuće efekte koji su namjerno upotrijebljeni da se prikrije govornik, ili govorne karakteristike, trebati ga eliminirati iz analize. Ponekad se radi usporedbe poznat glas može uzeti za uzorak s istim tipom maskinga, ali ispitivač bi trebao biti dobro uvježban i oprezan u takvim ispitivanjima.

3.5.5.2. DISTORZIJE

Ako uzorak, ili dio uzoraka **sadržava visoku razinu linearnih i/ili nelinearnih izobličenja**, taj dio uzorka treba eliminirati iz analize. Takve distorzije mogu proizlaziti iz prezasićenosti magnetofonske trake ili prejakog utjecaja elektroničkih (električnih) vodova što može proizvesti artefakte, uključujući i pojavu formanata koji nisu postojali u izvornoj govornoj informaciji.

3.5.5.3. FREKVENCIJSKI RASPON

Ako uzorak, ili dio uzoraka ima **ograničeno frekvencijsko područje** na višim frekvencijama pa se ne može dobiti više od **dva govorna formanta**, vrijednost procjene ispitivača bit će jako ograničena. Uzorci koji daju tri ili više govornih formanata daju ispitivaču bolju informaciju za usporedbu. Ponekad se može upotrijebiti pojačanje kopije kako bi pojačali i visoke frekvencije za analizu ali tada treba paziti na ograničenja iz poglavlja 7.1.3.

3.5.5.4. INTERFERENCIJA GOVORA I DRUGIH ZVUKOVA

Ako uzorak, ili dio uzoraka sadrži vanjske šumove ili buku koji ometaju čujnost govorne informacije ili spektralnu jasnoću, treba ih eliminirati iz analize ili smanjiti (reducirati) do razine da ne ometaju analizu.

3.5.5.5. OMJER SIGNALA I ŠUMA.

Ako uzorak, ili dio uzoraka sadrži šum ili buku uređaja koja ometa zvučnu identifikaciju ili spektralnu jasnoću, treba biti eliminiran iz analize osim ako buka može biti dovoljno smanjena da ne ometa analizu.

3.5.5.6. VARIJACIJE IZMEĐU UZORAKA

Ako je uzorak dovoljno dobar da omogućuje brzu analizu, treba voditi brigu i o ovim faktorima:

a) Prijenosni sustav. Uzorke govora treba usporediti preko istog tipa sustava prijenosa, na primjer, telefon, mikrofoni u sobi, ili RF odašiljač/prijemnik. Ako su slušno i spektralno uzorci osjetno drugačiji zbog različitosti u sustavima prijenosa a filtriranje ne ispravlja ove razlike, ne treba raditi nikakve daljnje usporedbe.

b) Sustav za snimanje. Usporedbu treba izvesti na bilo kojem dobrom ili kompatibilnom uređaju, poput onoga koji je korišten u originalnoj snimci. Međutim, ako snimke sadržavaju razlike koje utječu na zvučne i spektralne karakteristike, nikakve daljnje usporedbe ne treba raditi. Na primjer na razliku u snimkama mogu utjecati visok stupanj podrhtavanje (flutter), velike fluktuacije u brzini, ili start/stop prekidi izazvani glasom.

c) Govorni uzorak. Normalno, uzorci bi trebali imati slične govornike koji govore u istom stilu, uključujući brzinu govora, naglaske, slično izgovaranje i tako dalje. Međutim, u slučajevima gdje to nije moguće, ne treba raditi daljnje analize.

d) Ostalo. Bilo koje druge razlike između glasova koje osjetno izazivaju zvučne i spektralne razlike u karakteristikama treba pažljivo analizirati prije nastavka ispitivanja.

3.6. PRIPREMA SPEKTROGRAMA

3.6.1. OPREMA

Danas se za spektrogramsku analizu koriste različiti profesionalni kompjuterizirani sustavi, kao na primjer Kay Elemetrics Model 5500, PRAAT i sl.

3.6.2. SPEKTROGRAMSKI PRIKAZ I ANALIZA

3.6.2.1. FILTARSKA ŠIRINA POJASA

Za većinu spektrograma preporučuje se širina pojasa od 250 do 300 Hz odnosno 450 do 600 Hz može ponekad poboljšati formante visokih glasova. Uže filtre treba koristiti za negovorne zvukove i u kalibracijske svrhe.

3.6.2.2. FREKVENCIJSKI RASPON SPEKTROGRAMA

Za analizu govora treba odabrati odgovarajući frekvencijski raspon koji omogućava što potpuniju analizu govora nepoznate osobe kao i govornih uzoraka poznatih osoba.

3.6.3. OZNAČAVANJE

Svaki spektrogram mora biti označen ispod svakog govornog zvuka, fonetski, pravopisno, ili oboje. Posebnu pažnju treba posvetiti da govorni zvukovi slijede točno uzorak govora kakav je na originalu, bez obzira na gramatičku ili lingvističku ispravnost. Spektrogrami bi trebali biti prikladno obilježeni s identifikacijskom informacijom kao na primjer brojem uzorka, imenom osobe-uzorka, i laboratorijskim oznakama. Spektrogrami moraju biti označeni uzastopce za svaki nepoznat i poznat uzorak. Poznati i nepoznati zvukovi mogu biti označeni drugačijim bojama da se olakša usporedba.

3.6.4. ARHIVIRANJE

Svi spektrogrami moraju biti pohranjeni barem tri (3) godine nakon dovršenja ispitivanja, sve dok slučaj nije sasvim završen ili sud ne zatraži povrat svih materijala.

3.7. ANALIZA SPEKTROGRAMA

3.7.1. KOMPARIWANJE UZORAKA

3.7.1.1. KONZISTENTNOST GOVORA POJEDINOG GOVORNIKA

Ispitivač mora vizualno usporediti slično izgovorene riječi unutar svakog glasa kako bi odredio varijabilnost (raspon) govornika. Ako postoji znatnu varijabilnost u velikom broju riječ, ne smije se koristiti za usporedbu. Ovo je često susreće s prikrivanjem glasova i kod nekooperativnih pojedinaca.

3.7.1.2. SLIČNI GOVORNI ZVUKOVI

Treba koristiti analize u istim fonetskim kontekstima (glasovi u istim riječima). Trebati izbjegavati usporedbu istog glasa u različitim riječima.

3.7.1.3. BROJ USPOREDIVIH RIJEČI

Ovo određuje ukupan broj drugačijih riječi u uzorcima koji su opisani u poglavlju 3.5.3. Istu ili vrlo sličnu riječ u oba uzorka treba uzeti samo kao jednu riječ.

3.7.1.4. GOVORNE KARAKTERISTIKE

a) oblikovanje i pozicija formanta. Formant je trag akustičke energije koji nastaje zbog rezonancije izgovorenih samoglasnika i suglasnika. Formante na spektrogramima treba usporediti kvalitativno i kvantitativno. Općenito, treba usporediti 3 najuočljivija formanta. Dobra podudarnost postoji kada većina (ako ne svi) formanta, oblikuje slične prikaze. Točna fotografska podudarnost rijetko se može dogoditi, čak i između dva uzastopna izgovaranja iste riječi izgovorene od istog pojedinca. Suprotno ponekad potpuno drugačiji glasovi mogu izgledati slično kao da se radi o istim riječima.

b) fundamentalna frekvencija. Visina, ili osnovna frekvencija, može biti korisna karakteristika za razlikovanje između govornika. Razlike u visini i kvalitete trebati analizirati spektralno i slušno. Kod većine govornika postoji široki raspon fundamentalne frekvencije.

c) distribucija energije. Može pomoći ispitivaču u analiziranju sličnosti i razlike između glasova uzetih za uzorak. Treba obratiti pažnju na konsonante (frikative i okluzive).

d) trajanje riječi. Vrijeme određene izgovorene riječi može biti korisno za usporedbu između uzetih uzoraka. Kada osoba govori polaganije ili brže od normale, **vrijeme između riječi** je obično

bolji pokazatelj brzine govora nego duljina pojedinih riječi. Također je uočeno da riječ koja se nalazi na kraju rečenice ili fraze obično traje duže nego ista riječ izgovorena u sredini rečenice.

e) povezivanje formanta. Pojačano područje energije koje povezuje prva dva formanta može ukazivati na pojačanu nazalnu rezonanciju (hipo ili hipernazalnost).

f) ostalo. Okluzivi, frikativi, i među-formantska područja treba slušno i spektralno usporediti između uzoraka. Drugi zvukovi kao na primjer udisajni šum, čišćenje grla, ili izražavanja poštapalica mogu ponekad biti korisni u analizi.

3.7.2. SLUŠNO USPOREĐIVANJE UZORAKA

3.7.2.1. KRATKOROČNA USPOREDBA

Usporedbu uzoraka treba voditi kratkim naizmjeničnim slušanjem uzoraka kako bi se slušno mogla utvrditi sličnost ili različitost (usporedba kratkih fraza i rečenica). Preslušavanje treba sadržavati sve riječi koje su upotrijebljene u spektrografskoj analizi. Dva uzorka treba preslušavati kod približno iste govorne amplitude (glasnoće) i istog frekvencijskog raspona.

3.7.2.2. ORIGINALI I KOPIJE

Ispitivač treba imati na umu kada se rade kopije originala i podvrgnu se različitim zahvatima radi poboljšanja razumljivosti govora, moguće je da na kopiji dođe i do promjena u karakteristikama govora.

3.7.2.3. IZGOVOR

Samo iste ili slične riječi treba uspoređivati između uzoraka.

3.7.2.4. PODUDARNOST (KONZISTENCIJA) GOVORNIKA

Ako neka riječ jako varira kod nekog govornika, ne bi je trebalo uzeti za usporedbu.

3.7.2.5. GOVORNE KARAKTERISTIKE

a) Visina glasa.

b) Intonacija. Intonacija je percepcija varijacije visine glasa, često znana kao govorna melodija. Spontan razgovor normalno ima bogatiju rečeničnu melodiju od čitanja.

c) Akcent/naglasak. akcent ili naglasak istog govornika trebao bi biti sličan u istim riječima bez obzira na snimku, ako nije upotrijebljeno maskiranje.

d) Brzina. Brzina govora istog govornika je približno ista u istim govornim obrascima ali ona varira između čitanja, recitiranja i spontanog govora.

e) Prikriivanje (maskiranje). Namjerno maskiranje može onesposobiti uzorak za usporedbu. Ispitivač bi brižljivo trebao analizirati karakteristike maskinga u uzorku i tada odrediti da li je moguća usporedba s drugim uzorkom.

f) Ataka glasa. Način početka govora može također pokazati karakteristike govornika.

g) Psihološko stanje. Slušanjem se obično otkriju mnogi efekti utjecaja psihološkog stanja (emocija) na govor. Promjene mogu biti obilježene kao nervoza, uzbuđenje, pretjeran jednoličan zvuk, plakanje, i tako dalje. Ispitivač bi trebao biti oprezan ako uspoređuje uzorak s velikim promjenama

zbog promijenjenog psihološkog stanja.

h) Govorni poremećaji. Mogu biti od izuzetno značajni u prepoznavanju govornika.

i) Kvaliteta glasa. Odnosi se na kompleksno dinamično uzajamno utjecanje laringealnih karakteristika (visina, intonacija, i naglasak), pokrete artikulatora i rezonanciju usne šupljine. Glas svakog pojedinca je razmjerno jedinstven u njegovoj kvaliteti glasa i usporedbe mogu dati važnu informaciju s obzirom na sličnosti i razlike između glasova.

j) Ostalo. Primjeri drugih korisnih govornih karakteristika koje su se povremeno čule, uključujući dugotrajne fluktuacije visine (vibrato, tremor), ekstremno nizak ili visok glas, prekidi glasa i mucanje.

3.7.3. ZAKLJUČAK

Svaka analiza može rezultirati samo jednom od sedam (7) odluka:

1. Sigurna identifikacija,
2. gotovo sigurna identifikacija,
3. moguća identifikacija,
4. nedefinirana identifikacija (nema zaključka),
5. moguća eliminacija,
6. gotovo sigurna eliminacija i
7. eliminacija.

Sljedeći opisi za svaku odluku su minimalni kriteriji, uzimajući uvijek u obzir **niži stupanj identifikacije**, iako bi kriteriji dopustili viši stupanj povjerenja.

Opis kriterija:

3.7.3.1. SIGURNA IDENTIFIKACIJA

Barem 90 % svih usporedivih riječi moraju biti vrlo slične slušno i spektralno, na uzorku od najmanje dvadeset (20) odgovarajućih riječi. Svaka riječ mora imati tri (3) ili više čitljivih formanata. Ovaj kriterij nije dopušten kada postoji očit elektronički masking glasa u bilo kojem uzorku, ili su uzorci snimljeni (nastali) prije šest ili više godina.

3.7.3.2. GOTOVO SIGURNA IDENTIFIKACIJA

Barem 80 % usporedivih riječi moraju biti vrlo slične slušno i spektralno, na uzorku od najmanje petnaest (15) odgovarajućih riječi. Svaka riječ mora imati dva (2) ili više čitljivih formanata.

3.7.3.3. MOGUĆA IDENTIFIKACIJA

Barem 80 % usporedivih riječi moraju biti vrlo slične slušno i spektralno, na uzorku od najmanje deset (10) odgovarajućih riječi. Svaka riječ mora imati dva (2) ili više čitljivih formanata.

3.7.3.4. NEDEFINIRANA IDENTIFIKACIJA (NEMA ZAKLJUČKA)

Područje između moguće identifikacije i moguće eliminacije uzimamo kada ispitivač ne može donijeti značajnu odluku zbog raznolikih ograničavajućih čimbenika. Usporedbe koje pokazuju istovremeno zvučne sličnosti i spektralne razlike, ili obratno, moraju se procijeniti kao nedefinirana

identifikacija.

3.7.3.5. MOGUĆE ELIMINIRANJE

Barem 80 % usporedivih riječi moraju biti vrlo različite slušno i spektralno, na uzorku ne manjem od (10) riječi koje se ne podudaraju. Svaka riječ mora imati dva (2) ili više čitljivih formanata.

3.7.3.6. GOTOVO SIGURNO ELIMINIRANJE

Barem 80 % usporedivih riječi moraju biti vrlo različite slušno i spektralno, na uzorku ne manjem od petnaest (15) riječi koje se ne podudaraju. Svaka riječ mora imati dva (2) ili više čitljivih formanata.

3.7.3.7. ELIMINIRANJE

Barem 90 % svih usporedivih riječi moraju biti vrlo različite slušno i spektralno, na uzorku od najmanje dvadeset (20) riječi koje se ne podudaraju. Svaka riječ mora imati tri (3) ili više upotrebljiva formanta. Ovaj kriterij nije dopušten kada postoji očit elektronički masking glasa u bilo kojem uzorku, ili su uzorci snimljeni (nastali) prije šest ili više godina.

3.8. DRUGO MIŠLJENJE

Drugo mišljenje. Drugo mišljenje nije nužno potrebno, ali može se tražiti.

3.8.1. NEOVISNOST

Drugo mišljenje mora biti sasvim neovisno od prvog ispitivača i nikakvo usmena ili pisana informacija od prvog mišljenja ne smije se dati drugom ispitivaču.

3.8.2. UTVRĐIVANJE RAZLIKA

Ako se odluke među ispitivačima razlikuju, konačno se mišljenje može utvrditi na temelju detaljne diskusije između oba ispitivača. Ako nema usuglašenosti, tada se mora izraziti niska razina pouzdanosti ispitivanja. Ako postoji razlika između i identifikacije i eliminiranja, odluka mora biti nedefinirana identifikacija. Treća neovisna odluka može se tražiti ali rezultat će biti najniža razina pouzdanosti, ili nedefinirana identifikacija svih ispitivača koji su bili uključeni u ispitivanje.

3.9. BILJEŠKE

9.1. Potrebne informacije o vještaku koje se prilažu vještačenju. Trebaju sadržavati sljedeće informacije:

- a)** Laboratorij (podatke o označavanju uzoraka);
- b)** Opis predloženog dokaza;
- c)** Opis načina čuvanja dokumentacije;
- d)** Opis i tip magnetofonske trake, informacija o brzini trake;
- e)** Informaciju o postupku kopiranja, obradi signala, uključujući tip opreme i format kopiranja;
- f)** Popis riječi koje su upotrijebljene za usporedbu te da li su prikladne ili ne;
- g)** Suradnici u vještačenju;
- h)** Konačna odluka.

3.9.2. POHRANJIVANJE MATERIJALA

Materijale treba zadržati barem tri (3) godine nakon dovršenja ispitivanja osim ako nije zatraženo vraćanje cijelog materijala.

3.9.3. IZVJEŠĆE

U izvještaj se mora jasno dati ocjena sigurnosti procjene (sedam kategorija).

3.10. SVJEDOČANSTVO

Ispitivač mora slijediti standarde i kriterije izložene u ovom dokumentu.

3.10.1. SVJEDOČANSTVO I PROVOĐENJE ISTRAŽIVANJA

Svaka institucija ili vještak moraju odlučiti prije provođenja vještačenja da li će svjedočanstvo biti dano. Ako ne, sud mora biti obaviješten usmenu i pisanu izjavu.

3.10.2. NAVOĐENJE KVALIFIKACIJA VJEŠTAKA

Prezentiranje školske spreme i obrazovanja.

3.10.3. PRETHODNO SVJEDOČANSTVO (DOGOVOR)

Rasprava s odvjetnikom (sudom) prije sudskih postupaka su važni aspekt svjedočanstva kako bi se upozorilo na sve aspekte mogućnosti i ograničenja tehnike. Rasprava bi trebala uključiti iskrenu raspravu, probleme, identifikaciju znanstvene literature i druge informacije važne u svjedočanstvu.

3.10.4. IZGLED I ODORA

Kada god je moguće, ispitivači se mora obući u prikladnu poslovnu odoru ili uniformu.

3.10.5. PREZENTIRANJE

Ispitivač treba izvijestiti suca i/ili porotu o njegovoj školskoj spreml, dati pregled spektrograskih tehnika i njihovu znanstvenu utemeljenost, detalje postupaka analize i rezultate analize. Informacija trebati biti predstavljena u obliku razumljivom i nestručnjacima, ali bez gubitka točnosti.

4. LJUDSKA KOMUNIKACIJA I GOVOR

U ovom poglavlju opisani su različiti aspekti ljudske komunikacije koji služe kao polazište za razumijevanje slijedećih poglavlja ove skripte. Navode se različiti podaci i relevantni termini značajni za razumijevanje ljudske komunikacije. Nadalje ovdje se također govori i o jeziku, funkciji govornog disanja, glasu, artikulaciji, rezonanciji, prozodiji te fonetskoj transkripciji govora.

Komunikacija je temelj ljudske egzistencije. Tijekom tisuća godina evolucije ljudi su izgradili sofisticirane komunikacijske sustave čime su znatno utjecali na razvoj i napredak civilizacije. Da nema te čarobne sposobnosti cijeli svijet bio bi znatno drugačiji. Bez komunikacije ne bi bilo knjižnica, policijskih akademija niti sveučilišta u smislu u kojem ih mi poznajemo. Bez komunikacije policijski odjeli i pravosuđe ne bi uspješno obavljali svoju funkciju, odvjetnici ne bi bili u stanju zastupati svoje stranke a sudovi ne bi mogli donositi presude. Suradnja svih društvenih aktivnosti oslanja se na komunikaciji, a bez nje bi došlo do stagnacije svih poslova, industrije, medicine, religije i političkih sustava.

Komunikacije se ostvaruje na mnogim razinama. Velik dio čine mediji npr. televizija, radio,

novine a naš je svijet postao je jedno "globalno selo". Grupna komunikacija služi kao podloga timskog rada u lokalnoj upravi i samoupravi, različitim poslovima i industriji. Učinkovita komunikacija je osnova kvalitetnih međuljudskih odnosa a nedostatak takve komunikacije smatra se glavnim uzrokom velikog broja razvoda brakova. Ljudska komunikacija zbiva se neprestano, čak je i šutnja oblik komunikacije. Komunikacije je sastavni dio suvremene ljudske egzistencije te svakim danom to sve više postaje. Ruben (2000) bilježi da početkom 1900.godine oko 80% američke radne snage obavlja fizičke poslove, dok danas čak 62% radnika obavlja poslove koji se temelje upravo na komunikaciji. U poslovnom svijetu što se više ide prema vrhu korporativne ljestvice, poslovi se poistovjećuju s komunikacijom. Zanimljivo da je ta značajna sposobnost komuniciranja ljudima urođena, te svaka beba koja dođe na svijet osposobljena je da uspostavi kontakt sa svojom okolinom. Neovisno o društvu ili državi svako dijete će usvajati jezik kojem je izložen te započinje svoj život komunicirajući.

4.1. KOMUNIKACIJSKI KANAL

Komunikacija je proces u kojem cijeli slijed događaja omogućuje govorniku da izrazi svoje misli i emocije te slušatelju da ih razumije. Govornikova komunikacija počinje kao misao, odnosno stvaranje pojma koji se oblikuje u jezičnu ekspresiju. Misao potiče živčani sustav na motoričku inervaciju govornih organa kako bi se proizveo oralno glasovni govor. Disanjem se stvara zračna fonatorna struja koja prolazi kroz larings (glasiljke) uzrokujući njihovo vibriranje te tako nastaje. Larings i glasiljke utječu na visinu i boju glasa. Jezik, usne, zubi i meko nepce također utječu na zračnu struju te sudjeluju u njezinom oblikovanju pri govoru. Zvučna energija nastala u govoru u obliku zvučnih valova dolazi do uha slušatelja gdje se u srednjem, pa zatim u unutrašnjem uhu (pužnici), zvučni val pretvara u živčani impuls. Odatle govorni signal odlazi u mozak, gdje je zamijećen i dekodiran te slušatelj stvara pojam i razumije poruku.

4.2. JEZIK

Govor i jezik često se zamjenjuju ili izjednačavaju, no oni su različiti aspekti komunikacijskog procesa. Jezik je komunikacijski sustav, koji se može sastojati od riječi, tonaliteta kojim se izgovaraju te riječi (naglasci) - tj. auditivne komponente jezika (koju možemo percipirati i preko telefona), te vizualne komponente jezika - gesta, stava i pokreta koji dopunjuju rečenu informaciju.

Na svijetu se govori od 5 000 do 7 000 jezika. Nema usuglašenog mišljenja stručnjaka o točnom broju jezika, jer danas još nema egzaktno definicije što razlikuje dva jezika, naime ponekad su dijalekti jednog jezika sličniji nekom drugom jeziku (neki njemački dijalekti i nizozemski), nego dijalektima svog nativnog jezika. Ima prirodnih jezika, kao što je hrvatski jezik, ali i umjetnih jezika, kao što je esperanto.

Znanost koja se bavi proučavanjem jezika zove se jezikoslovlje a znanost koja se bavi proučavanjem jezičnih pojava, kako gramatičkih tako i književnih, zove se filologija.

Ekspresivno govornik putem jezika šalje ideje i informacije kroz pisanje, govorenje i gestikuliranje, a receptivno slušatelj razumije što se izgovorilo, napisalo ili gestikuliralo.

Primarni elementi ekspresije u komunikaciji jesu govor, pisanje i korištenje mimike i geste, dok su primarni dijelovi receptivnog dijela komunikacije čitanje, slušno razumijevanje te razumijevanje

geste i mimike. Matematika je također jezik; ljudi izražavaju misli i primaju poruke koristeći se matematičkim simbolima. Jezik je važan aspekt razmišljanja; jer mislimo u riječima.

Postoje tri primarna aspekta bilo kojeg jezika: sintaksa, fonologija i semantika. Jezik je uređen prema pravilima i gramatika je osnovni naziv za pravila u jeziku. Postoje specifična pravila za spajanje glasova u riječi i riječi u rečenice. Fonologija je skup pravila prema kojima se glasovi spajaju u riječi, sintaksa određuje red riječi a semantika se bavi značenjem riječi. Semantika označava odnos između riječi i onoga što ta riječ znači, a najmanja jedinica značenja u jeziku naziva se morfem.

4.3. GOVOR

Govor je jedan aspekt jezika i ova skripta govori najviše o govornim uzorcima. Govor nastaje uporabom mišića i sustava za respiraciju, fonaciju i artikulaciju koji oblikuju potisnut zrak iz pluća u govorni zvuk. Govorni uzorci su varijacije govornih zvukova i postoje sličnosti i razlike u načinu kako ljudi govore. Govorni se zvukovi mogu detektirati na akustičkoj razini već kod minimalnih promjena tlaka zraka, na temelju vibracija glasiljki, rezonantnim karakteristikama vokalnoga (govornoga) trakta, ili na perceptivnoj razini kod naglaske ili dijalekta. Jezik i govor se preklapaju i oni su međusobno povezani dijelovi komunikacije.

4.4. PROGRAMIRANJE MOTORIČKIH ASPEKATA PRODUKCIJE GOVORA

Govorni programi (kao što su neurološki impulsi i mišićni pokreti nužni za izvedbu voljnih glasova govora) smješteni su u kori mozga. Kora mozga je tanka površina sloja stanica. Ponekad se naziva siva tvar. Kod većine ljudi proizvoljan govor je smješten (ili barem djelomično) u Brocinom centru u čeonom režnju lijeve hemisfere. Brocino područje dobilo je ime po francuskom neurologu (dr. Paul Broca, 1824-1880) koji je otkrio da se jezik i govor kod većine ljudi nalaze u lijevoj hemisferi.

Unatoč specijaliziranosti različitih dijelova mozga, treba zapamtiti da mozak funkcionira kao cjelina i nijedan njegov dio ne radi neovisan o drugim dijelovima, pogotovo kad se radi o komunikaciji. Područja u mozgu koja su odgovorna za jezik i govor nisu za sve osobe ista. Na primjer, nekim ljevacima centri za govor i jezik mogu biti locirani u desnoj hemisferi. Zbog toga je teško s točnošću reći gdje se u mozgu nalazi govor kod svih ljudi.

"Govorni program" uključuje neurološke naredbe za produkciju glasova, slogova, riječi i fraza. Govorenje je vrlo kompleksna neurološka i mišićna djelatnost. To uključuje oko stotinu mišića i tisuće neuroloških impulsa u sekundi. Program kontrolira svaki pokret mišića koji su uključeni u produkciju govora. Na primjer, za proizvodnju riječi dišni mišići moraju omogućiti inspirij zraka u pluća, akumulirati ga i zatim taj zrak postupno, sporo ispuštati (ekspirij). Glasiljke će kod nekih glasova vibrirati, kod drugih ne, a sve to s prikladnom glasnoćom i brzinom. Kod oblikovanja govornih zvukova jezik, usne, donja čeljust i meko nepce moraju se pomicati brzo i ujednačeno od jedne artikulacijske točke do druge. Osim motoričke naredbe, pojavljuje se i osjetilna (senzorička) povratna sprega. Povratna sprega omogućuje govorniku informaciju o tome jesu li glasovi točno izgovoreni, te ako je potrebno, da se ti glasovi isprave.

Govor se odvija vrlo brzo. Govornik može razumljivo izgovoriti oko 400 - slogova u minuti, a najveća brzina govora je oko 800 slogova u minuti.

Postoji pet fizičkih procesa za motoričku produkciju govora: respiracija, fonacija, artikulacija, rezonancija i prozodija. O svakome od njih u nastavku.

4.5.1. RESPIRACIJA

Primarna uloga respiracije je održavanje života (vitalna funkcija) opskrbljivanjem tijela s kisikom te odvođenjem ugljičnog dioksida. Sekundarna funkcija respiracije je govorna produkcija. Respiracija za govornu svrhu uključuje širenje prsne šupljine, akumuliranje zraka u plućima i zatim postepeno ispuštanje zraka iz pluća. Inspiracija je uzimanje zraka u pluća. Tijekom inspiracije dijafragma (mišić koji odvaja prsa od trbuha) se kontrahira i vrši pritisak na donje abdominalno tkivo. Također, tijekom inspiracije prsni mišići šire prsnu šupljinu. To stvara stanje u kojem je pritisak u plućima manji od vanjskog atmosferskog tlaka. Kada su govornikova usta i nos otvorena, zrak ide iz većeg atmosferskog tlaka prema manjem tlaku u plućima. Tijekom ekspirija, ispuštanja zraka iz pluća, dešava se suprotan proces s promjenom tlaka. Tlak u plućima je veći od atmosferskog i zrak ide prema van kroz govornikova usta i nos. Govorni zvukovi nastaju na tom vanjskom prolasku zraka.

4.5.2. FONACIJA

Fonacija je aktivnost u kojoj vibriranje glasiljki proizvodi zvuk. Glasove (glasnike) u kojima sudjeluje vibriranje glasiljki nazivamo zvučnima. Nisu svi govorni zvukovi zvučni. Konsonanti imaju parove srodnih glasnika koji se razlikuju samo po zvučnosti. Npr. frikativi /s/ i /z/ (srodnici) se razlikuju po samo jednoj karakteristici: zvučnosti. Fonacija se javlja u grkljanu, strukturi sastavljenoj od hrskavičnog, mišićnog i mekog tkiva i omeđena mišićima u središtu vrata. Tiroidna hrskavica je manja kod žena nego kod muškaraca, njen je obris vidljiv sprijeda na vratu u obliku izbočine i poznata je u narodu pod imenom "Adamova jabučica". Druga hrskavica, epiglotis, poput poklopca se spušta dolje preko glasiljki da zaštiti dišni put tijekom gutanja. Glasiljke se nalaze unutar grkljana i sposobne su vrlo brzo titrati. Vezane su s unutarnjim dijelom tiroidne hrskavice. Glasiljke se pomiču/vibriraju zbog kliznih i rotacijskih akcija aritenoidne hrskavice. Frekvencija vibriranja glasnica odgovorna je za visinu glasa. Kod muškaraca glasiljke vibriraju u prosjeku 100 - 120 puta u sekundi. Kod žena je to 200 - 240 titraja u sekundi. Frekvencija vibracije glasnica primarno je odgovorna za visinu glasa. Amplituda ili jačina vibriranja glasnica određuje glasnoću. Amplituda vibriranja glasiljki ovisi o zračnom pritisku te njihovoj napetosti. Kvaliteta ljudskog glasa je rezultat učinkovitosti vibriranja glasnica te rezonancijskih karakteristika vokalnog trakta. Vokalni trakt predstavlja rezonator kojega možemo usporediti s rezonantnim sustavom glazbenih instrumenata. Slično je s glazbenim instrumentima gdje su izvori vibracija transformirani u različite muzičke kvalitete. Vibracije koje se javljaju u grkljanu su rezonirane u ljudskom vratu i glavi dajući mu/joj razlikovnu zvučnu kvalitetu. Slika 1.1 prikazuje ljudski grkljan.

4.5.3. ARTIKULACIJA

Artikulacija je oblikovanje usne šupljine u svrhu proizvodnje distinktivnih govornih zvukova. Primarni artikulatori su usne, jezik, zubi, donja čeljust, tvrdo i meko nepce. Alveole, tkivo iza gornjih prednjih zuba, su također vrlo važan artikulatork. Npr. /t/ nastaje kada jezik ostvari kontakt sa gornjim zubima.

Glas nastaje tako da zračna struja prolazi iz pluća kroz dušnik i provlači se kroz grkljan s glasiljkama – tu dobiva oblik glasa. Zatim dolazi u grlo nad kojim se nalazi ždrijelo. Ono vodi u usnu i

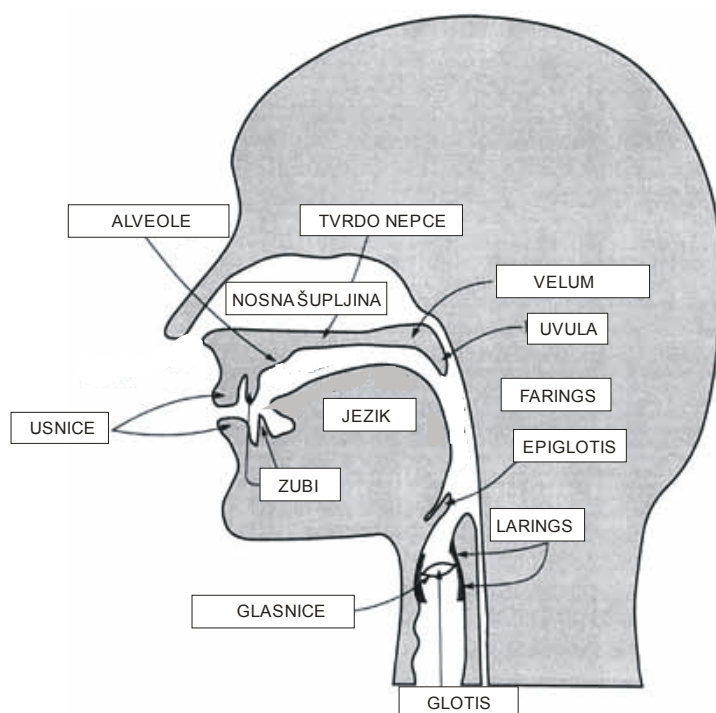
nosnu šupljinu. Te šupljine služe kao rezonatori (za pojačavanje glasa). U njima zračna struja dobiva konačni oblik.

Artikulateure dijelimo na nepokretne i pokretne.

NEPOKRETLJIVI (nepomični)– tvrdo nepce, alveole, gornja čeljust i zubi

POKRETLJIVI (pomični) – grkljan, glasiljke, meko nepce s uvulom, jezik, donja čeljust, ždrijelne stjenke i usne.

Također su podijeljeni i na tvrde artikulateure (zubi, donja čeljust, alveole i tvrdo nepce) i meke artikulateure (usne, jezik, meko nepce).



Slika 1.: Vokalni trakt i artikulatori.

Statična artikulacija je proizvodnja govornih zvukova u izolaciji. U njoj nema glasova proizvedenih prije ili poslije onog koji je proizveden. Dinamična artikulacija je proizvodnja glasova u povezanom izrazu. Povezani govor je vrlo brz pa se artikulatori ne povezuju onako kako bi se povezali pri izgovoru izoliranog glasa. Koartikulacija je preklapanje pokreta tijekom dinamičnog govora. Vodi ka asimilaciji, svaki glas utječe na onaj drugi. U brzom govoru glasovi postaju sličniji jedan drugome i njihove se razlike smanjuju.

4.5.4. REZONANCIJA

Vibracije glasnica u laringusu služe kao izvor zvuka koji se oblikuje u rezonantnoj šupljini (govornom traktu). U odraslih muških govornika, vokalni je trakt dug oko 17 cm dok je kod žena kraći (oko 15 cm). Dužina, veličina, sastav i oblik govornog trakta utječu na rezonantne karakteristike, te daju govornim zvukovima određene akustičke vrijednosti.

Rezonanciju govornog trakta moguće je usporediti s puhačkim instrumentima. Na primjer, baš

kao što vibracije usana na pisku trombona stvaraju izvor zvuka, tako i vibracija glasnica stvara zvuk u grkljanu. Kod trombona izvor zvuka ovisi o dužini, veličini, sastavu i obliku instrumenta, pa će zvuk biti ili pojačan ili prigušen.

Kod govornog rezonantnog sustava, zvuk stvoren u laringsu je također pojačan ili prigušen u rezonantnim šupljinama glave i vrata, te tako svaki zvuk dobiva različite akustičke vrijednosti. Govorni rezonantni sustav možemo smatrati dvostruki Helmholtz-ovim rezonatorom (usna i nosna šupljina).

Velofaringealni otvor je važno mjesto za rezonanciju. Velofarings je mjesto gdje meko nepce dodiruje stražnji dio farinksa, vrlo blizu nosnih šupljina.

U hrvatskom jeziku tri glasa imaju spušten velum: /M/, /N/ i /Nj/. Ti se glasovi zovu nazali. Kad je velum spušten, a velofaringealni otvor otvoren, zrak i jaka akustična energija prolaze kroz nosnu šupljinu.

Kad je velofaringealni otvor djelomično ili potpuno otvoren u nenazalnim glasovima, radi se o spuštenom mekom nepcu uslijed pareze ili drugog uzroka ili se može raditi o rascjepu mekog i/ili tvrdog nepca i takav je govor hipernazalan. Obrnuto, kad postoji opstrukcija u nosnim šupljinama ili kad je velofarings zatvoren pri izgovoru nazala, javlja se hiponazalni govor. Pojačana ili smanjena nazalnost u govoru mogu također biti korisni u identifikaciji nekog govornika.

4.5.5. PROZODIJA

Prozodija daje ritam i melodiju u govoru. Uključuje akustičke parametre poput naglaska, intonacije i govorne melodije, te elemente tečnosti, ritma i naglašenih dijelova govora.

Govorna fluentnost je produkcija govora bez prekida, ubacivanja i nepotrebnih pauza. Uključuje i fluentnu organizaciju smislenih iskaza.

Intonacija je uspon i pad visine glasa za vrijeme govora. Može dati informacije o značenju, npr. povećanje visine glasa na kraju rečenice (iskaza) može ukazati na upitnu ulogu rečenice.

Naglasak primarno uključuje glasnoću određenog glasa u riječi u usporedbi sa susjednim glasovima.

Prozodija je individualizirana, svaki govornik ima svoj način govora.

4.6. FONETIKA I TRANSKRIPCIJA GLASOVA U GOVORU

Fonetika (od grč. φωνή, phone = glas) ili glasoslovlje jezikoslovna znanstvena je disciplina koja se bavi proučavanjem artikulacijskih i akustičkih obilježja glasova i govora.

Fonetika se može podijeliti na:

artikulacijsku fonetiku

akustičku fonetiku

perceptivnu ili auditivnu fonetiku

Artikulacijska fonetika

Artikulacijska fonetika proučava djelovanje artikulacijskih organa tj. govornog prolaza. Pri proizvodnji govornih glasova razlikuju se mjesto i način izgovora. Stoga su za opis glasova

uspostavljena tri kriterija: zvučnost, način artikulacije i mjesto artikulacije.

Akustička fonetika

Akustička fonetika proučava akustičke osobine glasova i govora. U glavne osobine govornih zvukova ubrajaju se: amplituda, frekvencija, trajanje i spektar.

Perceptivna fonetika

Perceptivna ili auditivna fonetika proučava načine tumačenja glasova i govora.

Primjeri:

amplituda se percipira kao glasnoća

frekvencija se percipira kao visina tona

trajanje se percipira kao duljina glasa.

Govorni glasovi bilježe se pomoću fonetske transkripcije. Budući da slovopis i pravopis nisu prikladni za potpun prikaz izgovora fonetičari rabe specijalne sustave fonetskih simbola (npr. međunarodnu fonetsku abecedu). Uobičajeno je označiti fonetsku transkripciju uglatim zagradama [].

Postoji više stotina glasova (samoglasnika, suglasnika itd.) koje Internacionalna fonetska asocijacija (IPA) opisuje u svojoj Internacionalnoj fonetskoj abecedi (čija je priroda, opet, mahom fonološkog a ne fonetskog karaktera).

Glas (također i glasnik, fon) u jezikoslovlju predstavlja najmanji raspoznatljivi govorni odsječak, odnosno najmanju raspoznatljivu govornu jedinicu. Glas je najmanji odsječak govora koji se može ponavljati ili zamjenjivati. Glas je najmanja jezična jedinica kojom razlikujemo značenje riječi. Znak kojim se glas bilježi je slovo, Glasovi mogu biti: Prema načinu tvorbe, prema mjestu tvorbe i prema zvučnosti. Dva su glasa različita ako se razlikuju za barem jedno opažajno obilježje. Tako je npr. glas [n] u riječi Ana različit od glasa [ŋ] u riječi Anka. Prvi je glas po mjestu tvorbe nadzubni (alveolarni) a drugi meko-nepčani (velarni).

Glasove u hrvatskom dijelimo na samoglasnike i suglasnike.

PODJELA GLASOVA:

OTVORNICI – svi glasovi kod kojih je prolaz zračne struje otvoren, tj. ne pojavljuje se nikakva zapreka, a glasiljke trepere – A, E, I, O, U i dvoglas IE

ZATVORNICI – svi glasovi kod kojih zračna struja nailazi na djelomičnu ili potpunu prepreku.

PODJELA OTVORNIKA:

Podjela prema položaju jezika u odnosu na nepce:

VISOKI: i, u

SREDNJI: o, e

NISKI: a

Podjela prema vodoravnom položaju jezika u odnosu na nepce:

PREDNJI: i, e, ie

STRAŽNJI: o, u

MIRUJE: a

PODJELA ZATVORNIKA:

Podjela prema načinu tvorbe:

zvonačnici (sonanti): djelomična prepreka: v, j, l, m, n, nj, r, lj

šumnici (konsonanti): potpuna prepreka:

zativni / Praskavi / Eksplozivni: b, d, g, p, t, k

tjesnačni / Frikativi: s, ž, h, z, š, f

poluzativni / Sliveni / Afrikate: c, č, ć, đ, dž

Podjela prema zvučnosti:

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------------------------|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---------------------|
| ZVUČNI | b | d | g | z | ž | dž | đ | - | - | - | zategnute glasiljke |
| BEZVUČNI | p | t | k | s | š | č | ć | f | c | h | opuštene glasiljke |
| NEUTRALNI | v, j, l, m, nj, n, r, lj | | | | | | | | | | zvonačnici |

Samoglasnici, otvornici ili vokali u fonetskom smislu glasovi su koji se stvaraju bez zapreke u govornom traktu tako da zračna struja slobodno prolazi od pluća do usana. Samoglasnici u standardnom hrvatskom jeziku u fonetskom smislu su: [a], [e], [i], [o] i [u]. U fonološkom smislu samoglasnici su slogotvorni glasovi. U tom smislu, osim gore navedenih samoglasnika, i slogotvorno [r] predstavlja samoglasnik u hrvatskom jeziku (crv, prst).

Suglasnici (zativnici ili konsonanti), u fonetskom smislu, glasovi su koji se stvaraju tako da je prolaz zračnoj struji potpuno ili djelomično zatvoren. Suglasnici se dijele po tvorbenom mjestu i načinu. Podjela prema mjestu tvorbe:

Usneni / Labijali:

dvousneni/bilabijali: p, b, m

usnenozubni, labiodentali – v, f

Jezični:

prednjojezični / zubni / dentali: d, t, n, c, z, s

desnici / alveolari: r, l

srednjojezični /prednjonepčani / palatali: č, ć, š, ž, đ, dž, j, lj, nj

stražnjojezični / zadnjonepčani / velari / jedrenici: k, g, h

Suglasnici po tvorbenom načinu: zvonačnici (zvučni ili sonanti) i šumnici (šumni ili konsonanti) Šumnici se po zvučnosti dijele na zvučne i bezzvučne.

Prema načinu izgovora, suglasnici su podijeljeni na:

- **zvonačnici (sonanti):** djelomična prepreka - v, j, l, m n, nj, r, lj
- **šumnici (konsonanti):** potpuna prepreka:
 - **zatvorni / praskavi / eksplozivni / okluzivi:** b, d, g, p, t, k
 - **tjesnačni / frikativi:** s, ž, h, z, š, f
 - **poluzatvorni / sliveni / afrikate:** c, č, ć, đ, dž

Okluzivi su glasovi koji nastaju potpunim prekidom zračne struje: p, t, k, b, g, d, g.

Afrikate su glasovi nastali kombinacijom prekinute i oslobođene zračne struje: c, č, ć, dž, đ.

Frikativi su glasovi proizvedeni sužavanjem prolaza zračne struje: s, z, š, ž, f, h.

Nazali su glasovi kod kojih je meko nepce spušteno te znatan dio zračne struje prolazi kroz nos te je pojačana nosna rezonancija: m, n, nj.

4.6.1. SAMOGLASNICI

Samoglasnici ovise o položaju jezika po visini (dignut/spušten) te po horizontalnoj poziciji jezika (naprijed/straga), te zaokruženosti usana tijekom njihove produkcije. Vokali su nosioci sloga, a nositelj sloga može biti i glas /r/ u konsonantnim skupinama te se tada još naziva vokalski ili slogotvorni /r/.

Slog je osnovna fiziološka i akustička jedinica govora. Slogovi se sastoje od vokala koji mogu stajati sami ili biti okruženi jednim ili više konsonanata. Postoji više tipova slogova te se označavaju slovima C (konsonant) i V (vokal).

Fonetska transkripcija je važan aspekt uporabe govornih uzoraka za forenzičke svrhe. U hrvatskom jeziku ima 30 glasova i svaki je glas zastupljen slovom abecede (odnosno s dva slova: lj, nj i dž). Međutim u drugim jezicima pojedini glasovi nisu uvijek zastupljeni i slovom abecede što otežava transkripciju. Stoga su sredinom 1800-tih znanstvenici kreirali Internacionalnu fonetsku abecedu (IPA) kako bi bavili ovim problemima transkripcije.

Fonem je govorni zvuk a grafem je slovo koje ga reprezentira. Kod Internacionalne fonetske abecede jedan fonem je reprezentiran samo jednim grafemom (fonetski simbol) i obrnuto. To eliminira zbunjenost kod transkripcije. Male varijacije u produkciji fonema mogu biti reprezentirane dijakritičkim oznakama smještenima blizu fonetskog simbola.

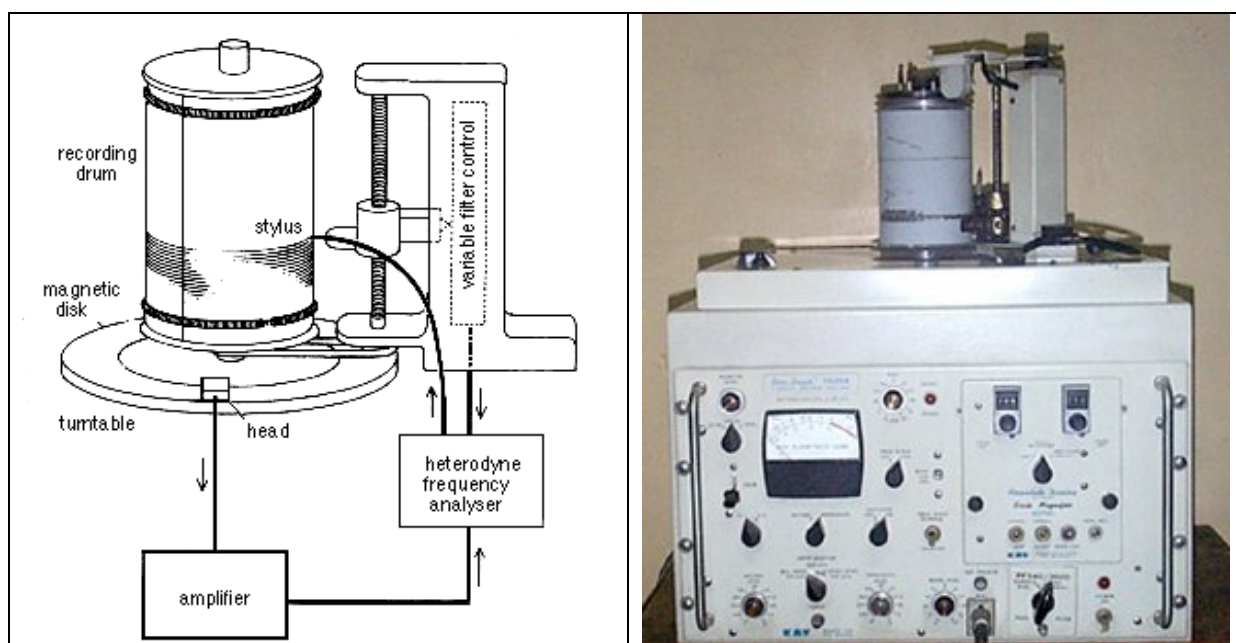
4.12. SAŽETAK

Govor i jezik su povezani no različiti aspekti u komunikacijskom lancu. Govor je jedan modalitet jezika, jedan način komunikacije. Govorni program uključuje neurološke naredbe za pet osnovnih motornih govornih procesa: respiraciju, fonaciju, artikulaciju, rezonanciju i prozodiju. Internacionalna fonetska abeceda pruža način reprezentacije govornih glasova na jasan i jezgrovit način.

5. "OTISAK GLASA" I IDENTIFIKACIJA GOVORNIKA

5.1. UVOD

Ovo poglavlje opisuje način prepoznavanja govornih uzoraka pomoću sonografske (spektrogramske) analize za koju se često u engleskom jeziku koristi termin "voice print" što bismo mogli doslovno prevesti kao "otisak glasa". Povijesno, era "otiska glasa" započinje 1946. god. kada je u Bell-ovim laboratorijima konstruiran je prvi tzv. "visible speech analyzer". Zanimljivo je da je analizator konstruiran s namjerom da gluhim osobama prikaže govor kao sliku, da ga vizualizira. Tako se prvi analizatori još nazivaju i translatori - prevodioci (visible speech translator) za gluhe (Bellova supruga bila je gluha). Međutim tijekom vremena analizatori su se počeli koristiti prvenstveno za razna mjerenja i analize zvuka, a ne kao pomagalo gluhim osobama. Sredinom 20. st. javlja se i prvi komercijalni uređaj za spektralnu analizu govora pod nazivom – sonograf ('Sonograph'). Uređaj je imao "banku" pojasno-propusnih filtara te "beskonačnu" magnetofonsku traku ili magnetski disk (snimljena riječ ili rečenica se mogla beskonačno uzastopno ponavljati).



Slike 2, 3: Shema (princip rada) sonografa i jedan od starijih modela Kay 7029 sona-graph.

Zvučna snimka se uzastopno ponavljala toliko puta koliko je bilo filtara (svaki puta je filtrirana drugim filtrom). Rezultat izmjerene spektralne energije iz svakog filtra prenosio se na papir (na rotirajućem bubnju bio je pričvršćen papir a pomično pero (kao današnji ploteri) ostavljalo je pisani trag na papiru. Jača spektralna energija ostavljala je tamniji trag a ako u nekom dijelu spektra nije bilo energije papir je ostao netaknut, bijele boje. Tako je na papiru nastajao trodimenzionalni spektrogram na kojem se na koordinatnoj osi "x" nalazila vremenska skala, na osi "y" frekvencijska skala a intenzitet zatamnjenja ukazivao je na intenzitet spektralne energije. Takav grafički spektralni prikaz zvuka nazvan je, prema nazivu uređaja – sonogram a budući da je prikazivao spektralnu karakteristiku nekog zvuka, možemo ga zvati i spektrogramom. Istraživači su ustanovili da gotovo svaki glas, izgovorena riječ ili govornik imaju različite "slike" spektrograma. Stoga su prvi forenzičari glasa i

govora počeli za ovakve spektrograme koristi termin "voice print" po analogiji za otisak prsta – "finger print" jer se smatralo da je otisak glasa neke osobe jedinstven i neponovljiv kao što je to otisak prsta. Ovo je pridonijelo popularnosti i razvoju forenzične fonetike koja je postala respektabilna grana u forenzici. Usporedba zvučnog spektrograma sa otiskom prsta je česta ali neispravna. Otisak prsta je relativno statičan i nepromjenjiv. Spektrogram predstavlja govorne uzorke koji se mijenjaju od iskaza do iskaza i od govornika do govornika. Treba svakako naglasiti da "otisak glasa" nije tako jedinstven, specifičan i neponovljiv kao što je otisak prsta te se samo na temelju spektrograma ne može identificirati (prepoznati) govornik ali iskusnom stručnjaku spektrogram može uz niz drugih parametara glasa, govora i jezika biti od velike koristi u forenzičnom istraživanju.

Analogni sonograf imao je dvije opcije filtriranja: uskopojasnu i širokopojasnu analizu. Uskopojasna analiza koristila je pojasne filtre najčešće širine 50 Hz te je za stoga za analizu spektra trebalo koristiti veći broj filtara. Ovakvom analizom detaljnije su prikazani dijelovi spektra te se pomoću uskopojasne analize moglo uočavati harmonike u spektru glasa. Širokopojasna analiza koristila je manji broj pojasnih filtara širine oko 300 Hz i pomoću ove analize lakše su se uočavala veća područja energije u govoru (formanti). Obje analize su korisne i upotrebljavamo ih prema potrebi, zavisno što želimo primarno analizirati: harmonike ili formante.

Današnja računalna tehnologija i računalni programi su u potpunosti istisnuli klasičan sonograf ali gotovo svi programi za akustičku analizu govora imaju opciju izračunavanja i grafičkog prikaza zvučnog spektra poput sonograma te se i danas za trodimenzionalni spektralni prikaz zvuka (spektrogram) često koristi termin sonogram. Međutim, računalni programi imaju neusporedivo veće mogućnosti akustičke analize: teoretski, moguće je zvuk analizirati s visokom rezolucijom razlučivosti (1 Hz) dok je sonograf imao razlučivost od nekoliko desetaka ili stotina herca. Princip računalne analize zvuka potpuno je različit od sonografske (ali ju može imitirati) i zasniva se na Fourierovoj analizi.

U narednim poglavljima opisan je Fourierov zakon koji je omogućio analizu zvukova u govoru kao i rasprava o zvučnim valovima kako bi se pružila osnova za razumijevanje govorne akustike.

Detaljno će biti opisana rezonancija koja predstavlja temelj za prepoznavanje govornih uzoraka, kao i desetak glavnih osobina spektrograma koje su bitne kod uporabe u vizualnoj i automatskoj identifikaciji glasa.

Ljudsko uho je u najvećoj mjeri sposobno dovesti nas do pouzdanog odgovora na pitanje: "Tko govori?", bilo da se radi o slušanju suhoparnog izvješća noćnih vijesti, glasu nekog rođaka na telefonskoj govornoj pošti ili glasu prijatelja u mnoštvu ljudi na nekoj zabavi.

Visina glasa, jačina, ritam (brzina) govora, naglasak i mnoštvo finih obilježja obrađenih od strane slušatelja omogućavaju donošenje zaključka o govornikovom identitetu. U većini slučajeva ova se obilježja prepoznaju automatski u podsvijesti slušača; on ih prilikom prepoznavanja nije svjestan.

Osim što ljudsko uho i um prepoznaju govornika, istovremeno nam mogu dati i informaciju o tome kako se govornik osjeća prilikom svog govorenja (je li uzrujan, opušten, umoran, sretan, tužan: sve utemeljeno samo na načinu govora). Riječi koje su izgovorene donose objektivnu informaciju - sadržaj, a način "kako" su izgovorene daju informacije o govornikovim stanjima i njegovom

mentalnom stanju. Npr., ako student kasni na sat i profesor kaže: "Lijepo što ponovno kasnite na sat.", ovakva rečenica nas navodi na to kako je u redu kasniti. No, ako se ista rečenica kaže s pretjeranom oštrinom i niskom visinom glasa, sa većim naglaskom na riječima "lijepo" i "ponovno", student dobiva oprečne informacije. S obzirom na znakove u govoru profesora možemo zaključiti kako se zapravo mislilo suprotno i većina će studenata to shvatiti. Ljudi su emocionalna bića i lako raspoznaju tuđa emocionalna stanja, a nečiji govor i glas donosi dragocjenu informaciju o identitetu osobe i njegovom psihološkom stanju. Titze i Story (2002, 1) komentirali su verbalne i neverbalne višestruke poruke: "Šaljemo višestruke poruke dok govorimo. Neke su lingvističke, a neke pak meta-jezične u službi jezika, što znači da su neovisne od riječi koje koristimo u iskazu. Neke od tih meta-jezičnih poruka koje šaljemo podrazumijevaju naše zdravlje, raspoloženje, naš genetski sastav i naš odgoj. Mnoge od njih su kodirane u kvaliteti glasa, gdje je u najopćenitijem smislu sve akustički signal, a onda i cjelokupni raspon visine glasa, jačina i fonetski kontrast (vokali i konsonanti)."

Osim prepoznavanja nečijeg glasa, slušatelj također registrira poveznicu između glasa i osobnog izgleda osobe. Ako je govornik muškarac, slušatelj očekuje nižu frekvenciju glasa nego što bi očekivao da je žena u pitanju. S obzirom na visinu i težinu čovjekova lika pridajemo mu određene značajke glasa. Muškarac sa izraženim muškim fizičkim osobinama, ili pak žena s izrazito ženstvenim fizičkim osobinama projiciraju to u svom načinu govora i osobinama glasa. Ponekad se to dvoje slaže, pa se ne možemo oteti dojmu kako je nešto iskrivljeno. Ovakva razlika između očekivanja i stvarnosti stvara **kognitivnu disonanciju** (Tanner 2003). Kognitivna disonancija se očituje u slušateljevoj nelagodi, uznemirenosti i zatvaranju kad se govor i glas uvelike razlikuju od njegovih očekivanja. Kognitivna disonancija je češća kad je slušatelj suočen sa simptomima lošeg govora osobe koji je neusklađen sa očekivanjima o njegovoj inteligenciji. Npr., mnogi ljudi očekuju da je osoba s nekim fizičkim deficitom ili invaliditetom, koja ima distorziran govor popraćen s nekontroliranom salivacijom, ujedno i mentalno retardirana. Naravno da to ne mora biti tako, i da su neke od tih osoba mentalno vrlo dobre, ponekad i superiornije.

Faktori koji utječu na očekivanja povezana s nečijim govornim izričajem i glasom, kod uredne populacije, uključuju: spol, visinu, težinu i godine.

5.2. GOVORNA ANALIZA I SINTEZA

Ekspresivna komunikacija kodira ili sintetizira poruku, a slušanjem dekodiramo ili analiziramo poruku. Govorna **analiza** je proces razlamanja akustičkog signala na njegove komponente, dok se **sinteza** obrnut proces od toga. Oba procesa danas mogu biti obavljena kompjuterski. Većina mobilnih telefona i telefona u automobilima mogu primiti glasovnu naredbu za biranje određenog broja. Takvo što omogućila je upravo analiza govornog signala koja je njegove komponente usporedila s prethodno uskladištenim informacijama o njima, te dopustila verbalnu uputu. Sinteza omogućuje kombinaciju segmenata govora. Tehnologija koja se bavi govornom sintezom je dramatično uznapredovala pa su se stvorili različiti načini alternativne i augmentativne komunikacije. Time osiguravaju hendikepiranim pojedincima priliku za interakcije sa verbalnom populacijom, što nisu bili u mogućnosti ranije. Prednosti u ovim tehnologijama ne pokazuju znakove slabljenja, a budućnost obećava još više izuma da prilagode komunikaciju oštećenim osobama.

5.2.1. FOURIEROV ZAKON

Jean Baptiste Joseph Fourier (1768 – 1830) francuski je matematičar poznat po istraživanjima tzv. Fourierovih redova. U matematici, Fourierov red rastavlja periodičnu funkciju u sumu jednostavnih oscilatornih funkcija, to jest, u sinuse i kosinuse. Proučavanje Fourierovih redova je grana Fourierove analize. Fourierove redove uveo je u svrhu rješavanja toplinske jednačbe u metalnoj ploči. Ovo je dovelo do revolucije u matematici. Fourierova ideja je bila da se uzme složeni izvor topline kao superpozicija (ili linearna kombinacija) jednostavnih sinusnih i kosinusnih valova. Ova superpozicija ili linearna kombinacije naziva se Fourierov red. Iako je prvobitna motivacija bila riješiti toplinsku jednačbu, kasnije je postalo očito da ista tehnika može biti primijenjena na širok spektar matematičkih i fizičkih problema. Fourierovi redovi imaju mnogo primjena u elektrotehnici, analizi vibracija, akustici, optici, procesuiranju signala, procesuiranju slika, kvantnoj mehanici, i tako dalje.



Slika 4: Jean Baptiste Joseph Fourier

Po istoj analogiji svaki složeni zvuk može biti razlomljen na njegove osnovne zvučne valove. Svaki nesinusoidni (složeni) val, može biti predstavljen kao zbroj sinusoidnih (jednostavnih) valova, različitih frekvencija, amplituda i faza. Ovaj matematički princip (Fourierov zakon) odnosi se i na govorni zvuk. Govorni zvuk je složeni val koji se Fourierovom transformacijom može rastaviti na njegove jednostavne zvučne sastavnice (sinusne valove) otkrivajući tako njihove frekvencije i amplitude. Fourierova transformacija omogućava spektralnu analizu govora i danas je to baza za izradu programskih algoritama svih računalnih programa koji vrše spektralnu (frekvencijsku) analizu zvuka. Nije potrebno da forenzičar matematički razumije Fourierov zakon ali je svakako potrebno poznavanje osnova akustike (složenog harmoničkog zvuka, čistog tona i šuma) kako bi to znanje upotrijebio u forenzičkoj analizi govornih i glasovnih uzoraka. Današnji računalni programi koriste tzv. brzu Fourierovu transformaciju (FFT – Fast Fourier Transform) u akustičkoj analizi zvuka.

5.2.2. AKUSTIČKA ENERGIJA

Zvuk je pojava u kojoj dolazi do čujnog vibriranja. Akustička energija je vibriranje mase čestica zraka a Zemlja je okružena trilijunima molekula zraka. Suh zrak se sastoji od otprilike 20% kisika i 80% dušika (postoje tragovi ostalih plinova kao što su ugljik, ugljični monoksid, itd.). Zbog gravitacije, molekule imaju svoju težinu i više su čvrsto zbijene što su bliže centru zemlje. **Atmosferski tlak** u prosjeku je veći na morskoj razini gdje molekule zraka imaju prosjek **barometarskog tlaka** 29,92 Hg., i opada sa porastom nadmorske visine (elevacije) To je iznos sile koju molekule zraka stavljaju na živu u vakumskoj cijevi.

Zrak je ekstremno elastičan i zato služi kao odličan medij za prijenos zvučne energije. Elastičnost je sposobnost objekta ili određene mase da poprimi svoj prvotni oblik nakon što je raspršen, rastegnut. I ostali mediji mogu poslužiti kao medij za prijenos zvučne energije, kao npr. voda ili metal, ali zrak je najučinkovitiji zbog svojstva **elasticiteta**.

5.2.3. ZVUČNI VALOVI

Zvučni valovi mogu biti slični vodenim valovima. Kad brod prođe kroz mirnu vodu stvaraju se valovi, visoka brda i niske udubine, u usporedbi sa okružujućom mirnom vodom. Val najbliži brodu ide gore i dolje, udarajući vodu do sebe koja ide gore i dolje, i tako dalje. To se nastavlja dok se val ne razbije o obalu. Energija je prenesena s broda na obalu kroz vodu. Masa vode koja je uz brod ne dotiče zapravo obalu; energija je prenesena kroz vodu. Većim dijelom, vidljivi vodeni energijski prijenos je horizontalan.

Zvučni valovi zrače u prostor u svim smjerovima (u ravnini 360 stupnjeva) i tamo gdje val počinje naziva se **početna faza**. Početna faza je masa molekula gdje one počinju vibrirati i mjerena je u stupnjevima; početna točka vala. Zvučni valovi su serije zračnih vibracija uzrokovanih vanjskom silom. Ta sila može biti pljesak ruke, pucketanje prstom, vibriranje glasnica. Kod jednostavnih zvučnih valova, kad sila rasprši masu zračnih čestica, one se miču iz neutralne pozicije. Kada su otputovale maksimalnu udaljenost odbijaju se nazad u neutralnu poziciju. Zračne molekule imaju masu i zbog brzine kretanja one prilikom povratka na svoje mjesto prelaze dalje od njihove mirujuće pozicije (kao klatno na zidnom satu koje se ne zaustavlja u središnjem položaju već prelazi u krajnji lijevi ili desni pomak). Brzina kretanja nekog objekta je produkt mase i brzine. To uzastopno cikličko kretanje se nastavlja sve dok elastična sila (kohezija molekula zraka) ne nadjača silu brzine kretanja. Kad se to dogodi vibracija prestaje. Zvučni valovi prate **Newtonov prvi zakon** kretanja: svaki objekt ostaje u svom stanju mirovanja ili kretanja unutar ravne linije pri konstantnoj brzini osim ako sila ne uzrokuje promjenu stanja. Ovo je zakon inercije.

Kompresija je druga faza u procesu vibriranja (kretanja) molekula i nastaje kada se molekule zraka sabiju (iz svog neutralnog položaja se približe jedna drugoj) a **refrakcija** je treća faza kada se molekule rasprše iz neutralnog položaja (međusobno se udalje jedna od druge. Za vrijeme stadija kompresije, prisutan je porast tlaka zato što molekule zraka imaju veću gustoću. Pritisak zraka je niži za vrijeme stadija refrakcije zato što su molekule više udaljene od svog neutralnog položaja. Zvuk putuje kao progresivne točke kompresije i refrakcije molekula zraka. Zvučni valovi su velike i male promjene tlaka koje putuju kroz medij zraka. Zvuk putuje kroz zrak brzinom od oko 340 metara u sekundi, kod temperature od 20⁰C i kod tlaka zraka od 1 bara.

Akustička energija se pretvara u mehaničku energiju u srednjem uhu. Zakon očuvanja energije se bavi transformacijom energije: energija ne može biti stvorena ili uništena, može samo prelaziti iz oblika (stanja) u drugi oblik (transformirati se). Entropija također igra ulogu u transformaciji energije nekog sustava. Svaki puta kada se energija slobodno prenosi iz jednog oblika u drugi, smjer transformacije je prema stanju "većeg nereda" ili prema većoj entropiji.

5.2.4. FREKVENCIJA VIBRACIJE I VISINE TONA

Ciklus vibracije (puni titraj) je kompletan pokret čestica zraka od brijega do brijega vala. Broj

molekularnih pomicanja po sekundi je frekvencija (f) zvučnog vala. Frekvencija ovih ponavljajućih pokreta čestica zraka se mjeri u **hertzima** i skraćeno označava sa Hz. Da bi znali frekvenciju vibracije, **period (P)** odnosno **vrijeme trajanja (T)** moramo ga izmjeriti (izračunati). Vrijeme trajanja zvučnog vala je vrijeme potrebno da bi se odvio jedan ciklus vibriranja. Odnos između vremena trajanja (period) i frekvencije je obrnut(o) proporcionalan). Što je duže vrijeme trajanja, manja je frekvencija; kako se P povećava, f se smanjuje i obrnuto, što je kraće trajanje, veća je frekvencija. Frekvencija vibracije se izražava formulom $f = 1/P$ [Hz]. Vrijeme trajanja zvučnog vala se računa formulom $P = 1/f$ [sec].

Fizikalno obilježje frekvencije vibriranja čestica zraka je povezano sa psihološkim doživljavanjem (percepcijom) **visine tona**. Kako čestica zraka brže vibriraju u vremenu trajanja, proizvodi se zvuk više frekvencije koji stvara doživljaj tona veće visine. Ako čestice vibriraju sporije, doživljavamo ton manje visine. Frekvencija vibracije i percepcija visine tona su proporcionalni. Vibracije nižih frekvencija zamjećujemo kao niže tonove, a vibracije viših frekvencija kao više tonove. Ipak, ovaj odnos nije linearan. Ne postoji 1:1 odnos među promjenama u frekvenciji vibracije i psihološkom doživljaju visine. Npr. ako udvostručimo frekvenciju, ne udvostručava se visina. One su proporcionalne, ali ne i **linearno proporcionalne**. Glasnoća isto utječe na visinu tona. Npr. kad se niska frekvencija reproducira vrlo glasno, slušaču se čini da je ton niži, a kada se visoki tonovi reproduciraju glasnije, slušaču se čine viši. Subjektivna skala visine za čiste tonove (da bi frekvenciju i visinu tona učinili proporcionalnima) koristi mjernu jedinicu **mel** koja je izvedena iz riječi melodija.

Ljudski raspon slušanja je približno od 20 do 20 000 Hz. Frekvencije ispod 20 Hz se primaju kao vibracije i one iznad 20 000 Hz su **ultrazvučne** ili iznad ranga ljudskog slušanja. Većina energije ljudskog govora leži ispod 4 000 Hz s 2 000 Hz kao središnjom frekvencijom za identifikaciju obilježja govornika. Ljudsko uho je najosjetljivije na frekvencije između 1000 i 4000 Hz.

Dopplerov efekt je vezan za frekvenciju vibracije i percepciju visine tona. Događa se kada su izvor zvuka i slušatelj u pokretu jedan prema drugom ili jedan od drugoga. (Događa se i sa drugim valovima.) To je česta pojava kada izvor zvuka prođe slušatelja koji je u statičan. Npr. ako je slušač statičan i prema njemu se kreće auto konstantnom brzinom, frekvencija vibrirajućih čestica se povećava uzrokujući osjećaj višeg tona. Kada auto prođe slušača, frekvencija vibracije i doživljaj visine tona se smanjuju.

Period vibriranja, pokreti čestica zraka od jednog vrha do drugog vrha vala, se ubrzava zbog brzine auta koji se približava slušatelju. Rezultat je kompresija zvučnih valova i percepcija višeg zvuka dok se auto približava slušatelju. Kad auto prođe pokraj slušatelja frekvencija vibracija čestica zraka se produžava, pokreti čestica zraka od vrha do vrha su rjeđi i to rezultira percepcijom nižeg zvuka. Magnituda promjena frekvencija vibracija zračnih čestica ovisi o brzini auta koji se približava slušatelju i prolazi kraj njega. Svi smo mi doživjeli promjenu visine zvuka dok nam se objekt približava i prolazi kraj nas različitom brzinom. Magnituda ili količina promjene frekvencija se naziva **Dopplerov pomak**.

5.2.5. AMPLITUDA VIBRACIJE I GLASNOĆE

Fizikalna veličina amplitude vibracija čestica zraka je povezana sa psihološkom percepcijom glasnoće. Ako vanjske sile pomaknu čestice zraka uzrokujući vibracije, one se pomiču naprijed i nazad u odnosu na njihovu početnu (neutralnu) poziciju. Amplituda vibracije je udaljenost koju čestice zraka

pređu (od pozitivne preko neutralne do negativne točke). Maksimalni pomak u bilo kojem smjeru je vrh amplitude i to je intenzitet sile zvučnog vala. Snaga koja se kroz zvuk prenosi je intenzitet zvuka.

Amplituda i percepcija glasnoće su pozitivno korelirane (npr. što je veća amplituda vibracije zračnih čestica, veća je i percepcija glasnoće). U slučaju frekvencije vibracije i visine, nema korelacije 1:1 između promjena u amplitudi i percepcije glasnoće. Oni nisu linearno proporcionalni. **Fon** skala se koristi kod usporedbi razine glasnoće kod različitih frekvencija. Ljudsko uho može zamijetiti male promjene u glasnoći. Najjači zvuk koji možemo čuti je puno veći od akustičkog: glasnoća zvuka se mjeri u decibelima: jedna desetina (d) Bela ili dB ("B" po Alexander Graham Bellu). Decibel je jedinica koja izražava intenzitet zvuka u logaritmu. Prosječan intenzitet govora je oko 50-60 dB. Prag sluha kod čovjeka je malen, oko 10^{-16} W, a odgovara zvučnom tlaku od oko 20 μ Pa (mikro Paskala).

Kada postoje masa i elastičnost može doći do vibracije. Pokreti mase zračnih čestica od maksimalno pozitivne do maksimalno negativne točke i natrag su jedan ciklus oscilacije. Da nema gubitka energije zbog trenja oscilacije bi trajale beskonačno. Pokreti zračnih čestica se postepeno smanjuju. Amplitude vibracija koje se polako smanjuju su lagano prigušene, dok su vibracije koje se brže smanjuju jače prigušene. Sinusoidne vibracije su jednostavni ponavljajući pokreti mase kao kod klatna.

5.2.6. VALNA DULJINA

Valna duljina je udaljenost koju val prođe u jednom ciklusu vibracije, udaljenost između dva vrha. Zvučni val prelazi udaljenost valne duljine u jednoj sekundi a brzina je jednaka umnošku frekvencije i valne duljine. Valna duljina zvučnog vala od 20 Hz je oko 17,0688 m. Valna duljina zvuka od 1000 Hz je oko 35,56 cm. Valna duljina najviše frekvencije koju uho može zamijetiti, 20 000 Hz, je oko 2 cm. Stoga se kaže da ljudsko uho može registrirati frekvencije čije se valne duljine kreću u rasponu od 20 cm do 20 m. Povećanjem udaljenosti između slušatelja i izvora zvuka glasnoća se smanjuje. Sa udaljenosti od slušatelja raste i broj čestica zraka i zato se zvuk više rasipa. Kako se zvuk širi od svog izvora, širi se na puno većem području te se energija zbog raspršenja smanjuje proporcionalno udaljenosti od izvora zvuka.

5.2.7. ZVUČNI TLAK

Svaka čestica zraka prenosi silu na susjednu česticu, koja prenosi silu na sljedeću i tako dalje. **Din** je jedinica za snagu koja se koristi u akustici. Jedan din je izuzetno mala jedinica. Na primjer, zrnce pijeska je oko 30000 dina gravitacijske sile. Koristeći din možemo izračunati zvučni tlak. Zvučni tlak je količina sile, izražena u dinima, na površini, izraženoj u centimetrima. Jedan **erg** je količina obavljenog rada kada jedan din sile pomakne neki objekt jedan centimetar. Ove promjene tlaka djeluju na bubnjić uzrokujući male pokrete. Najmanja promjena tlaka koja je potrebna da se proizvede čujni zvuk je 0.0002 din/cm².

Ponekad zvučni valovi poništavaju jedan drugog. To se najčešće događa u slušaonicama (auditorijum) i koncertnim dvoranama. Kada se zvuk koji dolazi od govornika na pozornici susretne sa zvukom koji se reflektira od stražnjih zidova auditorijuma ili koncertne dvorane oni se međusobno poništavaju. Tlačni valovi u tom slučaju miruju. Ovaj fenomen se naziva **stojni val** i koristi se za smanjenje buke.

5.2.8. JEDNOSTAVNO HARMONIČKO GIBANJE, SINUSOIDALNI PRIKAZI I KOMPLEKSNI VALOVI

Jednostavni zvučni val nastaje ponavljajućim pokretima kada neka vanjska sila pomiče čestice zraka iz njihovih neutralnih položaja i dopušta im slobodnu oscilaciju bez dodatnih vanjskih utjecaja. Masa čestica zraka vibrira sinusoidalno, a frekvencija oscilacije je uvijek ista. Kada vrijeme postavimo na horizontalnu os tada jednostavno harmoničko gibanje predstavlja sinusoidalni graf, odnosno krivulju sinusa (sinusoida). Ova vibracija mase čestica zraka naziva se prirodna ili rezonantna frekvencija i određena je svojstvima kao što su dimenzija, tekstura i oblik. Jednostavni zvuk vibrira na samo jednoj frekvenciji. Čisti ton (kao onaj koji proizvodi zvučna viljuška) je primjer jednostavnog zvučnog vala. Zvučna viljuška se može kucnuti, pokrenuti i ostaviti da vibrira. Ona će onda proizvoditi samo svoju prirodnu frekvenciju i postupno se gasiti kako se energija troši. Akustička energija se gubi zbog trenja koje nastaje kada molekule zraka dođu u međusobni kontakt jedna s drugom. Jednostavni zvučni valovi su veoma rijetki, većina zvukova je složena. Govor je složeni zvučni val. Složeni zvukovi imaju dvije ili više frekvencija i nastaju od prisilnog titranja. Na grafu složenih zvučnih valova spektar amplituda pokazuje frekvencije i amplitude. Vertikalne linije predstavljaju sinusoidalne komponente, a visina linije je proporcionalna amplitudi komponente. Visina na bilo kojoj frekvenciji pokazuje energiju u valu na toj frekvenciji. Horizontalne linije predstavljaju frekvenciju, a one koje su postavljene više desno imaju veću frekvenciju. Govor je produkt rezonancije.

5.2.9. REZONANCIJA

U opisanom slobodnom titranju amplituda oscilacije je određena veličinom početnog pomaka. U takvoj vibraciji, koja se događa kod zvučne viljuške, amplituda ne može biti veća od početnog pomaka i polako opada kako se energija rasipa. U prisilnom titranju za svaku kombinaciju pojave rezonancije, amplituda totalne vibracije u sustavu ovisi o amplitudi i frekvenciji izvora. Za danu amplitudu prisilnog titranja, frekvencija rezonatora (rezonantne šupljine) je najveća kada se početna frekvencija (osnovni ton) izjednači s prirodnom frekvencijom izvora. Kada je prisilno titranje jednako prirodnoj ili rezonantnoj frekvenciji rezonantne šupljine pojavljuje se rezonancija. Rezonancija nastaje kada tijelo izloženo prisilnoj vibraciji vibrira s najvećom amplitudom za frekvencije bliske njenoj prirodnoj. Rezonantna frekvencija je frekvencija na kojoj se pojavljuje najviše oscilacija i jednaka je prirodnoj frekvenciji sustava. Optimalna rezonancija se pojavljuje kada sistem najefikasnije vibrira. Amplituda vibracije, zajedno sa frekvencijom, može biti jako velika i tako uzrokovati psihološku percepciju povećanja glasnoće na određenim frekvencijama.

5.2.10. GOVORNA REZONANCIJA

Govorna rezonancija se može objasniti na jednostavan način. Polazi se od pretpostavke da su govornikove rezonantne šupljine glave i vrata iznad razine glotis. Glotis je otvor kroz koji prolazi zrak na razini glasnica. Kada govornik proizvodi glas, zvuk će biti samo nerazumljivo zujanje (**fundamentalni ili osnovni ton laringealni ton - F_0**). Kod muškaraca će F_0 biti nižih frekvencija nego kod žena.

Ti zvukovi su slični zvukovima koje bismo dobili na pisku koji smo odvojili sa trombona ili klarineta. Ti zvukovi nisu čisti tonovi već se sastoje od mnoštva frekvencija.

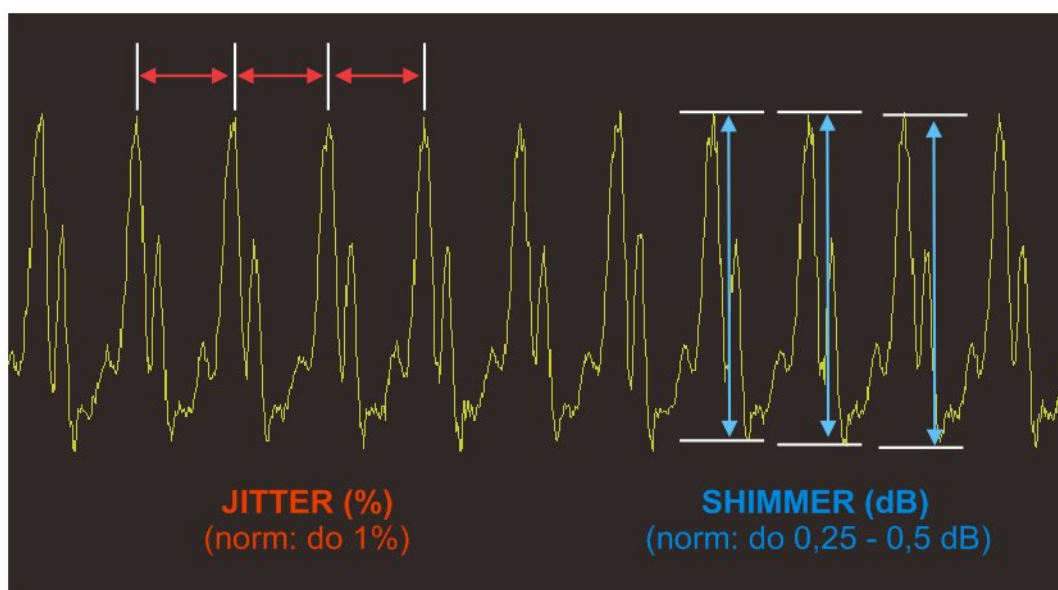
Ako se tijekom fonacije mijenja oblik vokalnog trakta govornika određene frekvencije će se pojačavati a druge prigušiti. Zvučni val nastao u glotisu mijenja se zbog rezonantnih karakteristika vokalnog trakta. Zrak u vratu i rezonantnim šupljinama glave (oko 450 kubičnih centimetara) vibrira. To daje govornicima različite kvalitete glasa. Promjene amplitude i frekvencije zvuka pomiješane s artikulacijskim promjenama nastalim u rezonatorima omogućavaju produkciju različitih glasova.

Titze i Story (2002.) su ispitivali laringealni vokalni trakt kod muškaraca i žena pomoću magnetske rezonancije (MRI). Promatran je vokalni trakt za vrijeme proizvodnje samoglasnika u različitim glasovnim kvalitetama i registrima, a rezultati su pokazali da su upravo ti različiti registri i kvaliteta glasa određeni prilagodbama i promjenama vokalnog trakta.

5.2.12. SHIMMER, JITTER, PERIODIČNI I APERIODIČNI ZVUČNI VALOVI

Svi glasovi govora su složeni valovi i svaki od njih ima jednostavne sinusoidne valove koji se nazivaju komponente ili sastavnice. Frekvencija svake komponente je cijeli broj – višekratnik fundamentalne frekvencije. Fundamentalna frekvencija (F_0) je osnovna komponenta govornog zvuka; to je frekvencija kojom vibriraju glasiljke. Drugi harmonik je frekvencija koja je duplo veća od fundamentalne frekvencije. Treći harmonik je tri puta veći od fundamentalne frekvencije, četvrti četiri itd.

Shimmer se odnosi na kolebanje intenziteta (intenzitetska nepravilnost), a jitter se odnosi na kolebanje u frekvenciji osnovnog laringalnog tona. Shimmer i jitter su zapravo varijacije intenziteta i frekvencije u samom obliku vala. Shimmer i jitter su prisutni samo u glasovnom govoru tj. u drugim zvukovima ne postoje. Negovorni zvukovi su aperiodični valovi kod kojih je trajanje svakog ponavljanja nasumično. Komponente takvih zvukova su često vrlo raznolikih frekvencija, a ne samo višekratnici fundamentalne frekvencije. U teoriji, periodični valovi imaju beskonačan broj jednakih ponavljanja unutar perioda. Kvaziperiodični složeni val je samo jednim djelom jednako ponavljan i to su glasovni zvukovi.



Slika 5: Shematski prikaz shimmera i jittera.

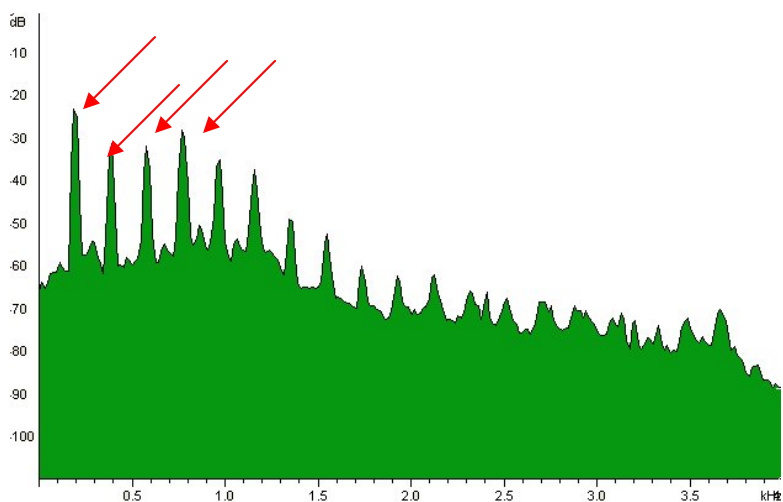
5.2.13. VRIJEME UKLJUČENJA GLASA (VUG: VOICE ONSET TIME - VOT)

VUG se mjeri u milisekundama i to je vrijeme potrebno da se oslobodi energija da bi se proizveo okluziv tj. da bi glasiljke počele vibrirati. VOT je najbolje i najsigurnije mjeriti upravo kod okluziva (prekidnih glasova). Npr. kod izgovora konsonanta /p/ u prvoj fazi dolazi do zatvaranja usana (nastaje pregrada zračnoj struji) te se zbog toga iza usana stvara pojačani tlak. Nakon otpuštanja tog tlaka počinju vibrirati glasiljke. Vrijeme između početka otpuštanja tlaka iza usana i početka fonacije naziva se VUG. Glas /p/ je bezvučan i zato ima relativno dug VUG za razliku od glasa /b/ koji je upravo suprotan glasu /p/ (njegov je zvučni par). Pri izgovoru glasa /b/ mnogo je kraći VOT jer glasiljke počnu vibrirati prije otpuštanja tlaka (otvaranja usana). Ako se titranje glasnica pojavi nakon eksplozije suglasnika (kao kod izgovora /p/) tada je VUG pozitivan, a negativan je ako glasnice zatiraju prije pojave suglasničkog zvuka (kod zvučnih okluziva kao kod izgovora /b/). Ima još fonema koji se upravo razlikuju u VUG-u, a to su /k/ i /g/, /d/ i /t/.

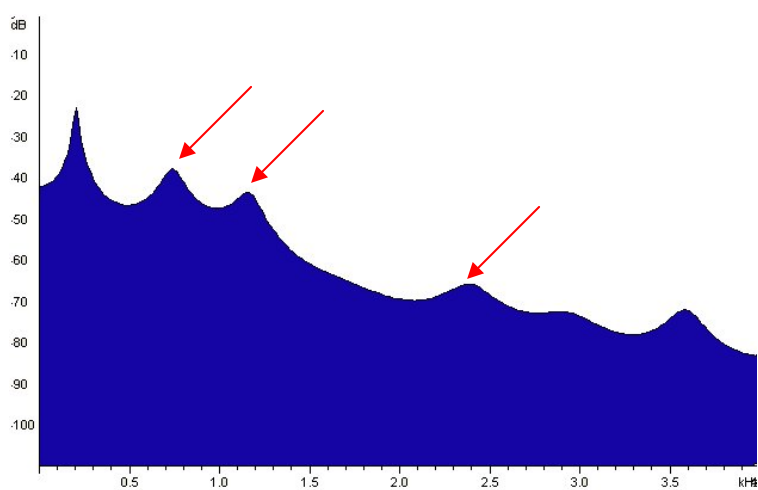
5.3. DIJELOVI ZVUČNOG SPEKTROGRAMA

Zvučni spektrogram je vizualna reprezentacija govora bazirana na ponavljanju Fourierove analize. Nekoliko je važnih elemenata govorno glasovnog spektrograma. Tri najvažnija aspekta govora prezentirana spektrogramom su vrijeme, frekvencija i energija. Vrijeme je iscrtano duž horizontalne osi na grafu. Frekvencija govornog signala je predstavljena na vertikalnoj osi. Najniža horizontalna linija je baza frekvencija i tu se obično nalazi trag osnovnog laringealnog tona. Relativna jakost zvuka je prikazana u različitim stupnjevima zatamnjenja koji predstavljaju energiju govornog signala. Kompjutorski generirane spektrografske prikazi omogućavaju da pomoću kursora očitamo i relativne decibele.

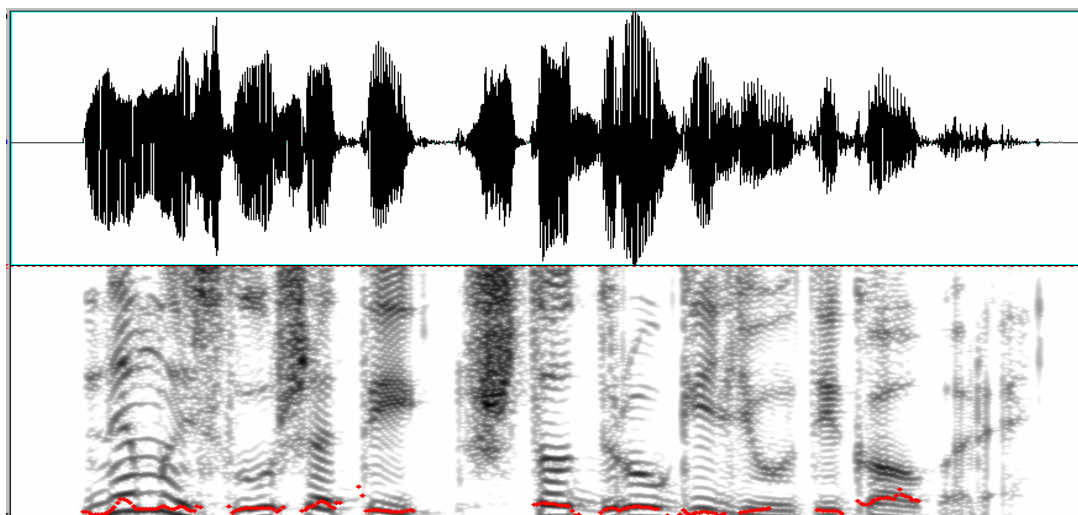
Postoji također nekoliko drugih primarnih značajki govornog spektrograma, odnosno spektrografskih prikaza. Vertikalno su prikazi periodične i aperiodične zvučne energije. Periodični vertikalni rezovi pokazuju ponavljajuće kratke promjene amplitude signala koji su karakteristični za vibriranje glasnica (jedan "rez" predstavlja jedan titraj). Bezvučni konsonanti nemaju ove ponavljajuće vertikalne prekide i pojavljuju se kao nasumični naleti energije. Prva tri govorna formanta (F_1, F_2, F_3) važna su za identifikaciju govornika. Formanti su frekvencijske nakupine pojačane akustičke energije u spektru govora a nastaju zbog efekta rezonancije vokalnoga trakta. Najniži formant je F_1 , a drugi formant F_2 se smatra kao glavnim (centralnim) formantom za identifikaciju govornika i detekciju govornih uzoraka. Promjena u frekvenciji u trajanju formanta zove se **tranzicija formanta**. U slikovnom prikazu to se očituje u varijacijama visine formantskog traga (linija se diže ili spušta) unutar frekvencijskog opsega pojedinog formanta. Formanti ovise u rezonantnim karakteristikama vokalnog trakta i o promjenama u položaju artikulatora tijekom govora. Okluzivi, kod kojih dolazi do naglog otpuštanja zraka, također se mogu vidjeti na spektrogramu sa svojim tipičnim određenim vremenski karakteristikama.



Slika 6: FFT spekter glasa (vidljivi su harmonici)



Slika 7: LPC spekter istog glasa (vidljivi su formanti)



Slika 8: "Nemoj slušati što drugi ljudi govore" (s tragovima prvog formanta – crveno)

Kao što je ranije primijećeno, govorni uzorci nisu toliko specifični i jedinstveni za pojedinog govornika kao što su otisci prsta. Otisci prsta su statični od jednog uzimanja uzorka do drugog; oni ne variraju značajno kroz vrijeme. Akustički uzorci koji se pojavljuju tijekom dinamičnog (povezanog)

govora mijenjaju se od jednog govornog uzorka do drugog. U dinamičnom govoru, osoba može pričati brže ili sporije, s višim tonovima ili nižim te s više ili manje nazalne rezonancije varirajući od jednog govornog uzorka do drugog. No, unatoč tome, postoji opća akustička konzistencija koja služi kao identifikacijski faktor kroz sve govorne uzorke. Upravo zato ljudsko uho može razlikovati jedan govorni zvuk od drugog te prepoznati različite govornike. Zvukovni spektrogram pokazuje te konzistencije.

No, zbog varijabilnosti u dinamičnom govoru, potrebno je uzeti što više uzoraka istog iskaza. Što je više uzoraka, više je valjan i pouzdaniji proces identifikacije glasa. Varijabilnost govora osumnjičenika od jednog uzorka do drugog zove se intra - govornikova varijanca (varijabilnost u govoru pojedinca), a varijabilnost glasa osumnjičenika od jednog uzorka do nekoliko neidentificiranih odnosi se na pojam inter - govornikova varijanca (varijabilnost u govoru dvije ili više osoba).

5.4. PRIJELAZNI SEGMENTI GOVORA I AUTOMATIZIRAN GOVOR

Koartikulacija je preklapanje pokreta tijekom govora što dovodi do toga da jedan glas utječe na drugi, tj. dovodi do *asimilacije*. U govoru, glasovi postaju sve više jedan nalik drugome. Zbog koartikulacije, neke akustičke karakteristike fonema mogu izostati i drugi mogu biti iskrivljeni kao idealna obilježja zvuka. Također, riječi i kratke fraze se čak miješaju jedni u druge.

Svaki govor je naučen. Djeca nisu rođena sa govorom već ga moraju učiti. Učenje i ponašanje uključuju čvrste navike. Što se više angažiramo oko ponašanja ono sve više postaje podsvjesno. Kad je moguće, obrasci govora bi trebali biti rutinski, improvizirani tipovi iskaza poput "Dobro jutro", "Kako ide?", "Bok, bok", "Znaš" i tako dalje. To je ovako zbog toga što su ovi iskazi izrečeni mnogo puta od određenog govornika i velika je vjerojatnost da tu ima manje varijacija u njihovim akustičkim kvalitetama nego ako govornik koristi riječ koja je rijetko izrečena. Neurološko objašnjenje konzistentnosti automatskog govora je to da je novo programiranje primarno kortikalno sa modifikacijama temeljenim na tjelesnom i auditivnom feedbacku. Automatski govor je primarno subkortikalno i stoga je program relativno utvrđen i konzistentan.

Titze i Story (2002, 4) komentirali su položaj/oblik vokalnog trakta i rezonanciju: "Genetika ima najveću ulogu, kao što to čine dob, kultura, dijalekt i vokalni trening. Djelomično, možemo kontrolirati vlastitu kvalitetu glasa; npr., zadržavanjem položaja jezika za vrijeme govora, zadržavanjem niže pozicije laringsa (kao kod zijevanja), zadržavanjem usana zaokružanima ili naboranima, ili stezanjem zuba." Oni smatraju da su kultura, dijalekt i vokalni trening podložniji promjenama, dok su utjecaji genetike i dobi u načelu čvršće određeni bez velike mogućnosti promjene.

5.5. SUBJEKTIVNE I OBJEKTIVNE METODE IDENTIFIKACIJE GLASA

5.5.1. TOSI MODEL

Tosi (1979, 4) je bio prvi fizičar i znanstvenik koji se bavio govorom koji je utemeljio subjektivno-objektivnu kontinuum metodu identifikacije glasa: "Značenje riječi subjektivno i objektivno može varirati za različite osobe. Za istraživača, u kontekstu identifikacije glasa, ona mogu operativno

biti definirana kao sljedeće: subjektivne metode su one koje su proizvedene u ljudskim mislima; objektivne metode su one koje su proizvedene na mehanički ili elektronski način. Ipak, nužno je naznačiti da u ovim objektivnim metodama i dalje postoji mnogo ljudskih interakcija, zato što, npr., kompjuter mora biti programiran i rezultati koje daje moraju biti interpretirani od strane ispitivača.”

Prema **Tosi modelu**, najsubjektivnija metoda identifikacije glasa je korištenje stručnih/iskusnih slušatelja (npr., ovi koji su uspješno svladali tečajeve fonetike i identifikacije glasa) koji trebaju usporediti nepoznate glasovne uzorke sa poznatim uzorcima koristeći **kratkotrajnu ili dugotrajnu memoriju**. Dugotrajna memorija je subjektivnija od kratkotrajne usporedbe uzoraka. Druga subjektivna metoda je glasovni spektrogram za uspoređivanje značajki nazvan **vizualna detekcija govornih uzoraka**. **Objektivne metode** identifikacije glasa uključuju poluautomatsku i automatsku identifikaciju, s tim da je poluautomatska subjektivnija. U objektivnoj poluautomatskoj metodi, postoji interakcija između ispitivača i kompjutera tijekom ispitivanja. U kompjuteriziranoj metodi, kompjuter je programiran tako da uočava glavne/istaknute uzorke i uspoređuje ih sa nedavno usvojenim uzorcima ili sa ovima koji su dobiveni iz baze podataka poznatih govornika. Objektivne kompjuterizirane metode će biti prikazane kasnije.

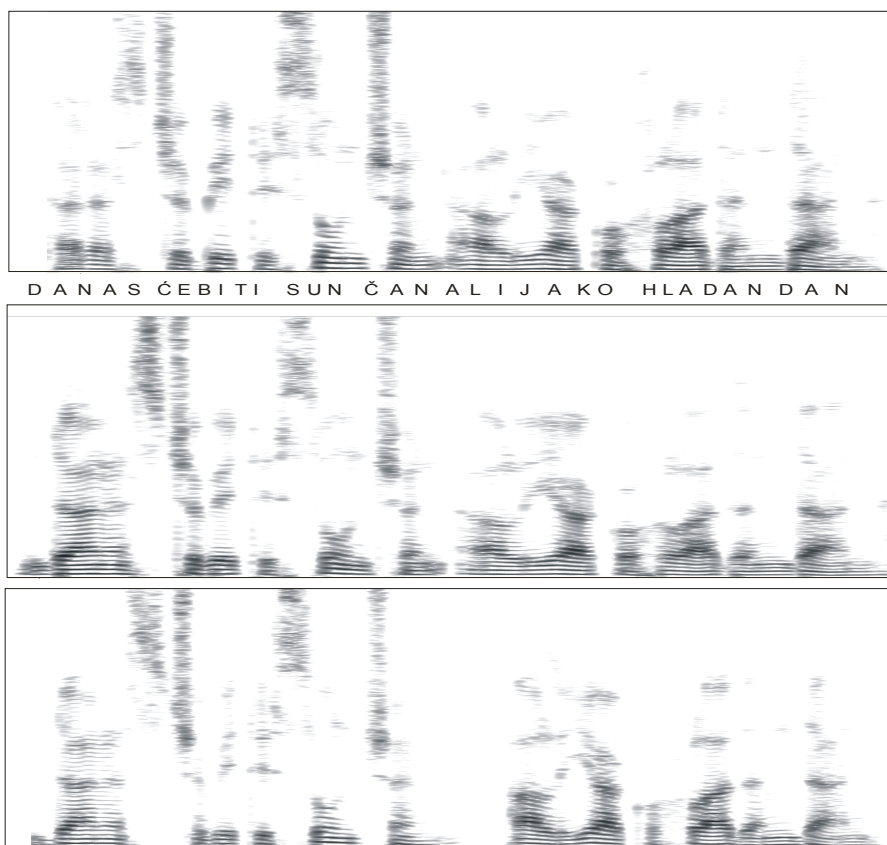
Prema Tosi metodi, postoje 4 pouzdane procjene svake subjektivne odluke:

1. Vrlo nesiguran da je moja odluka točna
2. Prilično nesiguran da je moja odluka točna
3. Prilično siguran da je moja odluka točna
4. Skoro siguran da je moja odluka točna.

Ovo rangiranje sigurnosti može biti označeno na modificiranoj Likertovoj skali označujući stupanj sigurnosti od lijeve strane prema desnoj, koristeći numeriranje od 1-4. Ovo je prisilno rangiranje stupnja sigurnosti i procjenitelj mora odgovoriti na svaki primjer.

5.5.2. VIZUALNO OPAŽANJE GOVORNIH MODELA

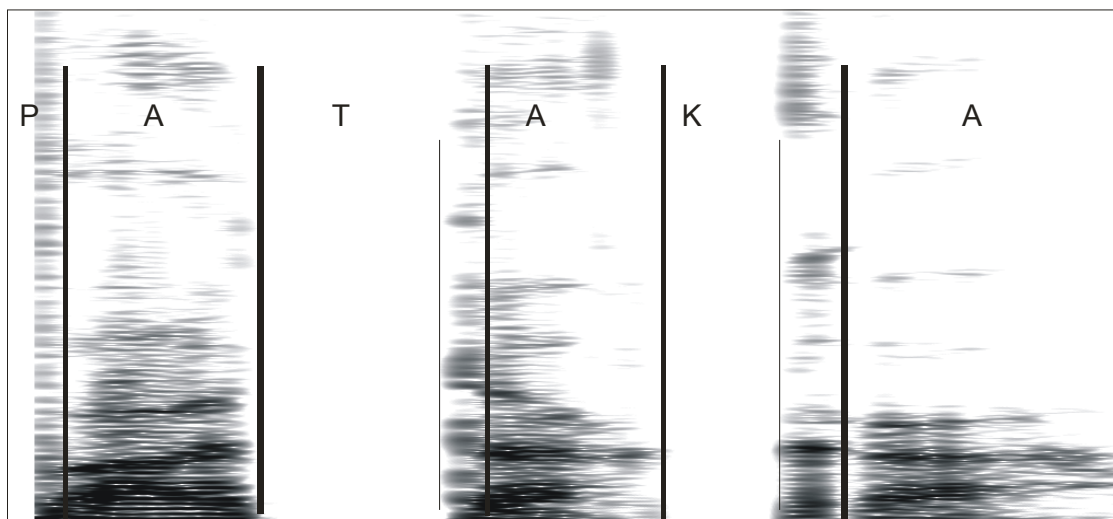
Ljudsko oko je iznimno precizno u detekciji govornih modela na spektrogramu ili spektrogramskoj slici. Studije su pokazale da ispitivači, koji nisu posebno trenirani i koji nisu u mogućnosti objasniti tehničke aspekte govornog spektrograma, mogu producirati visoko pouzdanu i preciznu usklađenost glasovne identifikacije. Jednostavno ispitujući needucirane promatrače koji bi spektrogram mogao biti sličan drugom iz skupine od nekoliko nepoznatih spektrograma, mogu dati dobre rezultate u identifikaciji govornika. Na primjer, slika 9 prikazuje istog govornika koji govori istu rečenicu. Needucirani promatrač može jasno vidjeti sličnosti u govornim modelima. Ipak, podučavanje ispitanika značajno poboljšava preciznost.



Slika 9.: Jedan govornik izgovara istu rečenicu tri puta ("Danas će biti sunčan, ali jako hladan dan").

5.5.2.1. OKLUZIVI

Zatvornici (okluzivi) su analizirani na način modulacije strujanja zraka i na način na koji se energija raspršila na spektrogramu. Oni su proizvedeni korištenjem artikulatora kao ventila za kompresirani zrak koji dolazi iz pluća. Zatvornici nastaju kratkim potpunim prekidom zračne struje te zatim oslobađanjem akustičke energije u govornom traktu. I zvučni i bezzvučni zatvornici nastaju stvaranjem intraoralnog tlaka koji se naglo oslobađa i potom dolazi do uključanja glasa slijedećeg samoglasnika. Zvučni okluzivi su /b/, /d/ i /g/ a bezzvučni zatvornici su /p/, /t/ i /k/. Na spektrogramu vidimo prazan bijeli prostor prije otpuštanja tlaka a za vrijeme otpuštanja nastaje kratkotrajan intezivan šum zvučne energije. Faktori u analizi govornikove identifikacije okluziva uključuju trajanje pauze/praznine (prekida u izgovoru fonema) vrijeme uključanja glasa te frekvenciju i trajanje šuma.



Slika 10: Spektrogram okluziva (zatvornika) /p/, /t/ i /k/.

5.5.2.2. AFRIKATE

Tehnički, afrikate su zatvornici, ali obzirom da omogućuju upadljivu informaciju za govornikovu identifikaciju, o njima se raspravlja odvojeno. Afrikate su također eksplozivni glasovi ali s elementima frikcije. U hrvatskom jeziku /c/ , /č/ i /ć/ su bezvučni a zvučni su /đ/ i /dž/. Faktori koji se analiziraju u prepoznavanju govornika uključuju njihovo trajanje, frekvenciju i vrijeme uključena govora.

5.5.2.3. FRIKATIVI

Zvučni i bezvučni frikativi nastaju stvaranjem uske zračne struje koja prolaskom između artikulatora proizvodi šum na višim frekvencijama. Njihova se energija može uočiti kao aperiodičan signal (šum) koji nastaje raspršenjem energije na vrhu spektrograma. Podsjetimo se da je frekvencija energije govornog signala prikazana na vertikalnoj skali spektrograma gdje donji dio spektrograma indicira niske frekvencije i više frekvencije nalaze se na vrhu. U produkciji frikativa zračna struja je stiješnjena ali ne potpuno zaustavljena artikulatorima. Sužavanjem prolaza artikulatora može se pojaviti na raznim mjestima u govornom traktu. Što je suženje prolaza u usnoj šupljini više sprijeda (glasovi proizvedeni u prednjem dijelu šupljine) to je frekvencija viša. Frikativi su /s/, /š/, /v/, /z/, /ž/, /f/ i /h/. Trajanje i frekvencija frikativa su ključne značajke na spektrogramu. Raspršenje glasovne energije i frekvencijske karakteristike mogu ponekad biti ključni u prepoznavanju govornika koji imaju poremećaj izgovora kao što je sigmatizam.

5.5.2.4. NAZALI

Hrvatski jezik ima tri nazala, /m/, /n/ i /nj/, i svi su zvučni. Nazali su producirani pojačanom rezonancijom nazalne šupljine koja postaje protočna za zračnu struju zbog spuštanja veluma (meko nepce). Nazali su jako podložno koartikulacijskim promjenama i asimilaciji u izgovoru te mogu biti jako varijabilni. Ipak, fonetski su specifični upravo zbog nazalne rezonancije. Glas /m/ nastaje zatvaranjem usana te se zračna struja usmjerava kroz nos. Glas /n/ je rezultat okluzije jezika i alveola te usmjeravanjem zračne struje kroz nos. Glas /nj/ je rezultat zatvaranjem zračne struje jezika i nepca i usmjerivanjem zračne struje kroz nos. Bitna obilježja nazala na spektrogramu uključuju rezonantnu

frekvenciju nosne šupljine te njen intenzitet. Ukoliko se nazalna komponenta uočava u spektrogramu i prilikom izgovora drugih ne-nazalnih glasova, to može biti također važan faktor u prepoznavanju govornika (hipernazalnost). Isto tako i u suprotnom slučaju kada nema nosne rezonancije kod nazala (a trebala bi postojati) može ukazivati na hiponazalnost.

5.5.2.5. SAMOGLASNICI

Samoglasnike možemo podijeliti prema pomicanju jezika od naprijed prema straga i njegovom položaju (visini) u usnoj šupljini, prema frekvencijskoj visini i napetosti. Oblik usana igra važnu ulogu u akustičnom oblikovanju samoglasnika.

Premda se prema načinu izgovaranja samoglasnika može identificirati govornika, tri su karakteristike vrlo bitne. Prije svega, relativan položaj prvog, drugog, trećeg i ponekad i četvrtog formanta koji ovise o govorniku. Relativne pozicije tih formanta su glavni pokazatelji načina rezonancije i u pravilu se ne znatno mijenjaju zavisno o načinu izražavanja. Frekvencija formanta se najlakše može prepoznati LPC analize (Linear predictive coding). Pomoću LPC-a dobiva se prosječni spektar iz FFT analize ali s razlikom da FFT analiza ima frekvencijski vrlo detaljan prikaz (zato u njemu vidimo harmonike). Uprosječavanjem FFT spektra dobiva se "grublji" spektralni prikaz koji prikazuje dominantne nakupine energije koje su nastale sumiranjem većeg broja harmonika. Takve skupine harmonike će u LPC spektru biti prikazane samo jednim frekvencijskim vrhom u tom dijelu spektra, a to je frekvencijski vrh pojedinog formanta. Ako na klasičnom spektrogramu vizualno promatramo formante, može se uočiti njihov intenzitet prema tome koliko su svijetli odnosno tamni. Međutim, ako ih promatramo na LPC spektru, tada su oni jasno izraženi i vrlo precizno mjerljivi. Premda relativni intenzitet formanta ovisi o govorniku, manje nam govori o identitetu govornika od relativne frekvencije formanta i krivulje. Dakle, frekvencijski vrh formanta je najvažniji detalj koji govori o pojedinom govorniku odnosno njegovom vokalnog traktu.

Vokalni trakt pojedinca možemo usporediti s licima ljudi; iako svi ljudi imaju približno iste veličine i oblik glave, mi ih ipak vizualno razlikujemo. Isto tako, svako lice i glava pojedinca ima i svoju unutarnju specifičnu konfiguraciju koja determinira rezonantne karakteristike vokalnog trakta (formante) svakog pojedinca).

U povezanom govoru, ponekad je nazalna šupljina djelomice otvorena prilikom izgovaranja samoglasnika. To je rezultat koartikulacije. Ovaj je fenomen češći za druge jezike (poput francuskog) nego za hrvatski jezik. Djelomično otvaranje velofaringealne šupljine prilikom izgovaranja samoglasnika stvara negativnu rezonanciju (antirezonanciju). Rezonanciju određenog samoglasnika u formantu može se smanjiti zbog otvaranja prolaza kroz nazalnu šupljini pa se pojedini zvučni valovi mogu međusobno poništavati ili oslabiti. Nazalizacija samoglasnika je vrlo individualizirana i može ju se uočiti na spektrogramima prema širini i frekvenciji formanta.

5.5.2.6. SAMOGLASNIČKE SKUPINE (DIFTONZI)

Diftonzi, koje također zovemo i samoglasničke skupine su glasovi koji nastaju pomicanjem struktura artikulacije od artikulatorne geste za jedan samoglasnik prema gesti za drugi. Diftonzi imaju karakterističan oblik i prijelazne oblike na spektrogramu koji su rezultat koartikulacijskih pokreta.

5.5.2.7. SUGLASNIČKE SKUPINE

Suglasničke skupine su skupine dva ili više konsonanata bez vokala koji bi ih razdvajali. Primjeri suglasničkih skupina bi bili npr. /sk/ u skakati, /br/ u brusiti... Ovojnica energije i vremenskih faktora povezanih sa produkcijom suglasničke skupine ovise o svakom govorniku posebno. Suglasničke skupine na početku riječi mogu nam pružiti informacije o identitetu govornika (npr. relativni intenzitet svakog konsonanta u suglasničkoj skupini).

5.5.2.8. PAUZE

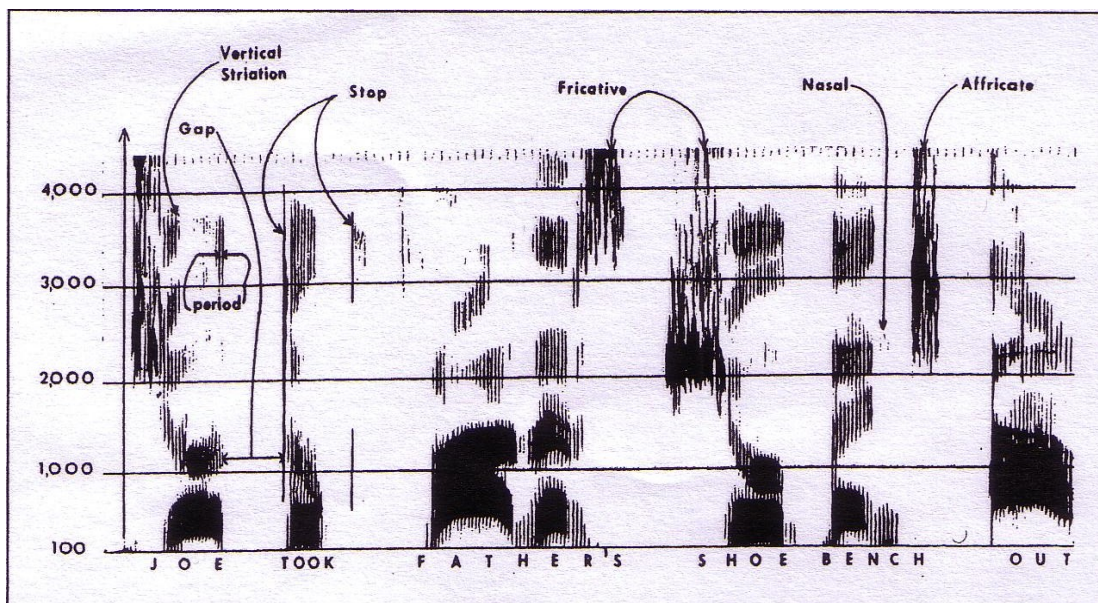
Spektralne karakteristike govornikova glasa nisu ograničene samo disperzijom spektralne energije na spektrogramu. Praznine ili pauze isto tako pružaju važnu informaciju za identifikaciju govornika te određuju brzinu govora.

Habitualna brzina govora je naučena i visoko je individualizirana. Stoga su ovi faktori važni kod analiziranja govornih spektrograma jer su povezani s konzistencijom brzine govora. Dužine pauzi treba promatrati unutar i između riječi i daju informacije o produkciji fonema i ukupnoj govornoj brzini. Broj pauzi i njihovo trajanje važni su za ukupnu govornu brzinu te daju informacije o respiratornoj potpori, brzini govornog programiranja i sekvencioniranja te njegovoj produkciji.

5.5.2.9. OPĆE KARAKTERISTIKE

Jednako kao što se karakteristike nekih govornika mogu dobro uočiti slušanjem (npr. duboki glas), takve se rezonantne karakteristike mogu vidjeti u spektrogramu. Nekoliko složenih faktora ulaze u opservaciju generalnih rezonantnih karakteristika na spektrogramu: relativni intenzitet, disperzije energije i širina pojasa formanta te njihova razdvojenost (slika 11).

Relativni intenzitet segmenata govora je vidljiv kao tamnije otisnut trag energije. Širina pojasa i međufornantsko razdvajanje daje samoglasnicima i sonantima njihova karakteristična akustična svojstva glasova. Ti faktori su povezani sa veličinom, oblikom i teksturom rezonantnih šupljina govornog aparata i nastaju kao međudjelovanje izvora zvuka u laringsu i rezonantnih struktura. Drugi važni elementi uključuju prekide i disperziju frikativne energije. Nadalje varijacije fundamentalne frekvencije te artikulacijski poremećaji poput supstitucije, adicije i distorzije također mogu biti vidljivi iz spektrograma. Tipične akcentne i dijalektalne varijacije se isto tako vide u spektrogramu i ovise o govorniku.



Slika 11: Karakteristike glasovnog spektrograma (Tanner, D. C., Tanner, M. E. (2004).

5.5.3. POLUAUTOMATSKA I AUTOMATSKA IDENTIFIKACIJA GLASA

Dr. Oscar I. Tosi sa Instituta za identifikaciju glasa na Michigan State University bavio se kompjuteriziranim ili automatskim prepoznavanjem govora u ranim 1970-im. Tijekom 1980-ih i 1990-ih, razvio je algoritme za kompjuteriziranu procjenu artikulacijskih poremećaja (Tanner 2001). Algoritmi omogućavaju uočavanje bitnih akustički parametara pojedinog foneme. Tosijev posao sa kompjuteriziranom procjenom govora postavio je temelje u kliničkoj evaluaciji govornika čak i kod fonema koji ne dostižu normalne govorne parametre. Ovi uređaji sada omogućavaju prepoznavanje govornih uzoraka (fonema) čak i kod nekih pacijenata s ozljedama.

Današnja računalna tehnologija koristi digitalno signalno procesiranje u analizi zvuka pa tako i govora. Pri tome se analogni zvuk digitalizira. proces digitalizacije uključuje tri koraka: uzorkovanje signala, kvantiziranje i kodiranje. Uobičajena je brzina uzorkovanja od 44 kHz što znači da se analogni signal očitava 44.000 puta u sekundi. Za uzorkovanje govora dovoljna je niža brzina uzorkovanja nego za glazbu jer govor ima niže frekvencije od glazbe. Većina govorne energije nalazi se ispod 6,000 Hz dok neki glazbeni instrumenti mogu generirati zvukove i iznad 15 kHz.

Današnja analiza zvuka temelji se na Fourierovoj analizi. Fourierova analiza omogućava očitavanje fundamentalne frekvencije i pokazuje frekvencije formantata. Međutim, dodatni matematički postupak, poznat kao linearno prediktivno kodiranje (LPC) koristi se za mjerenje točne lokacije frekvencija formantata.

5.6. ZAKLJUČAK

Spektrografija govornog zvuka, ponekad zvana "otisak glasa", istražiteljima daje točne i pouzdane informacije o govorniku identitetu. Govorni spektrogram je rezultat Fourierove analize gdje je kompleksni zvučni val prezentiran kao suma brojnih sinusoidnih valova različitih frekvencija, amplituda i faza. Postoje subjektivne i objektivne metode glasovne identifikacije. Analiza govora

uključuje analizu izoliranih glasova poput zatvornika, afrikate, frikative, nazala, vokala, samoglasničke i suglasničke skupine, pauze i sl.

6. NAGLASAK I DIJALEKT GOVORNIKA

6.1. UVOD

U ovom poglavlju objašnjavaju se forenzičke informacije dobivene iz naglaska, dijalekta i drugih govornih značajki. Naglasak i dijalekt, iako se često zamjenjuju, upućuju na različita jezična ponašanja. U ovom poglavlju još se govori o fonološkim i gramatičkim strukturama, dijalektima, zatim o utjecaju socijalnog statusa, obrazovanja, zanimanja i narodnosti na jezično ponašanje.

6.2. RASA, KULTURA, NARODNOST I JEZIČNA PONAŠANJA

U istraživanju govornikova jezičnog ponašanja i promatranju etničkih pokazatelja nije riječ o rasnom profiliranju. Ljudske rase određene su biološkim odrednicama - bojom kože, oblikom tijela (građa), karakteristikama lica i drugim fizičkim atributima, koje se prenose iz generacije u generaciju.

Rasa i kultura nisu sinonimi. Kultura podrazumijeva vrijednosti, vjerovanja i postupke neke zajednice i nadmašuje rasnu kompoziciju njenih članova. Neka vjerovanja i postupci kulturalne zajednice reflektiraju se kroz oblačenje, pripremu i preferiranje hrane, običaje, vjerske rituale, obiteljska pravila... Postoji velik broj različitih kultura. Svaka kultura s ponašanjima i običajima značajno se razlikuje od drugih. Čak se spominje i "policijska kultura" obilježena istim stavovima, vrijednostima i običajima.

Etničke (narodnosne) grupe često dijele politička opredjeljenja. Narodnost upućuje na istu kulturu koja oblikuje osnovu smisla čovječanstva temeljenu na svjesnosti o zajedničkoj prošlosti. tako se npr. u SAD-a ljudi o svojoj narodnosti većinom izjašnjavaju na temelju rase, jezika i naslijeđenih običaja. Narodnost se ne prenosi s generacije na generaciju, nego se ona konstruira i rekonstruira kao odgovor na povijesne okolnosti i promjene. Komunikacija, u svim oblicima, definira narodnost. Prema Payne i Taylor (1998), neki jezični oblici i komunikacijska ponašanja su tako karakteristična za određenu grupu da, kad se koriste, odmah obilježe govornika kao člana neke grupe.

Profiliranje govornika omogućeno je informacijama dobivenim na temelju naglaska, dijalekta i drugih značajki govora. Analiziranje naglaska i dijalekta značajni su forenzički alati. Naglasak i dijalekt daju informacije o regiji, državi, porijeklu osobe...

6.3. GOVOR, GLAS I JEZIK

Govor, glas i jezik su tri različita, ali povezana aspekta verbalne komunikacije. Govor je fizički akt (radnja) koji se ostvaruje pokretima artikulatora (jezik, usne, zubi, nepce), koji oblikuju zrak iz pluća i stvaraju zvuk nužan za verbalnu komunikaciju. Glas je zvuk nastao vibriranjem glasnica i uključuje rezonanciju govornih mehanizama. Jezik je rječnik, gramatika i sintaksa koje koristi i razumije govornik. Govor, glas i jezik su odvojene, ali povezane komponente verbalne komunikacije i, zasebno i skupno, mogu osigurati informacije bitne za profiliranje govornika.

6.4. NAGLASAK I DIJALEKT

Po Eisensonu (1979) regionalne izgovorne razlike vjerojatnije utječu na samoglasnike nego konsonante.

Samoglasničke dijalektalne varijacije omogućavaju nam da neku osobu "lociramo" unutar pojedinog dijalekta pa time i zemljopisnog prostora na kojem se dijalekt koristi. Npr. u hrvatskoj su specifični neki "ruralni" dijalekti kao što je npr. bednjansko-zagorski dijalekt. Nadalje izgovor pojedinih samoglasnika također može biti karakterističan; npr. na otoku Hvaru fonem /a/ izgovara se više poput standardnog /o/ i sl. Poznavanje specifičnosti pojedinih dijalekata može ponekad biti od ključnog značaja za identifikaciju ili eliminaciju neke osobe. Stoga, kako je navedeno u Kodeksu na samom početku ove brošure, svaki forenzičar treba (i može) obavljati vještačenje prvenstveno u svom materinjem jeziku (kojega dobro poznaje) i treba izbjegavati vještačenja govornika koji govori drugim jezikom.

Konsonantske varijacije također mogu biti vrlo korisne u identifikaciji. Npr. u Dalmaciji se često fonem /m/ na kraju riječi izgovara kao /n/.

Dijalektalna upotreba riječi uvelike varira a često se dijalektalne varijacije "gledaju" kao odraz neobrazovanosti i prostodušnosti. Međutim, to su samo predrasude, lingvističke varijacije zaslužuju naše poštovanje kao primjer kompleksnog funkcioniranja ljudskog mozga i čovjekovog socijalno-adaptivnog mehanizma.

Pozornost koju pridajemo regionalnim naglascima i dijalektalnim varijacijama pruža nam važno istraživačko sredstvo i za ustanove koje provode zakone (policija, ...).

Mnogi svjedoci, povjerenici mogu identificirati ljude koji govore regionalnim naglaskom i dijalektom. Govornikov profil naglaska i dijalekta mogu biti valjani i pouzdani alat za istragu određivanja govornikovog mjesta iz kojeg potiče.

Naglasak i dijalekt se preklapaju i često se koriste naizmjenično, ali tehnički oni su različiti. Dijalekt se odnosi na upotrebu određenog naglaska i rječnika u pojedinom geografskom području. Dijalekt nam isto tako ukazuje na govornikovo etnološko porijeklo, kulturu, religiju i socioekonomski status. Naglasak, s druge strane, ima govorne osobine govornikovog materinskog jezika koje prenosi u drugi jezik. Ne postoji "substandardni" dijalekt i naglasak u smislu da su prihvatljivi ispod standarda za ljudsku komunikaciju; sva pravila se ravnaju prema kulturalnim varijacijama u produkciji govora i jezika. Dijalekt i naglasak nisu komunikacijske smetnje; oni su "nestandardni" obrasci govora i jezika. Svatko govori dijalektom koji je prepoznatljiv za ljude iz različitih regija, kulture, religije i socioekonomskog statusa.

6.5. JEZIČNO PONAŠANJE I SOCIOEKONOMSKI STATUS

"S obzirom na etničnost, jezično ponašanje odražava socijalnu kategoriju, obrazovanje i zaposlenje" (Payne i Taylor 1998, 25). U Sjedinjenim državama "socijalna klasa, obrazovanje i zaposlenje kombinirani su u jednu kategoriju: socioekonomski status". U SAD-u osobe sa nižim obrazovnim statusom imaju manje prestižna zanimanja i manju sposobnost zarađivanja, pa se tako smatraju članovima niže klase. Obrnuto, osobe sa višim obrazovnim statusom imaju zanimanja većeg prestiža i veću sposobnost zarađivanja, pa su oni dio više klase. Budući SAD imaju velik postotak

srednje klase, ove razlike nisu jasno definirane kao u ostalim zemljama. Međutim, čak i u američkoj srednjoj klasi, velike, srednje i male socioekonomske razlike često se mogu temeljiti na govornom i jezičnom ponašanju osobe. Govoreći o govornom i jezičnom ponašanju, najveća jezična socioekonomska razlika je vidljiva između ekstremnih viših i nižih dijelova društva.

Dani su mnogi razlozi koji objašnjavaju razlike u jezičnom ponašanju između socioekonomskih razina. Payne i Taylor (1998) navode obiteljsko okruženje, odgojne aktivnosti, obrasce obiteljske interakcije te putovanja i iskustvo kao ključne faktore odgovorne za jezične varijacije povezane sa socijalnim statusom. Istraživanje je pokazalo da su interakcije majka-dijete u obiteljima sa nižim socioekonomskim statusom manje poželjne nego što je to uočeno u obiteljima višeg socioekonomskog standarda. Hart i Riley (1995), te ostali istraživači, pronašli su značajne varijacije u jezičnim stimulacijama i učenju mlađe djece iz nižih socioekonomskih razina, u usporedbi sa onima provedenim u obiteljima sa višim obrazovanjem i većim financijskim prihodima. Općenito, djeca odgajana u obiteljima nižeg socioekonomskog statusa imaju manje stimulirajućih prilika za jezično učenje. Ostali faktori koji su povezani sa niskim prihodima, kao što su nedostatna prehrana, dentalni problemi i ostali zdravstveni faktori, mogu također pridonijeti ispod prosječnim uvjetima za govorni i jezični razvoj. Obitelji iz srednjih i viših socioekonomskih razina također imaju više prilika za putovanja, pa su tako izložena raznolikim jezicima, naglascima i dijalektima.

6.6. FORENZIČNI ASPEKTI GOVORNIKA NA PODRUČJU BIVŠE JUGOSLAVIJE

Znatan broj vještačenja govora obuhvaća skupine ljudi (npr. kod organiziranog kriminala) koji potječu iz različitih novonastalih država nastalih na području bivše Jugoslavije. Postoji velika sličnost u fonološkom sustavu među pojedinim jezicima kao npr. bosanski, crnogorski, hrvatski i srpski a njihova jezična sličnost omogućava gotovo nesmetanu komunikaciju među osobama koje govore nekim od ovih jezika.

Svaki jezik ima i svoja narječja a svako narječje sadrži veću ili manju skupinu dijalekata. Tako npr. u Hrvatskoj postoje tri narječja: štokavsko, kajkavsko i čakavsko. Unutar pojedinog narječja razlikujemo dijalekte, koje uglavnom dijelimo prema refleksu jata: ikavski, ekavski, jekavski, ikavsko-ekavski ili pak prema realizaciji upitne zamjenice: čakavski, cakavski, cokavski, štokavski, štakavski, šćakavski itd.

Čakavski su dijalekti:

buzetski (gornomiranski)

jugozapadni istarski (štakavski čakavski)

sjevernočakavski (ekavski čakavski)

srednjočakavski (ikavsko-ekavski čakavski)

južnočakavski (ikavski čakavski)

lastovski (jekavski čakavski)

Kajkavski dijalekti:

plješivičkoprigorski
samoborski
gornjosutlanski
bednjansko-zagorski
varaždinsko-ludbreški
međimurski
podravski
sjevernomoslavački
glogovničko-bilogorski
gornjolonjski
donjolonjski
turopoljski
vukomeričko-pokupski
donjosutlanski
goranski

Štokavski dijalekti:

Nenovoštokavski
Slavonski
Istočnobosanski
Novoštokavski
Zapadnohercegovačko-bosansko-dalmatinski ili novoštokavski ikavski
Istočnohercegovački ili novoštokavsko (i)jekavski

Ponekad je vrlo korisno poznavanje jezika, narječja i dijalekata susjednih zemalja jer nam može pomoći u identifikaciji neke osobe. osim toga u pojedinim jezicima česte su tipične poštapalice (bre, bolan i sl.) a i pojedini govornici često upotrebljavaju svoje specifične riječi na temelju kojih ih možemo lakše identificirati (npr. identičan način pozdrava "ej, 'đe si drugar", "ćao družo", "bok prijatelju" itd.). Naravno, i samom govoru moguće je pronaći neke specifične riječi koje izgovara uvijek ista osoba (npr. agramatički izgovor neke riječi, netipična uporaba riječi, sintagma ili riječ koju drugi ljudi vrlo rijetko koriste).

6.7. SAŽETAK

Naglasak, dijalekt i ostali komunikacijski uzorci mogu biti važni istraživački alati. Način na koji osoba komunicira ukazuje na njegovu/njezinu kulturu, regionalnu pripadnost ili zemlju porijekla. Također, pruža nam podatke o socioekonomskom statusu. Predvidljive značajke poput vokala,

konsonanata i uporabe riječi, poštapalica ili fraza pružaju vrijedne forenzične informacije.

7. DETEKTOR LAŽI, EMOCIJE I STRES U GOVORU

7.1. UVOD

Ovo poglavlje istražuje korištenje govornih uzoraka, osobito temeljne frekvencije fluktuacije glasa, da se otkrije stres i obmana govornika. Postoji pregled povijesti instrumenata za detekciju laži sa fokusom na poligraf i tehnologiju i procedure analize stresa u glasu. Psihologija glasa je predstavljena uključujući fiziološku dinamiku povezanu s stresom. Instrumentima za analizu glasovnog stresa ispituju se valjanost i pouzdanost u detekciji govornikova straha i tjeskobe, te za njihovu uporabu u detekciji laži.

U forenzičkoj primjeni mogu se otkriti stres i obmana u glasu. Proučavanje govornikovih razina stresa može pružiti informacije o namjerama osobe da se upusti u kriminalno djelo. Na primjer, neke zračne luke koriste programe za detekciju razine stresa putnika. Odredba u saveznom zakonu donesena nakon 11. rujna 2001. dopušta analizu glasovnog stresa kao jednu od tehnologija za sprječavanje ukrcavanja terorista u zrakoplov. Cilj je pregledati putnike na brojilima karata i sigurnosnim kontrolnim točkama na abnormalnosti u glasu – tjeskobu i napetost.

Analizu stresa glasa u SAD koristi i FBI u istragama različitih kriminalnih djela uključujući i korporativne zločine. Lokalne policijske agencije također koriste glas u istražiteljske svrhe. Tako npr. jedan policijski odjel u predgrađu Philadelphije javlja da su uspješno koristili analizu glasa na stres za zločine koji uključuju zlostavljanje djece, krađe zaposlenika, krađe kreditnih kartica i druge zločine. Velike korporacije sve češće koriste analizu glasa pri zapošljavanju novih zaposlenika.

No, postoji i snažan protest na nedopušteno korištenje instrumenata pri analizi glasovnog stresa i obmane jer za razliku od poligrafa, analiza stresa u glasu može se obaviti bez pristanka analizirane osobe, bez da su on ili ona fizički prisutni, a uzorci se mogu uzeti sa komercijalne televizije, radija....

7.2. POVIJEST POLIGRAFA I ANALIZE STRESA U GLASU

Kroz povijest su postojale mnoge teorije o detekciji laži. Čak i danas neke majke traže od djece "gledaj me u oči" da bi potvrdile istinitost dječjih izjava. Ideja je da djeca ne mogu lagati majkama dok održavaju kontakt očima. Policijski ispitivači često prijavljuju kruljenje u stomaku ("sindrom iritabilnog crijeva") kao reakciju na stres (prikriivanje istine) kod ispitivanja osumnjičenih osoba. Neki istražitelji vjeruju da treptanje, kontakt očima i nervozna ruka ili tijelo pokazuju da li osoba govori istinu ili laže. Često je i boja osumnjičeničkovog glasa primarni indikator njegove ili njezine iskrenosti ili prijevare. Tijekom godina tehnološki napredak je omogućio objektivnije mjerenje istinitosti. Trenutno je poligraf široko prihvaćen kao mjerni instrument osumnjičeničkovog istinitosti.

Instrumentalna procjena fizioloških odgovora osobe na laž je prvi put provedena 1895. kada su mjerene promjene krvnog tlaka i puls. Tintni poligraf je izumio Dr. James MacKenzie (Clede 1998). Prema Cleedu originalni "detektor laži" izgrađen je 1921. zvao se "Larson Polygraph", i trebalo mu je pola sata za pripremu. Od izuma poligrafa napravljeni su milijuni testova i generalno je prihvaćeno da

je poligraf validna i pouzdana metoda za određivanje prijevare. Većina institucija smatra da kada je ispitivanje poligrafom provedeno pravilno, barem je 95 % točno u detekciji laži.

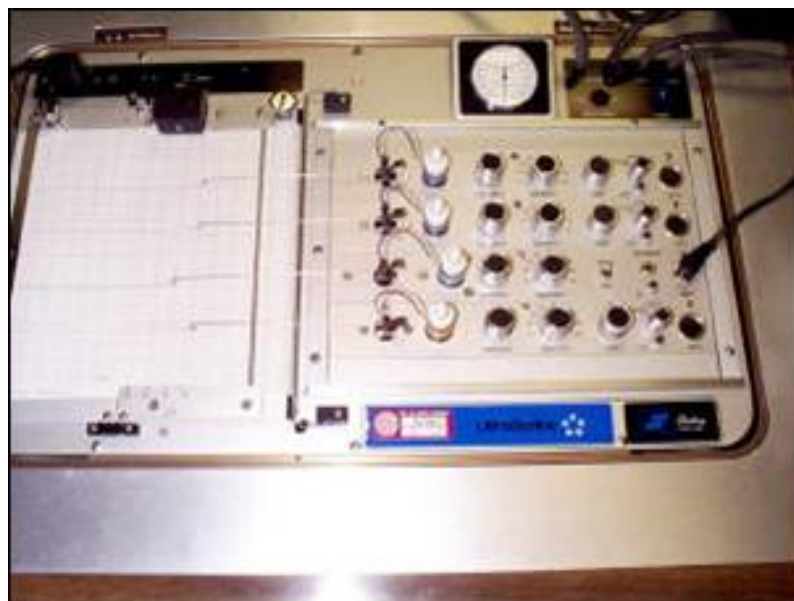
Danas ima sve više pobornika da poligraf uvedu i velike korporacije prilikom zapošljavanja, međutim tu ima još puno nedorečenog.

Psihološki evluator stresa (PSE) su izumili sedamdesetih godina 20. stoljeća Allan D.Bell Jr. i Charles R.McQuiston za potrebe vojsku. PSE mjeri promjene u mikro-tremorima laringsa kao odgovor na emocionalni stres. Ove promjene u glasu su neprimjetne ljudskom uhu i uređaji su prodani kao "detektori laži". Teorija detekcije laži pomoću PSE i sličnih uređaja temelji se na tome da kad osoba laže, mikro-tremori se smanjuju u frekvenciji i amplitudi zbog stresa povezanog s činom varanja. PSE-2000 je treća generacija instrumenta, a patenti su izdani u SAD, Kanadi, Velikoj Britaniji i Japanu. U SAD je istraživanje analize stresa glasa primarno zadatak i obveza Instituta za poligrafiju pri Ministarstvu obrane.

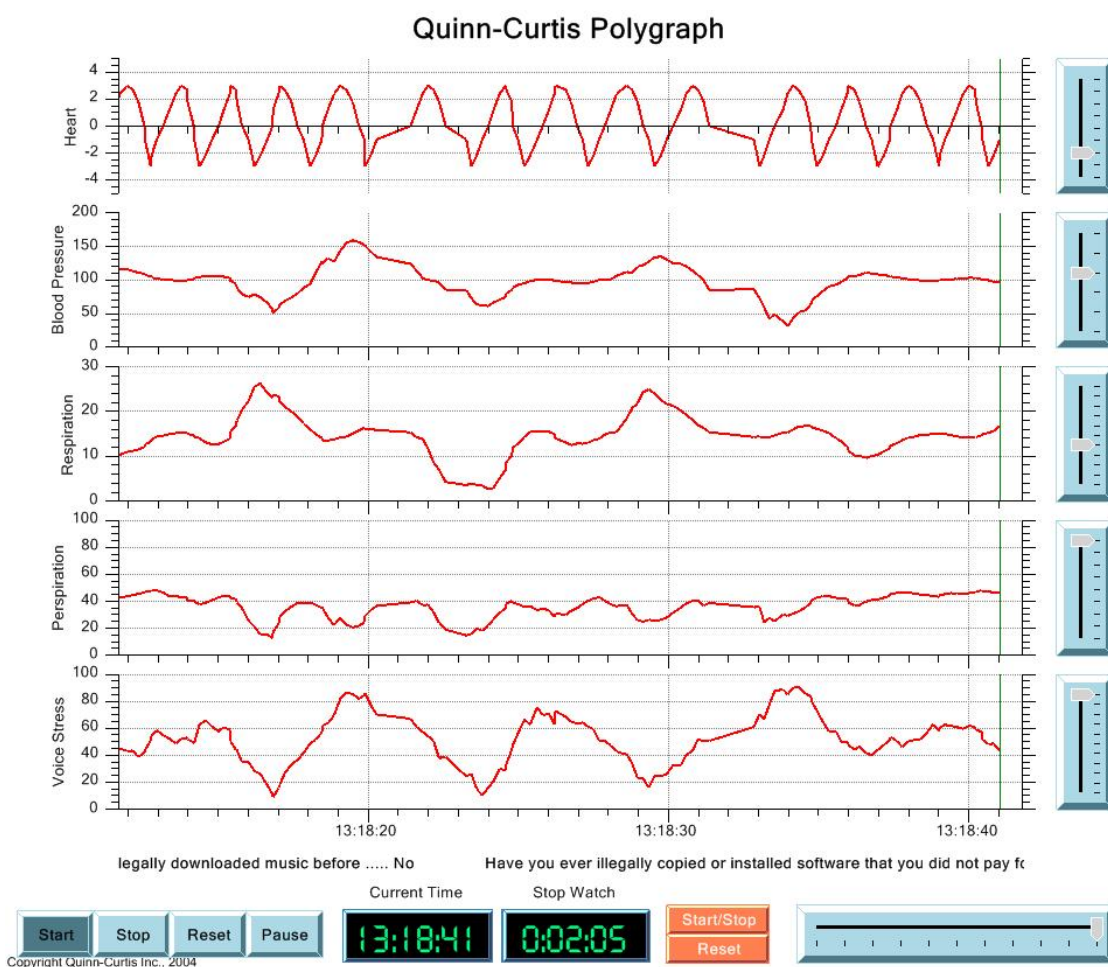
Danas je mjerenje glasovnog stresa trenutno jedna od vrućih tema. Spomenuti institut je proveo ili sudjelovao u nekoliko studija o uređajima koji se bave stresom glasa, a koje mogu ponuditi odgovore agencijama i odjelima koji razmišljaju o potencijalnim rizicima ili prednostima primjene istih.



Slika 12: Ispitivanje poligrafom.



Slika 13: Standardni četvero kanalni poligraf (bilježi otkucaje srca, krvni tlak, respiraciju i znojenje).



Slika 14: Poligrafski ispis mjerenih parametara kojemu je pridodano i bilježenje stresa u glasu.

7.3. POLIGRAF – POSTUPAK

Istraživanja o pouzdanosti glasa za otkrivanje laži često uspoređuju uređaje za analizu stresa glasa s poligrafom. Dok su poligrafski testovi visoko kontrolirani a testne procedure standardizirane, analizi stresa glasa nedostaju ovakve kontrole, a time je postao istovremeno "forenzička blagodat i prokletstvo". Blagodat, jer je analiza stresa glasa jeftinija, troši manje vremena i ima više primjena. Prokletstvo jer je točnost postupka za detekciju manja od standardnih poligrafskih testova. Prema Majeskom moderni poligrafi su sposobni simultano snimati najmanje 3 fiziološka odgovora.

Kardiovaskularna mjerenja koriste standardnu manžetu za mjerenje krvnog tlaka preko koje mjeri promjene tlaka i otkucaji srca.

Respiratorna komponenta koristi dvije plućne cijevi, koje se postavljaju na gornji dio pluća ili torakalnu regiju a druga na abdominalnu regiju. Ove nisko-tlačne cijevi mjere dubinu i brzinu ciklusa udisaj/izdisaj (respiraciju).

Treća bitna komponenta je mjerenje GSR – galvanski kožni refleks. Ova komponenta koristi dvije metalne ploče, koje se postavljaju na dva prsta ispitanikove ruke i mjere provodljivost električne energije preko površine kože. Što je znojenje veće i koža vlažnija, električni otpor kože se smanjuje (koža bolje provodi električnu struju). Pojava pojačanog znojenja povezana je s neurovegetativnim živčanim sustavom koji u stresnim situacijama bez utjecaja naše volje pojačano stimulira izlučivanje znoja (ali i ostalih somatskih promjena prethodno navedenih).

Majeski rezimira tri faze standardnog poligrafskog testa. Za vrijeme intervjua prije testiranja ispitivač postavlja opća pitanja o ispitanikovu životu, obitelji, poslu i sl., raspravlja o problemu i razlozima poligrafskog testiranja (događaju ili kaznenom djelu koji zahtjeva poligraf) te prolazi formulaciju predviđenih pitanja sa ispitanikom. U drugoj fazi se predstavljaju dokazi koji upućuju na kazneno djelo i provodi se stvarno testiranje ispitanika. Treća faza je ispitivanje nakon testa ili intervjua. Priroda i širina treće faze određuje se ovisno o uočenoj prijevari.

7.4. DETEKCIJA LAŽI I BORBENI / KOLEBLJIV ODGOVOR

Prema američkom Institutu za poligrafiju pri Ministarstvu poligrafska mjerenja predviđaju promjenama na čovjekovom tijelu (psihosomatika) koje su vezane uz varanje. Ovi fiziološki odgovori, izmjene ritma srca, disanja i elektrodermalne aktivnosti su odabrane u 1920-ima i 1930-ima prošloga stoljeća zato jer ih je bilo jednostavno za snimiti, osjetljivi su čak i na male promjene na stresnoj razini, i precizni. Institut upozorava i skreće pozornost na to da se i druge fiziološke promjene također pojavljuju tijekom varanja (laži) kao što su širenje zjenica, usporena probava, slabija prokrvljenost kože (osoba "problijedi"), gastrointestinalnih regija i tako dalje.

Ideja koja stoji iza poligrafa i testiranja stresa glasa jest da tijekom varanja, normalni ljudi pokazuju fiziološke promjene ako neistinito govore. Fiziološke promjene koje uočavamo u odgovoru su strah i tjeskoba. Tjeskoba i strah su povezani, ali ne i fiziološki identični. Walker (1981) i dr. smatraju strah odgovorom na vanjski utjecaj (ugrožavanje, prijetnju), dok je tjeskoba bolna reakcija na unutarnji konflikt. Ljudska reakcija na ove utjecaje se naziva **borbeni/kolebljiv odgovor**. Borbeni/kolebljiv odgovor je rezultat ljudske evolucije gdje osoba izložena opasnosti može ju izbjeći ili se suočiti (boriti)

s njom. Kad je osoba suočena sa značajnim vanjskim (ili unutarnjim konfliktom) organizam se priprema na izbjegavanje ili suočavanje (borbu).

Walker (1981, 67-68) opisuje fiziološki odgovor. Hipotalamus najprije prenosi poruku kroz retikularnu formaciju i leđnu moždinu u autonomni živčani sustav. On tada aktivira hipofizu na oslobađanje tireotropnog hormona i adenokortikotropni hormon. Povećani simpatski utjecaj rezultira povećanjem respiratornog ritma, krvnog tlaka, pulsa i kolanja krvi od probavnog trakta do mišića, srca i mozga. Aktivacija tiroidne žlijezde i adrenalin dovode do procesa glukoneogeneze (mobilizacija proteina i masti) i pojačanog metabolizma. Stimulacija parasimpatičkog živčanog sustava i pojačano stvaranje norepinefrina uzrokuje povećano mokrenje i peristaltiku.

Mnoga istraživanja nagađaju da se anksiozna stanja mogu razlikovati od epizoda akutnog straha (Tanner 1996). U detekciji laži, ove razlike nisu nužne jer subjekt doživljava (proživljava) oboje, strah od zakonom ovlaštenog osoblja koje provodi ispitivanje (vanjski utjecaj) te također anksioznost koja se pojavljuje uslijed psiholoških konflikata povezanih sa laganjem (unutarnji konflikt). Ove reakcije se događaju kod normalnih ljudi kad prolaze kroz procedure detektora laži. Međutim, one neće biti prisutne kod pojedinaca koji imaju mali strah ili uopće nemaju straha da se njihova laž otkrije, i kod onih koji su uvjerali sami sebe da daju istinite izjave (iako lažu). Isto tako i kod osoba koje konfabuliraju. **Konfabulacija** nastaje zbog miješanja imaginacije i memorije i/ili zbog miješanja istinitih sjećanja s lažnim. Kod konfabulacije, osoba nadomješta izgubljena sjećanja s izmišljenim. Može se javiti u slučajevima kod amnezije ili zbog određenih oštećenja mozga i demencije. Kod takvih osoba neće se manifestirati fiziološke pojave kao odgovori na laži. Osim toga, neka psihogena stanja mogu rezultirati patološkim laganjem pa i to treba imati na umu.

Poligrafija se mora, zbog gore navedenih pojašnjenja, primjenjivati s oprezom u procjeni vjerodostojnosti iskaza. Zbog vrlo snažnih neurovegetativnih i biokemijskih procesa moguće je da pravi krivac nekog zločina "prođe" na poligrafu kao da je nevin, dok s druge strane, vrlo plaha i anksiozna osoba, sklona panici i tjeskobi može na poligrafu pokazati znakove laži iako govori istinu i nevinna je.

7.5 PSIHOLOGIJA GLASA

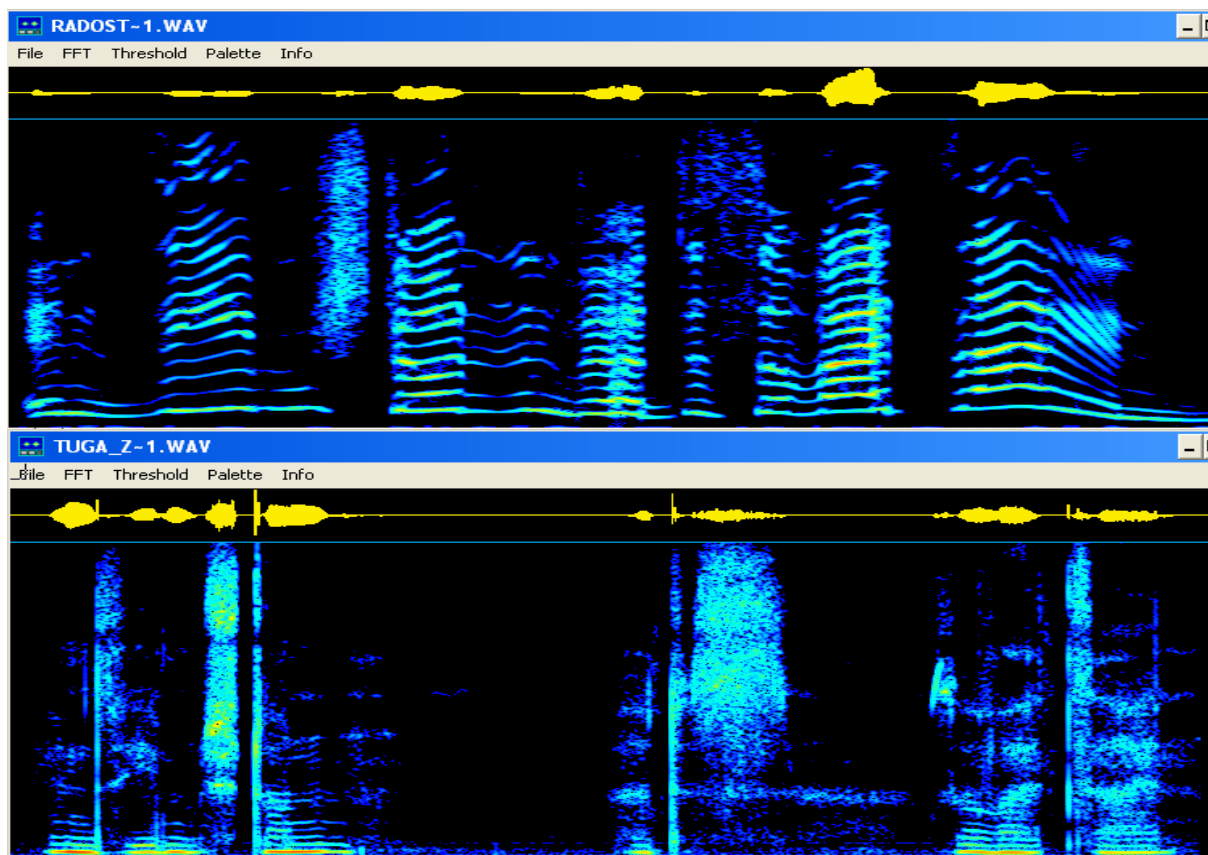
Polazište svih glasovnih detektora laži (VOICE LIE DETECTORS) jest da određeni parametri visine glasa, navodno povezani sa određenim aktivnostima živčanog sustava, nisu pod utjecajem voljne kontrole a trgovci ovakvim uređajima tvrde da postoji nečujna komponenta u spektru glasa, nazvana mikro-tremor, koja se mijenja tijekom stresa. Postoji li povezanost između glasa i određenih psiholoških reakcija? Da li glas pruža pogled u emocionalna stanja osobe? Ova pitanja su temelj toga dali glas može pružiti značajnu forenzičku informaciju o osumnjičeničkoj razini stresa, i dali se glasovni detektori laži temelje na znanstveno utemeljenoj teoriji.

Govor pruža izvanredan uvid u ljudski um. Govor je "otvoreno prikazivanje ega", šaljući migove o ljudskoj inteligenciji, emocijama i osobnim obilježjima. Inteligencija osobe je otkrivena njenom upotrebom i razumijevanjem jezika. Ljude s većim vokabularom i većom sposobnošću uporabe i razumijevanja gramatike skloni smo procijeniti kao inteligentnije, osobito u aktivnostima koje uključuju verbalne sposobnosti. Sporije govornike smo skloni procijeniti kao mentalno usporene

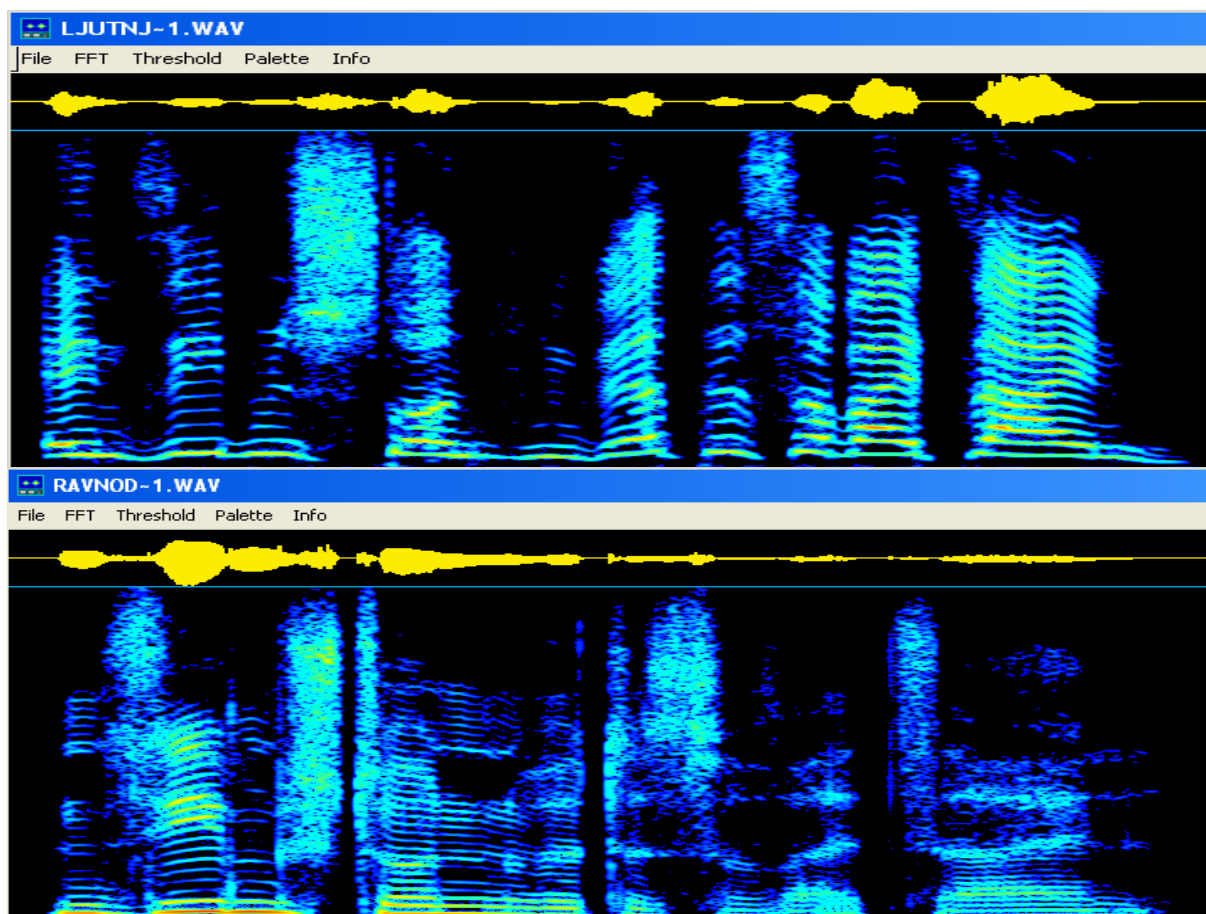
kognicije, budući da one koji brže govore djeluju kao oni koji procesiraju informacije nešto brže. Tihe govornike procjenjujemo kao strašljive, plahe i rezervirane dok glasni govornici djeluju sigurnije u sebe, agresivnije i dominantno. Osobe koje mucaju su ponekad percipirane kao "manje pametne" i anksiozne. Muškarce koji "peskaju" (umekšani izgovor) predstavljaju stereotip feminiziranosti a žene sa promuklim glasom su smatrane "sexy". Glumci koriste govorne uzorke da imitiraju i pojačaju likove često upotrebljavajući govorne stereotipe koji mogu ili ne moraju biti točan opis osobnih obilježja (Tanner 2001). Točno ili ne, ljudi ponekad stvaraju pretjerane procjene govornikovih emocija i osobnosti baziranih na njihovom govoru.

Od svih aspekata uključenih u govor, glas je osnovni indikator osobnih obilježja i emocija. Glas je visoko razvijen aspekt mehanizma govorne produkcije. Glasiljke vibriraju ekstremno brzo, prosječno između 150-300 titraja u sekundi tijekom govora. Mišićni pokreti potrebni za visinu glasa i prilagodbu glasnoće su ekstremno mali i najmanja količina neželjene napetosti (napora) može dovesti do čujnih ili nečujnih promjena u zvučnom signalu. Nijedan dio ljudskog tijela ne reflektira psihološke i emocionalne izjave govornika kao što to čini glas (najbliže glasu po izražavanju emocija je izraz lica).

Veliki je broj istraživanja koja se odnose na psihologiju glasa. Aronson (1990) u iscrpnoj zbirci istraživanja u rasponu od nekoliko desetljeća i citirajući oko 40 studija, pronašao je da su promjene visine glasa vezane uz emocionalne varijacije od radosti do tuge dok je širina raspona glasa više vezana uz emocije ljutnje i ravnodušnosti (slike 15 i 16).



Slika 15: Ista rečenica izgovorena s emocijom radosti (gore) i tuge (dolje).



Slika 16: Ista rečenica izgovorena s emocijom ljutnje (gore) i ravnodušnosti (dolje).

Povećana varijabilnost visine glasa je povezana je uz radost, dok je smanjena varijabilnost visine glasa vezan uz tugu. Pojačan intenzitet glasa povezan je uz samouvjerenost i ljutnju, dok je niža razina glasnoće vezana uz tugu i ravnodušnost. Hrapav, promukao glas je vezan uz samouvjerenost, dok prekidi u glasu i njegov gubitak ukazuju na anksioznost. Tablica 1 pokazuje značajne indikatore psihologije glasa u forenzici.

Tablica 1: Glasovni parametri, osobna obilježja i diskretne (zasebne) emocije

| Glasovni parametri | Osobna obilježja emocionalna stanja |
|--|---|
| Pretjerano "istjecanje" zraka tijekom vibriranja glasiljki ("breathy voice") | Sklonost neurotizmu i anksioznosti, nesigurnost, introvertiranost |
| Oštar ("metalni") glas | Jaka dominantnost, emocionalna nestabilnost |
| Nazalan "plačljiv" (cmizdrav) glas | Emocionalna nestabilnost, niska razina dominantnosti |
| Jaki intenzitet + duboki (nizak) glasa | Visoka dominantnost |
| Hrapav, promukao glas | Povučenost, suzdržanost |
| Smanjena varijacija fundamentalne frekvenciji (monotonost glasa) | Smanjena popustljivost/dobronamjernost |
| Frekvencijski povišen glas | Sreća, radost, samouvjerenost, ljutnja, strah |
| Frekvencijski snižen glas | Indiferentnost, prkos, dosada, žalost, tuga |
| Široki raspon visine glase | Ljutnja, strah, prkos |
| Uski raspon visine glasa | Indiferentnost, dosada, žalost, tuga |
| Velika varijabilnost visine glasa | Sreća, radost, ljutnja, strah |

| | |
|--|--|
| Smanjena varijabilnost visine glasa | Indiferentnost, žalost, tuga |
| Povećan intenzitet glasa | Sreća, samouvjerenost, ljutnja, prkos |
| Sniženi intenzitet glasa | Dosada, žalost, tuga |
| Povišena fundamentalna frekvencija glasa | Smanjena popustljivost/dobronamjernost |

Prema prikazanim glasovnim parametrima, osobnim obilježjima i emocionalnim stanjima u tablici, neiskrena osoba može imati jednu ili više navedenih karakteristika u bilo kojem trenutku tijekom ispitivanja: hrapavost glasa, nazalnost, promuklost, povećana visina glasa, varijacije u osnovnoj frekvenciji i opsežna ukupna varijabilnost visine glasa.

Vojne institucije SAD-a u počele su šezdesetih godina 20. st. intenzivnije istraživati povezanost karakteristika glasa sa stresom i različitim psihološkim i fiziološkim manifestacijama kod govornika a prva takva istraživanja su započela još 30-tih godina. Krajem 60-ih, ustanovljen je klinički koncept da postoje mjerljive i percepcijske glasovne promjene kada je govornik bio pod emocionalnim stresom, i da je laringealna napetost bila jedna od nekoliko etioloških čimbenika u glasovnim poremećajima. Aronson (1990,119) opisuje filogenezu respiratorne i fonatorne dezintegracije. Kliničke i instrumentalne studije dokazuju da se inače normalan glas perceptivno i mjerljivo mijenja pod emocionalnim stresom. Ugladen, dobro moduliran glas upućuje na kortikalnu kontrolu nad emocionalno primitivnim, filogenetski starijim živčanim sustavom. Tijekom subkortikalnog emocionalnog oslobađanja dolazi do dezintegracije (raspada) respiratorne kontrole. Snažne automatske borbene/kolebljive reakcije pripremaju organizam za povećan fizički napor pojačanjem napetosti gornjih ekstremiteta i prsnog što izaziva čvrstu addukciju glasiljki i široku abdukciju da se osigura pojačani volumen inspirija zraka radi povećanih metaboličkih zahtjeva. Takva hitna fiziološka stanja su inkompatibilna sa finom kontrolom kvalitete, visine i intenziteta glasa.

7.6. FIZIOLOŠKA DINAMIKA POVEZANA SA STRESOM GLASA

Da bi razumjeli ulogu stresa u glasovnoj produkciji, neophodno je osvrnuti se na respiratornu i laringealnu muskulaturu, fonaciju, povratnu spregu, rad mišića i samokontrolu glasa. (Tanner 1990;2003). Govor, uključujući proizvodnju glasova, od sekundarne je važnosti u odnosu na primarne biološke funkcije kao što su respiracija i probava, koje su od životne važnosti.

Proizvodnja glasa je rezultat rada mišićnih i aerodinamičnih sila. Disanje daje energiju i zrak koji su potrebni za vibriranje glasnica. Mišićne sile potiskuju zrak u plućima i pokreću ga kroz prolaze i šupljine vokalnog trakta. Kretanje zraka se postiže povećanjem ili smanjivanjem tlaka zraka u plućima u odnosu na atmosferski tlak. Kada je tlak zraka u plućima veći od atmosferskog, mišićne sile pokretačka sila zraka u govornom traktu prevladavaju, i stvara se tok zraka prema van (ekspirij) koji se koristi u govornoj proizvodnji. Kada se atmosferski tlak izjednači sa tlakom u plućima prestaje kretanje zraka.

Potporna respiratornog mišićnog sustava koja je potrebna za vibriranje glasnica čini mali postotak ukupnog potencijala respiratornog mišićnog sustava. Ljudi su sposobni koristiti mišiće za stvaranje puno većeg subglotalnog tlaka i protok zraka kroz glotis nego što je to potrebno za glasanje. Prilikom normalne fonacije, neki zvukovi se stvaraju vibriranjem (zvučni), a neki bez vibriranja glasnica

(bezvučni). Zvučni glasovi stvaraju veći otpor u vokalnom traktu i disanje se podešava u skladu sa potrebama. Kada je otpor manji u vokalnom traktu, respiratorni mišići smanjuju svoju silu. Respiratorno-fonatorna regulacija i povratna sprega (feedback) su visoko koordinirani i harmonični. Bez tog respiratorno-fonatornog feedback-a i regulacije, neki govorni zvukovi bi bili ili preglasni ili pretihi.

Zračni tok koji prolazi kroz glotis razdvaja glasiljke. Glasiljke bi ostale odvojene da nema elastične i aerodinamične sile. Elasticitet rezultira vraćanjem mišića i tkiva glasnica u prvobitni položaj nakon istezanja i razdvajanja. Aerodinamična sila djeluje po Bernoullijevom principu. Taj princip pomaže pri zatvaranju glotisa tijekom fonacije smanjujući tlak zraka na površini glasnica približavajući ih ka sredini. Taj princip i elasticitet mišića i tkiva u laringsu omogućavaju glasnicama da vibriraju velikom brzinom. Ovaj mioelastični-aerodinamični princip vibriranja glasnica, omogućavaju glasnicama brzo vibriranje bez umaranja tijekom vremena.

Prilikom fonacije zrak iz pluća ide kroz "glotalni ventil". Kada protok zraka i tlak dostignu potrebnu granicu, glasiljke počnu vibrirati. Naleti zraka prouzrokovani periodičnim kretanjem glasnica protječu od glotisa kroz vokalni trakt. Kada se glasiljke zatvore, također stvaraju akustički prekid vala, koji putuje brzinom zvuka (340 m/s) koji se širi kroz rezonantne šupljine govornog aparata. Naizmjenični prekidi zračne struje i naleti zraka su kontrolirani velumom koji se približava stražnjem faringealnom zidu dopuštajući protok manje ili veće količine zračne energije kroz velofaringealni prolaz (kontrola nazalizacije). Rezultat toga je činjenica da svaka osoba ima jedinstvene kvalitete glasa.

Postoje dva izvora feedback-a koji govore o navedenim procesima: slušni i taktilno-kinestetski. Slušni feedback pruža prvi izvor povratnih informacija koji osoba prima o svojem glasu. **Slušna povratna sprega** se događa kada uši detektiraju promjene tlaka zraka. Promjene tlaka zraka rezultiraju vibriranjem bubnjića s obzirom na frekvenciju i amplitudu promjena tlaka zvučnih valova. Slušne koščiце u srednjem uhu vibriraju u skladu sa kretanjem bubnjića i stvaraju promjene u pužnici. Neurološki impulsi se prenose od pužnice 13. kranijalnim (slušnim) živcem do moždanog debla. Od moždanog debla impulsi se šalju u više centre u mozgu. Drugi izvor slušne povratne sprege je putem koštane vodljivosti. Tu se ponavlja isti proces, ali se zaobilazi vanjsko i srednje uho a pužnica dobiva dio akustičkog podražaja direktno preko vibracija kostiju glave. Ovdje energija proizvedena glasnicama i ostalim govornim strukturama direktno podražuje pužnicu. Ta dva tipa slušnog feedback-a su razlog što nam vlastiti glas "zvuči drugačije" kad se čujemo na snimci. Kad mi sami govorimo, dobivamo "sliku" vlastitog glasa na temelju zračne i koštane vodljivosti a kada slušamo druge kako govore, njih slušamo samo preko zračne vodljivosti. Isto tako će i svaki uređaj za snimanje zvuka snimiti samo onaj aspekt zvuka koji se širi putem zraka. Stoga smo iznenađeni kada vlastiti glas (koji percipiramo zračnom i koštanom vodljivošću), ne prepoznamo kada ga percipiramo samo preko zračne vodljivosti (kada je on snimljen).

Drugi izvor feedback-a je taktilno-kinestetski. On podrazumjeva podražaje tijela pri proizvodnji glasa: taktilni, kinestetski i proprioceptivni. Taktilni je osjećaj dodira, kinestetski podrazumjeva osjećaj kretanja a proprioceptivni je osjet položaja tijela u prostoru. **Taktilno-kinestetska povratna sprega** se primarno događa na razini glotisa i uključuje vanjsku i unutarnju laringealnu muskulaturu. Vanjski laringealni mišići su oni koji se nalaze izvan laringsa, a unutarnji laringealni mišići su smješteni i

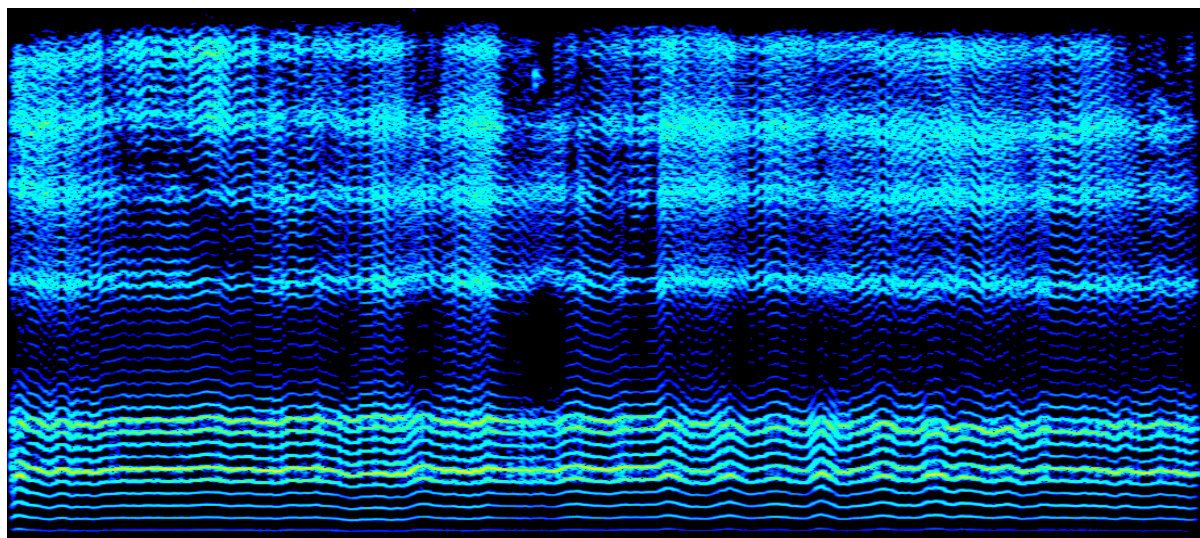
pričvršćeni unutar laringsa. Ovaj feedback uključuje podražaje stranog tijela na glasiljke i pojačanu mišićnu napetost u grlu.

Slušna i taktilno-kinestetska povratna sprega djeluju kao "osobni detektor glasa" procjenjujući ujednačenost glasa te po potrebi aktiviraju kompenzatorne neuromuskularne radnje kada abnormalnost fonacije pređe granicu prihvatljivosti. Pojedinci imaju različite stupnjeve tolerancije po pitanju abnormalnosti u njihovom glasu. Neki ljudi toleriraju velike taktilno-kinestetske promjene i promjene u kvaliteti glasa, dok drugi reagiraju na minimalne promjene. Kada "osobni detektor glasa" osjeti neprihvatljive vibracije u glasu aktivira nadomjesne neuromuskularne efektore koji dodatnim mišićnim silama korigiraju vibriranje glasnica. Prirodna tendencija osobe je povećanje mišićne sile uključene u glasanje u slučaju kada su prisutne značajne abnormalnosti. Klinički, ova pretjerana kompenzacija pridonosi razvoju patologije glasa kao što su vokalni noduli, polipi i ulkus glasnica. (Tanner 1990; 2003).

Kako je prije rečeno, nekoliko faktora povezano sa borbenim/kolebljivim odgovorom uzrokuje povećanu mišićno-skeletnu napetost. Manje napetosti mogu biti podsvjesne i osoba nije svjesna efekta na njen ili njegov glas. Kada perceptivne abnormalnosti u proizvodnji glasa pređu granice tolerancije, govornik može svjesno proizvesti glas sa više sile.

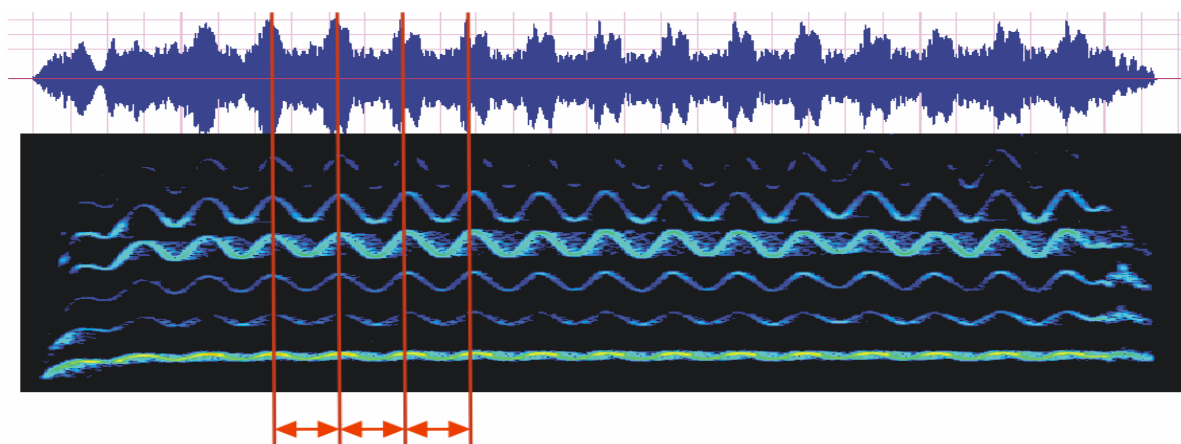
7.7. STRES, NESTABILNOST VISINE I MIKRO TREMORI GLASA

Proizvođači uređaja za otkrivanje stresa u glasu tvrde da postoje nečujne modulacije frekvencija uzrokovane mikrotremorima laringealne muskulature. Te frekvencijske promjene događaju se brzinom između 8 i 12 Hz. Kao i psihološke reakcije mjerene poligrafom, te oscilacije muskulature su promjenjive u odgovoru na stres. Kod normalnih govornika 8-12 modulacija frekvencija događa se kada su opušteni i mirni. Kao posljedica povećane napetosti mišića ove normalne modulacije frekvencije nestaju. Posljedično tome, signal u kojem nestaju ove modulacije upućuje na povećanu anksioznost i napetost govornika. Kada se uređaja za otkrivanje stresa upotrebljavaju kao detektori laži, nestanak ovih signala mikrotremora pokazuje da je govorniku neugodno zbog onoga što govori (Krapohl, Ryan i Schull 2002.).



Slika 17: Klasičan tremor u glasu koji se može zamijetiti i slušanjem (za razliku od

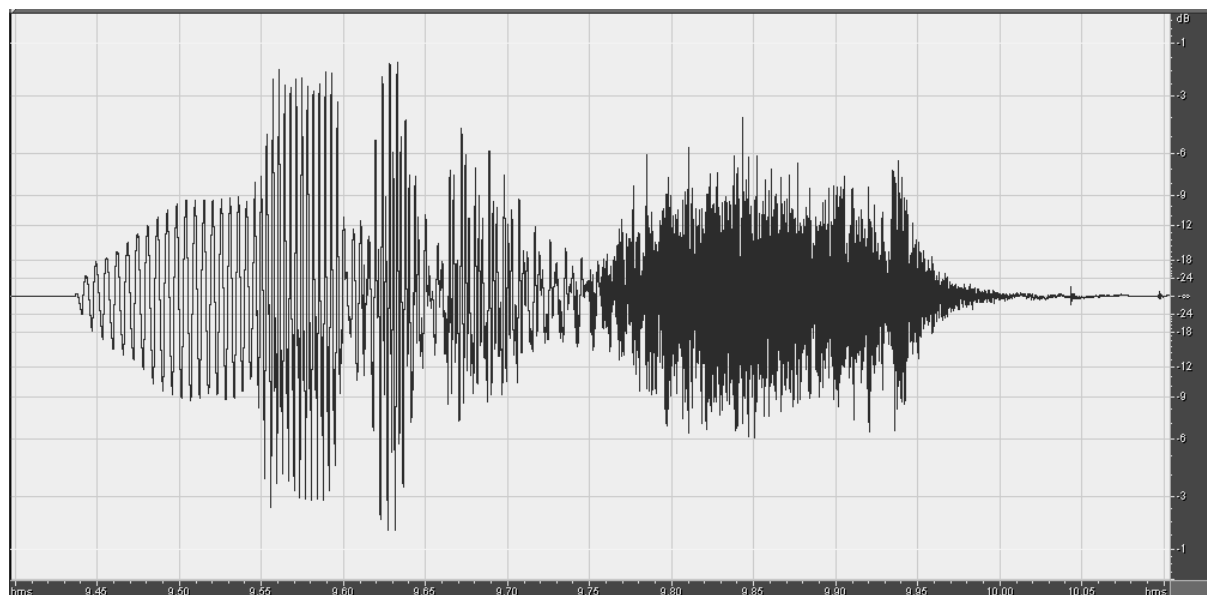
mikrotremora koji je prisutan u normalnoj modulaciji glasa).



Slika 18: Vibrato glasa ("kontrolirani tremor") koji je poželjan u pjevanju za razliku od tremora ima vrlo pravilne amplitudno-frekvencijske modulacije brzine oko 180 ms (5,5 Hz).

Detektor laži ("analizira napetost glasa") funkcionira na sličan način kao i poligraf sa iznimkom da se mjeri samo jedna fiziološka funkcija.

Slika 19 prikazuje složeni zvučni val govora. Amplituda je prikazana vertikalno, a vrijeme horizontalno. Kao što je ranije napomenuto, postoje dvije mjere fundamentalne nestabilnosti frekvencije glasa, shimmer i jitter. Shimmer je amplituda uznemirenosti i mjera varijacije glasnoće. Jitter, promjena frekvencije je mjera fundamentalne vremenske varijacije frekvencija. Dokazano je da povišeni jitter stvara zvučne indikacije abnormalnosti glasa.



Slika 19: Oscilogram govornog zvuka.

Ljudski larings nije savršen mehanizam i stoga možemo očekivati neke nestabilnosti u visini glasa osobe čak i kad ona pokušava producirati miran glas. Ipak, veliko istraživanje na normalnim osobama i pacijentima sa poremećajem glasa pokazalo je da glasovi koji se čuju kao normalni ne

proizvode nestabilnost visine, ili jitter koji prelazi 1 % osobne osnovne frekvencije. Stoga, nećemo očekivati da će povremene promjene u osnovnoj frekvenciji postići prosjek od 1 Hz u muških osoba sa 100 Hz fundamentalnom frekvencijom, ili 2 Hz u ženskim osobama sa 200 Hz fundamentalnom frekvencijom. Vrijednosti jitera koje prelaze 1% udružene su sa glasovima koji su proglašeni kao promukao (Dalston 2002, 306). Kao što je prethodno zabilježeno, klinička istraživanja sugeriraju da je promukao glas udružen sa savjesti. Većina proizvođača uređaja za otkrivanje stresa u glasu sugerira da mikrotremori laringisa i povezane modulacije u fundamentalnoj frekvenciji nisu čujne. Dalston (2002) sugerira da vrijednosti jitera koji su viši od 2 Hz stvara čujne promjene kvalitete glasa čak i kad se osoba trudi reducirati fundamentalnu nestabilnost frekvencije.

Može se zaključiti da ljudski glas odaje varijacije psihološkog uzbuđenja koje mogu biti forenzički vrijedne u detektiranju razine stresa. Klinički podaci prikupljeni u tijeku nekoliko desetljeća i forenzičkim istraživanjima očito podupiru vezu između psiholoških promjena udruženih sa stresom i kvalitetom glasa.

Sadašnja tehnologija koja mjeri nestabilnost glasa sposobna je detektirati ove varijacije kod razine stresa govornika. Iako postoji nekoliko parametara glasa koji se javljaju kao odgovor na psihološke varijacije povezane sa **borbenim/kolebljivim** odgovorima kao što su nestabilnosti u glasnoći i varijacije u spektralnoj distribuciji energije (vrijeme, frekvencija, energetske varijacije), varijacije fundamentalne frekvencije, primarni su markeri hipertenzije laringealne muskulature.

Što je veći stres osobe veća je sposobnost instrumenta glasovne napetosti da ga otkrije.

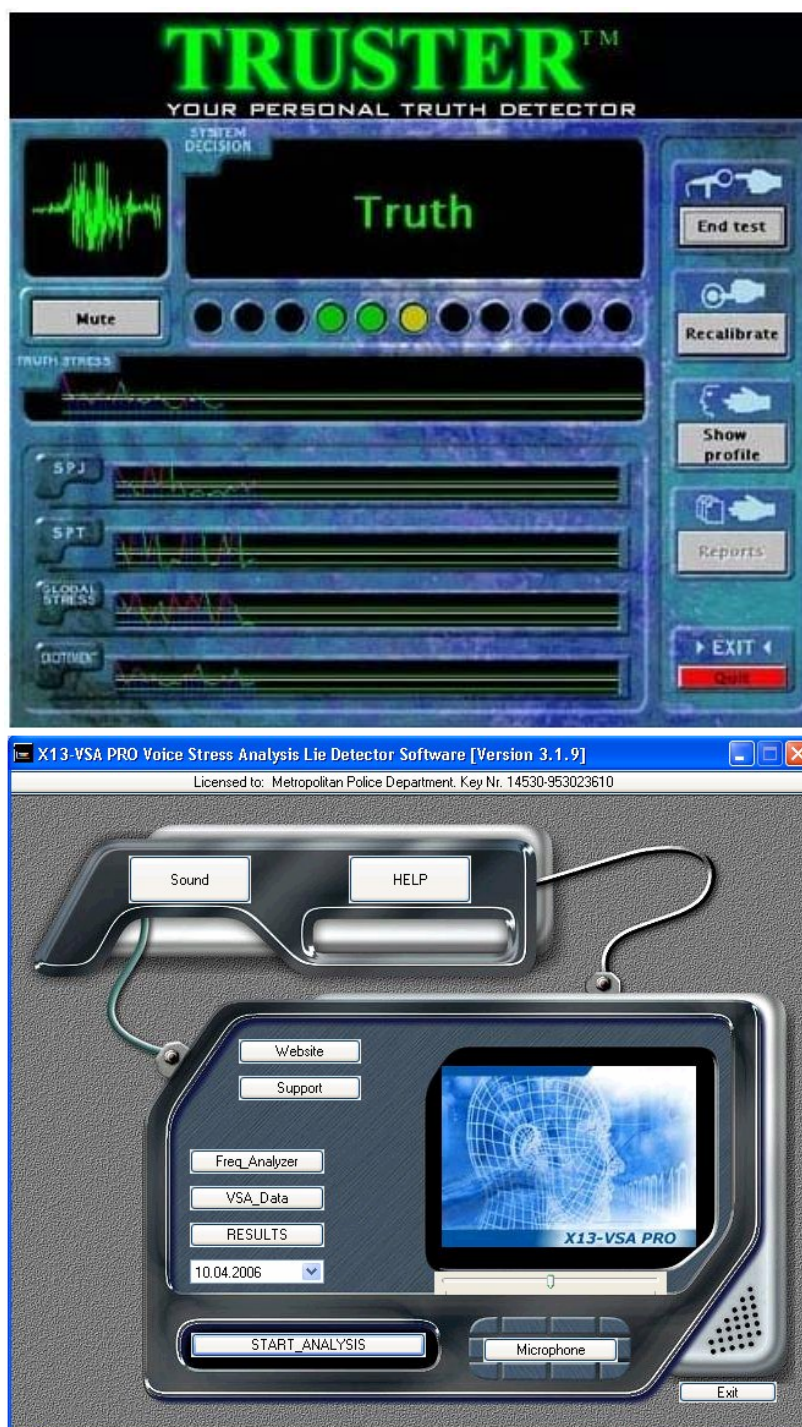
7.8. VERBALNA ZABLUDA I PRIZNANJA KRIVNJE

Postoji opasnost da se prilikom ispitivanja u glasu ispitanika javlja pojačani stres zbog same ispitne situacije. Ovo treba uvijek imati na umu u detekciji laži koja se temelji na procjeni stresa u glasu. Ovu zabludu i točnost procjene stresa u glasu povezao je Timm (1963). Do zablude dolazi zbog osumnjičeničkog vjerovanja da predstavnici pravde (vještaci i istražitelji) pomoću znanstvenih instrumenta testiraju njegovu vjerodostojnost. Stoga uzorci govora koji su uzeti tijekom formalnog ispitivanja određenim instrumentarijem za otkrivanje stresa u glasu osumnjičenika, stvaraju veću opasnost od zablude ili pogrešno protumačenog stresa nego kada uzorak govora uzimamo kradomice, bez znanja osumnjičenika. Poligrafi stvaraju povećanu opasnost od pogrešnog tumačenja "dokaza" samom formalnošću testiranja. Pouzdanost detektora laži koji koriste analizator glasovne napetosti je veća kada su istraživači iskusniji. Komercijalna literatura o analizi napetosti glasa bilježi slučajeve riješene upotrebom analize napetosti glasa i korisnu uporabu instrumenata napetosti glasa za trenutna priznanja od osumnjičenika.

Postoji nekoliko slučajeva kada su osumnjičeni priznali zločin nakon pokazivanja grafikona njihove napetosti glasa. Osumnjičeničko uvjerenje da je analiza napetosti glasa nepogrešiva metoda detekcije laži može ubrzati priznanje. Kada se upotrebljavaju za ubrzavanje priznanja, uređaji za detekciju napetosti glasa mogu biti vrijedni bez obzira na njihovu vrijednost i pouzdanost.

7.9. INSTRUMENTI ZA DETEKCIJU LAŽI U GLASU

Danas je putem interneta moguće pronaći veliku ponudu različitih detektora laži, uređaja i računalnih programa za procjenu stresa u glasu. Prilikom njihove nabave treba obratiti pažnju na barem dva kriterija da bi dobili što pouzdaniju opremu. Prvo, važno je da sam odabir instrumenta vrši osoba koja dobro poznaje ovu problematiku (glas, akustiku, emocije...) i drugo, uvijek je dobro odlučiti se onu opremu koja ima dobre reference (za koji ima dovoljno podataka da je već uspješno primjenjena i da ju koriste ugledne i ozbiljne institucije i priznati stručnjaci na ovom području).



Slika 20: Prikazi dva trenutno poznatija programa za analizu stresa glasa (Truster i VSA).

8. OTKRIVANJE INTOKSIKACIJE U GOVORU

8.1. UVOD

Ovo poglavlje govori o govornim obrascima do kojih dolazi tijekom trovanja (opojna stanja). Postoje istraživanja koja povezuju neurološku organizaciju i obrasce govora sa pojedinim stupnjem neurološkog funkcioniranja. Razmotren je govor i produkcija motoričkog govora s naglaskom na to kako čimbenici trovanja utječu na funkcioniranje. Također, razmotreni su i učinci trovanja u odnosu na programiranje govora, na funkcioniranje mozga, na ekstrapiramidalne nepravilnosti i na konfuziju jezika. Postoji niz neuroloških bolesti i poremećaja koji proizvode simptome slične govornim obrascima otrovane osobe.

Prilikom istrage stručnjaci često provjeravaju da li je osumnjičena osoba za vrijeme počinjenja kaznenog djela bila pod utjecajem neke droge, alkohola, lijekova ili je možda bila izložena, bez svoje volje, nekim kemijskim supstancama koje su otrovne ili opojne. Ponekad, prilikom obrane okrivljenog, odvjetnici moraju navesti izjave pojedinaca ako su pod utjecajem opojne supstance, a suci mogu donositi odluke o stupnju trovanosti opojnim sredstvima i njihovom utjecaju na verbalni iskaz i kriminalno ponašanje. U ovoj brošuri, trovanje je općenito definirano kao privremeno "akutno trovanje" prouzročeno opojnim sredstvima uključujući alkohol, ilegalnim supstancama ili medikamentima. Govorni obrasci su korisni indikatori i na temelju njih se može pretpostaviti o kojem je opojnom sredstvu riječ i koji je stupanj intoksikacije. Nadalje, treba znati da ljudi s određenim neurološkim bolestima i poremećajima mogu imati simptome govora slične kao u ljudi u opojnom stanju.

8.2. GOVOR I MOTORIČKA PRODUKCIJA GOVORA

Kod ljudi u otrovanom stanju stupanj trovanja i tip opojnog sredstva može biti povezan sa onim "što" i "kako" govore. Postoje dvije različite funkcionalne kategorije komunikacije: govor i motorička produkcija govora. Govor uključuje upotrebu i razumjevanje simbola, dok se motorička produkcija govora odnosi na neuromuskulatorne aktivnosti govora. Iako se o njima govori odvojeno oni su dva međusobno povezana i isprepletena sustava.

Govor (jezik) je sustav simbola, proces za komunikaciju misli i osjećaja od jedne do druge osobe. Govor (jezik) je definiran kao "multimodalna sposobnost kodiranja, dekodiranja i manipuliranja simbolima u svrhu iskazivanja verbalnih misli i komunikacije". Modaliteti su načini komunikacije. To su načini kako ljudi dijele misli i osjećaje. Primarni modaliteti jezika su govor, auditivno razumijevanje, čitanje, pisanje i gestikulacija. Ljudi također mogu primati informacije kroz matematički govor (jezik) ili npr. kroz gestovni govor (znakovni jezik osoba gluhih osoba). Ovdje prisutne informacije primarno se tiču verbalnog govora i upotrebe govora da se izraze misli i osjećaji. Govor je najčešći način ekspresije i razumijevanja i najčešći je kanal komunikacije. Ljudi koji su pod utjecajem različitih toksičnih supstanci imati će pogođene ili poremećene određene aspekte govora i jezika.

Produkcija zvučnog govora podrazumijeva neuromuskularne aktivnosti kojima upravlja središnji živčani sustav (SŽS). Nadalje, također uključuje povratnu informaciju koju osoba prima o mišićima i strukturama govornih organa. Kada govorimo o motoričkom aspektu produkcije govora, stupanj neurološkog funkcioniranja ovisit će o stupnju i vrsti intoksikacije a specifični simptomi mogu

ukazati na uzroke trovanja. Stoga treba posvetiti pažnju neuromotornoj produkciji govora otrovanog pojedinca jer ona može dati važnu forenzičku informaciju.

8.3. NEUROLOŠKA ORGANIZACIJA I MOTORIČKA PODUKCIJA GOVORA

Živčani sustav se sastoji od mozga, leđne moždine te svih ostalih povezanih živaca i osjetnih organa (Zemlin 1998). Prema Zemlinu postoji jedanaest poznatih sustava u ljudskom tijelu (sustav je dva ili više organa koja sačinjavaju usklađenu funkcionalnu jedinicu): skeletni, artikulacijski (zglobovi i ligamenti), mišićni, probavni, vaskularni, živčani, dišni, mokraćni, reproduktivni, endokrini (žlijezde), te koža, kosa i nokti. Živčani sustav funkcionira holistički: niti jedan dio ne funkcionira neovisno od ostalih sustava. Ovo je djelomično točno i tijekom komunikacije. Mehanizam govora obuhvaća sinergiju nekoliko sustava pri čemu su neki sustavi angažirani više a neki manje.

Postoje određeni stupnjevi neurološke organizacije koji su važni za govorno funkcioniranje i trovanje. Postoji pet različitih, aspekata produkcije motoričkog govora koji se međusobno preklapaju: disanje, fonacija, artikulacija, rezonanca i prozodija. Disanje (respiracija) je dišni oslonac potreban za produkciju govora. Fonacija je vibracija glasiljki i posljedica energije proizvedene u laringsu, dok je artikulacija upotreba jezika, usana, zubiju i drugih struktura govornog trakta kako bi oblikovali zvuk govora. Rezonancija ukazuje na oblik i volumen rezonantnih šupljina i ponekad nazalna rezonancija u govoru može ukazati na alkoholiziranost ili intoksikaciju (ako su isključene neurološke bolesti ili oštećenja). Alkohol djeluje kao "anestetik" pa će pod njegovim utjecajem doći do blage "pareze" mekog nepca koje postaje opušteno i time omogućava prolaz zračnoj struji kroz nos (govor postaje nazalan).

Pod utjecajem intoksikacije osobito dolazi do znatnih promjena u govornoj prozodiji. **Prozodija** se odnosi one osobine govora (riječi, rečenica i sl.) koje se ne mogu izvesti ili zamijetiti na **segmentalnoj razini** fonema, već na široj razini riječi ili rečenice. Obično se pod prozodijom podrazumijevaju slijedeće govorne osobine: tempo, ritam, stanke i boja a njima se još pridodaju karakteristike govora na **suprasegmentalnoj razini**: intonaciju, glasnoću i dužinu (njihovi mjerljivi akustički korelati su fundamentalna frekvencija, intenzitet i trajanje).

Neurološki poremećaji uzrokovani opojnim ili otrovnim agensima mogu utjecati na ove govorno motoričke aspekte na različite načine stvarajući skupinu jedinstvenih simptoma. Skupina simptoma djelomično ovisi o utjecaju intoksikanata na stupanj neurološke organizacije.

Frederic Darley, Arnold Aronson i Joe Brown iz Klinike Mayo su propisali korištenje detaljne hijerarhije stupnjeva motoričke organizacije i njihovog odgovarajućeg govornog pokreta. Iako su znanstvenici prije njih povezali govorni uzorak sa stupnjem neurološke organizacije, Darley, Aronson i Brown (1975) dali su detaljno izvješće motoričko govorne organizacije i posljedice na komunikacijskoj razini. Stupnjevi motoričko govorne organizacije su 1. konceptualno programiranje, 2. mozak, 3. gornji motorni neuron, 4. ekstrapiramidalni, 5. vestibularno-retikularna formacija, 6. donji motorni neuron (Darley, Aronson, Brown 1975). Pregledom dostupne literature o trovanju i motoričkoj govornoj produkciji predlaže se da prvenstveno budu analizirani kao konceptualno programiranje, mozak i ekstrapiramidalni stupanj organizacije. Iako ekstremno trovanje može oštetiti i narušiti tih šest stupnjeva motorne organizacije prema Darley, Aronson i Brown, govorni uzorci otrovanog pojedinca

tipično utječu na govor (jezik), na programiranje motoričkog govora, koordinaciju i automatske aspekte pokreta govorne muskulature. Otrovne osobe, o kojima ovdje govorimo, su podijeljene u stimulirajuće i umirujuće, a to je rezultat različitih simptoma. Stimulirajuće su sklone povećanju govornih nepravilnosti, dok su umirujuće sklone potiskivanju tečnosti i točnost govora.

8.4. OMETAJUĆE DJELOVANJE ANKSIOZNOSTI NA PRODUKCIJU GOVORA

Trovanje može imati različito djelovanje na stupanj anksioznosti u čovjeka. Desetljeća istraživanja tečnosti pokazala su da anksioznost može poremetiti finu motoričku koordinaciju važnu za produkciju govora. Kada govornici iskuse viši stupanj anksioznosti skloni su producirati **nefluentan govor** koji podsjeća na zamuckivanje. Oni ponavljaju, produžavaju i mucaju više kada govore i što je viša anksioznost veća je netečnost. Uhićenje i ispitivanje rezultiraju povećanom anksioznošću u ispitanika. Međutim, govornici koji su pod utjecajem umirujućih sredstava rijetko pokazuju govor baziran na anksioznosti.

Postoje tri stupnja anksioznosti koja moramo uzeti u obzir prilikom ispitivanja efekta pojave govorne nefluentnosti. Relativno **nizak stupanj anksioznosti** zapravo može rezultirati da govornik bude fluentniji i razgovjetniji jer on ili ona svjesno kompenzira povećani stres. Govornikov stupanj anksioznosti može angažirati dodatnu motoričku kontrolu pa će govornik namjerno producirati fluentniji govor. Povećan ali relativno nizak stupanj anksioznosti može tijekom ispitivanja kod osobe uzrokovati poboljšanu fluentnost govora i preciznost, zato što se osoba može uspješno nositi sa anksioznošću. **Viši stupnjevi anksioznosti** imaju ometajući učinak na fluentnost i točnost govora zato što osoba ne može svjesno eliminirati utjecaj anksioznosti na govor. Govornik ne može jasno razmišljati i disfluentan govor se manifestira na razini govornog iskaza. **Ekstreman stupanj anksioznosti** može prouzročiti da osoba bude nesposobna producirati razumljiv govor zbog jakih ometajućih faktora. Naravno, svi ljudi ne reagiraju na anksioznost na isti način, ali pravilo je da viši stupnjevi anksioznosti povećavaju disfluentnost i smanjuju točnost.

8.5. INTOKSIKANSI I MOTORIČKO GOVORNO PROGRAMIRANJE

Svih pet aspekata govorne produkcije (respiracija, fonacija, artikulacija, rezonanca i prozodija) mogu biti poremećeni zbog utjecaja intoksikanasa na motoričko govorno područje, a poremećaj artikulacije je često najjače pogođen. Razina na kojoj se svjesna izjava formulira i razrađuje artikulacijski plan, naziva se motoričko – govorno programiranje (MGP). Tijekom motoričkog – govornog programiranja, cijeli je proces artikulacije isplaniran od početka do kraja te uključuje svaki artikulacijski pokret, brzinu i jačinu pokreta. S aspekta neurologije, u SŽS, za MGP-a odgovoran je Brocin centar (Paul Pierre Broca) te neurološki putovi koji vode do tog centra i od njega. Brocin centar lociran je u lijevom frontalnom režnju. Prilikom motoričkog artikulacijskog planiranja aktivirana su i druga područja lijeve hemisfere mozga, posebno prednji dio insule i lateralni dio premotoričke moždane kore. Svatko tko je pod utjecajem alkohola pokazuje individualne nepravilnosti MGP-a na jezičnoj razini. Govornik nepravilno izgovara riječi (jezik mu se "plete") ali to nije rezultat amnezije za riječi. Također, ovakav govorni obrazac je indikacija trovanja koje je izazvalo oštećenje programiranja, a nije rezultat paralize ili pareze govorne muskulature. Govornik pokušava dati potpunu izjavu, ali je

onemogućen zato što mu je MGP pogođeno intoksikacijom. Kada je MGP oštećeno, govornikove izjave su nekonzistentne, kaotične i nerazumljive. Komplikacije podrazumijevaju dodavanje (adiciju), zamjenu (supstituciju), ispravljanje ili ponavljanje glasova, slogova ili riječi. Kod dodavanja, dolazi do umetanja nepotrebnog (suvišnog) glasa ili sloga u riječ. Npr. "ja nemam pištolj" umjesto "ja nemam pištolj". Govornik dodaje nepotrebnog glasa /s/ riječi pištolj. Drugi primjer je ubacivanje sloga poput "uh". Napustio sam "uh" mjesto nesreće. Zamjena glasa nekim drugim događa se kad osumnjičeni kaže "nemam tištolj" umjesto "nemam pištolj". Govornik zamjenjuje glas /p/ s glasom /t/ koji se nalazi na početnoj poziciji u riječi. Često se umeću se nepotrebnog glasovi, slogovi i riječi tijekom pauze. To je uglavnom pokušaj da govornik prevenira pogrešku u izjavi. Tipične riječi u pauzi su i, uh, znači, znaš.... Npr. optuženik može reći "uzeo sam lijekove za (uh,ah) dijabetes". Ispravljanje govornikovog pokušaja pri ispravljanju MGP može imati negativan ishod, ali može se dobiti i jasniji izgovor. Npr. "ne, policajče ja nisam mukrao uh lukrao uhhh pukrao". Jasni su vidljivi znaci borbe na licu govornika dok se trudi kreirati adekvatnu izjavu. Ti znaci su grimase, razroki pogled (zjenice raširene), tremor čeljusti i usnica, i ostale indikacije prinudnog (forsiranog) govora. Njihova facijalna ekspresija je slična kao i u ljudi koji se jako naprežu. Ljudi pod utjecajem intoksikanata djeluju kao da imaju kronični poremećaj MGP-a karakterističan za neke bolesti ili neurološke poremećaje (npr. afazija, cerebralna paraliza i sl.). Točnost MGP smanjuje se analogno povećavanju broja riječi. Govornik koji govori jako brzo smanjuje preciznost izgovorenog sadržaja. Na brzinu govora utječu broj i dužina pauza. Nekoliko pauza tijekom izgovora imaju efekt usporavanja govora pogotovo ako su malobrojne i dugačke. Brzina govora također ovisi o dužini sloga. Govornici koji rastežu (sporo i dugačko ih izgovaraju) slogove govore sporije i tek nekoliko riječi u minuti.

8.6. INTOKSIKANSI I MOTORIČKO GOVORNA KOORDINACIJA

Kod intoksikacije i poremećenog MGP-a, svih pet aspekata govorne produkcije (respiracija, fonacija, artikulacija, rezonanca i prozodija) mogu biti oštećeni. Zbog otežane motoričko govorne koordinacije (MGK) najviše stradaju artikulacija i prozodija. MGK je rezultat sinkronizirane aktivnosti nekoliko regija živčanog sustava koje rade na integrativan način. Mali mozak (cerebellum) je najvažnija moždana struktura za koordinaciju govora. Mali mozak neće sam izazvati pokrete govorne muskulature, ali posjeduje kontrolu nad njima. On je tako bitan u procesu koordinacije da je prozvan "veliki modulator" pokreta muskulature. Podražaji za pokrete dolaze iz motoričkog korteksa. Da nema malog mozga mišićni pokreti bi "promašili" svoje ciljeve (npr. kad pijana osoba želi podići olovku a vidi "dvostruko" pa prstima "promaši" olovku). Pošto komande dolaze iz motoričkog korteksa, a nisu modulirane i koordinirane adekvatno, osoba će promašiti olovku, udariti o stol na kojem leži i biti neprecizna i neuspješna u jednostavnom zadatku podizanja kemijske. U govoru nedostatak modulacije i koordinacije se ogleda u "promašaju" (*overshooting, undershooting*) artikulatora. Npr. kod glasova gdje vrh jezika dodiruje alveole (tkivo iza/iznad gornjih sjekutića) u produkciji /t/ i /d/, bez koordinacije malog mozga govor bi zvučao nespretno i nekoordinirano. Jezik bi dotaknuo alveole s previše snage i premašio svoj cilj. Rezultat toga je eksplozivan, iskrivljen i neprecizan govor. Prozodija je glavno polje oštećenja kod alkoholiziranih pojedinaca kada je mali mozak pogođen. Prozodija obuhvaća naglasak, intonaciju, ritam, melodiju, raspon i glasovnu kvalitetu govora. Alkoholizirani

pojedinci mogu proizvoditi glasove i slogove s prejakim ili preslabim naglaskom slogova. Njihovu govoru također može nedostajati glasnoća i varijacije visine glasa. Zbog nedostatka MGK alkoholizirane osobe izgovaraju neprecizno konsonante i vokale što je često popraćeno sporim govorom.

8.7. INTOKSIKANSI I AUTOMATSKI MOTORIČKI GOVOR

Ekstrapiramidalni sustav je zadužen za inhibiciju neželjenih pokreta, održavanje položaja i mijenjanje tjelesne pozicije. Intoksikansi izazivaju deficite ili nepravilnosti ekstrapiramidalnog sustava uzrokujući neželjene pokrete kao: **tremor**, drhtanje i tikove. Ovi neželjeni pokreti dešavaju se u kontinuitetu od sporijih do bržih. Cijela muskulatura može biti pogođena deficitom ili nepravilnošću ekstrapiramidalnog sustava uključujući i disanje, artikulaciju i govor. Ekstrapiramidalni sustav obuhvaća sve motoričke mehanizme koji izlaze iz piramidalnog korteksa, a putuju piramidalnim putovima. Ekstrapiramidalni sustav je sastavljen primarno od bazalnih ganglija, ali uključuje i sve moždane strukture povezane s automatskim pokretima.

Normalni tremor je ritmička modulacija mišića i može se dogoditi za vrijeme mirovanja ili pokreta. Tremor će prestati pojačanjem mišićne napetosti ili naglim balističkim pokretom. Pod govornim tremorom podrazumijevamo onaj gdje su vidljive modulacije (pokreti) govorne muskulature i razlikuju se od mikrotremora glasiljki opisanog u prethodnom poglavlju. Tremor govorne muskulature je obično karakteriziran neumjerenom mišićnom napetošću i podrhtavanjem tijekom anksioznosti i forsiranog govora.

Abnormalni tremor manifestira se kod oštećenja neuro-motoričke kontrole koje su rezultat bolesti ili sličnih neurodegenerativnih procesa. Intoksikacije također mogu izazvati podrhtavajući glas koji je moguće i slušno zamijetiti. Glasovne modulacije uzrokovane su tremorom muskulature laringusa (grkljana), a pogađaju visinu i intenzitet glasa.

Tikovi, iznenadne nekontrolirane kontrakcije muskulature u govornom mehanizmu mogu promijeniti govorni obrazac zato što naglo pomiču artikulatore. Ovi neželjeni pokreti tijekom govora rezultiraju neželjenim glasovima. Dugo i pretjerano korištenje droga može uzrokovati tardivnu diskineziju u kojoj govornik ima grčevito trzanje muskulaure, tremor i migoljeće pokrete govorne muskulature. **Tardivna diskinezija** je klinički poremećaj karakteriziran pojavom nevoljnih pokreta (posebice lica i jezika), a javlja se kao jatrogena (liječenjem izazvana) poteškoća kod pacijenata koji se dugotrajno liječe antipsihoticima što potiskuju aktivnost dopaminskih neurona, npr. fenotijazinima (klorpromazin, perfenazin) i butirofenonima (haloperidol). Ti lijekovi blokiraju dopaminski sinaptički prijenos i vjerojatno nakon dugotrajne primjene čine dopaminske receptore preosjetljivima na dopamin. Time se naruši ravnoteža dopaminskog, acetilkolinskog i GABA sustava u strijatumu i pojave se nevoljni ekstrapiramidni pokreti. Ovakvi pokreti rezultiraju stvaranjem neželjenih i nenormalnih glasova ubačenih tijekom izgovora. Tabela 2 sažima istaknute karakteristike govornog obrasca kod alkoholiziranog govornika. Kao po pravilu intoksikansi pogađaju cijeli sustav motoričkog govornog programiranja, koordinaciju i automatiziran govor. Smirivanje ovakvih osoba dovodi do smanjenja aktivnosti govorne muskulature, a stimuliranje istih dovodi do povećanja komplikacija.

Tablica 2. Govorni aspekti kod osoba u intoksiciranom stanju

| Neurološka organizacija | govorni obrasci |
|--------------------------------|---|
| Motorno govorno programiranje | Dodavanje glasova u govoru Zamjena glasova Interjeksije (neadekvatne pauze u govoru) Grimase lica "Razrokost" očiju Povećana brzina govora |
| Motorička govorna koordinacija | Distorzije glasova (neispravan izgovor) Omisijske (ispuštanja) glasova Smanjena brzina govora |
| Automatiziran govor | Tremor donje čeljusti Tremor usana Tremor jezika Tremor očnih kapaka Grčevito trzanje čeljusti, usana, jezika i laringosa |

8.8. JEZIK POD UTJECAJEM INTOKSIKACIJE

Stanje zbunjenosti je često kod pacijenata s traumatskim ozljedama mozga (npr. afazija kao posljedica cerebrovaskularnog infarkta ili traume mozga) i/ili demencije, te se dijagnostički parametri koriste pri medicinskom liječenju i kod intoksiciranih osoba. Jezik pojedinca je pod utjecajem intoksikanata, što se odražava na njihovo zbunjeno stanje. Sadržaj njihova govorna iskaza pokazuje prirodu i težinu konfuznog stanja. Općenito govoreći, postoje dva faktora koja pridonose konfuznosti; **deficit u pamćenju i dezorijentiranost.**

Poteškoće u pamćenju koje su vezane uz intoksikaciju, prilikom konfuznog stanja, uključuju **retrogradnu** i **anterogradnu** amneziju. U retrogradnoj amneziji, govornik ima poteškoća s prisjećanjem osoba i događaja koji su se desili neposredno prije intoksikacije. Takve osobe ne mogu dati informacije poput toga gdje su bili i što su radili prije intoksikacije. Anterogradna amnezija označava deficit pamćenja i posljedičnu nemogućnost pohrane informacija dok se osoba nalazi u stanju intoksikacije. Anterogradna amnezija je oblik amnezije koju karakterizira nemogućnost prebacivanja informacija iz kratkoročnog pamćenja u dugoročno pamćenje, pa osoba koja pati od takvog oblika amnezije ne može stvoriti nova sjećanja događaja nastalih od njezinog nastupanja, odnosno zaboravlja ih čim oni više nisu u kratkoročnom skladištu. Anterogradnu amneziju može uzrokovati primjerice trovanje ili udarac u glavu od kojeg nastaje oštećenje dijelova mozga uključenih u pohranu dugoročnih sjećanja.

Što je intoksikacija veća, osoba se ne može sjetiti zamolbi niti naredbi, niti može pohraniti nove informacije, zbog amnezije. Pojedine osobe koje su pretrpjele ozljedu mozga, uslijed intoksikacije mogu imati trajno oštećenje koje rezultira nemogućnošću pohrane novih informacija.

U konfuznom stanju, postoje četiri tipa dezorijentiranosti: **vremenska, prostorna, personalna**

i **situacijska**. Neke osobe, u stanju intoksikacije, su primarno dezorijentirane u jednom dijelu realiteta, dok su druge globalno dezorijentirane. Deficit u pamćenju je povezan s tipom dezorijentiranosti koje je osoba iskusiła, zbog odnosa između prisjećanja događaja iz vlastitog života i stanja dezorijentiranosti.

Vremenska dezorijentiranost je stanje u kojem govorniku konfuziju stvaraju vremenske odrednice; sat, dan, tjedan, mjesec, itd. Osobe u stanju intoksikacije mogu povjerovati da je jutro, iako je večer, ili mogu krivo odgovoriti na pitanje koji je dan u tjednu. Dezorijentirane osobe također čine greške prilikom percipiranja prolaska vremena, npr. mogu vjerovati da je prošlo nekoliko sati, iako je ustvari prošlo nekoliko minuta.

Prostorna dezorijentiranost označava stanje u kojem osoba ne može točno imenovati ulicu, grad ili državu.

Personalna dezorijentiranost označava stanje u kojem govornik ne može identificirati obitelj, prijatelje, kolege i poznanike. Osoba ne cijeni prijašnje odnose. Personalna dezorijentiranost može utjecati do opsega gubitka identiteta govornika, osoba ne zna svoje zaposlenje, bračni status, nivo obrazovanja, itd. U slučajevima ekstremno visoke intoksikacije, osobe često ne znaju kojeg su spola.

Situacijska dezorijentiranost označava stanje dezorijentiranosti u nekoj situaciji, osoba ne respektira događaje oko sebe, ili im pristupa s previše entuzijazma. Kod teške intoksikacije, osoba se može biti u stanju nesvjesnosti događanja oko sebe, npr. događaji oko nekog kriminalnog djela.

Receptivni i ekspresivni jezik kod osobe u intoksiciranom stanju ponekada uključuje poteškoće u govoru, pisanju, čitanju i razumijevanju.

Na **receptivnom planu** Intoksicirane osobe ne mogu pratiti verbalne upute zbog svog stanja. Mogu biti u stanju pratiti prvih nekoliko uputa zbog **slabljenja slušne pažnje**. Kod slabljenja slušne pažnje, zbog poteškoća u koncentraciji, osoba pamti samo zadnje upute. Suprotno od slabljenja slušne pažnje je **vremensko usporavanje pažnje**. Ovaj pojam označava sposobnost pamćenja samo zadnje upute dok osoba zaboravlja prvotnu uputu. Do ovog ponašanja dolazi zbog distraktibilnosti i manjka koncentracije koji su karakteristični za osobu pod utjecajem intoksikacije. Ovi obrasci gubitka kratkotrajnog pamćenja prisutni su i u čitanju kao i praćenju pisanih uputa.

Na **ekspresivnom planu**, kod osoba pod utjecajem intoksikacije dolazi do konfabulacije. Konfabulacija označava prisjećanje događaja bez obzira na točnost – kronično laganje. Konfabulacija se odnosi na verbalni izraz, ali također može biti prisutna u pisanom tekstu.

U području ekspresivnog govora, kod osoba u stanju intoksikacije dolazi do raspršenja iskaza koja može biti prisutna i u pisanom tekstu. Jedna misao dovodi do druge, manje važne misli, koja vodi do treće, itd. Tablica 3. prikazuje tipične jezične primjere kod osoba u stanju intoksikacije.

8.9. NEUROLOŠKA OBOLJENJA I POREMEĆAJI SLIČNI INTOKSIKACIJI

Postoje tri kategorije neurološki oboljenja i poremećaja čiji simptomi u govoru nalikuju onima kod intoksiciranih osoba.

Prvo govornici koji su pretrpjeli moždani udar i traumatska oštećenja mozga imaju simptome poteškoća s pamćenjem, orijentacijom, receptivnim i ekspresivnim jezikom a koji se mogu zamijeniti s onima kod intoksikacije. Moždani udar i traumatska oštećenja mozga mogu imati slabiji utjecaj na

pamćenje, orijentaciju i jezik, i tek zamjetne poteškoće s govorom. Također, mogu biti jačeg intenziteta i rezultirati u velikom deficitu, tj. poteškoćama u jeziku i kognitivnim simptomima.

Drugo, neurološka oboljenja, poput Parkinsonove bolesti, multiple skleroze i amiotrofične lateralne skleroze mogu uzrokovati probleme s jezikom koji nalikuju stanju intoksikacije, pogotovo u kasnijim stadijima. Ovisno o razini neuroloških oštećenja vezanih uz oboljenje, pacijenti s gore nabrojanim oboljenjima, imaju problema s artikulacijom, tremorom, brzinom, itd.

Treća kategorija koja je vezana uz neurološka oboljenja i poteškoća s govorom i jezikom je demencija. Primarno je vezana za treću životnu dob kao npr. Alzheimerova bolest i druge oblike demencije koji mogu uzrokovati oštećenja u jeziku, produkciji govora i pamćenju. U ranoj fazi demencije, simptomi često nisu lako vidljivi, ali u srednjoj i kasnoj fazi bolesti, pacijentovo ponašanje ukazuje na poteškoće u mentalnom i neurološkom funkcioniranju.

Tablica 3. Jezični model kod osoba u intoksiciranom stanju

| FUNKCIJA | DEFICIT | TIP |
|--------------------------|--------------------------------------|---|
| Pamćenje | Retrogradna amnezija | Gubitak pamćenja o događajima koji su se desili prije intoksikacije |
| | Anterogradna amnezija | Nemogućnost zapamćivanja događaja nakon intoksikacije |
| Orijentacija | Vremenska dezorijentiranost | Vremenska zbunjenost |
| | Prostorna dezorijentiranost | Prostorna zbunjenost |
| | Personalna dezorijentiranost | Zbunjenost o osobama, njihovom identitetu |
| | Situacijska dezorijentiranost | Zbunjenost u predviđanju |
| Receptivni jezik | Deficit slušnog razumijevanja | Poteškoće u praćenju verbalnih uputa |
| | Deficit razumijevanja pisanog teksta | Poteškoće u praćenju pisanih uputa |
| Ekspresivni jezik | Konfabulacija | Prisjećanje događaja bez obzira na točnost |
| | Divergentni (raspršeni) govor | Govor s mnogo digresija |

8.10. RAZLIKOVNJE INTOKSIKACIJE U GOVORU OD NEUROLOŠKIH BOLESTI I POREMEĆAJA

U nekim je slučajevima teško razlikovati stanje intoksikacije od nekih neuroloških bolesti i poremećaja. U oba slučaja, govor i jezik mogu biti nerazumljivi, međutim u tekstu koji slijedi opisana su ponašanja koja su posljedica neuroloških oboljenja i poremećaja.

Osobe s oštećenim govorom i jezikom, uslijed neuroloških oboljenja i poremećaja, često prati hemipareza ili hemiparaliza jedne strane tijela. Zbog toga što se veći centri za govor i jezik nalaze u lijevoj hemisferi kod većine ljudi, na desnoj strani tijela će biti vidljivi ispadi funkcija kod moždanog infarkta i traumatskih ozljeda mozga. Pacijenti koji su pretrpjeli moždani udar ili traumatsku ozljedu mozga često prilikom kretanja trebaju pomagala poput štapa, hodalica i kolica.

Kod nekih osoba s oštećenim govorom i jezikom, uslijed neuroloških oboljenja i poremećaja, vidljiva je pareza lica, usta ("bježe" na jednu stranu) ili očnoga kapka a zbog pareze/paralize također može biti i prisutna i pojačana salivacija. Ovi simptomi nisu prisutni kod intoksikacije.

Kod osoba s Parkinsonovom bolesti, multiplom sklerozom, amiotrofičnom lateralnom sklerozom i ostalim progresivnim neuromišićnim bolestima, u pravilu nisu prisutna mentalna i kognitivna oštećenja. Često, u ranim fazama bolesti, govor tih osoba slični onom kod intoksiciranog stanja.

Kod konzumacije alkohola osjeća se miris koji povezujemo s intoksikacijom. Osobe s neurološkim oboljenjima i poremećajima nemaju taj miris.

Osobe s oštećenim govorom i jezikom, uslijed neuroloških oboljenja i poremećaja, imaju problema s pronalaženjem riječi pa koriste parafraze. Pacijenti koji imaju poteškoća prilikom pamćenja imenica, često koriste riječi koje su fonetski ili semantički slične željenoj riječi. Međutim neki pacijenti stvaraju potpuno novi korijen riječi pa riječ postaje nerazumljiva. Ponekad zamjenjuju slogove unutar rečenice što također otežava razumijevanje (npr. umjesto rečenice "Išla sam na poštu" osoba kaže "Pošla sam na ištu").

8.11. SAŽETAK

Model govora kod osoba u stanju intoksikacije daje nam informacije o stupnju poremećaja neurološke organizacije koja je pod utjecajem opijata. Iako svi moduli neurološke organizacije mogu biti pod utjecajem u intoksikacijskom stanju, kolaps jezičnog programiranja te cerebralnih i ekstrapiramidalnih funkcija vidljive su u takvom govoru. Također, receptivni i ekspresivni govor mogu biti oštećeni, i osobe u stanju intoksikacije često pokazuju karakteristična ponašanja u govoru i jeziku zbog opijata koji je prisutan u organizmu.

9. LABORATORIJ ZA FORENZIČNU FONETIKU I AKUSTIKU



FBI – laboratorij za forenzičku fonetiku i akustiku

9.1. OPREMA LABORATORIJA I NJENA NAMJENA

Svaki laboratorij za forenzičnu i akustičku fonetiku mora imati na raspolaganju barem nekoliko različitih uređaja za audio i video snimanja, reprodukciju i montažu. Oprema mora biti profesionalne kvalitete, s što većim brojem opcija podešavanja i prilagođavanja za različite svrhe. Osim toga, laboratorij bi trebao imati i nekoliko standardnih uređaja koji su u širokoj uporabi jer ćemo ponekad dobiti "neprofesionalne" snimke načinjene upravo na takvim uređajima. Tada će nam ti uređaji poslužiti za simulaciju autentičnih uvjeta snimanja kao i za utvrđivanje njihovih tehničkih karakteristika. Naravno, koliko god laboratorij bio dobro opremljen, njegove će učinkovitost ovisiti prvenstveno o stručnosti i iskustvu osoblja koje u njemu bude radilo. Dobar i iskusan stručnjak može i s tehnički ograničenom opremom napraviti dobra vještačenja dok nestručnjak neće biti u stanju napraviti nikakvo pouzdano vještačenje pa makar imao i najnapredniju tehnologiju.

9.2. OPIS LABORATORIJSKIH POSLOVA

9.2.1. PRIPREMA SNIMKI, IZRADA KOPIJA I NJIHOVO REPARIRANJE

Laboratorij bi trebao imati sve uređaje uparene (po dva identična uređaja radi mogućnosti kompariranja snimki simulacije presnimavanja i kao rezervu). Od opreme bi trebalo imati:

profesionalni kolutni magnetofon s više standardnih brzina snimanja/reprodukcije,

standardni profesionalni kazetofon (po mogućnosti s podesivom brzinom snimanja i reprodukcije),

profesionalni mikro kazetofon (za snimanje i reprodukciju s mikro kazetama),

mini – disk uređaj za snimanje i reprodukciju,

VHS video recorder/player,

standardi CD/dvd player s odvojenim ulazima i izlazima za zvuk i sliku,

uređaje za reprodukciju zvuka (mikser, pojačala),

komplet kvalitetnih kablova i adaptera za povezivanja uređaja,

studijske zvučnike i nekoliko pari studijskih slušalica,

sve vrste različitih medija za snimanje zvuka,

barem dva PC računala s eksternom zvučnom karticom visoke kvalitete (npr. M-AUDIO mobile pre USB),

više računalnih programa za editiranje zvuka (npr. Adobe Audition), akustičku analizu (npr. Kay, PRATT), za forenzičku zvučnu obradu (npr. Diamond Cut Live Forensic),

9.2.2. POBOLJŠANJE AUDIO SNIMKI

Nakon izrade sigurnosnih kopija zaprimljenih originalnih snimki, potrebno je prvo poboljšati njihovu razumljivost. Naravno, uvijek treba imati na umu krajnji cilj vještačenja: ako je cilj identifikacija govornika, onda bi trebalo izvršiti sve akustičke analize na autentičnoj snimci (prije dodatnih laboratorijskih obrada) jer bi obradom (npr. filtriranjem ili dinamičkim procesiranjem poput kompresiranja) mogli narušiti bitne akustičke karakteristike (formante, fundamentalnu frekvenciju, jitter, shimmer i sl.) govornika. Danas je uobičajeno da se sve kopije rade pomoću računala, digitalno. Pri tome je bitno paziti da odaberemo pravilnu brzinu uzorkovanja (sempliranja), najbolje 44100 Hz, 16 bit. Ako je originalna snimka stereo, treba i digitalne kopije izraditi kao stereo.

Ako je primarni cilj vještačenja poboljšanje razumljivosti snimke, tada ćemo pomoću DSP (digital signal processing) tehnologije i računalnih programa izvršiti adekvatne obrade snimke (različite vrste filtriranja korištenjem različitih tipova filtara). Nikada nećemo dobiti zadovoljavajuću razumljivost iz prvog pokušaja već je potrebno istu snimku bezbroj puta isprobati različitim tehnikama filtriranja, kompresiranja, limitiranja, pojačanja signala i sl. Ponekad je pojedine dijelove snimke potrebno podvrgnuti dodatnim obradama zvuka jer jedan način filtriranja ne mora dati uvijek najbolje rezultate za cijelu snimku.

9.2.3. IDENTIFIKACIJA GOVORNIKA

Za ovu vrstu poslova potrebno je posjedovati nekoliko računalnih programa (software) za spektralnu analizu zvuka koji omogućavaju digitalno očitavanje spektralnih parametara te različite vrste akustičkih analize (FFT, LPC) kao i različita izračunavanja parametara glasa i govora (izračun parametara fonacije, formanata i sl.). Nadalje, potrebno je imati i programe za editiranje zvuka (kopiranje, "izrezivanje" promjenu sempliranja i sl.). Uz računalo treba koristiti zvučnu karticu (najbolje

eksternu) visoke kvalitete te odgovarajuće ozvučenje i profesionalne slušalice.

9.2.4. UTVRĐIVANJE AUTENTIČNOSTI SNIMKI

Ponekad je potrebno utvrditi da li je neka snimka autentična ili je naknadno "montirana" s mogućim brisanjem nepoželjnih dijelova govora ili premještanjem dijelova zapisa kako bi se dobio drugačiji smisao iskaza i time prikrio originalni govor. Ovdje je također potrebno koristiti programe pomoću kojih je moguće vrlo precizno utvrditi sve "rezove" ili prekide u snimci. najčešće se to može utvrditi ekstrakcijom i detaljnom analizom pozadinskog šuma. Osim toga, potrebno je pažljivo analizirati govorni iskaz, osobito prozodijske elemente. Nagli prekidi ili "skokovi" rečenične melodije, skokovite promjene fundamentalne frekvencije, te nagli "rezovi" i promjene akustičke energije (vidljive na oscilogramu) mogu ukazivati na dodatne tonske montaže snimke. Ukoliko se ovakve montaže otkriju u snimci, sadržaj govora sa te snimke ne smije se koristiti kao dokazni materijal.

9.3. PROSTOR LABORATORIJA

Laboratorij mora zadovoljavati određene arhitektonske, prostorne i akustičke zahtjeve. On se mora nalaziti unutar nekog objekta (zgrade) na mjestu sa što manje vanjske buke i vibracija (nikako ne smije biti smješten do prometne ulice i sl.). Ne bi smio biti u blizini željeznica, zračne luke, dječjih igrališta ili bučnih tvornica.

Unutar zgrade treba ga locirati na mjestu koje će biti udaljeno od bučnih dijelova (npr. kafića, trgovina, liftova ili pokretnih stepenica. Unutrašnjost (zidovi, podovi i stropovi) mora biti obložena materijalima za zvučnu izolaciju od vanjske buke i jeke, dakle s materijalima koji prigušuju i apsorbiraju zvuk. Poželjno je imati višeslojna izolacijska stakla na prozorima, dvostruka vrata na ulazu s predprostorom.

Laboratorij mora imati kvalitetno osvjetljenje ali se ne preporučuje fluorescentna rasvjeta zbog toga što proizvodi konstantno zujanje.

Isto tako treba biti podalje od svih mogućih izvora radi frekvencija i magnetskog polja. U blizini ne bi smjelo biti nikakvih radio ili mobilnih telefonskih odašiljača, telefonska centrala objekta kao i alarmni sustavi zgrade također moraju biti podalje. Snažni transformatori također mogu prouzročiti smetnje a i jake zvučnike (permanentni magnet) treba staviti podalje od mjesta gdje manipuliramo ili pohranjujemo magnetofonske trake ili druge vrste magnetskih medija.

Ako se koriste klima uređaji, trebalo bi ih smjestiti izvan laboratorija a dovoditi samo zrak putem odgovarajućih kanala ili cijevi.

Po mogućnosti nezavisan rezervni izvor el. energije (računala bi trebala imate uređaje za neprekidno napajanje) a prostor mora biti dobro osiguran od mogućih provala (poželjno je imati sef radi čuvanja uzoraka).

Oprema laboratorija mora biti funkcionalno i praktično instalirana da omogućuje brzi i jednostavan pristup svim vrstama kablova i vodova za međusobno povezivanje.

10. LITERATURA

1. Aronson, A. E. (1990). *Clinical Voice Disorders: An Interdisciplinary Approach*. NY, Thieme.
2. Clede, B. (1998). *Technology: It Helps Find the Truth*. www.clede.com/articles/police/truth.htm
3. Dalston, R. M. (2002). *Voice Disorders* (in *Communication Sciences and Disorders*, R. Gillam, T. Marquardt and F. Martin, eds.). San Diego: Singular.
4. Darley, F., Aronson, A. i Brown, R. (1975). *Motor Speech Disorders*. Philadelphia: W. B. Saunders.
5. Hart B. i Riley, T. R. (1995). *Meaningfull Diferences in the Everyday Experience of Young American Children*. Baltimore: P. H. Brookes.
6. Payne, K. T. i Taylor, O. L. (1998). *Communication Differences and Disorders* (in *Human Communication Disorders: An Introduction*). Boston, Allyn & Bacon.
7. Tanner, D. (1990). *Muscular Relaxation Program for Voice Disorders*. Oceanside, CA: Academic Communication Associates.
8. Tanner, D. (1996). *An Introduction to the Psychology of Aphasia*. Dubuque, IA: Kendall-Hunt.
9. Tanner, D. (2001). *The Brave New World of the Cyber Speech and Hearing Clinic*. ASHA, 6 (22).
10. Tanner, D. (2003). *Exploring Communication Disorders*: Boston: Allyn & Bacon.
11. Tanner, D. C., Tanner, M. E. (2004). *'Forensic Aspects of Speech Patterns: Voice Prints, Speaker Profiling, Lie and Intoxication Detection*. Lawyers & Judges Publishing Company, Inc., Tuscon.
12. Timm, H. W. (1963). *The Efficacy of the Psychological Stress Evaluator in Detecting Deception*. *Journal of Police Science and Administration*, 11, 62-68.
13. Titze, I. R. i Story, B. H. (2002). *Voice Quality: What is Most Characteristic about "Yuo" in Speech*. *Echoes*, 12 (2): 1,4.
14. Tosi, O. (1979). *Voice Identification: Theory and Legal Applications*. University Park, Baltimore, Maryland.
15. Walker, J. I. (1981). *Clinical Psychiatry in Primary Care*. Menlo Park, CA: Addison-Wesley.
16. Zemlin, W. (1998). *Speech and Hearing Science*, 4th. ed. Boston: Allyn & Bacon.

10.1. PREPORUČENA LITERATURA

1. Bellamy, J. C. (2000). *Digital Telephone*. 3rd ed., Wiley, New York.
2. Bellanger, M. G. (2001). *Adaptive Digital Filters*. 2nd ed., Dekker, New York.
3. Blitzer, H. L. and Jacobia, J. (2002). *Forensic Digital Imaging and Photography*. Academic, San Diego, California.
4. Bracewell, R. N. (2000). *Fourier Transform and Its Applications*. 3rd ed., McGraw-Hill, Boston, Massachusetts.
5. Harris, C. M. (1991). *Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control*. 3rd ed., McGraw-Hill, New York.
6. Koenig, B. E. (1988). *Enhancement of forensic audio recordings*, *Journal of the Audio Engineering Society* 36(11):884-894.

7. Koenig, B. E. (1990). Authentication of forensic audio recordings, *Journal of the Audio Engineering Society*, 38(1-2):3-33.
8. Koenig, B. E. (1993). Selected topics in forensic voice identification, *Crime Laboratory Digest*, 20(4):78-81.
9. Salter, C. M. (1998) Associates. *Acoustics: Architecture, Engineering, the Environment*. William Stout, San Francisco, California.
10. Voice Identification and Acoustic Analysis Subcommittee. Voice comparison standards, *Journal of Forensic Identification* (1991) 41(5):373-392.