

Praat-opas

Mietta Lennes

Versio 1.16 - 17. helmikuuta 2017

Sisältö

1	Praat-ohjelman esittely	7
1.1	Mikä on Praat?	7
1.2	Mitä Praatilla voi tehdä?	7
1.3	Mitä Praatilla ei voi tehdä?	8
1.4	Minkälaista puheaineistoa voin käsitellä Praatilla?	9
2	Asentaminen	11
2.1	Praatin asentaminen Windows-koneeseen	11
2.2	Praatin asentaminen Unix- tai Linux-koneeseen	13
2.3	Laitteistovaatimukset	14
3	Oppaat ja käytön tuki	15
3.1	Praat-ohjelman virallinen kotisivu	15
3.2	Tämä opas	15
3.3	Praatin sisäänrakennettu manuaali (Help)	15
3.4	Keskusteluryhmä	16
3.5	Muuta apua puheen analyysiin	17
4	Praatin käyttö	19
4.1	Praat-ohjelman käynnistäminen	19
4.1.1	Käynnistäminen Windows- ja Macintosh-koneissa . . .	19
4.1.2	Käynnistäminen Unix- ja Linux-koneissa	19
4.2	Praat-ohjelman ulkoasu	19
4.2.1	Praat-ohjelman päivitykset	20
4.2.2	Objekttilista	21
4.2.2.1	Objektien valitseminen	21
4.2.2.2	Objektien hallintapainikkeet	21
4.2.2.3	Kiinteä valikko (fixed menu)	21
4.2.2.4	Dynaaminen valikko (dynamic menu)	23
4.2.3	Piirtoikkuna	23
4.3	Tiedostojen hallinta	23

4.3.1	Tiedostojen avaaminen Praatissa	23
4.3.1.1	Erittäin pitkät äänitiedostot (LongSound) . .	24
4.3.2	Tiedostojen tallentaminen Praatissa	24
4.3.2.1	Tiedostojen nimeämiskäytänteitä	24
5	Äänieditori (Sound editor)	27
5.1	Äänen kuuntelu	27
5.2	Äänieditorin käyttö	27
5.2.1	Äänen pätkien kuuntelu	28
5.3	Äänen muokkaaminen (leikkaa-liimaa-toiminnot)	29
5.4	Analyysikuvaajat äänieditorissa	29
5.4.1	Mittausten tekeminen äänieditorissa	29
5.4.1.1	Kestot	30
5.4.1.2	Spektrogrammi, perustaajuus, intensiteetti ja formantit	30
6	Nimikointi	31
6.1	Miksi puhetta nimikoidaan eli annotoidaan?	32
6.2	Praat-ohjelmalle tyypillisiä nimikointiominaisuuksia	33
6.3	Miten Praat-ohjelmalla nimikoidaan puhetta?	34
6.3.1	Nimikointiobjektin luominen Praatissa	34
6.3.2	Nimikointi	35
6.3.2.1	Vihjeitä	37
6.3.3	Nimikointikerroksien lisääminen ja poistaminen	38
6.3.4	IPA-merkit ja erikoismerkit	39
6.4	TextGridin eli nimikointiobjektin tallennus	40
6.4.1	Vaihtoehtoiset tiedostomuodot	41
6.4.2	Nimikoinnin siirtäminen toiseen ohjelmaan	41
6.5	Valmiin nimikoinnin hyödyntäminen	41
6.6	Toisella ohjelmalla tehdyn transkription tuonti	42
7	Akustinen analyysi	43
7.1	Spektrogrammi	43
7.1.1	Spektrogrammin tuottaminen	45
7.1.1.1	Editori-ikkunassa	45
7.1.1.2	Objekti-ikkunassa	45
7.2	Spektrit	45
7.3	F0- eli perustaajuusanalyysi	45
7.3.1	Puheen perustaajuus ja sävelkorkeushavainto	46
7.3.2	Perustaajuuskäyrän tuottaminen	46
7.3.2.1	Editori-ikkunassa	46

7.3.2.2	Objekti-ikkunassa	47
7.3.3	Miksi perustajuuskäyrässä on joissakin kohdissa aukkoja?	47
7.4	Intensiteetti (äänekkyys)	48
7.4.1	Puheen intensiteetti ja voimakkuushavainto	48
7.4.2	Intensiteettikäyrän tuottaminen	48
7.4.2.1	Editori-ikkunassa	48
7.4.2.2	Objekti-ikkunassa	49
7.5	Formanttianalyysi	49
7.5.1	Mikä on formantti?	49
7.5.2	Formanttianalyysin laskentaperiaatteet	51
7.5.2.1	Formanttianalyysin toiminta	51
7.5.3	Burg-formanttianalyysin tekeminen	52
7.5.4	Tracking	55
7.5.5	Lisätietoa formanttianalyysistä	55
7.5.6	Formanttikuvien piirtäminen	56
7.5.7	F1/F2-formanttikartan piirtäminen	56
7.5.8	Formanttianalyysin virhelähteet	58
8	Kuvien luominen	61
8.1	Kuvan piirtäminen	61
8.2	Kuvien tallentaminen	62
8.3	Kuvatiedostojen avaaminen Praatin piirtoikkunaan	63
8.4	Kuvatiedostojen avaaminen muilla ohjelmilla	63
9	Skriptaus	65
9.1	Mikä on skripti?	65
9.2	Miksi skriptejä käytetään?	66
9.3	Praat-skriptin luominen ja muokkaus	66
9.4	Skriptauksen opettelu historiatoiminnon avulla	66
9.5	Skriptin suorittaminen (ajaminen)	67
9.6	Valikkokomentojen ja painikkeiden luominen skripteille	68
9.6.1	Valikkokomennon luonti skriptille (fixed menu)	68
9.6.2	Painikkeen luonti skriptille (dynamic menu)	68
9.6.3	Valikkokomennon tai painikkeen poistaminen	69
9.7	Mitä vaaroja skriptien käyttämisessä voi olla?	69
	Kirjallisuutta	77

Esipuhe

Praat-ohjelmalla [1] on Suomessa ja maailmalla paljon käyttäjiä, koska se on ilmainen ja erittäin monipuolinen puheentutkijan työkalu, ja koska se toimii useimmissa laitteistoissa ja käyttöjärjestelmissä. Praat sopii samoista syistä mainiosti myös fonetiikan ja eri kieliaineiden opetukseen. Praatia kehittävät Paul Boersma ja David Weenink Amsterdamin yliopistossa.

Praat saattaa kuitenkin olla käyttöliittymältään aluksi hieman hankalasti hahmotettava, jos on tottunut johonkin muuhun puheanalyysiohjelmistoon tai ei ole aikaisemmin käyttänyt mitään analyysiohjelmaa. Käyttökynnys voi tämän vuoksi olla korkea — varsinkin jos eri painikkeiden ja komentojen rämäpäinen kokeileminen ujostuttaa, eikä halua tai ehdi kahlata läpi englanninkielistä opastekstiä.

Tämän suomenkielisen oppaan tavoitteena on neuvoa vasta-alkajille Praatin peruskäyttöä sekä tarjota toimintaohjeet ja vähän taustatietoa tärkeimpien akustisten analyysien tekemiseen. Pääasiallisena lähteenä on käytetty Praat-ohjelman sisäänrakennettua englanninkielistä manuaalia (ks. kappale 3.3). Praatin oma manuaali onkin aina parhaiten ajan tasalla, koska se muuttuu ja täydentyy eri ohjelmaversioiden mukana. Muut tässä oppaassa käytetyt lähteet mainitaan asianomaisissa kohdissa erikseen.

Tämä dokumentti on opetuskäyttöä varten tuotettu tilapäinen julkaisu, joka tulee korvautumaan uudella sähköisellä oppaalla nimeltä *Puheen analyysin perusteet*. Uusi opas on viimeistelyvaiheessa. Nykyisen oppaan ensimmäinen versio on syntynyt jo vuonna 2004, joten ohjelman valikkokomennot ovat ennättäneet joiltakin osin muuttua. Tätä tilapäisversiota on siksi hieman päivitetty, jotta se vastaisi paremmin Praatin uusimpia versioita.

Olen itse lisännyt oppaan eri kohtiin jonkin verran taustatietoa puheen analyysista, jotta eri toimintojen tarkoitus selkeytyisi myös itseopiskelijalle. Otan vastuun kaikista virheistä.

Tätä opasta koskevat kommentit saa ja kannattaa lähettää suoraan allekirjoittaneelle:

Mietta Lennes
Nykykielten laitos
Helsingin yliopisto
mietta.lennes@helsinki.fi
<http://orcid.org/0000-0003-4735-3017>

Luku 1

Praat-ohjelman esittely

1.1 Mikä on Praat?

Praat on ilmainen ja erittäin monipuolinen puheanalyysiohjelma, joka toimii useimmissa laitteistoissa ja käyttöjärjestelmissä.

1.2 Mitä Praatilla voi tehdä?

Praatilla voi

- kuunnella pitkiäkin äänitiedostoja ja niiden osia nopeasti
- tarkastella äänitiedoston aaltomuotoa ja sen erilaisia akustisia kuvauksia
- muokata äänitiedostoja
- nimikoida (annotoida) äänitiedostoja käsin (ks. 6)
- kohdistaa käsin litteroidun ja rajatun puhunnoksen, lauseen tms. pitemmän yksikön sanat ja äänteet automaattisesti äänisignaaliin tietyin edellytyksin ja hyvin karkeasti (huom. kielikohtainen toiminto!)
- tehdä puhenäytteistä kestromittauksia (kunhan mitattavat yksiköt on rajattu esim. nimikoimalla, ks. 6)
- tehdä puhenäytteistä akustisia analyyseja (esim. perustaaajuus 7.3, spektrianalyysit 7.2, formantit 7.5, jitter, shimmer jne.)

- analysoida erittäin laajoja puheaineistoja puoliautomaattisesti ja laajentaa Praatin käyttömahdollisuuksia helposti opittavan skriptauskielen avulla (9)
- piirtää korkealaatuista grafiikkaa (EPS) julkaisuja varten
- tehdä akustisten analyysien tuloksista erilaisia tilastoanalyysseja
- muokata puhenäytteen perustaaajuutta ja kestoja uudelleensynteesimenetelmän avulla (ei toistaiseksi tässä oppaassa; ks. Praatin sisäinen manuaali 3.3)
- rakentaa yksinkertaisia kuuntelukokeita
- käyttää artikulaatiopuhesynteesiä tai puhesynteesiä perustaaajuuden, formanttien ja intensiteetin perusteella (ei toistaiseksi tässä oppaassa; ks. Praatin sisäinen manuaali 3.3)
- avata 32- tai 64-kanavaisia EEG-tiedostoja eli aivosähkökäyriä (EEG = elektroenkefalografia) ja tuottaa niistä tapahtumasidonnaisia jännitevasteita (ERP, *event-related potential*)
- käyttää keinotekoisia hermoverkkoja
- äänittää; tosin äänitystoiminto ei ole vielä kovin hienostunut, ja äänitys tai äänitteen digitointi on toistaiseksi kätevintä tehdä jollakin muulla äänenkäsittelyohjelmalla (*Audacity* ja monet muut ilmaisohjelmat tai kaupalliset studio-ohjelmat)
- ja paljon muuta: Praatin ominaisuudet lisääntyvät lähes jatkuvasti.

1.3 Mitä Praatilla ei voi tehdä?

Praatilla ei voi

- nimikoida (annotoida) videotiedostoja (joskin tämä ominaisuus on luultavasti jo lähiaikoina toteutumassa)
- saada akustisista analyyseista kiistattomia tuloksia ymmärtämättä analyysien toimintaa
- tunnistaa puhetta...
- saada kaikkea heti harjoittelematta yhtään...

1.4 Minkälaista puheaineistoa voin käsitellä Praatilla?

Praatiin voi tällä hetkellä avata käsiteltäväksi äänitiedostoja, jotka ovat jos-sakin seuraavista formaateista:

- WAV, nykyään kaikkein yleisin ja myös suositeltavin äänitiedostomuoto
- AIFF
- AIFC
- NeXT /Sun (.au-päätteiset tiedostot)
- NIST (mm. TIMIT-tietokannassa käytetty pakattu äänitiedostomuoto)
- FLAC (Free Lossless Audio Codec, häviöttömästi pakattu avoin tiedos-tomuoto)
- SESAM / LVS (.sdf-päätteinen, melko harvinainen tiedostomuoto, jon-ka Praat lukee 12-bittisenä)

Jos voit valita äänitiedostojen formaatin, käytä mieluiten pakkaamattomia WAV-tiedostoja. Akustisen puheentutkimuksen kannalta äänitteen näytteen-ottotaajuuden tulee olla vähintään 22050 Hz, mutta mieluiten 44100 Hz. Näytteen koon pitää olla vähintään 16 bittiä. Alhaisemman tarkkuuden käyt-täminen heikentää jo äänitteen kuulonvaraista laatua ja tallenteesta jää pois puheen kannalta tärkeää informaatiota.

Esimerkiksi MP3-tiedostoja ei voi Praatilla tuottaa. MP3 on kaupalli-nen, tekijänoikeussuojattu äänitiedostomuoto, ja Praat-ohjelmassa on pää-tetty käyttää ainoastaan täysin avointa ja ei-kaupallista lähdekoodia. Lisäksi MP3-formaatti perustuu peruuttamattomasti häviölliseen äänen pakkausme-netelmään, mikä ei ole puheentutkimuksen kannalta suotavaa.¹ Häviöllisissä pakkausmenetelmissä alkuperäisestä pakkaamattomasta digitaalisesta ääni-signaalista jätetään tilan säästämiseksi pois sellaista informaatiota, joka ei merkittävästi vaikuta äänen kuulonvaraiseen laatuun. Kuten monet muut-kin pakkausformaatit, MP3-formaatin pakkausmenetelmä perustuu siihen, että äänisignaali muuttuu joissakin kohdissa enemmän, joissakin taas vä-hemmän. Kun tiedostossa keskitytään kuvaamaan äänisignaalin kulloinkin tapahtuvia merkittävimpiä muutoksia, signaalin keskeiset piirteet saadaan

¹Huomaa, että myös esimerkiksi aikaisemmin käytössä olleet MiniDisc-laitteet käyttä-vät häviöllisesti pakattua tallennusformaattia, mikä rajoittaa MD:llä tehtyjen äänitteiden käyttöä akustisessa tutkimuksessa.

tallennettua pienempään tilaan. Akustisen tutkimuksen kannalta on kuitenkin tärkeää, ettei signaalia ole tällä tavalla etukäteen ”peukaloitu”. Jälkikäteen on mahdotonta selvittää, mitä elementtejä alkuperäisestä näytteestä MP3-muunnoksessa on kulloinkin jäänyt pois.

Huomaa, että jos äänite on digitoitu alhaisemmalla tarkkuudella tai tallennettu alunperin MP3-muotoon, sen tarkkuutta ei voi jälkikäteen lisätä, vaikka MP3-tiedosto muunnettaisiin WAV-muotoon!

Joskus harvoin kohdalle voi sattua myös tietynlaisia pakattuja WAV-tiedostoja, joita Praatilla ei pysty avaamaan. Tavalliset WAVit aukeavat ongelmitta.

Videotiedostoja Praatilla ei voi toistaiseksi käsitellä. Tämä ominaisuus on kuitenkin tulossa myös Praat-ohjelmaan. Alkuperäisestä videotiedostosta voidaan myös erottaa ääniraita omaksi äänitiedostokseen, jolloin sitä voi käyttää Praatissa.

Praat sinänsä ei aseta esivaatimuksia äänitteen laadulle. Mitä vaativampia akustisia analyyseja aiot ääniaineistostasi tehdä, sitä tarkempaa huomiota kannattaa kiinnittää äänityksen tekniseen laatuun. Vaikka lopulta tekisit aineistosta vain litteraation (ks. 6), työ on paljon helpompaa, jos äänite on hyvälaatuinen ja suhteellisen hälytön, eikä samassa äänisignaalissa ole useiden puhujien päällekkäispuhuntaa. Mikäli tutkit äänteellisen tason ilmiöitä ja/tai aiot tehdä esimerkiksi formanttianalyyseja (ks. 7.5), laatuvaatimukset ovat vieläkin korkeammat.

Luku 2

Asentaminen

Praat-ohjelma on saatavilla useimmille eri käyttöjärjestelmille. Varsinainen Praat-ohjelma sijaitsee teknisesti ottaen vain yhdessä tiedostossa, jonka sijainnilla ei ole väliä. Praat tuottaa kullakin koneella vain pienen asetustiedoston, joka ei ole välttämätön ohjelman toiminnalle. Asetustiedoston ansiosta käyttäjän valitsemat asetukset säilyvät tietyllä koneella.

Huomaa, että tietoturvasyistä on monien yliopistojen ja muiden organisaatioiden yhteiskäyttöisillä tietokoneilla estetty verkosta ladattujen ohjelmien suorittaminen. Rajoitukset saattavat koskea sekä Windows-, Mac-että Unix-käyttäjiä. Vaikka onnistuisit lataamaan Praatin verkosta koneelle ja purkamaan asennuspaketin, et välttämättä pysty käyttämään ohjelmaa. Tässä tapauksessa sinun on pyydetävä järjestelmän ylläpitäjää asentamaan Praat-ohjelma tai sen päivitetty versio. Kotikoneellekin ohjelman pystyy asentamaan vain käyttäjä, jolla on ylläpitäjän oikeudet.

Parhaassa tapauksessa oman organisaatiosi IT-ylläpitäjä on lisännyt Praat-ohjelman automaattisesti tarjottavien sovellusten joukkoon, jolloin siitä on tuore versio aina kaikkien tarvitsijoiden saatavilla.

2.1 Praatin asentaminen Windows-koneeseen

1. Mene Praat-ohjelman kotisivulle <http://www.praat.org/>
2. Klikkaa vasemmasta ylänurkasta kohtaa ”Windows”, niin pääset lataussivulle josta saat Praatin uusimman Windows-version.
3. Klikkaa kerran oman koneesi malliin sopivaa linkkiä (esim. uudehkoilla, 64-bittisillä Windows-koneilla *praat5374_win64.zip*). Koneen pitäisi nyt kysyä, haluatko ladata tiedoston koneellesi. Vastaa OK ja sijoita tiedosto paikkaan jonka itse helposti muistat, esim. työpöydälle tms.

Kun tiedosto on latautunut kokonaan, voit sulkea tai piilottaa www-selaimen.

4. Avaa sitten Windows Explorer (tiedostonhallinta) ja etsi lataamasi tiedostopaketti (esim. *praat5374_win64.zip*), tai etsi se suoraan työpöydältä jos latait sen sinne. Klikkaa tiedoston nimeä hiiren oikealla napilla ja valitse ponnahdusvalikosta komento *Extract all*. Valitse paikka, jonne tiedosto puretaan ja paina OK. Hetken kuluttua uuteen hakemistoon ilmestyy hassu vaaleanpunainen kuvake 'Praat'. Tämä uusi kuvake on käyttökelpoinen Praat-ohjelma. Varmista, että ohjelma toimii: kaksoisnäpäytä kuvaketta ja Praatin pitäisi käynnistyä.
Huomaa, että Windows saattaa hämäävästi näyttää paketin sisällä olevien tiedostojen luettelon, mutta niitä ei pysty käyttämään ennen paketin purkamista! Mikäli Windowsin tiedostonhallintaikkunassa näkämäsi tiedoston päällä on harmaa "vyö", ohjelma on edelleen pakatussa muodossa ja se täytyy purkaa em. tavalla.
5. Voit poistaa alkuperäisen asennustiedoston (esim. *praat5374_win64.zip*) – sitä ei enää tarvita.
6. Jos koneellasi oli vanhempi Praat-versio, se kannattaa yleensä poistaa sekaannusten välttämiseksi siinä tapauksessa, että olet koneen ainoa käyttäjä ja tiedät, ettet tarvitse vanhoja ohjelmaversioita. (Vanha versio voi olla tarpeen, jos käytät ahkerasti Praat-skriptejä (ks. 9), mutta silloinkin hyvin harvoissa tapauksissa.) Poista kuitenkin vanha Praat vasta, kun olet tarkistanut, että uusi Praat-versio varmasti toimii koneessasi.
Praat poistetaan siirtämällä vanhan Praatin kuvake roskakoriin, tai näpäyttämällä hiiren oikeaa painiketta vanhan Praat-tiedoston päällä ja valitsemalla **Delete**.
7. Nyt voit siirtää uuden Praat-kuvakkeen minne haluat, vaikka suoraan työpöydälle. (Huomaa kuitenkin, että ohjelman on sijaittava hakemistossa, jonka tiedostoihin sinulla on suoritusoikeus.)
8. Praat aukeaa, kun kaksoisnäpäytät sen kuvaketta.
9. Voit koska tahansa hakea verkosta Praatin uusimman version ja vaihtaa vanhan siihen. Poista ensin vanha Praat-ohjelmatiedosto ja pura sitten uusi versio samaan paikkaan kuten edellä. Jos haluat säilyttää vanhemman Praat-version, muuta Praat-tiedoston nimeä.

10. Jos tarvitset Praatissa foneettisia merkkejä (IPA-aakkosia), kannattaa Windowsiin asentaa vielä ilmaiset **SIL IPA-kirjasimet**. Linkki ja asennusohjeet löytyvät Praatin Windows-version lataussivulta.

2.2 Praatin asentaminen Unix- tai Linux-koneeseen

1. Mene Praat-ohjelman kotisivulle <http://www.praat.org/>
2. Jos käytät Linuxia, klikkaa vasemmasta ylänurkasta kohtaa "**Linux**", niin pääset lataussivulle josta saat Praatin uusimman Linux-version. Jos taas tarvitset Praatin version Unixiin, selvitä mikä Unix-versio sinulla on käytössä ja klikkaa vastaavaa linkkiä. Praatista on **SGI**-versio (Silicon Graphics IRIX: Indigo, Indy, Onyx, O2 jne.), **SPARC Solaris**-versio, ja **HPUX**-versio (Hewlett Packard Unix).
3. Klikkaa kerran sivun alkupuolella olevaa linkkiä (esim. *praat4109_linux_dynamic.tar.gz*).¹ Koneen pitäisi nyt kysyä, haluatko ladata tiedoston koneellesi. Vastaa OK ja sijoita tiedosto johonkin helppoon paikkaan jonka muistat, esim. kotihakemistojuureen tms.
4. Siirry komentorivillä hakemistoon, johon latsit Praat-tiedoston (komento **cd** *hakemiston_nimi*). Tarkista komennolla **ls** että tiedosto on latautunut. Tiedoston pääte *.tar.gz* osoittaa, että tiedosto on pakattu. Pura paketti komentoilla
gunzip *praat4109_linux_dynamic.tar.gz*
tar -xvf *praat4109_linux_dynamic.tar*
 Muuta tiedoston nimeä sen mukaan, minkä Praat-tiedoston latsit. Paketin purkaminen saattaa kestää hetken.²
5. Kirjoita jälleen **ls**. Hakemistossa pitäisi nyt näkyä tiedosto **praat** — tämä on toimiva Praat-ohjelma. Kokeile, että se varmasti toimii kirjoittamalla
./praat
 Jos kaikki oli hyvin ja Praat käynnistyi, voit siirtää **praat**-tiedoston haluamaasi paikkaan. Usein käytetty hakemisto on esim. kotihakemiston alle tehty **bin**-hakemisto. Jollet näe bin-hakemistoa kirjoittamalla

¹Linux-version kohdalla riippuu hieman käyttämästäsi Linux-jakelusta (distributiosta), pitääkö sinun ladata staattinen (*static*) vai dynaaminen (*dynamic*) Praat-versio. On järkevintä kokeilla molempia — ehkä vain toinen Praat-versio toimii laitteistossasi täydellisesti.

²Kunhan komennon suoritus on valmis, ilmestyy komentoriville tuttu kehote — odota rauhassa!

kotihakemistossasi **ls**, voit luoda sen kotihakemistossa ollessasi komen-
nolla

mkdir bin

Ja Praat-ohjelman saat siirrettyä bin-hakemistoon komentamalla koti-
hakemistossa

mv praat bin/

6. Praat-paketista jäljelle jääneen .tar-päätteisen tiedoston voit poistaa
— sitä ei enää tarvita:

rm praat4109_linux_dynamic.tar

7. Voit koska tahansa hakea verkosta Praatin uusimman version ja vaihtaa
vanhan siihen. Poista ensin vanha Praat-ohjelmatiedosto (komento **rm**,
jos sinulla on tiedostoon kirjoitusoikeus ko. laitteistossa) ja pura sitten
uusi versio samaan paikkaan kuten edellä. Jos haluat säilyttää myös
vanhemman Praat-version, muuta Praat-tiedoston nimeä.

2.3 Laitteistovaatimukset

Voit käyttää Praatia melkein millä tietokoneella tahansa! Praat-ohjelmasta
ylläpidetään versioita (uudempiin) Windows-käyttöjärjestelmiin, Macintos-
hiin (eri versiot MacOS X:lle ja vanhemmille Maceille), parille kaupalliselle
Unixille sekä Linuxille.³

Jos sinulla on PC-kone, voit kuunnella Praatilla ääntä vain jos koneessasi
on toimiva äänikortti.

Huom. Mikäli haluat käyttää Praatia äänittämiseen tai äänen digitointiin,
kannattaa tietokoneen äänikortin ominaisuuksiin kiinnittää erityistä huomio-
ta. Esimerkiksi kannettavien tietokoneiden äänipiirit tai valmiiden tietoko-
nepakettien mukana tulevat äänikortit eivät useinkaan ole tutkimuskäyttöön
sopivan, korkealaatuisen puheäänityksen tekemiseen riittäviä, vaikka ääni-
ttäminen ja esimerkiksi videopuhelut sinänsä toimisivatkin hyvin. Kännykällä
tai tabletilläkin on kyllä helppo äänittää, mutta äänitteiden laatu on opti-
moitu tallennustilan ja esimerkiksi puheen ymmärrettävyyden mukaan, eikä
tallenne luultavasti ole akustisen tutkimuksen kannalta luotettava tai ver-
tailukelpoinen. Kun puhe on kerran saatu tietokoneelle ja äänitiedostoiksi,
koneen äänikortilla tai äänipiirillä ei enää ole tutkimuksen kannalta suurta
merkitystä.

³Myös Praatin lähdekoodi on avoin: voit halutessasi ladata sen verkosta ja kääntää
siitä oman version. Praat on kirjoitettu C-kielellä, jonka osaajat voivat kirjoittaa Praatiin
omia laajennuksia. Kannattaa tarjota aikaansaannoksiaan myös julkiseen Praat-versioon,
jos on valmis antamaan ne ilmaiseksi vapaaseen jakeluun.

Luku 3

Oppaat ja käytön tuki

3.1 Praat-ohjelman virallinen kotisivu

Tarkista, että sinulla on Praat-ohjelman uusin versio koneessasi! Uusimman Praatin voit hakea osoitteesta

<http://www.praat.org/>

Katso Praatin asennusohjeet, 2.

3.2 Tämä opas

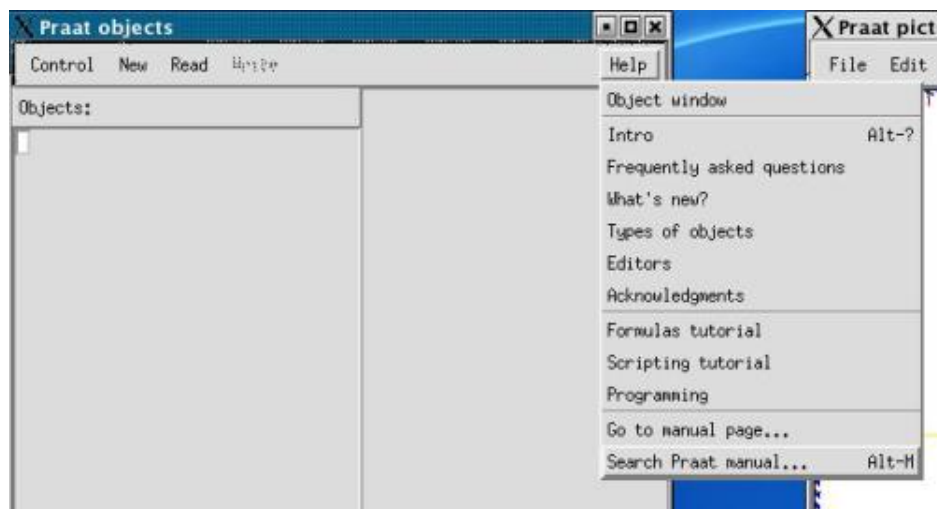
Tämän Praat-oppaan uusin versio löytyy osoitteesta

<http://www.helsinki.fi/puhetieteet/atk/praat/>

3.3 Praatin sisäänrakennettu manuaali (Help)

Praat-ohjelman mukana on erittäin laaja manuaali, jossa on ohjeita eri aiheista ja kuvaukset eri laskenta-algoritmien toiminnasta. Manuaalia tuskin kannattaa tulostaa paperille, koska se on niin valtava ja koska se muuttuu uusien ohjelmaversioiden mukana. On järkevää opetella käyttämään manuaalia suoraan ohjelman sisältä, koska sieltä usein löytyy viimeistään pienen hakemisen jälkeen tarvittava tieto.

Jokaisen Praatissa aukeavan ikkunan jossakin kohdassa on valikko tai painike **Help**, jota käyttämällä pääset lukemaan manuaalia. Valikoissa on yleensä ensimmäisenä juuri kyseistä ikkunaa koskeva Help-sivu. Erityyppisille objekteille on myös objektilistassa oma Help-painike.



Kuva 3.1: Praatin sisäisestä manuaalista voi hakea tiettyjä kohtia hakusanalla esimerkiksi näin.

Objects-ikkunan **Help**-valikosta voit valita kohdan **Search manual...** Sen avulla voit etsiä manuaalisivuista tiettyä hakusanaa. Samaa hakutoimintaa voit käyttää minkä tahansa manuaalisivun yläreunasta, jossa on rivi hakusalle ja painike **Search**, jolla haku aloitetaan. Jos ensi yrityksellä ei löydy mitään, keksi muita vastaavia hakusanoja (joskus sivuja ei ole indeksoitu kovin huolellisesti, joten esim. hakusana "LPC" toimii, mutta "lpc" ei.)

Jos haluaisit opetella kirjoittamaan itse Praat-skriptejä, joilla voit esim. analysoida laajoja aineistoja kerralla, valitse Objects-ikkunan **Help**-valikosta kohta **Scripting tutorial** (lue myös tästä oppaasta 9.)

3.4 Keskusteluryhmä

Praatin käyttäjien keskusteluryhmä verkossa:

<http://uk.groups.yahoo.com/group/praat-users/>

Pari ystävällismielistä ohjetta keskusteluryhmän käyttöön:

- Auta muita, niin hekin auttavat sinua.
- Pois turha ujous: ihmiset auttavat yleensä mielellään, ja vastaus saattaa internetin kautta tulla yllättävän nopeasti!
- Älä kuitenkaan lähetä kysymyksiä keskusteluryhmään, jollet ole ensin edes yrittänyt etsiä tarvitsemaasi tietoa Praatin sisäänrakennetusta

ta manuaalista. Jotkut Praatin käyttäjät nimittäin tilaavat keskusteluryhmän viestit suoraan omaan sähköpostiinsa, ja on sen vuoksi epäkohdeltiasta vaivata kenties satoja ihmisiä kysymyksellä, johon saattaa jo olla olemassa valmis ohje (eli jos kyseessä on FAQ eli Frequently Asked Question).

- Oma-aloitteisuus ja viitseliäisyys yleensä palkitaan - kysy neuvoa vasta kun tiedät joutuneesi umpikujaan. Älä siis lähetä keskusteluryhmään viestiä, jossa suoraan tai epäsuorasti toivot jonkun kirjoittavan sinulle valmiiksi skriptin, joka tekee niin-ja-niin-ja-niin. (Etsi mieluummin itse verkosta jonkun kirjoittama skripti, jota ehkä voisit yrittää muutella omiin tarkoituksiisi. Ensi hätään kannattaa lukaista vähän Praatin sisäisen manuaalin kohtaa **Scripting tutorial...**)
- Muistathan, että Praatia ylläpidetään vapaaehtoisvoimin.

3.5 Muuta apua puheen analyysiin

Kokoelma Praat-skriptejä löytyy osoitteesta

<http://www.helsinki.fi/~lennes/praat-scripts/>

Luku 4

Praatin käyttö

4.1 Praat-ohjelman käynnistäminen

4.1.1 Käynnistäminen Windows- ja Macintosh-koneissa

Etsi Praat-ohjelman kuvake ja kaksoisnäpäytä sitä. Jos et tiedä, onko koneessa Praat ja missä se on, käytä hakutoimintoa (**Find...**), joka löytyy Windowsissa Program Menusta (vasemman alanurkan valikko) ja Maceissa työpöydällä (*Finder*) ollessasi **Edit**-valikosta.

Jos koneessasi ei ole Praatia, katso Praat-ohjelman asentaminen 2.

4.1.2 Käynnistäminen Unix- ja Linux-koneissa

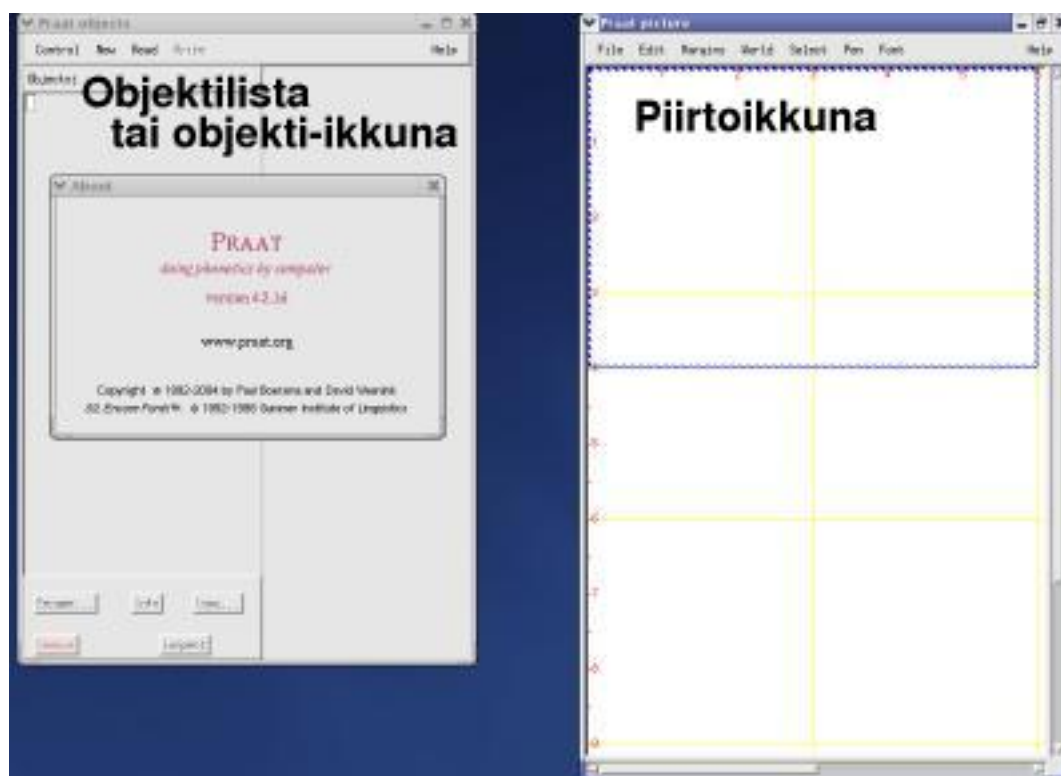
Jos Praat-ohjelma on asennettu paikkaan, joka on määriteltä ns. oletuspolullasi (PATH), voit käynnistää sen kirjoittamalla komentorivillä (konsoli-ikkunassa) yksinkertaisesti **praat**.

Jos yllä mainittu tapa ei toimi ja arvelet, että Praat on kuitenkin asennettu jonnekin päin laitteistoa, kirjoita joko **whereis praat** tai **locate praat**. Jompikumpi komennoista kertoo sinulle Praat-ohjelman tarkan polun tai polut ko. laitteistossa. Kirjoita tulokseksi saamasi hakemistopolku komentorivillä kokonaisuudessaan, niin Praat käynnistyy; esim. **/opt/bin/csl/praat**

Jos koneessasi ei näytä olevan Praatia lainkaan, katso Praat-ohjelman asentaminen 2.

4.2 Praat-ohjelman ulkoasu

Kun avaat Praatin, näkyviin tulee kaksi ikkunaa: vasemmalla puolella näyttöä on ns. **objekttilista** l. **objekti-ikkuna** (*Object window*) ja oikealla **piir-**



Kuva 4.1: Praat-ohjelma käynnistyy.

toikkuna (*Picture window*). Aina kun Praat-ohjelma on käynnissä, objektilistakin on auki¹. Piirtoikkunan voit sen sijaan halutessasi sulkeakin välillä — sitä tarvitset vain piirtäessäsi kuvia siirrettäväksi muihin ohjelmiin, jolloin piirtoikkuna tulee automaattisesti uudelleen esiin.

Praat näyttää suunnilleen samalta riippumatta siitä, missä laitteistossa sitä käytät. Poikkeuksena on, että Macintosheissa objektilistan yläreunassa oleva valikko näkyykin Macin valikkopalkissa aivan näytön yläreunassa eikä itse objekti-ikkunan ylälaudassa. Joitakin hyvin pieniä käyttöjärjestelmäkoh-
taisia eroja on myös valikkojen sisällössä.

4.2.1 Praat-ohjelman päivitykset

Praat-ohjelmaan tulee uusia päivityksiä jopa kerran tai kahdesti kuukaudessa. Yleensä päivityksen myötä saadaan käyttöön uusia toimintoja tai korja-

¹Praatia voi tosin käyttää myös kutsumalla Praat-skriptejä komentoriviltä tai toisen ohjelman koodista, jolloin Praat-ohjelman graafinen ympäristö ei tule lainkaan näkyviin. Praat-skripteistä kerrotaan lisää tämän oppaan loppupuolella (ks. luku 9).

taan edellisten ohjelmaversioiden vikoja. Joskus harvoin valikkokomennot tai niiden sijainti voivat vähän muuttua ohjelmaversiosta toiseen. Kovin laajoja muutoksia Praatin käyttöön ei tehdä, ja pienempiäkin muutoksia toteutetaan yleensä vain useiden käyttäjien hyvin perustellusta toivomuksesta. Tavallisesti on hyvä päivittää oman koneensa ohjelmaversio säännöllisesti uudempaan (ks. asennusohjeet kohdasta 2).

4.2.2 Objektilista

Kaikki Praat-ohjelmassa käsiteltävä aineisto näkyy objekti-ikkunassa (ks. kuva 4.2).

4.2.2.1 Objektien valitseminen

Objekti valitaan (*select*) näpäyttämällä sitä kerran hiirellä, jolloin aktivoitu l. valittu objekti tummenee (ks. kuva 4.2).

Useampia, listalla peräkkäisiä objekteja voit valita näpäyttämällä ensin yhtä objektia hiirellä ja pitämällä sitten *vaihtonäppäimen* (*Shift*) pohjassa, kun näpäytät toista objektia.

Jos haluat valita useampia objekteja niin, että peräkkäisten objektien välille jää ei-aktiivisia objekteja, pidä *Control*-näppäin pohjassa ja napsauttele samalla yksittäisiä objekteja. Toistuva näpäyttely *Control*-näppäimen kanssa kytkee objektin vuorotellen aktiiviseksi ja ei-aktiiviseksi.

4.2.2.2 Objektien hallintapainikkeet

Objektilistan alareunassa on lisäksi muutama painike. **Copy...** -painikkeella voit tehdä kopion listalta valitusta objektista (komento kysyy nimen uudelle objektille). **Info**-painike näyttää joitakin tietoja aktiivisesta objektista.

Alimpana ja punaisella näkyy **Remove**-painike, joka *poistaa kaikki sillä hetkellä valittuna olevat objektit mitään kyselemättä*. Ole siis varovainen tämän painikkeen kanssa, sillä jos et ole tallentanut poistettavia objekteja, ne häviävät iäksi!

4.2.2.3 Kiinteä valikko (fixed menu)

Objektilistaan liittyvä kiinteä valikko näkyy objektilistan yläreunassa (tai Macissa näytön yläreunan valikkopalkissa).



Kuva 4.2: Objektilistassa olevia objekteja voi valita eli aktivoida hiirellä. Objektin kohdalla lukee ensin objektin tyyppi (esim. Sound tai Pitch) ja sen jälkeen objektin nimi, jota käyttäjä voi muuttaa. Objekti-ikkunan oikeassa reunassa olevan dynaamisen valikon sisältö muuttuu sen mukaan, minkä tyyppinen objekti on valittuna.

4.2.2.4 Dynaaminen valikko (dynamic menu)

Dynaamisen valikon sisältö muuttuu sen mukaan, minkä tyyppinen objekti on valittuna (aktiivisena, tummennettuna) objektilistassa. Jos listassa ei ole yhtään objektia tai mikään objekteista ei ole valittuna, dynaamisen valikon alue on kokonaan tyhjä.

4.2.3 Piirtoikkuna

Piirtoikkunaa tarvitaan silloin, kun halutaan piirtää Praatilla kuvia siirrettäväksi muihin ohjelmiin. Piirtoikkunaan tehty kuva voidaan tallentaa esimerkiksi korkealaatuisena EPS-grafiikkatiedostona tai se voidaan siirtää piirtoikkunasta leikepöydälle ja ”liimata” sellaisenaan vaikkapa tekstinkäsittelydokumenttiin. Praatilla voidaan piirtää kuvia erilaisista akustisista analyyseista tai numeerisesta datasta.

Kuvan piirtäminen tapahtuu periaatteessa aina jonkin objektilistaan (ks. 4.2.2) luodun objektin pohjalta: valitse objektilistasta objekti, josta kuva piirretään, ja valitse dynaamisesta valikosta (4.2.2.4) haluamasi Draw- tai Paint-komento. Valitusta objektista riippuen tarjolla voi olla useita erilaisia Draw-komentoja. Komennon tuottama kuva piirtyy ja skaalautuu piirtoikkunasta valittuna olevan piirtoalueen (*Viewport*) mukaisesti. Piirtoikkunan sisällä kuvan koostamista voidaan jatkaa lisäämällä esim. tekstiä piirtoalueen eri kohtiin. Lisää kuvin piirtämisestä kerrotaan luvussa 8.

4.3 Tiedostojen hallinta

4.3.1 Tiedostojen avaaminen Praatissa

Kaikki Praat-ohjelman tunnistamat tiedostomuodot avataan periaatteessa samalla tavalla: valitsemalla objekti-ikkunan **Open**-valikosta **Read from file...**² Praatissa ei ole väliä sillä, mikä on avattavan tiedoston nimen päätte, sillä ohjelma tunnistaa automaattisesti objektin tyyppin tiedostoa lukiessaan. (Ks. kuitenkin tiedostojen nimeämiskäytänteitä kohdasta 4.3.2.1.)

Poikkeuksena normaalista tiedostojen avaamiskäytännöstä ovat hyvin pitkät äänitiedostot, jotka eivät ehkä mahdu tietokoneen muistiin kerralla:

²Vanhoissa Praat-versioissa valikon nimi oli **Openin** sijasta **Read**. Valikon nimi vaihdettiin käyttäjien pyynnöstä.

4.3.1.1 Erittäin pitkät äänitiedostot (LongSound)

Erittäin pitkien äänitiedostojen avaamiseen on olemassa erikseen varakomento **Open long sound file...** Sitä käytettäessä äänitiedosto aukeaa objektilistataan **LongSound**-tyyppisenä. LongSound-objektina voidaan Praatissa käyttää jopa 3 GB:n kokoisia äänitiedostoja.

LongSound-objekteja voidaan selailla ja kuunnella LongSound-editorilla samaan tapaan kuin Sound-objektejakin (vrt. äänieditori, 5). LongSound-objektin sisältämää äänisignaalia ei kuitenkaan lueta tietokoneen käyttömuistiin kokonaisuudessaan, vaan muistissa pidetään ainoastaan editorin näytöllä oleva osa. Tämän vuoksi LongSound-objektia ei voida analysoida kokonaisuutena, eikä sille muutenkaan voida suorittaa aivan samoja toimenpiteitä kuin Sound-objektille. LongSound-objektista voidaan kuitenkin **Extract part...**-komennolla eristää pienempiä osia, joita voidaan käsitellä tavallisina Sound-objekteina.

4.3.2 Tiedostojen tallentaminen Praatissa

Mikä tahansa Praat-ohjelmassa käsiteltävänä oleva objekti voidaan tallentaa valitsemalla ensin kyseinen objekti objektilistalta ja valitsemalla sen jälkeen sopiva tallennusvaihtoehto objekti-ikkunan **Write**-valikosta.

Kaikki Praat-ohjelmassa käsitellyt objektityypit voidaan tallentaa **Save**-valikon³ kautta joko tekstitiedostoina (*text file*), lyhyinä tekstitiedostoina (*short text file*) tai binääritiedostoina (*binary file*). Monia analyysiobjekteja (esim. Pitch-objektit) voidaan tallentaa pelkästään näihin kolmeen tiedostomuotoon. Sen sijaan esimerkiksi ääniobjektit (Sound) voidaan lisäksi tallentaa useisiin äänitiedostoformaatteihin (AIFF, WAV jne., ks. 1.4) ja jotkut taulukon kaltaiset objektit (esim. TableOfReal) voidaan tallentaa raakatekstitiedostoon, jossa kunkin taulukon rivin sarakkeet on erotettu toisistaan sarkainmerkeillä. Viimeksimainittu muoto on kätevä, jos Praatilla käsiteltäviä taulukoita halutaan siirtää esimerkiksi Exceliin tai muihin taulukko- ja tilastolaskentaohjelmiin.

4.3.2.1 Tiedostojen nimeämiskäytänteitä

Vaikka Praat-ohjelmaa käyttäessä tiedostojen nimillä ei periaatteessa ole väliä, on hyvä noudattaa tiettyä käytäntöä, jotteivät erityyppiset tiedostot menisi sekaisin. Praatissahan voi luoda esimerkiksi ääniobjektista monta analyysiobjektia, jotka ovat oletusarvoisesti samannimisiä kuin ääniobjekti, josta ne

³Vanhoissa Praat-versioissa valikon nimi oli **Saven** sijasta **Write**. Valikon nimi vaihdettiin käyttäjien pyynnöstä.

tehtiin. Identtinen tiedostonimen alkuosa on hyödyllinen, jos pitää jälkeensä tunnistaa, mikä analyysitiedosto vastaa mitäkin äänitiedostoa. Tätä voi hyödyntää etenkin skriptauksessa (9).

Tiedostonimille on tapana antaa pisteellä erotettu pääte tiedoston tyyppin mukaan. Esimerkiksi äänitiedostojen nimi päättyy .wav, .aif sen mukaan, missä ääniformaatissa ne tallennettiin. Äänitiedostosta *kukka.aif* tehty Pitch-objekti kannattaisi siis tallentaa nimellä *kukka.Pitch* ja formanttianalyysi nimellä *kukka.Formant*. Praat-skriptitiedostotkin ovat periaatteessa tavallisia tekstitiedostoja, mutta ne kannattaisi tallentaa vastaavilla tunnuksilla, esimerkiksi *omaSkripti.praat*, jolloin jo tiedoston nimestä näkee, ettei kyseessä ole mikä tahansa teksti.

Luku 5

Äänieditori (Sound editor)

Äänieditori on Praatin ikkuna, jossa voidaan selailla tiettyä ääniobjektia, kuunnella siitä eripituisia pätkiä ja katsella samalla äänen aaltomuotoa sekä äänestä laskettuja erilaisia akustisia analyyseja.

5.1 Äänen kuuntelu

Objekttilistalta valitun ääniobjektin voi kuunnella

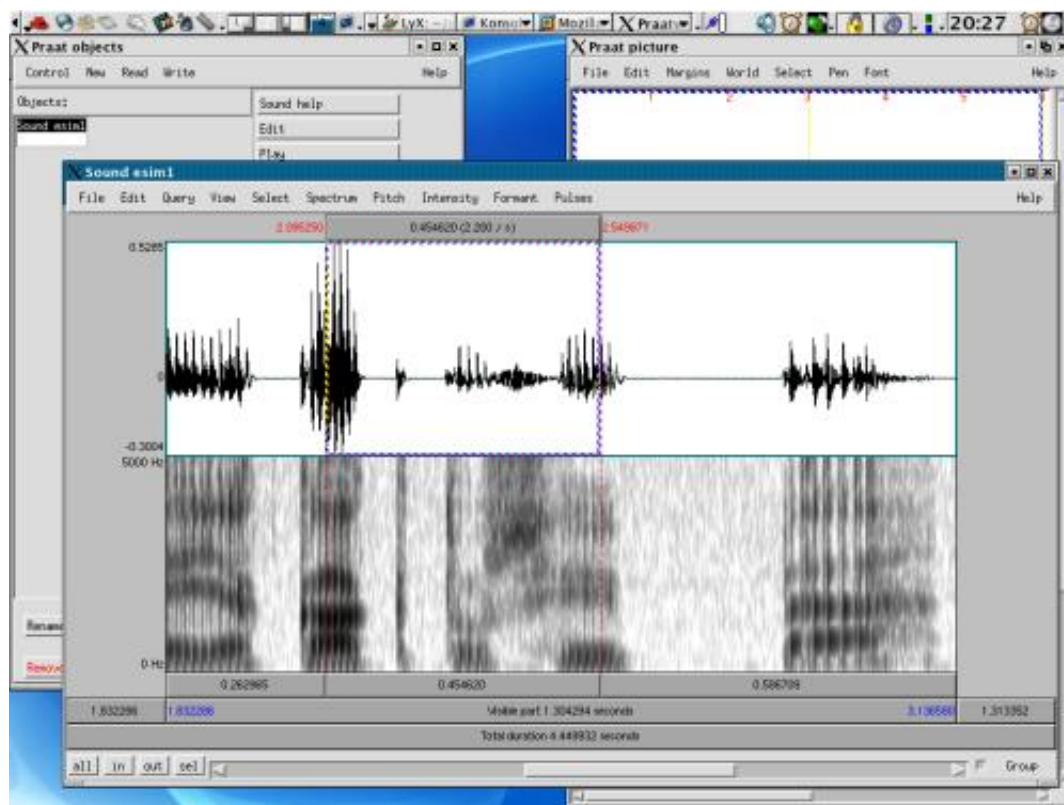
- kokonaisuudessaan painamalla sen viereisestä dynaamisesta valikosta painiketta **Play**. Jos ääniobjekti on huikean pitkä ja haluatkin keskeyttää kuuntelun, paina Esc-näppäintä.
- pienemmissä pätkissä avaamalla äänieditori-ikkunan:

5.2 Äänieditorin käyttö

Äänieditorin käyttämiseksi äänitiedosto on ensin avattava Praatin objektillistaan (**Open: Read from file...**). Kun haluttu ääniobjekti on objektillistalla aktiivisena, paina objektillistan oikeassa laidassa näkyvästä dynaamisesta valikosta painiketta **Edit**, jolloin äänieditori avautuu. Editori-ikkunoita voi olla samanaikaisesti avoinna useita myös samasta ääniobjektista.

Äänieditorin yläosassa näkyy äänen aaltomuoto mustana käyränä¹.

¹ Aaltomuodon päällä voi myös näkyä sinisiä pystyviivoja (Pulses), jotka liittyvät perustaja-analyysiin. Pulssit voi kytkeä pois päältäkin, sillä yleensä niitä ei tarvita, ja ne vain sekoittavat aaltomuotokuvaajaa. Pulssien näkymistä voi vaihtaa valitsemalla äänieditori-ikkunan **Pulses**-valikosta **Show pulses**.



Kuva 5.1: Tältä näyttää Praat-ohjelman äänieditori-ikkuna (Sound Editor), jossa voi kuunnella äänen eri kohtia ja tehdä siitä pieniä mittauksiakin.

aaltomuoto (waveform) Äänen aaltomuodolla tarkoitetaan äänisignaalia piirrettyä kuvaa, jossa alkuperäisestä äänestä mikrofonilla mitatut ilmanpaineen vaihtelut näkyvät aaltomaisena käyränä. Koska mikrofoni on oikeastaan muuntanut ilmanpaineen sähköksi eli jännitemuutokseksi ja tämä prosessi riippuu myös mikrofonin ominaisuuksista, alkuperäistä ilmanpainetta ei kuitenkaan voida kuvasta nähdä. Aaltomuotokuvassa aika etenee vasemmalta oikealle. Pystyakseli kuvaa tietyn väliajoin mikrofonin keräämästä sähköisestä signaalista rekisteröityjä arvoja.

5.2.1 Äänen pätkien kuuntelu

Äänieditorin alalaidassa näkyy 2–3 tummanharmaata **soittopalkkia**. Palkkien avulla voidaan kuunnella äänestä eri pätkiä. Kun napsautat hiirellä alinta palkkia, kuulet koko ääniobjektin yhtä soittoa. Toiseksi alimmaisesta pal-

kista voit soittaa äänestä tällä hetkellä näkyvissä olevan alueen. Jos maalaat hiirellä lyhyemmän, laatikkomaisen alueen keskeltä aaltomuoto- tai analyysikuvia, voit käyttää kolmatta, ylimmäistä soittopalkkia, joka ”katkeaa” valitun alueen rajoilta. Näin voit soittaa kerralla haluamasi pätkän, tai pätkän sitä ennen, tai pätkän heti sen jälkeen.

Kunkin soittopalkin keskellä lukee kyseisen palkin kuvaaman ajanjakson kesto sekunteina: alimmassa palkissa koko ääniobjektin kesto (*Total duration*), keskimmaisessä palkissa näkyvissä olevan alueen kesto (*Visible part*), ja ylimmässä lyhyempien pätkien kestot hiirellä valitsemasi alueen mukaisesti.

5.3 Äänen muokkaaminen (leikkaa-liimaa-toiminnot)

Tätä osiota ei ole vielä kirjoitettu.

5.4 Analyysikuvaajat äänieditorissa

Jos äänestä on valittu näkyviin analyyseja, kuten spektrogrammi (Spectrogram; näkyy harmaasävyinä), F0-käyrä (Pitch; sinisellä), intensiteettikäyrä (Intensity; keltaisella) tai formanttianalyysi (Formant; punaiset pisteet), nämä näkyvät äänieditorin alaosassa päällekkäin. Analyysikuvaajat voidaan kytkeä päälle tai pois valitsemalla äänieditori-ikkunan valikoista **Spectrum: Show spectrogram**, **Pitch: Show pitch**, **Intensity: Show intensity** tai **Formant: Show formants**.

Esimerkiksi formanttianalyysin pitäminen näkyvissä hidastaa äänieditorin käyttöä, sillä aina ikkunan näkymän muuttuessa kone laskee analyysit uudelleen. Analyysit kannattaa siis kytkeä pois päältä kun niitä ei välttämättä tarvita.

5.4.1 Mittausten tekeminen äänieditorissa

Äänieditorissa näkyvistä analyysikuvista voi tehdä yksittäisiä numeerisia mittauksia hiiren avulla. Laajempi aineisto kannattaa ensin nimikoida (ks. 6), jotta mitattavat kohdat löytyvät helposti ja mittaukset ovat tarvittaessa toistettavissa. Nimikoidusta aineistosta on myös mahdollista tehdä mittauksia täysin automaattisesti skriptien (9) avulla.

5.4.1.1 Kestot

Voit tehdä äänieditorissa suurpiirteisiä kestomittauksia valitsemalla äänestä mitattavan pätkän, esimerkiksi tietyn äänteen tai sanan, ja katsomalla valitun alueen keston ylimmästä soittopalkista. Keston saa myös näkyviin valitsemalla **Query:Get selection length**, jolloin tarkka arvo ilmestyy ns. Info-ikkunaan ja sen voi vaikkapa kopioida hiirellä toiseen ohjelmaan. Sama mittausmenetelmä toimii myös TextGrid-editorissa. Alueiden valinta yksi kerrallaan käsin on työläs tapa mitata kestoja, ja laajemman aineiston mittauksia varten aineisto kannattaakin nimikoida etukäteen (ks. 6) ja käyttää mahdollisesti skriptiä nimikoitujen pätkien kestomittauksiin.

5.4.1.2 Spektrogrammi, perustaaajuus, intensiteetti ja formantit

Kun valitset äänieditoriin näkyviin erilaisia analyysikuvia, voit tehdä niistä mittauksia hiiren avulla. Klikkaa haluamaasi kohtaan analyysikuvassa. Näkyviin tulee punainen ristikko eli kursori. Pystyviivan kohdalla oleva mitattava aikapiste näkyy pystyviivan yläpäässä.

Jos haluat tämän aikapisteen kohdalta tietoa spektrogrammista (7.1), näet editorin vasemmassa laidassa punaisen numeron, joka ilmoittaa spektrogrammissa näkyvän taajuuden kursorin *vaakaviivan* kohdalla. Spektrogrammin pystyakseli vastaa taajuutta. Samassa kohtaa näkyy myös formanttitaajuus, jos kursorin ristikko on tarkalleen jonkin punaisen formanttipisteen päällä. Mikäli näkyvissä on sininen *Pitch*- eli perustaaajuuskäyrä, näkyy punaisen pystykursorin kohdalta mitattu perustaaajuus sinisellä oikeassa laidassa (huom. älä sekoita tätä spektrogrammimittaukseen, joka näkyy vasemmalla!). Intensiteetti näkyy myös oikeassa laidassa, mutta analyysikuvan sisäreunassa ja vihreillä numeroilla. Kaikki nämä lukuarvot saat tarvittaessa poimituksi tarkasti Info-ikkunaan valitsemalla ko. analyysin valikosta vastaavan **Get**-komennon. Esimerkiksi perustaaajuuskäyrän arvon saat **Pitch**-valikon komennolla **Get pitch**.

Lisää akustisista analyyseista kerrotaan luvussa 7.

Luku 6

Nimikointi

Nimikoinnilla (engl. *labeling*) eli *annotoinnilla* (*annotation, to annotate*) tarkoitetaan sitä, että (digitaalisesti) tallennettuun puhenäytteeseen liitetään systemaattisesti *annotaatioita* (*annotation*) eli jonkinlaisia (symbolisia) kuvauksia näytteen sisällöstä. Nimikointi tehdään yleensä jollakin tähän tarkoitukseen kehitetyllä tietokoneohjelmalla, joista Praat on yksi vaihtoehto. Ääninäytteen on oltava digitaalisessa muodossa ts. äänitiedostona esim. tietokoneen kovalevyllä tai jonkintyyppisillä levykkeillä. Ääninäytettä kuunnellaan ja siitä piirrettyjä kuvia katsellaan analyysiohjelmalla. Kuuntelun ja katselun perusteella kirjoitetaan ääninäytteen ”pariksi” *nimikointitiedosto*, joka sisältää ääninäytteen kuvaukset. Nimikoinnin tarkoituksena on muodostaa ”maamerkkejä”, joiden perusteella alkuperäisestä puhesignaalista voidaan löytää halutut osat ja kohdistaa niihin vaikkapa akustisia analyyseja tai muita toimenpiteitä. Nimikointi on välttämätöntä, jos halutaan hallita ja hyödyntää suurta määrää puheaineistoa.

Nimikoinnissa annotaatiot on sidottava ääninäytteen aikaulottuvuuteen. Tätä varten ääninäyte yleensä *segmentoidaan*: siitä rajataan halutulla tarkkuudella *segmenttejä* (äänipätkiä, joilla on määrätty alku- ja loppupiste sekä ajallinen kesto; engl. *segment*). Segmenteille voidaan sitten antaa nimiä eli *nimikoida* ne. Myös ääninäytteen tietyille yksittäisille ajanhetkille (aikapisteille) voidaan antaa nimiä (näin syntyy ns. *ankkureita*, engl. *point*). Pelkkä ääninäytteen litterointi esimerkiksi tekstitiedostoon ei siis ole nimikoimista, koska siinä litteraation eri osia ei kytketä ääninäytteen vastaviin ajallisiin kohtiin.¹

¹Kannattaa huomata, että litteraatio tai mikä tahansa muu transkriptio on aina *tulkinta* alkuperäisestä aineistosta. Siksi *pellän* litteraation avulla ei pitäisi koskaan tutkia *puhetta* — vaarana on, että tulee pikemminkin tutkineeksi litteroijan näkemystä, joka on vieläpä kuvattu *kirjoitetulla* kielellä! Käyttämällä nimikointia aineiston kuvausmenetelmänä varmistetaan mahdollisimman suora yhteys alkuperäiseen puhetallenteeseen, jolloin

Annotaatiotyylejä on erilaisia ja tutkija voi kehittää oman annotaatiotavan sen mukaan, minkälaisista puheen ilmiöistä on kiinnostunut. Annotaatio voi olla esimerkiksi ortografinen ts. oikeinkirjoitusta noudattava litteraatio (engl. yl. *transliteration*, *transcript*), morfologisten yksiköiden kuvaus, prosodisten piirteiden kuvaus tai vaikkapa foneettinen *transkriptio* (engl. *transcription*) puheesta. Ensin mainitussa tapauksessa segmenttirajat voivat olla vaikkapa yksittäisten sanojen tai lauseiden välillä, kun taas foneettista tutkimusta varten rajataan usein yksittäisiä äänteitä.

Jos erilaisia puheen yksiköitä halutaan käyttää hyödyksi yhdessä, voidaan luoda useita annotaatio- tai nimikointikerroksia tai -tasoja: yhdelle merkitään äänteiden rajat, toiselle sanojen rajat, kolmannelle lauserajat jne.

Automaattisia segmentointi- ja nimikointimenetelmiä yritetään jatkuvasti kehittää eri puolilla maailmaa. Toistaiseksi tarkimman nimikoinnin saa kuitenkin aikaan ihminen, sillä puheen nimikointi vaatii monenlaisten kielellisten tulkintojen tekemistä. Samasta syystä voidaan valitettavasti todeta myös, että sekä puheen litterointi, transkriptio että nimikointi ovat aina josakin määrin subjektiivisia tuotoksia: niiden tarkkuus ja johdonmukaisuus riippuvat nimikoijan intresseistä, tiedoista, taidoista ja teoreettisesta näkemyksestä.

6.1 Miksi puhetta nimikoidaan eli annotoidaan?

- Nimikointityökalua käyttämällä puhenäytteestä on helppo nopeasti ja tarkasti etsiä, rajata ja kuunnella eri pituisia osia. Tämä helpottaa, nopeuttaa ja tarkentaa merkittävästi litterointia ja transkriptiota. Esimerkiksi intonaatiotranskription tekeminen helpottuu, kun kuulohavaintoa voidaan heti verrata äänisignaalista laskettuun perustaaajuuskäyrään.
- Nimikoidusta äänitiedostosta voidaan mitata tarkasti puheen eri yksiköiden kestoja. Mittauksia voidaan suorittaa jopa täysin automaattisesti (edellyttäen että puhe on nimikoitu mittausten kannalta järjeviin yksiköihin). Akustiset analyysit voidaan kohdistaa vain tarvittaviin osiin näytettä.
- Nimikoinnin perusteella tehdyt mittaukset voidaan milloin tahansa toistaa täysin identtisinä. Tutkimustuloksiin on siten helppo myöhemmin

tutkijalla ja tutkimuksen arvioijalla on mahdollisuus tarkistaa ja korjailla puheesta luotuja kuvauksia.

palata.

- Alkuperäistä digitoitua ääninäytettä (esim. keskusteluäänite) ei tarvitse välttämättä pilkkoa pienempiin osiin jokaista tutkimusta tai demoa varten, vaan se voidaan säilyttää kokonaisena esimerkiksi CD-ROMilla, eikä tällöin menetetä informaatiota esimerkiksi taukojen kestoista.
- Digitaalinen ääninäyte säilyy tarvittaessa täysin muuttumattomana pitkiäkin aikoja ja siitä voidaan tehdä identtisiä kopioita.
- Digitaalisia ääni- ja nimikointitiedostoja on helppo jakaa muidenkin tutkijoiden kanssa. Muut tutkijat voivat nopeasti tutustua nimikoituun puhenäytteeseen ja käyttää sitä. Nimikointiin voidaan tehdä muutoksia ja lisäyksiä oman tarpeen mukaan.
- Nimikoitu äänitiedosto voidaan lopulta liittää osaksi kaikkien tutkijoiden käyttämää puhetietokantaa, eikä tutkijoiden tarvitse aina itse kerätä ja nimikoida uusia aineistoja.

6.2 Praat-ohjelmalle tyypillisiä nimikointiominaisuuksia

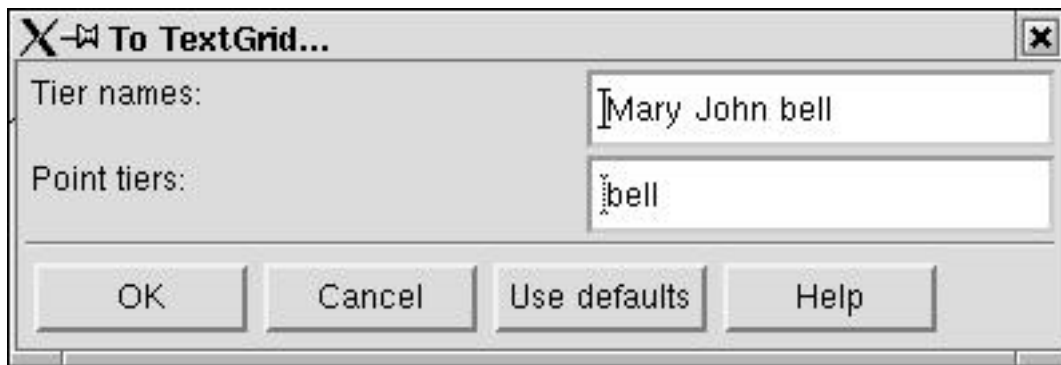
- mahdollisuus tehdä useita nimikointikerroksia (*tiers*), ts. voidaan kuvata samanaikaisia mutta eri tyyppisiä tapahtumia useilla eri tasoilla
- mahdollisuus lisätä segmenttien (*intervals*) lisäksi myös nimettyjä aikapisteitä (**PointTier**-tyyppisille riveille)
- nimikointitiedostojen (TextGrid) ja äänitiedostojen erillisuus, ts. äänitiedostoa ei nimikoitaessa muuteta - vain nimikointitiedosto muuttuu
- mahdollisuus nimikoida erittäin pitkiä äänitiedostoja yhtenäisinä (LongSound-objekteina voidaan avata jopa useiden tuntien kestoisia ääninäytteitä esim. CD-ROMilta)
- nimikointitiedostojen siirrettävyys laitteistosta ja ympäristöstä toiseen (TextGridit voidaan tallentaa tavallisina tekstitiedostoina)
- mahdollisuus skriptien avulla kohdistaa akustinen yms. analyysi haluttuihin kohtiin nimikoituja ääninäytteitä.

6.3 Miten Praat-ohjelmalla nimikoidaan puhetta?

Ennen kuin aloitat äänitiedoston nimikoinnin, varmista, että ääni on juuri sen mittainen ja editoitu sellaiseksi kuin haluat. Nimikointia varten luodaan nimittäin *TextGrid*-objekti, jonka on oltava **samankestoinen kuin sitä vastaava äänitiedosto**. Jos äänitiedoston kesto myöhemmin muuttuu (esim. päätät poistaa sen alusta ”turhaa tyhjää”) ja olet jo aloittanut nimikoinnin, joudut vaikeuksiin, koska TextGridiin merkitsemäsi segmenttirajat eivät enää vastaakaan alkuperäisiä aikapisteitä äänisignaalin. Onkin sitten hankalampi juttu siirtää segmenttirajat taas oikeisiin paikkoihin...

6.3.1 Nimikointiobjektin luominen Praatissa

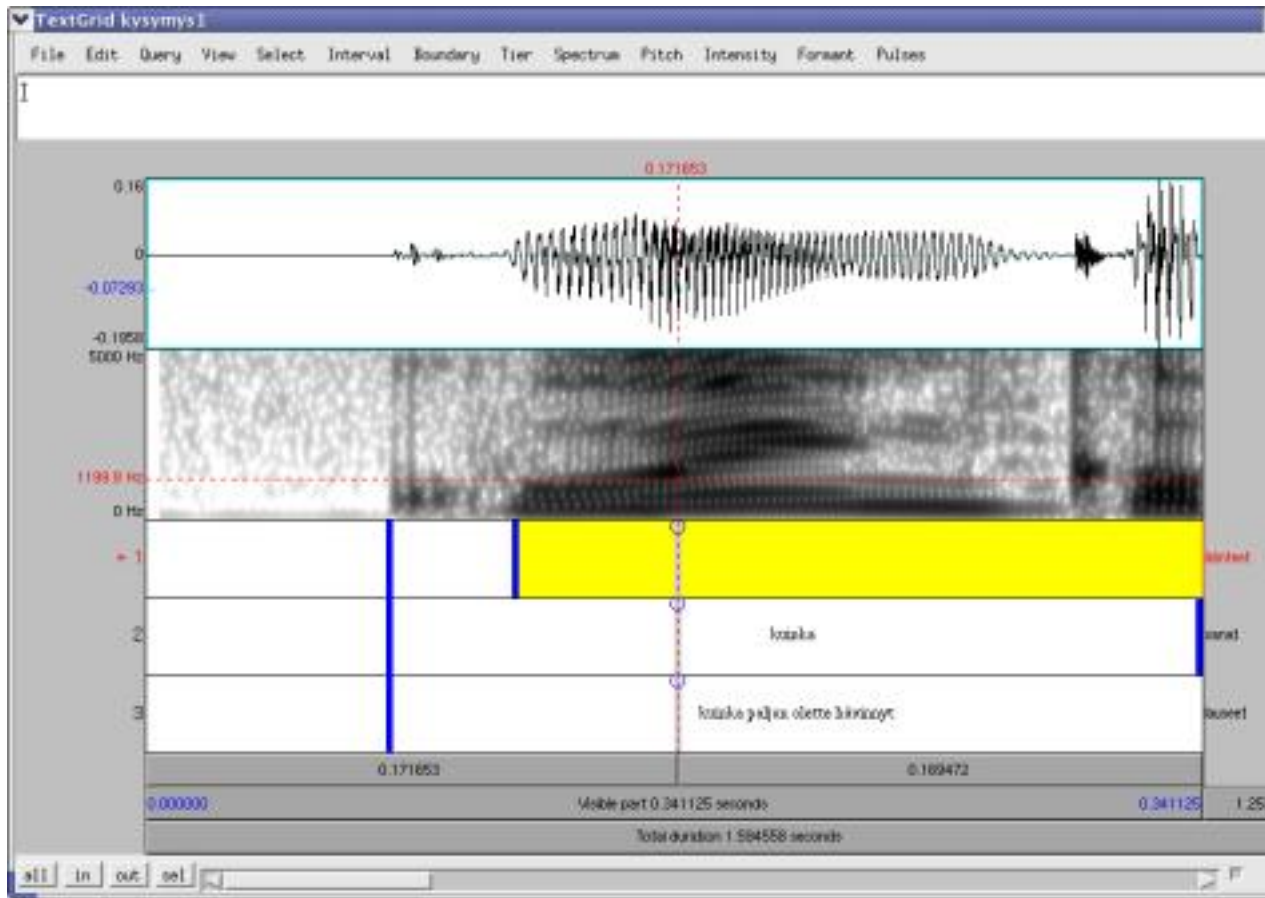
1. Avaa objektilistaan haluamasi äänitiedosto joko Sound-objektina tai LongSound-objektina 4.3.1. Käytä LongSound-objektityyppiä (komento **Open: Open long sound file...**) siinä tapauksessa, että äänitiedosto on erityisen suuri, eikä mahdu kerralla tietokoneesi käyttömuistiin. Varmista, että ääniobjekti on valittuna.
2. Paina objektilistan oikeassa laidassa näkyvää painiketta **Annotate: To TextGrid...** Näkyviin tulee lomake (ks. kuva 6.1). Kirjoita ylemmälle riville (*Tier names*) välilyönneillä erotettuna nimet niille nimikointikerroksille, joiden haluat olevan TextGrid-objektissa. Jos kirjoitat vaikkapa ”*äänteet sanat lauseet*”, saat kolme nimikointikerrosta. Voit muuttaa, lisätä ja poistaa nimiä, kerroksien määrää ja kerrostyyppejä myöhemminkin (ks. 6.3.3).
3. Oletuksena kaikki ylärivillä mainitut nimikointikerrokset luodaan IntervalTier-tyyppisinä. IntervalTier-kerrokseen voi nimikoida vain segmenttejä, eli aikavälejä joilla on alku- ja loppuraja. Jos kuitenkin haluat, että jotkut nimikointikerroksista ovat tyyppiä PointTier, kirjoita näiden nimet myös alemmalle riville (Point tiers). PointTier-rivien nimien tulee siis esiintyä molemmissa kohdissa. PointTier-kerrokseen voi merkitä yksittäisiä aikapisteitä, joille voi antaa nimiä. Joskus tällaisistakin merkki-paaluista voi olla iloa.
4. Paina OK. Objektilistaan ilmestyy uusi TextGrid-objekti, joka näkyy valittuna. Nyt voit aloittaa varsinaisen nimikoinnin.



Kuva 6.1: Tällä lomakkeella voidaan määrittää uuden TextGrid-objektin nimikointikerrosten nimet ja tyypit. Ylemmälle riville kirjoitetaan kaikkien kerrosten nimet. Jos haluat jonkin kerroksen olevan tyyppiä PointTier (eikä IntervalTier), mainitse kerroksen nimi myös lomakkeen alemmalla rivillä. Kerroksia ja niiden nimiä voi myös muokata jälkeinpäin.

6.3.2 Nimikointi

1. Valitse objektilistasta samanaikaisesti ääniobjekti (Sound tai Long-Sound) ja sitä vastaava TextGrid-objekti, jonka juuri loit. (Voit valita kaksi objektia yhtä aikaa pitämällä Shift- eli vaihtonäppäintä tai Control-näppäintä pohjassa, kun naksautat toista objektia.)
2. Paina oikealla näkyvää painiketta **Edit**. Uusi *TextGrid-editori*-ikkuna avautuu. Ikkunan yläosaa hallitsee äänisignaalin kuvaus: Ylimpänä näkyy äänen aaltomuoto eli oskillogrammi, ja sen alapuolella saattaa olla toinen ikkuna, jossa on äänestä laskettuja analyysikuvia (esim. spektrogrammi, ks. 7.1). Äänisignaalikuvien yläpuolella on kapea valkoinen osa, *kirjoitustila*. Ikkunan alareunassa näkyy valkoisia palkkeja: ne ovat nimikointirivejä eli *nimikointikerroksia* (*tier*). Aktiivisena oleva nimikointirivi näkyy keltaisena.
3. TextGrid-editorissa voit kuunnella ääntä ja sen pätkiä samalla tavalla kuin Sound- ja LongSound-editoreissa (ks. luku 5). Editori-ikkunan alalaidassa (valkoisten nimikointikerrosten tai -rivien alla) näkyy kaksi tai kolme vaakasuoraa palkkia. Kun painat alinta palkkia, kuulet koko ääniobjektin sisällön yhtä soittoa. Toiseksi alin palkki soittaa koko tällä hetkellä näkyvissä olevan osan äänestä - voit käyttää tätä toimintoa, kun zoomaat äänikuvaa sisään- tai ulospäin tai vierittelet kuvaa oikealle tai vasemmalle. Kolmesta soittopalkista ylimmäinen tulee näkyviin, kun naksautat hiirellä johonkin kohtaan ääniaaltoa tai analyysikuvaa



Kuva 6.2: Kun haluat lisätä johonkin annotaatiokerrokseen uuden rajan, klikkaa ensin hiirellä oikeaa kohtaa aaltomuodosta tai analyysikuvasta, ja klikkaa sitten pientä ympyrää haluamasi nimikointikerroksen yläreunassa.

tai kun valitset äänestä alueen vetämällä hiirellä sen yli. Ylimmällä soit-topalkilla voit kuunnella äänestä minkä tahansa lyhyenkin pätkän, kun muutat välillä kursorin paikkaa tai valitun alueen sijaintia. Kokeile!

4. Kun olet kuuntelemalla ja/tai katselemalla löytänyt kohdan (esim. lauseen alku), johon haluat tehdä segmenttirajan, naksauta ensin hiirellä kyseiseen kohtaan ääniaaltoa tai analyysikuvaa ikkunan yläosassa. Alaosan valkoisiin nimikointikerroksiin (*tiers*) ilmestyy pystyviiva, jossa on pieni ympyrä jokaisen nimikointikerroksen yläreunassa. Naksauta hiirellä tarkasti ympyrään sen nimikointikerroksen kohdalle, johon haluat lisätä segmenttirajan. Uusi raja tulee näkyviin paksuna pystyviivana.

- Valittuna oleva segmenttiraja näkyy punaisena ja muut rajat si-

nisinä. Tietyn rajan voi valita naksauttamalla hiirellä sen päällä.

- Segmenttirajaa voi siirtää oikealle tai vasemmalle tarttumalla siihen hiirellä (mutta ei viereisten segmenttirajojen yli). Kahta tai useampaa eri nimikointikerroksissa mutta täsmälleen samassa aikapisteessä olevaa segmenttirajaa voit siirtää yhtä aikaa pitämällä Shift- eli vaihtonäppäintä pohjassa ja vetämällä yhtä rajoista.
 - Valitun (punaisen) segmenttirajan voi poistaa valitsemalla editori-ikkunan **Point/Boundary**-valikosta **Remove**.
 - Jos haluat, että segmenttirajat ovat varmasti täsmälleen samassa aikapisteessä useammassa nimikointikerroksessa, tartu yhteen rajaan ja vedä se hiirellä toisessa kerroksessa olevan rajan päälle. Tällöin rajat menevät automaattisesti samaan aikapisteeseen. (Tätä mahdollisuutta kannattaa käyttää hyväksi, sillä silmämääräisesti rajoja on vaikea saada täsmälleen samaan kohtaan!)
 - Valittuna olevan nimikointikerroksen nimi näkyy punaisella tekstillä TextGrid-editorin oikeassa reunassa ja kerroksen numero myös punaisella vasemmassa reunassa.
5. Kun lause, äänne tms. yksikkö on rajattu ja haluat antaa segmentille nimen, naksauta hiirellä haluamallasi nimikointikerrokseen niiden rajojen väliin, johon haluat kirjoittaa. Kirjoita sitten segmentin nimi tavalliseen tapaan näppäimistöllä. Teksti tulee samanaikaisesti näkyviin nimikointikerrokseen segmentin kohdalle ja ikkunan yläreunassa olevaan valkeaan *kirjoitustilaan*. (Huom. Joissakin tapauksissa joudut ensin naksauttamaan ikkunan yläreunan kirjoitustilaa, ennen kuin pääset kirjoittamaan tekstiä segmenttiin.) Jo kirjoitettua tekstiä voit muokata normaalisti naksauttamalla ensin ko. segmenttiä nimikointikerroksessa ja sitten haluttua tekstikohtaa ikkunan yläosan kirjoitusrivillä.

6.3.2.1 Vihjeitä

- Huomaa, että puheessa sanojen ja äänteiden välissä ei normaalitapauksessa ole taukoja, joten seuraava äänne tai sana alkaa yleensä siitä mihin edellinen loppuu!
- On myös olemassa puheäänteitä, joiden keskellä on luonnostaan lyhyt täysin hiljainen vaihe (esimerkiksi soinnittomat klusiilit [kpt]). Tämä vaihe on osa äännettä (ja sanaa) eikä se ole siis varsinainen tauko. Jos soinniton klusiili on puhunnoksen alussa ja sitä edeltää tauko, et voi yleensä mitenkään päätellä, mistä kohtaa klusiilin sulkeumavaihe on

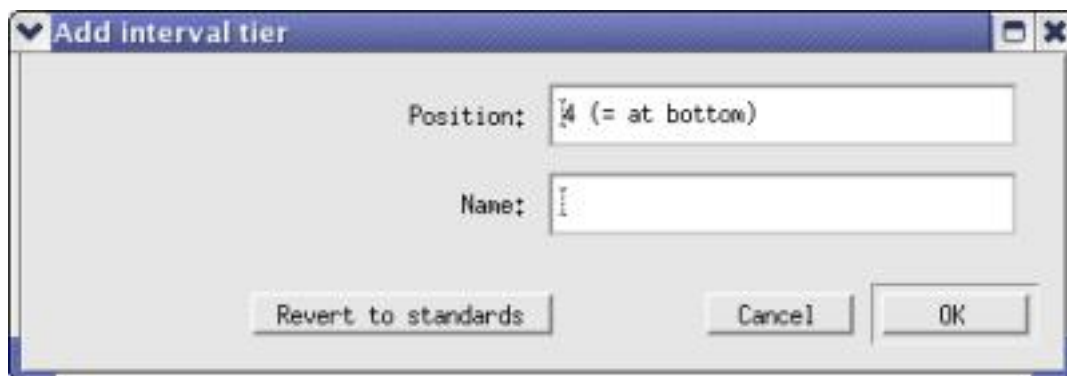
alkanut. Tässä tapauksessa kannattaa rajata ko. äänteeseen mukaan pelkkä laukeamavaihe, josta syntynyt pieni ”pyrskähtävä” ääni on monesti nähtävissä aaltomuodossa aivan puhunnoksen alussa.

- Puheen aikana ihmisen ääntöelimistö on lähes jatkuvassa liikkeessä. Ei siis ole mikään ihme, että äännerajojen löytäminen vaatii kärsivällisyyttä ja kompromisseja!
- Jos joudut nimikoimaan paljon, kannattaa jo ergonomisista syistä opetella muutama TextGrid-editorin valikkokomentoihin liittyvä näppäinöikotie, jolla voit säästää paljon hiiren liikkeitä ja naksauttelua. Näppäinöikotiet näkyvät Praatin valikoissa kyseisen komennon perässä. Esimerkiksi rivinvaihtonäppäintä painamalla voit lisätä segmenttirajan valittuun kerrokseen kursorin kohdalle (vrt. **Boundary**-valikon **Add on selected tier**), eikä tarvitse osua hiirellä pieneen rinkulaan. Sarkainnäppäimen (vastakkaiset nuolet näppäimistön vasemmassa yläreunassa) painallus soittaa valitun äänipätkän. Ctrl-näppäin ja nuoli oikealle aiheuttavat puolestaan siirtymisen seuraavaan segmenttiin valitussa nimikointikerroksessa (vrt. **View**-valikon komento **Select next interval**).
- Valitun annotaatiokerroksen nimikkeistä voi etsiä tekstiä **Edit**-valikon **Find...**-komennolla. Toiminnosta on hyötyä, kun annotoit pitkiä äänitiedostoja.

6.3.3 Nimikointikerroksien lisääminen ja poistaminen

TextGrid-editorin sisällä voit luoda lisää nimikointi- eli annotaatiokerroksia ja kopioida tai poistaa olemassaolevia.

- Jos haluat lisätä editoitavaan TextGridiin uuden IntervalTier-tyyppisen annotaatiokerroksen johon merkitään segmenttejä, valitse **Tier**-valikosta **Add interval tier...** Jos taas haluat luoda PointTier-tyyppisen kerroksen, johon merkitään yksittäisiä nimettyjä aikapisteitä, valitse **Add point tier...**
 - Näkyviin tulee lomake (ks. kuva 6.3): Merkitse *Position*-kohtaan, monesko ylhäältä laskettuna uuden kerroksen pitäisi annotaatiokerrosten ”pinossa” olla (oletuksena uusi kerros luodaan alimmaisiksi). Kirjoita luotavalle kerrokselle jokin kuvaava nimi kohtaan *Name*. Paina OK. Uusi kerros tulee heti näkyviin.



Kuva 6.3: Anna uudelle annotaatiokerrokselle paikka TextGridin kerrosten joukossa sekä jokin kuvaava nimi.

- Jos haluat poistaa TextGrid-objektista jonkin annotaatiokerroksen kaikkine merkintöineen, valitse ensin poistettava kerros klikkaamalla hiirellä johonkin ko. kerroksen kohtaan. Varmista vielä, että oikea kerros on valittuna ja sen numero ja nimi näkyvät punaisina TextGrid-editorin laidoissa. Valitse sitten **Tier**-valikosta **Remove entire tier**. Ole varovainen: tähän ei kysytä varmistusta, ennen kuin annotaatiokerros katoaa! **Edit**-valikon **Undo**-komento saattaa tosin pelastaa sinut vahingon sattuessa.
- Jos haluat poistaa TextGridin tietyltä annotaatiokerrokselta kaiken tekstin, toimi samoin kuin edellisessä kohdassa, mutta valitse komento **Remove all text from tier**. Tällöin segmenttien rajat tai ankkurit pysyvät paikoillaan, vain niiden nimikkeet hävitetään.
- Voit kopioida tietyn annotaatiokerroksen komennolla **Tier:Duplicate tier**. Tällöin sinulta kysytään samat tiedot kuin luodessasi kokonaan uutta kerrosta (ks. kuva 6.3).²

6.3.4 IPA-merkit ja erikoismerkit

Praatissa on oma tapa, jolla saa erikoismerkkejä näkyviin TextGridissä. Erikoismerkit tuotetaan näppäilemällä peräkkäin \-merkki ja jotain muita merkkejä. Näin muodostetut merkit näkyvät siis ainoastaan Praatin TextGrid-

²Duplicate-komennolla voit jakaa esimerkiksi saman yksikön kaksi piirrettä eri kerroksiin: annoi ensin yksi piirrekerros, kopioi se, poista kopiosta kaikki teksti ja nimikoi toinen piirrekerros.

ikkunoissa ja piirtoikkunassa.³

Kaikkien Praatissa näkyvien erikoismerkkien ja IPA-symbolien koodit näet Praatin sisäisestä manuaalista: Kun olet TextGrid-editori-ikkunassa, valitse sen oikeasta ylänurkasta **Help>About special symbols**. Sivun hiukan suttuinen, mutta kaikkien merkkikoodien pitäisi löytyä. Voit myös yrittää käyttää manuaalin hakua (**Search manual**) ja antaa hakusanaksi ”symbols” tms. (ks. manuaalin käyttö, 3.3).

Esimerkiksi nuoli ylöspäin syntyy näppäilemällä peräkkäin \^ (loppuun pitää näppäillä välilyönti, jotta ^-merkin saa tuotettua). Nuoli alaspäin taas tulee näkyviin näppäilemällä peräkkäin merkit _

Alleviivauksien tuottaminen lienee Praatin sisällä mahdotonta. Korvikkeeksi voi keksiä jonkin oman merkintätavan siihen kohtaan, mistä alleviivaus alkaa, ja siihen, missä se päättyy. Esim.

näistä sanoista _tämä_ on alleviivattu

mikä näkyy TextGridin intervallissa seuraavasti:

näistä sanoista _tämä_ on alleviivattu

Huom. Pelkkä _-merkki Praatissa aiheuttaa seuraavan merkin näkymisen alaindeksinä, esim. H₂O tuottaa veden kemiallisen merkin H₂O. Jos haluaa sen sijaan tuottaa _-merkin, eteen on laitettava \-merkki (ks. sisäisen manuaalin sivu **Text styles**; 3.3).

6.4 TextGridin eli nimikointiobjektin tallennus

- Jos olet nimikointi-ikkunassa, voit tallentaa muokattavan TextGrid-objektin **File**-valikon komennolla **Write TextGrid to text file...**
- Jos olet objekti-ikkunassa, valitse ensin listasta tallennettava TextGrid-objekti ja sitten **Save**-valikosta **Write to text file...**

³Jos et saa foneettisia merkkejä näkymään, joudut luultavasti ensin asentamaan koneellesi erikseen ilmaisen *SIL Doulos IPA*-kirjasimen, jonka voit ladata verkosta. Linkki löytyy Praat-ohjelman kotisivulta samasta kohdasta, josta hait myös Praat-ohjelman Windows-version.

6.4.1 Vaihtoehtoiset tiedostomuodot

- **Save**-valikon komento **Write to short text file...** tekee nimikointitiedostosta kooltaan hieman pienemmän ja tiedostoa on helpompi editoida tarvittaessa vaikkapa tekstieditorilla, mutta tiedosto aukeaa silti Praatilla normaalisti TextGrid-objektina.
- Voit myös käyttää komentoa **Write to binary file...** Tällä komennolla tiedoston koko on huomattavasti pienempi, mutta et voi avata tiedostoa millään muulla ohjelmalla kuin Praatilla. Tiedostomuotoa kannattaa ehkä käyttää, jos nimikoit erittäin pitkiä äänitiedostoja ja teet niihin paljon nimikointikerroksia, jolloin tekstitiedoston koko saattaa nousta useampaan megatavuun.

6.4.2 Nimikoinnin siirtäminen toiseen ohjelmaan

Jos haluat siirtää esim. tekemäsi litteraation Praatin TextGridistä muualle, voit tallentaa TextGridistä pelkän tekstisisällön (ts. nimikkeet) tekstitiedostoon esim. skriptillä *save_interval_data_to_text_file.praat*. Kyseinen skripti tallentaa jokaisen intervallin sisältämän tekstin omalle rivilleen, ja rivin alkuun tulee ko. intervallin alun aikapiste sekunteina. Skriptin voit hakea omalle tietokoneellesi osoitteesta <http://www.helsinki.fi/~lennes/praat-scripts/>.

Skriptin tuottaman tekstitiedoston voit avata millä tahansa tekstieditorilla tai tekstinkäsittelyohjelmalla, esim. MS Wordillä. Jos haluat Wordissa nähdä myös käyttämäsi erikoismerkit, täytyy Etsi-Korvaa-toiminnolla korvata kaikki Praatin \-alkuiset erikoismerkkijonot vastaavilla erikoismerkeillä.

Jos tallennat TextGrid-tiedoston Praat-muodossa, tuloksena on myös tavallinen raakatekstitiedosto, mutta joukkoon tulee paljon Praatin käyttämiä koodeja, joita voi olla hankala käsitellä. Siksi on suositeltavaa käyttää skriptiä tekstien eristämiseen. Jos ymmärrät hieman skriptien toimintaa, voit samalla skriptillä myös esimerkiksi automaattisesti mitata kunkin puhunnoksen keston tai jopa tehdä äänitiedoston vastaavista kohdista haluamasi akustiset analyysit (ks. 9).

6.5 Valmiin nimikoinnin hyödyntäminen

Praatissa voi esimerkiksi hakea TextGrid-objektista tiettyä merkkijonoa, mutta kovin hienostuneita hakutoimintoja Praat ei suoraan tarjoa. Nimikoinnin tehokas hyödyntäminen Praatilla vaatiikin jonkinasteista skriptaustaitoa tai valmiiden skriptien käyttöä (ks. 9). Praatilla huolellisesti tehty nimikointi sen sijaan mahdollistaa aineiston liittämisen puhetietokantaan, jossa nimikointia

voidaan lopulta hyödyntää (ts. kohdistaa siihen hakuja) hyvinkin yksinkertaisen käyttöliittymän avulla.

Praatilla tehtyä nimikointia voi käyttää hyväksi myös muissa analyysiohjelmissa tai -ympäristöissä, mutta tämä edellyttää yleensä TextGrid-tiedoston konvertointia tarvittavaan muotoon.

6.6 Toisella ohjelmalla tehdyn transkription tuonti

Jos sinulla on äänitiedostosta tehty erillinen, tekstimuotoinen litteraatio ja haluaisit nyt yhdistää Praatilla tekstin äänitiedostoon, se onnistuu kohtuullisen helposti käyttämällä Praat-skriptiä. Edellytyksenä on, että sinulla on käytettävissä litteraatiota vastaava äänitiedosto. Tekstitiedoston tulee olla raakatekstimuotoinen (raw text, plain text). Yhdessä tekstitiedostossa saa myös olla vain yhden puhujan vuorosanoja kerrallaan — jos tiedostossasi esiintyy monta puhujaa, tee kullekin puhujalle yksi tiedosto, josta poistat muiden puhujien vuorot.

1. Avaa äänitiedosto Praatilla.
2. Luo äänitiedostolle TextGrid-objekti (ks. 6), johon määrität yhden intervallityyppisen nimikointirivin. Jos tiedostossa esiintyy useita puhujia, sinun pitää tehdä jokaiselle puhujalle oma nimikointirivi, jolloin voit helposti kuvata myös päällekkäispuhuntaa.
3. Merkitse sitten TextGridiin rajat kaikille sellaisille kohdille, jotka vastaavat rivinvaihtoja tekstitiedostossa. Helpointa tämä on, jos tekstitiedoston rivinvaihdot vastaavat suunnilleen puhujan pitämiä taukoja, jolloin sinun tarvitsee vain rajata äänitiedostosta hiljaiset taukopaidat. (Taukoja voi jopa yrittää etsiä automaattisesti *mark_pauses.praat*-nimisen skriptin avulla, joka löytyy ao. osoitteesta.)
4. Hae koneellesi tekstirivien tuontiskripti nimeltä *label_from_text_file.praat*. Skripti löytyy osoitteesta <http://www.helsinki.fi/~jlennes/praat-scripts/>.
5. Valitse Praat-ohjelman objektilistasta TextGrid-objekti, johon merkitset yksiköiden rajat ja johon haluat tuoda tekstiä. Avaa ja suorita skripti (ks. ohjeet 9.5).

Erikoismerkit eivät esim. Wordin tuottamasta raakatekstistä siirry oikein. Käytä tarvittaessa jo etukäteen etsi-korvaa-toimintoa ja muunna erikoismerkit Praatin vastaaviksi koodeiksi (ks. 6.3.4).

Luku 7

Akustinen analyysi

Puheääni voi syntyä vaihtelevasti eri kohdissa ääntöväylää. Soinnillisten äänteiden (esim. vokaalien) aikana suurin osa äänestä syntyy äänihuulten paukahdellessa toisiaan vasten. Tästä syntyy suriseva ääni. Toisaalta esimerkiksi frikatiivikonsonanteissa muodostetaan johonkin kohtaan suuonteloa kielellä ja/tai huulilla kapeikko, josta nipin napin kulkevaan ilmaan muodostuu pyörteitä eli syntyy hälyä: erilaista sihinää tai kohinaa. Klusiileissa tämä häly esiintyy pienen pieninä pyrskehdyksinä, kun puhuja sulkee ääntöväylänsä kokonaan ja päästää sitten sulkeuman äkillisesti aukeamaan.

Eri tavoin muodostuneet lähdeäänit heijastelevat ääntöväylässä edestakaisin ja samalla *suodattuvat*: jotkut äänen osataajuudet vahvistuvat ja toiset heikkenevät. Suodattumiseen vaikuttaa se, minkä muotoinen puhujan ääntöväylä kulloinkin on, joten puhuja voi ”muovaila” lähdeääntä artikulaatioliikkeillä, esimerkiksi kielellään ja huulillaan. Osa suodatetusta äänienergiasta tulee ulos puhujan suusta ja/tai nenästä muiden kuultaviin.

Puheen akustisen analyysin avulla voidaan pyrkiä esimerkiksi

- kuvaamaan tallennetun puhesignaalin akustisia ominaisuuksia ja päättelemään, miten puhuja on toiminut saadakseen puhesignaalin aikaan (esim. puheen häiriöiden toteaminen tai puheteknologinen kehitystyö)
- saamaan objektiivista lisävahvistusta tietyille puheesta havaituille ominaisuuksille, joilla arvellaan olevan merkitystä tutkimustyön kannalta (esim. puheen intonaation tutkimus).

7.1 Spektrogrammi

Puhe on kompleksista ääntä, josta ns. Fourier-analyysin avulla voidaan löytää paljon eritaajuisia *komponentteja* l. *osataajuuksia*. Spektrogrammi on

Fourier-analyysiin perustuva äänen aika-taajuusesitys. Sen avulla voidaan havainnollistaa äänen spektrin (ts. taajuusrakenteen) muuttumista ajassa. Spektrogrammista saadaan nopeasti kokonaiskäsitys äänisignaalin osataajuuksien jakautumisesta ja niiden ”voimakkuuksista” (intensiteetistä).

Eri tarkoituksiin on perinteisesti laskettu kahdentyypisiä spektrogrammeja, ns. *leveäkaistaisia* ja *kapeakaistaisia*. Niiden mukaisia asetuksia käytämällä voidaan tarkastella puheäänien spektraalisia ominaisuuksia eri näkökulmista.

Leveäkaistainen spektrogrammi (analyysi-ikkunan pituus n. 5 ms; Praattissa oletuksena) näyttää tarkasti ajassa tapahtuvia muutoksia. Esimerkiksi glottisperiodit (äänihuulten tuottamat yksittäiset ”paukaukset”) näkyvät selvästi pystyraitoina.

Leveäkaistainen spektrogrammi on kätevä esimerkiksi puhenäytteen segmentoinnissa ja nimikoinnissa, kun määrittelet äänteiden rajoja. Spektrin ajalliset muutokset näkyvät tarkasti ja onnistut ehkä löytämään nopeammin spektraalisia ”käännepaikoita”, jotka ovat usein hyviä ehdokkaita segmenttirajoiksi. (Rajakohta on tietenkin varmistettava kuuntelemalla.)

Kapeakaistaisessa spektrogrammissa (analyysi-ikkunan pituus n. 30 ms) sekä formantit (näkyvät tummina vaakakaistaleinä etenkin soinnillisissa äänteissä), äänen osataajuudet (ns. harmoniset, harmonics) että näiden ajassa tapahtuvat muutokset erottuvat parhaiten.

Kapeakaistainen spektrogrammi voi olla hyödyllinen esimerkiksi kun haluat tarkastella F0- eli perustaajuusanalyysin oikeellisuutta. Tällöin editori-ikkunassa kannattaa määritellä näkyviin vain spektrogrammin alimmat taajuudet, niin että vain muutama alin osataajuus erottuu selvästi. Jos kytket samalla näkyviin myös perustaajuusanalyysin ja määrittelet sille saman näyttöasteikon kuin spektrogrammille, voit helposti nähdä, seuraako perustaajuuskäyrä puheen alinta osasäveltä kuten sen yleensä pitäisi.

Huomaa, että spektrogrammi on ainoastaan tapa visualisoida äänen taajuusrakennetta ajan funktiona. *Spektrogrammi ei sinänsä ole varsinainen tulos tai tilastollista aineistoa; se on vain yleiskuva tietystä äänisignaalista.* Tilastolliseen tutkimukseen siis tarvitaan muita numeerisia mittauksia. Jos taas teet kvalitatiivista tutkimusta, spektrogrammi sinänsä ei riitä, vaan se vaatii perustellun tulkinnan. Oman kokemukseni mukaan spektrogrammi on paras väline tutkijalle itselleen. Sen avulla voi kahlata aineistoa läpi ja etsiä varsinaisia mitattavia tutkimuskohteita. Kokemuksen karttuessa foneetikko alkaa

tunnistaa näytteistä erilaisia äänteitä ja ääniä jopa pelkästään spektrogrammia katsomalla. Yksittäisiä aineistosta poimittuja esimerkkejä voi toki tarvittaessa havainnollistaa spektrogrammeilla myös varsinaisissa julkaisuissa.

7.1.1 Spektrogrammin tuottaminen

7.1.1.1 Editori-ikkunassa

Spektrogrammi saadaan näkyviin äänieditorissa (5) tai TextGrid-editorissa (6.3.2) valitsemalla **Spectrum**-valikosta **Show spectrogram**. Tällöin spektrogrammin tärkeimpiä asetuksia voidaan tarvittaessa muuttaa **Spectrum**-valikon komennolla **Spectrogram settings...**

- Jos haluat laskea *leveäkaistaisen spektrogrammin* (oletus Praatissa), analyysi-ikkunan pituudeksi (*window length*) tulisi antaa noin 0.005 s eli 5 ms (tällöin ns. kaistanleveydeksi saadaan 260 Hz).
- Jos haluat laskea *kapeakaistaisen spektrogrammin*, analyysi-ikkunan pituudeksi tulisi antaa noin 0.03 s eli 30 ms (tällöin ns. kaistanleveydeksi saadaan 43 Hz).

7.1.1.2 Objekti-ikkunassa

Objekti-ikkunassa uusi spektrogrammiobjekti voidaan luoda valitsemalla ensin haluttu ääniobjekti ja painamalla dynaamisen valikon painiketta **Analyse spectrum: To Spectrogram...** Kohtaan *Window length* merkitään analyysi-ikkunan pituus kuten äänieditorin kautta laskettaessa.

7.2 Spektrit

Tätä osiota ei ole vielä kirjoitettu.

spektri

Fourier-muunnos

lyhytaikaisspektri

jatkuva Fourier-muunnos

7.3 F0- eli perustaajuusanalyysi

Puheen laskennallinen perustaajuus on suhteessa puheen havaittuun sävelkorkeuteen, minkä vuoksi perustaajuusanalyysia hyödynnetään paljon esimerkiksi puheen intonaation tutkimuksessa.

Soinnillisten äänteiden aikana puhujan äänihuulet paukahtelevat nopeasti toisiaan vasten. Puhuja voi säädellä äänihuulten värähtelytapaa ja niiden paukahtelunopeutta muuttamalla äänihuulten pituutta ja jäykkyyttä, säätämällä niiden asentoa toisiinsa nähden ja muuttamalla keuhkoista ulos virtaavan ilman painetta. Puheesta tehtävää *perustaajuusanalyysia* käytetään, kun halutaan saada mahdollisimman tarkasti selville puhujan äänihuulten värähtelytaajuus soinnillisten äänteiden aikana. Perustaajuutta mitataan hertseinä (Hz): yksi hertsi tarkoittaa yhtä värähdystä sekunnissa. Puheen tyypillinen perustaajuus riippuu puhujan fyysisistä ominaisuuksista ja siinä on paljon yksilöllisiä eroja. Miespuhujien perustaajuus liikkuu keskimäärin 100 Hz:n tietämällä, kun taas naispuhujien perustaajuus on yleensä keskimäärin 150–200 Hz. Pienten lasten tyypillinen perustaajuus voi olla satoja hertsejä.

7.3.1 Puheen perustaajuus ja sävelkorkeushavainto

Puheen laskennallinen perustaajuus on tietystä epäsuorassa suhteessa puheen havaittuun sävelkorkeuteen. Yleensä voidaan sanoa, että mitä korkeampi perustaajuus, sitä korkeampana ääni havaitaan. Hertsiasteikko ei kuitenkaan kerro suoraan havaitusta sävelkorkeudesta, vaan tähän tarkoitukseen on kehitetty erilaisia havaintoa kuvaavia sävelkorkeusasteikoita, esim. meltai puolissävelasteikko. *Havaintoon perustuvat sävelkorkeusasteikot ovat aina suhteellisia eivätkä absoluuttisia*: ei voida esim. ilmoittaa että jokin havaittu sävelkorkeus oli 20 puolissävelaskelta, vaan on mainittava, mihin toiseen ääneen verrattuna havaittava sävelkorkeus on ilmoitettu, esim. 20 puolissävelaskelta 100 Hz:n yläpuolella.

7.3.2 Perustaajuuskäyrän tuottaminen

7.3.2.1 Editori-ikkunassa

Äänieditorissa (ks. 5) tai nimikointi-ikkunassa (TextGrid-editori, ks. 6.3.2) voit kytkeä perustaajuuskäyrän näkyviin tai piilottaa sen **Pitch**-valikon komennolla **Show pitch**. Perustaajuuskäyrä näkyy editori-ikkunassa sinisenä. Perustaajuusasteikko näkyy editorin *oikeassa laidassa sinisillä numeroilla*. Kun napsautat hiirellä johonkin kohtaan aaltomuoto- tai analyysikuvassa, näet cursorin kohdalla punaisen ristikon. Perustaajuuskäyrän arvo hiirellä valitsemassasi ajankohdassa (punaisen pystyviivan kohdalta mitattuna) näkyy sinisenä lukuarvona vastaavalla kohdalla editori-ikkunan oikeassa laidassa. Mikäli haluat saada tarkan perustaajuusarvon kopioidaksesi sen johonkin toiseen ohjelmaan, valitse editorin **Pitch**-valikosta komento **Get pitch**. Mittausarvo tulee näkyviin Info-ikkunaan, josta voit kopioida sen hiiren avulla

muualle.

Perustaaajuusanalyysin asetukset Perustaaajuusanalyysi ei välttämättä tuota järkevää tulosta kaikille puhujille. Jos perustaaajuuskäyrä ei mielestäsi näytä järkevältä tai odotuksiesi mukaiselta, voit tarvittaessa muuttaa analyysin asetuksia **Pitch**-valikon kohdasta **Pitch settings...** Erityisesti kannattaa tarkistaa kohta *Pitch range*, jossa analyysille asetetaan sellainen taajuuden ala- ja yläraja, joiden välillä kyseisen puhujan perustaaajuuden oletetaan pääasiassa liikkuvan. Miespuhujan alaraja voi olla matalaäänisellä miehellä jopa 50-60 Hz tai oletusarvoinen 75 Hz. Naispuhujan alarajaksi voi tarvittaessa määrittää hieman korkeamman lukeman, esim. 100 Hz. Jos puhuja on kimeäänen lapsi, alarajaa kannattaa nostaa tarvittaessa reilustikin ja tarkistaa samalla, että myös yläraja on riittävän korkealla.

Mikäli haluat ainoastaan muuttaa näkyvissä olevan perustaaajuuskäyrän asteikkoa, valitse **Pitch**-valikosta kohta **Advanced pitch settings...** ja lisää kohtaan *View range* sopivat ala- ja ylärajat.

7.3.2.2 Objekti-ikkunassa

Objekti-ikkunassa uusi **Pitch**-objekti voidaan luoda valitsemalla ensin haluttu ääniobjekti ja painamalla dynaamisen valikon painiketta **Analyse periodicity: To Pitch...** Kohtiin *Pitch floor* ja *Pitch ceiling* annetaan tarvittaessa puhujakohtaisesti perustaaajuusanalyysin odotettavissa olevat ala- ja ylärajat samoin kuin editorin kautta laskettaessa (ks. yllä). Näin syntyvästä uudesta **Pitch**-objektista voidaan tehdä mittauksia **Query**-painikkeella tai piirtää kuvia piirtoikkunaan **Draw**-komennoilla (ks. 8). Objektin sisältöä voidaan tarkastella *Pitch-editorissa* (valitse **Pitch**-objekti ja paina **Edit**). Valittuna oleva **Pitch**-objekti voidaan myös tallentaa **Save**-valikon komennoilla (ks. 4.3.2).

7.3.3 Miksi perustaaajuuskäyrässä on joissakin kohdissa aukkoja?

Soinnittomien äänteiden aikana äänihuulet eivät värähtele toisiaan vasten, joten tällaisten äänteiden kohdalla myöskään perustaaajuusanalyysi ei ”löydä” äänestä tarpeeksi periodisuutta. Esimerkiksi soinnittomat klusiilikonsonantit [k p t] sisältävät luonnostaan lähes täysin hiljaisen ns. sulkeumavaiheen, jonka aikana puhuja ei tuota äänihuulillaan sointia ja lisäksi katkaisee ilma-
virran ulospääsyreitit sulkemalla nenäportin sekä tukkimalla jonkin kohdan suuontelostaan kielellään tai huulillaan. Perustaaajuuskäyrän katkoksen kohdalla voi luonnollisesti olla taukokin. Mikäli puhujan äänenlaatu muuttuu

jossakin kohtaa siten, että äänihuuliperiodit ovat epäsäännöllisiä (esim. narinainen ääni), voi perustaaajuusanalyysi tuottaa outoja tuloksia tai käyrässä voi näkyä katkos. Tätä ongelmaa ei ehkä saa korjattua edes analyysiasetuksia muuttamalla.

7.4 Intensiteetti (äänekkyyys)

Äänen laskennallinen intensiteetti on tietyssä epäsuorassa suhteessa äänen havaittuun voimakkuuteen eli äänekkyyteen.

7.4.1 Puheen intensiteetti ja voimakkuushavainto

Yleensä voidaan sanoa, että mitä korkeampi intensiteetti, sitä äänekkäämpänä ääni havaitaan. Intensiteettikäyrästä saatava informaatio voidaan periaatteessa nähdä myös aaltomuotokäyrästä tutkimalla sen amplitudia eli pystyakselilla tapahtuvien heilahdusten laajuutta. Praatin *intensiteettikäyrässä näkyvä desibeliasteikko on suhteellinen*. Praatissa mitatut desibeliarvot eivät siis kerro esimerkiksi fysikaalista äänenpainetta alkuperäisessä puhetilanteessa, mikäli äänitettä ei ole jo äänitystilanteessa kalibroitu.¹ Siitä voidaan tutkia, onko esimerkiksi jokin tavu ollut ympäristöönsä nähden äänekkäämpi. Tämä edellyttää, että mikrofoni on pysynyt tutkittavalla ajanjaksolla puhujaan nähden paikallaan.

7.4.2 Intensiteettikäyrän tuottaminen

7.4.2.1 Editori-ikkunassa

Äänieditorissa (ks. 5) tai nimikointi-ikkunassa (TextGrid-editori, ks. 6.3.2) voit kytkeä intensiteettikäyrän näkyviin tai piilottaa sen **Intensity**-valikon komennolla **Show intensity**. Intensiteettikäyrä näkyy editori-ikkunassa keltaisena. Intensiteettiasteikko näkyy editorin *oikeassa laidassa analyysi-ikkunan sisäpuolella vihreillä numeroilla*. Kun napsautat hiirellä johonkin kohtaan aaltomuoto- tai analyysikuvassa, näet kursorin kohdalla punaisen ristikon.

¹Kalibrointi voidaan suorittaa esimerkiksi äänittämällä puheen yhteydessä tietty standardoitu ääni (jonka tuottama äänenpaine on tunnettu) tietyltä etäisyydeltä puhujaan ja mikrofoniin nähden. Jälkeenpäin kalibrointiäänien ja varsinaisen puheen intensiteettiä vertaamalla saadaan selville myös puheen äänenpaine. Jotta kalibrointi on pätevä, mikrofonin on myös pysyttävä puhujaan nähden täysin paikallaan koko äänityksen ajan. Kalibrointi ei myöskään onnistu suuntaavilla mikrofoneilla, joita puheäänityksessä usein käytetään. Mikäli kalibrointi on välttämätöntä, asiassa kannattaakin kysyä apua akustiikan ammattilaiselta.

Intensiteettikäyrän arvo hiirellä valitsemassasi ajankohdassa (punaisen pysyviivan kohdalta mitattuna) näkyy vihreänä lukuarvona vastaavalla kohdalla editori-ikkunan oikeassa laidassa. Mikäli haluat saada tarkan intensiteetti-arvon kopioidaksesi sen johonkin toiseen ohjelmaan, valitse editorin **Intensity**-valikosta komento **Get intensity**. Mittausarvo tulee näkyviin Info-ikkunaan, josta voit kopioida sen hiiren avulla muualle.

7.4.2.2 Objekti-ikkunassa

Objekti-ikkunassa uusi **Intensity**-objekti voidaan luoda valitsemalla ensin haluttu ääniobjekti ja painamalla dynaamisen valikon painiketta **To Intensity...** Kohtaan *Minimum pitch* voidaan tarvittaessa merkitä puhujakohtaisesti odotettavissa oleva perustaaajuusanalyysin alaraja. Näin syntyvästä uudesta **Intensity**-objektista voidaan tehdä mittauksia **Query**-painikkeella tai piirtää kuvia piirtoikkunaan **Draw**-komennoilla (ks. 8). Valittuna oleva **Intensity**-objekti voidaan myös tallentaa **Save**-valikon komennoilla (ks. 4.3.2).

7.5 Formanttianalyysi

Puheen formanttianalyysillä on pitkät perinteet etenkin vokaalitutkimuksessa. Koska formantit liittyvät ääntöväylän muotoon puheentuoton aikana, voidaan niiden keskitaaajuuden muutosten ja keskinäisten suhteiden perusteella tietyn edellytyksin tehdä johtopäätöksiä puhesignaalin tuottamiseen käytetyistä artikulaatioliikkeistä. Varovaisuus tulosten tulkinnassa on kuitenkin tarpeen.

7.5.1 Mikä on formantti?

Puhe on aina kompleksista ääntä, josta ns. Fourier-analyysin avulla voidaan löytää paljon eritaajuisia komponentteja l. osataajuuksia. Puheääni voi saada alkunsa kurkunpäässä ja/tai muissa kohdissa ääntöväylää äänteestä riippuen. Tämän lähdeäänien osataajuudet vahvistuvat tai heikkenevät amplitudeiltaan sen mukaan, minkä muotoisessa ääntöväylässä ääni liikkuu ja heijastuu. Osa näistä ääntöväylässä suodattuneista ääniaalloista säteilee lopulta suun ja/tai nenän kautta ulkomaailmaan.

Ääntöväylää (kurkunpäästä huuliin asti) voidaan yksinkertaistaen verrata jonoon eripituisia ja -paksuisia putkia. Mikä tahansa putki taas vahvistaa kaikkia sellaisia ääniaaltoja, joiden aallonpituus (joka on kääntäen verrannollinen aallon taajuuteen) on sopivassa suhteessa putken pituuteen. Ihminen kykenee tietyissä rajoissa muuttelamaan ääntöväylänsä muotoa (esim.

liikuttamalla kieltään, huuliaan jne.), jolloin ääntöväylän ”putkijonon” osien lukumäärä, pituudet (ja paksuudet) muuttuvat. Jokainen putkenpää (myös avonainen pää!) aiheuttaa äänien osittaisen heijastumisen putkessa takaisin-päin. Niinpä ääntöväylässä liikkuu jatkuvasti ääniaaltoja molempiin suuntiin, ja aallot tulevat toisiaan vastaan.

Kuvittele, että istut keinussa ja kaverisi antaa sinulle vauhtia. Kun kaverisi seisoo edessäsi tai takanasi ja tyrkkää keinua joka kerran juuri oikeassa vaiheessa, saat parhaat ”vauhdit” eli keinusi heilahtelee vähitellen yhä korkeammalle. Olisikin turhaa antaa vauhtia silloin, kun keinu ei ole kohdalla! Ja jos kaverisi siirtyy keskelle keinun rataa seisomaan ja yrittää tyrkätä sinua takaisin-päin kun keinu heilahtaa kovaa vauhtia häntä kohti, hän tuskin onnistuu, vaan keinu todennäköisimmin pysähtyy (ja kaverisi ehkä kaatuu ja satuttaa itsensä). Ajoitus on siis tärkeä.

Jos kaksi ääniaaltoa tulee toisiaan vastaan ja kulkee toistensa läpi sellaisessa kohdassa, jossa molemmat sattuvat olemaan samassa vaiheessa (esim. molempien aaltojen ilmanpainehuiput osuvat toisiinsa samassa pisteessä), kyseisellä kohdalla syntyy hetkellisesti amplitudiltaan suurempi aalto. Toisiinsa törmäävät aallot siis summautuvat. Jos taas aallot ovat kohdatessaan päinvastaisessa vaiheessa toisiinsa nähden, on aaltojen yhteenlaskettu amplitudi kyseisellä kohdalla nolla, ts. ne kumoavat toisensa. Tietyissä olosuhteissa aallot saattavat putken sisällä jatkuvasti törmätä samanvaiheisinä samassa kohdassa, jolloin syntyy resonanssi. Resonanssiin osallistuvilla aalloilla on silloin joko sama taajuus (ja siten myös sama aallonpituus) eli aalto törmää sopivan pituisessa putkessa aina itsensä heijastumiin, tai sitten vähintään kahden eri osataajuuden aallonpituudet ovat tietyissä suhteissa toisiinsa ja putken pituuteen. (Kuvittele, että kaverisi tyrkkäisi keinulle vauhtia vain joka toisella tai kolmannella heilahduksella.) Putken pituus siis määrää, minkätaajuiset aallot putkessa voivat resonoida. (Ks. myös 7)

Formantti vastaa yhtä tai useampaa ääntöväylän resonanssia eli sellaista taajuutta, jonka mukaiset ääniaallot vahvistuvat jossakin ääntöväylän kohdassa. Formantit nähdään ”harjanteina” tai ”huippuina” puhesignaalin pätkästä lasketussa spektrissä. Formanttien sijainnin ja liikkeen on osoitettu vaikuttavan merkittäväällä tavalla myös puheäänteestä syntyvään havaintoon. Tämä on aivan luonnollista: ovathan formantit tietyssä monimutkaisessa suhteessa siihen, millä tavalla puhuja on liikuttellut ääntöväylänsä osia. Ääntöväylällä on periaatteessa aina monia (äärettömästi) resonansseja, mutta niistä vain muutama vaikuttaa selvästi esim. vokaalien havaittuun laatuun. Yleensä puheäänteen spektristä ei edes yritetä tunnistaa enempää kuin korkeintaan viisi alinta

formanttia, koska ihmiskorvakaan ei juuri erota formanttien muutoksia näitä korkeammilta taajuuksilta.

Tietyn puhesignaalipätkän spektrin muotoa voidaan approksimoida LPC-menetelmällä ja arvioida siten esimerkiksi formanttien keskitaajuuksia (eli mitä taajuuksia ääntöväylä on kulloinkin parhaiten vahvistanut). Ääntöväylän resonanssit vaikuttavat tietenkin mihin tahansa ääneen, joka ääntöväylän läpi kulkee, mutta formantteja mitataan useimmiten vokaaleista, koska näistä on olemassa paljon tutkimusta (ts. ”referenssiarvoja” joihin verrata) ja automaattiset formanttianalyysimenetelmätkin yleensä toimivat vokaaleilla parhaiten.

Puhe on kuitenkin käytännössä ääntöväylän jatkuvaa liikettä. LPC on spektrin matemaattinen malli, joten pelkällä formanttianalyysillä ei luultavasti saada koskaan täydellistä kuvaa siitä, minkä muotoinen ääntöväylä puhujalla on todellisuudessa ollut tietyllä ajanhetkellä. Millä tahansa ohjelmalla tehty automaattinen formanttianalyysi on pelkkä laskennallinen arvio spektrin hallitsevimista huipuista, ja formanttianalyysin virhelähteet onkin tunnettava tarkoin, ennen kuin formanttianalyysin tuloksia voi tulkita ja käyttää.

7.5.2 Formanttianalyysin laskentaperiaatteet

Praat-ohjelmalla tehdyn formanttianalyysin lopputuloksena syntyy Formant-objekti, joka edustaa ääniobjektin spektrirakennetta ajan funktiona. Se on siis jono tasaisin välimatkoin laskettuja näytteitä, joissa kussakin on taajuus- ja kaistanleveysinformaatio useasta formantista sekä informaatiota ikkunan maksimi-intensiteetistä. Formant-objekti on siis rakenteeltaan ikään kuin kaavamainen tai karkeistettu versio spektrogrammista. Praat-ohjelman oletusformanttianalyysi on Burgin algoritmi, jota käytetään komennolla **Analyse spectrum: To Formant (burg)...** (ks. 7.5.3 alla).

7.5.2.1 Formanttianalyysin toiminta

Aluksi äänisignaali **näytteistetään uudelleen** näytetaajuuteen, joka on kaksi kertaa *Maximum formant*-kohdassa annettu formanttien ylärajataajuus. Sitten signaali **esivahvistetaan** (pre-emphasis), jotta myös ylemmillä taajuuksilla olevat, luonnostaan vaimeammat huiput saisivat saman painoarvon kuin alemmat formantit. Näin saadusta signaalista lasketaan tietyn välimatkoin **lyhytaikaisspektrejä** (spektrien välimatka ja spektri-ikkunan leveys määritellään kohdissa *Time step* ja *Window length*).

Sitten approksimoidaan kussakin analyysi-ikkunassa tai -kehyksessä (frame) saatua spektriä **lineaariprediktio-** eli LP- tai LPC-menetelmällä (Li-

near Predictive Coding, josta käytetään tässä Burgin algoritmia). Lineaariprediktiossa spektrin muotoa pyritään kuvaamaan pienellä määrällä huippuja, joille arvioidaan keskitaajuus ja kaistanleveys. Näiden huippujen voidaan katsoa edustavan ääntöväylän resonansseja l. formantteja. LPC:n tulos on itse asiassa joukko kertoimia, jotka eivät sinänsä ole ihmiselle lainkaan havainnollisia. Siksi formanttianalysissa vielä jatkojalostetaan kertoimien antamaa informaatiota formanttien taajuus- ja kaistanleveysarvoiksi.

Huom. Yllä kerrotulla tavalla tuotettu Formant-tyyppinen objekti sisältää vain ne formantit, joita signaalista on kussakin ikkunassa löytynyt, ja taajuusarvot saattavat heittelehtiä paljonkin peräkkäisten ikkunoiden välillä. Peräkkäisten formanttiarvojen ”jatkuvuutta” tämä perusanalyysi ei yritä etsiä. Jos haluat tutkia esim. vokaalisegmentin sisällä tapahtuvia formantti-liikkeitä, tee ensin tämä analyysi, mutta katso sitten kohta Tracking (7.5.4).

Formanttialgoritmi löytää aluksi formantteja myös hyvin matalilta ja korkeilta taajuuksilta, joten normaali **Burg-algoritmi poistaa lisäksi** formantit 50 Hz:n alapuolelta sekä formantit jotka ovat korkeammalla kuin parametri *Maximum formant* - 50 Hz. Jos välttämättä haluat pitää nämäkin taajuuskaistat mukana (jolloin tuskin saat perinteisen näköisiä F1- ja F2-arvoja), kokeile komentoa **Analyse spectrum: To Formant (hack): To Formant (keep all)**. . . Jos taas haluat välttämättä saada aina pyytämäsi tietyn määrän formantteja tasaisesti jakautuneina koko antamallasi taajuusalueelle, voit kokeilla muuten epäluotettavaa Split-Levinson-algoritmia komennolla **Analyse spectrum: To Formant (hack): To Formant (sl)**. . . Em. komennot **Analyse spectrum: To Formant (hack)** -valikossa eivät kuitenkaan ole suositeltavia.

7.5.3 Burg-formanttianalyysin tekeminen

Tapa 1: Jos haluat vain katsella Praatin laskemia formanttiarvoja esimerkiksi yhdessä äänen aaltomuodon ja spektrogrammin kanssa, tee formanttianalyysi äänieditori-ikkunan sisällä.

1. Valitse objektilistasta ääniobjekti (tyyppiä **Sound**), jolle haluat suorittaa formanttianalyysin.
2. Paina hiirellä objektilistan oikeassa laidassa näkyvää painiketta Edit, jolloin saat näkyviin äänieditori-ikkunan.
3. Valitse äänieditori-ikkunan **Formant**-valikosta **Show formants**. Formanttianalyysi tulee näkyviin ääniaallon alapuolelle punaisina pisteinä. Formanttipisteet näytetään aina samalla taajuusasteikolla kuin spektrogrammi. Lue taajuusarvot ikkunan vasemmasta reunasta!

4. Tarkista analyysin asetukset **Formant**-valikon kohdasta **Formant settings...** Äänieditorissa voi tehdä formanttianalyysin toistaiseksi vain tavanomaisella burg-algoritmillä. Asetukset ovat samat kuin analyysitavassa 2.
5. (VANHAA TIETOA: Jos ikkunassa on kerrallaan näkyvissä pitkä pät-kä äänisignaalia, formanttianalyysi ei ehkä näy koko ikkunan osalta. Jos haluat analyysin laskettavaksi pitemmältä aikaväliltä, muuta haluamasi sekuntimäärä **View**-valikon komennolla **Analysis resolution...**, kohtaan **Formant max. duration (s)**.) Huomaa, että formantit lasketaan uudelleen aina kun vierität tai zoomaat editori-ikkunaa, joten pitkä formanttianalyysi voi hidastaa työskentelyä. Formantit kannattaa editorissa kytkeä pois päältä aina kun niitä ei tarvita.
6. Halutessasi voit tehdä äänieditorissa mittauksiakin seuraavasti:
 - summittaisia mittauksia klikkaamalla hiirellä jonkin punaisen formanttipisteen kohdalle (taajuus hiiren kohdalla näkyy ikkunan vasemmassa reunassa punaisella) tai
 - tarkempia mittauksia klikkaamalla hiirellä johonkin kohtaan äänisignaalia tai spektrogrammia ja valitsemalla sitten **Formant** -valikosta esim. **Get first formant**, jolloin Info-ikkunassa näkyy ajallisesti lähin 1. formantille mitattu arvo kursorin kohdalta. (Nämä formanttikomennot toimivat vain jos formanttianalyysi on valittuna.)

Tapa 2 Kun haluat analysoida tarkemmin, tehdä tarkkoja mittauksia, piirtää kuvia, tai käyttää formanttianalyysia skriptin sisällä, luo formanttiobjekti erikseen objektilistassa.

1. Valitse objektilistasta ääniobjekti (tyyppiä 'Sound'), jolle haluat suorittaa formanttianalyysin.
2. Paina hiirellä objektilistan oikeassa laidassa näkyvää painiketta **Analyse spectrum** ja valitse sen alavetovalikosta **To Formant (burg)...**
3. Varmista, että formanttianalyysin asetukset ovat oikein:

Time step (sekuntia): Aika-askel; aika peräkkäisten analyysikehysten tai -ikkunoiden keskikohtien välillä. Jos analysoitava ääniobjekti on 2 sekunnin pituinen ja aika-askel on 0.01 sekuntia, analysoidaan yhteensä noin 200 kehystä. Todellinen lukumäärä on kuitenkin hieman pienempi, koska mittaaminen on hankalampaa ääninäytteen reunoilla.

Max. number of formants: Etsittävien formanttien maksimilukumäärä. Ihmispuheen analyysissä kannattaa yleensä käyttää arvoa 5. Jos *Maximum formant*-parametri on myös asetettu oikein, tämä on ainoa tapa jolla saat järkeviä tuloksia.

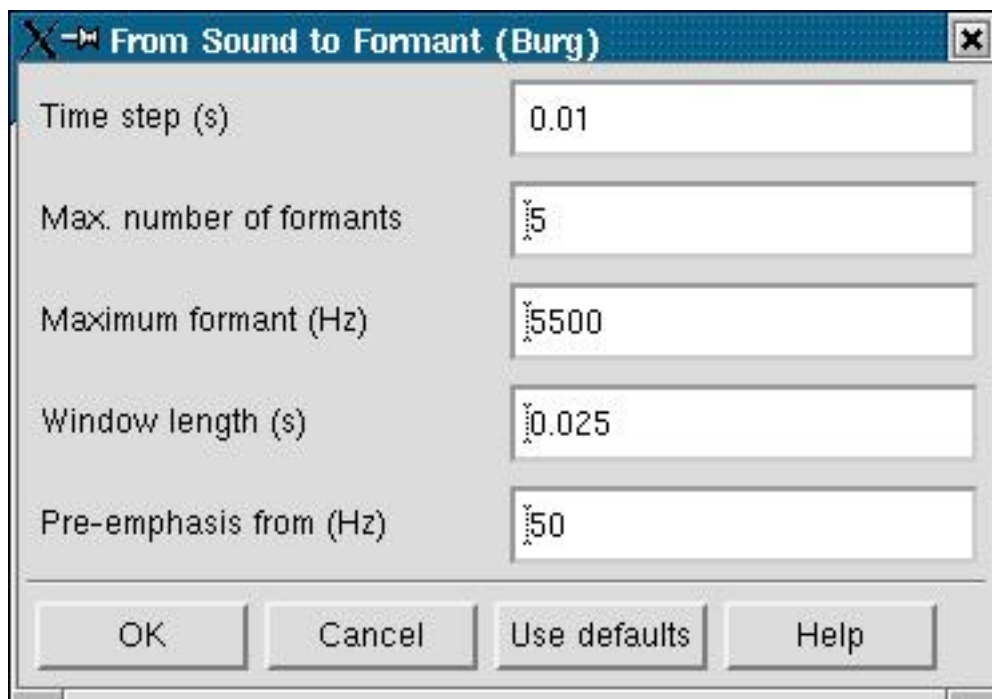
Maximum formant (Hz): Etsittävien formanttien taajuuden yläraja. Tämä arvo on ehdottomasti asetettava analysoitavan puhujan mukaan. Oletusarvo 5500 Hz sopii aikuiselle naispuhujalle. Miespuhujalle kannattaa käyttää arvoa 5000 Hz. Pienten lasten puheelle taas voi olla perusteltua käyttää paljon korkeampia arvoja, esim. 6000–8000 Hz.

Optimaalinen ylärajataajuus löytyy kokeilemalla analyysia editoriikkunassa vaikkapa erikseen äännetyillä vokaaleilla ja tarkastelemalla, milloin punaisten pisteiden muodostamat formanttinauhat näyttävät seuraavan mahdollisimman tasaisia polkuja tutkittavien vokaalien kohdalla. Jos yläraja-asetus ei ole kohdallaan, etenkin ylemmät formantit näyttävät hieman ”vaeltelevan”.

Liian korkea yläraja voi toisaalta aiheuttaa alemmilla taajuuksilla lähekkäisten formanttien tulkitsemisen yhtenä formanttina, sillä algoritmi yrittää etsiä edellisessä kohdassa asetetut 5 formanttia niin että ne erottuvat mahdollisimman hyvin toisistaan. Esim. miehen ääntämälle [u]-vokaalille pitäisi periaatteessa löytyä kaksi lähekkäistä formanttia 1000 Hz:n alapuolelta, mutta liian korkea yläraja-asetus voi antaa F1:ksi näiden yhdistelmän ja sysätä loput formantit liian ylös.

Window length: Analyysi-ikkunan tai -kehyksen efektiivinen kesto. (Todellinen laskentaikkuna on kaksi kertaa näin pitkä, koska Praat käyttää Gauss-muotoista ikkunaa, jonka reunat ovat lähellä nolaa.) Pre-emphasis from (Hz): Spektrin esivahvistuksen alaraja (+3dB:n raja käänteiselle alipäästösuodattimelle, jonka kulma on +6dB/oktaavi). Tavallisesti vokaalin spektri vaimenee ylätaajuuksiin päin mentäessä noin 6 dB oktaavia kohti. Formanttianalyysillä halutaan kuitenkin löytää paikallisia huippuja myös ylätaajuuksilta, vaikka ne olisivat suhteessa heikompia kuin spektrin alaosan formantit. Tämän vuoksi spektri suodatetaan ennen formanttianalyysia siten, että ylätaajuudet voimistuvat ja spektrin kallistuskulma pienenee.

4. Paina lopuksi **OK**. Objektilistaan ilmestyy uusi formanttiobjekti, joka näkyy valittuna.



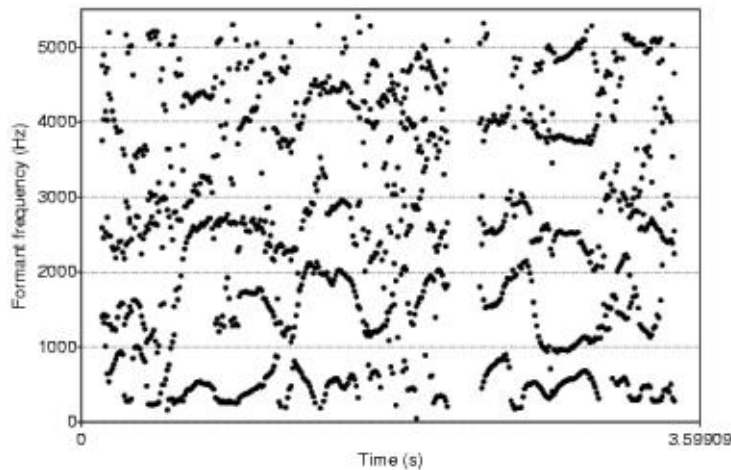
Kuva 7.1: Formanttianalyysin asetusten määrittäminen.

7.5.4 Tracking

Jos kaipaat yhtenäisiä ja johdonmukaisen näköisiä formanttikäyriä, laske ensin edellämainitulla tavalla 2 Formant-objekti ja valitse se objektistasta. Paina sitten objektistat oikeassa reunassa näkyvää painiketta **Track...** Tämä komento pyrkii löytämään jokaisesta analyysi-ikkunasta (*frame*) saman määrän formantteja ja esittämään jokaiselle formantille suurimman mahdollisen ”polun” peräkkäisten ikkunoiden välillä. Jotta saisit esille esim. 3 formanttipolkua, pitää Formant-objektin jokaisessa analyysi-ikkunassa olla ainakin kolme formanttiehdokasta (ts. kannattaa laskea alkuperäinen formanttiobjekti esim. 5 formantilla ja käyttää sitten **Track**-komentoa).

7.5.5 Lisätietoa formanttianalyysista

Kannattaa lukea Praatin sisäisestä manuaalista esim. tutoriaalisivu **Source-filter synthesis** (anna manuaalin hakusanaksi esim. ”source-filter”), jossa kuvataan melko helppotajuisesti puheen lähde-suodinteoria ja neuvotaan käytännössä, miten Praatilla voi kokeilla puheen lähdeäänien ja/tai ääntöväylän suodinfunktion laskemista puhenäytteestä. Sivua on hyödyllinen varsinkin jos olet kiinnostunut Praatin puheesynteesiominaisuuksista.



Kuva 7.2: Valitse Formant-objekti ja paina **Draw: Speckle...**

7.5.6 Formanttikuvien piirtäminen

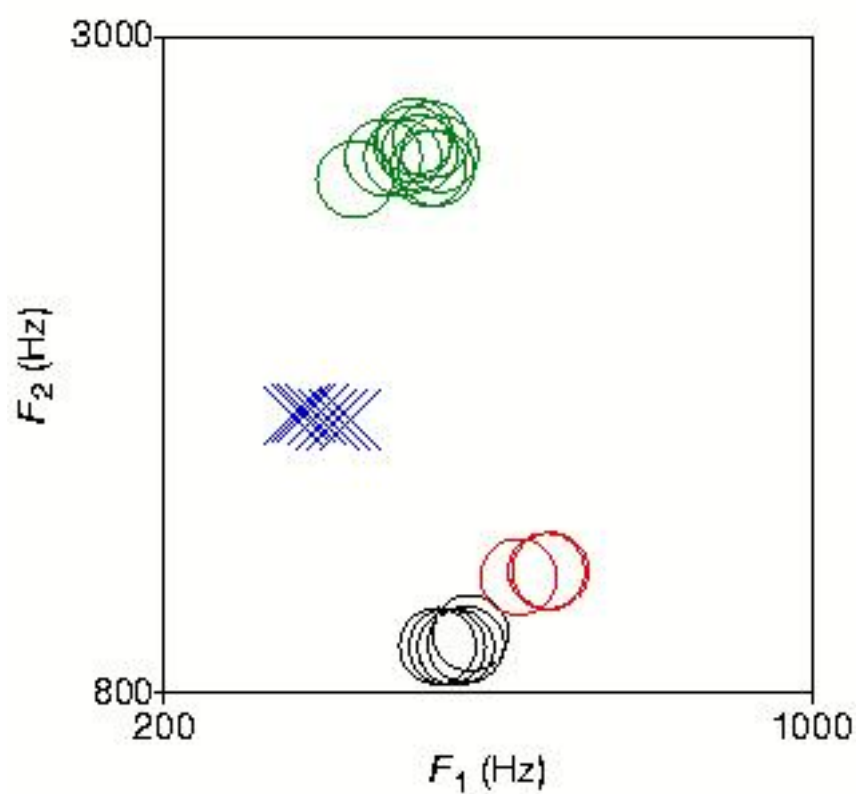
Tässä muutamia esimerkkejä Praatilla piirretyistä kuvista.

7.5.7 F1/F2-formanttikartan piirtäminen

Perinteisen, kirjallisuudessa usein esiintyvän F1/F2-vokaalikartan saa piirrettyä, kun ensin on laskenut tutkittavasta vokaalista tms. yhtenäisestä äänneestä Formant-objektin objektistaan esim. Burg-analyysillä (7.5.3).

1. Valitse Formant-objekti ja käytä komentoa **Draw – Scatter plot...**

- Määritä esiin tulevassa lomakkeessa F1:n ja F2:n ala- ja ylärajat hertseinä. Rajat kannattaa valita niin, että ne juuri ja juuri kattavat kaikkien vokaalilaatujen alueen kyseisellä puhujalla, jolloin eri vokaalien pitäisi asettua mahdollisimman selvästi erilleen ja helposti tulkittaviin kohtiin kartalla. Miespuhujalle kelpaa tavallisesti vaikkapa F1:n väli 200–1000 Hz ja F2:n väli 500–3000 Hz. Tavallisesti rajat kannattaa antaa oletusarvoisessa järjestyksessä eli ”nurin päin”: kakkosformantti vaaka-akselilla ja ykkönen pystyakselilla, ja kummastakin ensin maksimitaajuus ja sitten minimitaajuus. Tällöin myös kuva piirretään niin, että mitatut arvot asettuvat karkeasti ottaen vokaalinelikulmion mukaiseen järjestykseen: etuvokaalit vasemmalle, takavokaalit oikealle; suppeat vokaalit ylös ja väljät alas.



Kuva 7.3: Valitse Formant-objekti ja paina **Draw: Scatter plot...**

Esim. skriptaamalla voi myös lisätä kyseisen vokaalin nimen kunkin ympyrän sisälle.

- Piirrettävän merkin muodon ja koon voi valita piirtolomakkeen alaosasta (*Mark size* ja *Mark string*).
 - Piirtoväriä voit vaihtaa vielä ennen lomakkeen hyväksymistä piirtoikkunan **Pen**-valikosta. Muista myös valita piirtoikkunasta sopivan kokoinen ja muotoinen alue, johon formanttikartta skaalautuu haluamallasi tavalla (ks. 8).
 - Paina **OK**.
2. Tuloksena pitäisi olla vokaalikartta, jossa kummankin formantin minimi on oikeassa ylänurkassa ts. kuvan pitäisi suunnilleen vastata kirjallisuudessa näkyviä karttoja. Jos Formant-objekti on laskettu niin pitkistä ääninäytteestä, että siihen on mahtunut useita laskentaikkunoita, jokaisesta näistä piirtyy kuvaan yksi formanttipiste tai -pallero. Tästä on iloa, jos piirrät formanttikartan esim. diftongista, jolloin formanttien liike vokaalin aikana näkyy.
 3. Voit piirtää samaan kuvaan päällekkäin muitakin Formant-objekteja. Koska eri puhujien ”vokaaliavaruuDET” ovat hieman eri kokoisia jo fysiologisista eroista johtuen, on yleensä järkevää piirtää vain yhden puhujan formantteja samaan kuvaan.
 4. Formanttikartan voi tallentaa kuvatiedostoon (8.2).

7.5.8 Formanttianalyysin virhelähteet

Formanttianalyysi perustuu teoreettiseen malliin, jonka mukaan akustinen puhesignaali muodostuu lähdeäänestä (esimerkiksi kurkunpään tuottama ”surina”) ja ääntöväylän suodinominaisuuksista (esimerkiksi formantit). Jos mitattavaan puheääneen on päässyt vaikuttamaan jokin muu tekijä (esim. huonetila, muut puhujat tai jokin äänitystekninen häiriö), saatat saada vääristyneitä mittaustuloksia.

Formanttianalyysi vaatii aina jonkin verran tulkintaa: tutkija olettaa formanttien löytyvän ”sieltä mistä niiden pitäisi löytyä”. Tutkijoiden käyttämät referenssiarvot perustuvat lukuisiin tutkimuksiin, joissa yleensä selkeästi äännettyjen vokaalien formantteja on mitattu tietyillä parametreilla kontrolloiduista aineistoista, tai kaavamaiseen malliin ”keskimääräisen” ääntöväylän rakenteesta. Formanttilaskennan tuloksia ei saa pitää yksinomaan objektiivisina lukuina, vaan ne on suhteutettava kyseiseen puhujaan, äänneympäristöön, analyysiparametreihin ja äänitteen laatuun. Monet kontekstuaaliset tekijät saattavat muuttaa formanttien taajuuksia ja kaistanleveyksiä, ja jotkut

puheen piirteet (esim. nasaalisuus) saattavat vaikeuttaa formanttien tulkin-
taa. Puhujat ovat myös aina yksilöitä, eikä formanttiarvojen pidäkään osua
kaikilla samoille taajuuksille.

Formantteja kannattaa luonnollisesti mitata vain kohdista, joissa ei ole
usean puhujan päällekkäispuhuntaa. Näin varmistat, ettei toisten puhujien
ääni sekoita analyysia, sillä formanttianalyysi ei pysty erottamaan eri ääni-
lähteitä toisistaan. Myös muu taustahäly tai äänitystilan voimakas jälkikaiku
voivat periaatteessa aiheuttaa virheellisiä tuloksia.

Tavanomaiset formanttianalyysin asetukset sopivat parhaiten soinnillisiin
äänteisiin, etenkin vokaaleihin. Formantteja sinänsä on tietenkin kaikissa ään-
teissä, mutta automaattisen formanttianalyysin parametrien antaminen ja
tulosten tulkinta on soinnittomilla äänteillä vaikeampaa, joskus järjetöntä-
kin. Ei myöskään kannata käyttää **Track...**-komentoa kohdissa, joissa on
esim. konsonantin ja vokaalin välinen siirtymä, koska niissä löydettyjen for-
manttien lukumäärä saattaa äkisti muuttua, jolloin järkevien ”formanttipol-
kujen” löytäminen on mahdotonta.

Kun formantit esiintyvät lähekkäin, kuten esim. F2 ja F3 [y]-vokaalissa
tai F1 ja F2 [u]:ssa tai [o]:ssa, on vaarana, että formanttianalyysi tulkitsee
vierekkäiset formantit samaksi yhtenäiseksi huipuksi. Näin käy usein, jos ta-
vanomaista viittä formanttia etsitään liian laajalta taajuuskaistalta, esimer-
kiksi jos olet antanut matalaääniselle miespuhujalle liian suuren yläraja-arvon
kohdassa *Maximum formant*.

Laskennallisesti tavallinen syy formanttien ”yhtymiselle” tai ”heittelehti-
miselle” on, ettei LPC-analyysissa ole käytetty riittävää määrää spektriker-
toimia (tämä lukuhan on suhteessa etsittävien formanttihiippujen määrään).
Riittävä määrä on vähintään signaalin näytteenottotaajuus hertseinä jaettu-
na tuhannella (esim. 16 kHz signaalille 16). Praatin Burg-formanttianalyysi
näytteistää signaalin automaattisesti ensin näytetaajuuteen, joka on kak-
si kertaa *Maximum formant*, ja jos ($2 * \text{Max. number of formants}$) on tä-
hän taajuuteen sopivassa suhteessa, kertoimia lasketaan automaattisesti riit-
tävä määrä ja analyysin pitäisi onnistua kohtalaisesti. Sinun on kuitenkin
otettava vielä tarkemmin huomioon oikea kerrointen määrä, mikäli et käytä
Praatin formanttianalyysia suoraan vaan teet erikseen LPC-analyysin Sound-
objektista. Silloin sinun on joko itse näytteistettävä signaali uudestaan sopi-
vaan näytetaajuuteen ennen LPC-analyysia, tai annettava LPC:lle riittävä
kertaluku (prediction order), esim. 16 kHz ääninäytteelle 16.

Luku 8

Kuvien luominen

Praat-ohjelmalla voi tarkastella ja tuottaa äänestä akustisia kuvauksia kahdella tavalla. Siinä vaiheessa, kun aineistoon tutustutaan tai sitä nimikoidaan (ks. 6), akustisia kuvantamismenetelmiä käytetään tavallisesti editori-ikkunoiden, esimerkiksi äänieditorin (5) tai nimikointi-ikkunan (TextGrid-editorin, 6.4) kautta. Editori-ikkunoissa voi tehdä myös alustavia mittauksia erilaisista analyysikuvista. Mikäli sen sijaan halutaan piirtää analyysista laadukkaita kuvia, jotka voidaan siirtää esimerkiksi tekstinkäsittelydokumenttiin, on kyseinen analyysi ensin erikseen laskettava objektilistaan (ks. 7). Piirtäminen Praat-ohjelman piirtoikkunaan tapahtuu nimittäin aina jonkin objektilistassa olevan objektin pohjalta.

8.1 Kuvan piirtäminen

1. Valitse objekti-ikkunasta se objekti/objektit, josta haluat piirtää kuvan. Jos haluat piirtää analyysikuvan, jota vastaavaa objektia ei vielä listassa ole, valitse ensin ääniobjekti ja laske siitä haluamasi analyysiobjekti (ks. 7)
2. Valitse hiirellä *piirtoikkunasta* (*Picture*) haluamasi kokoinen ja muotoinen suorakaide (*Viewport*), johon kuva piirretään.
3. Muuta tarvittaessa piirrettävän kuvan piirtoväriä (piirtoikkunan valikosta **Pen**) ja/tai tekstin kirjasintyyppiä ja -kokoa (piirtoikkunan valikosta **Font**). Tämä valinta vaikuttaa vasta seuraavan kuvan ominaisuuksiin, ei piirtoikkunan aikaisempaan sisältöön.
4. Valitse objekti-ikkunasta se objekti, josta haluat piirtää kuvan. Valitse sitten dynaamisesta valikosta joko **Draw**- tai **Paint**-painikkeen alta sopiva piirtokomento (Paint-komento näkyy Draw-komennon sijaan

esimerkiksi spektrogrammiobjektin ollessa valittuna). Näkyviin tulee lomake, jossa kysytään joitakin piirrettävään kuvaan liittyviä tietoja.

- *Garnish*-kohdassa oleva rasti tarkoittaa, että kuvan ympärille piirretään automaattisesti laatikko ja merkitään vaaka- ja pystyakseleille oletusarvoiset nimet ja asteikot. Jos jostakin syystä haluat esimerkiksi piirtää päällekkäin kuvia eri objekteista tai haluat määritellä akselien otsikot ja numerot itse, ota *Garnish*-ruksi pois.
5. Paina **OK**, jolloin kuva piirtyy piirtoikkunasta valitun alueen sisään. Kuva skaalautuu automaattisesti alueen muotoiseksi.

8.2 Kuvien tallentaminen

Ennen kuin tallennat tai siirrät kuvaa Praatin piirtoikkunasta, valitse varmuuden vuoksi se osa piirtoalueesta, jonka haluat tallentaa tai siirtää.

Praat-ohjelman piirtoikkunaan piirretyn kuvan voi joko

1. *kopioida leikepöydälle* komennolla **Copy to clipboard** (toimii Praatin Windows- ja Macintosh-versioissa) ja sen jälkeen liittää vaikkapa tekstinkäsittelydokumenttiin ko. ohjelman **Edit**-valikon **Paste**-komennolla. Huom. kuva ei tallennu minnekään ennen kuin tallennat toisessa ohjelmassa käsittelemäsi dokumentin!
2. *tallentaa* Praat-kuvana, jota ei voi avata millään muulla ohjelmalla, käyttämällä komentoa **File: Write to praat picture file...** Praat-kuvatiedostoja kannattaa käyttää, jos haluat jatkossa yhdistää tiettyyn kuvaan uusia kuvia tai jatkaa sen piirtämistä Praatilla. Praat-kuvatiedostojen oletusarvoinen tiedostopääte on *.prapic*
3. *tallentaa* EPS-muotoisena kuvatiedostona komennolla **File: Write to EPS file...** EPS-kuvatiedostojen nimissä kannattaa käyttää tiedostopäätettä *.eps*

EPS eli *Encapsulated Postscript* on kuvaformaatti, jota kannattaa aina käyttää painatettavaksi tarkoitettussa materiaalissa. EPS on nimittäin skaalautuvaa vektorigrafiikkaa toisin kuin esimerkiksi piirtoikkunasta copy-paste-menettelmällä siirretyt bittikarttakuvat, jotka ovat laadultaan heikompia ja muuttuvat jälkeensä venytettäessä rakeisiksi. PostScript on oikeastaan yleinen grafiikan ja tekstin kuvauskieli, jota suunnilleen kaikki nykyiset lasertulostimet käyttävät tulostettavan materiaalin käsittelyyn. EPS-grafiikka takaa siis myös, että aineisto tulostuu hyvälaatuisena.

8.3 Kuvatiedostojen avaaminen Praatin piirtoikkunaan

Praat-ohjelmalla tallennetuista tai muualle siirretyistä kuvista voidaan Praatilla avata ainoastaan *praat picture*-tiedostot. Valitse piirtoikkunassa komento **File: Read from praat picture file...**

8.4 Kuvatiedostojen avaaminen muilla ohjelmilla

Praat-ohjelmalla tallennettuihin EPS-kuvatiedostoihin ei valitettavasti erikseen tallennu ns. esikatselukuvaa. Tämä tarkoittaa, että kun liität Praatilla tekemäsi EPS-tiedoston esimerkiksi Word-dokumenttiin, kuvan kohdalla näkyy vain laatikko, jonka päällä on ruksi. Kun tulostat Word-dokumentin paperille, kuva kuitenkin näkyy vastaavassa kohdassa.

Erityisillä grafiikkaohjelmilla EPS-kuviinkin voi luoda esikatselukuvan, jos sellaista tarvitsee. Kaikki kuvankäsittelyohjelmat eivät välttämättä tue EPS-grafiikkaa, mutta sellaiset ammattikäyttöön tarkoitetut piirto-ohjelmat kuin Adobe Illustrator tai Macromedia Freehand kylläkin.

Varmin tapa saada EPS-kuvatiedosto auki on käyttää erityistä ohjelmaa, joka on tarkoitettu PostScript-dokumenttien käsittelyyn ja näyttämiseen. Tällainen ilmainen ohjelmistopaketti on *Ghostscript* ja sen pariin tarkoitettu PS-dokumenttien katseluohjelma nimeltä *Ghostview* (tai *GSview*), jotka voi ladata ilmaiseksi verkosta, <http://www.cs.wisc.edu/~ghost/>. Nämä ohjelmat kannattaa Windows-käyttäjän asentaa koneelleen, sillä niillä on Praatilla tehtyjen kuvien katselun ja muuntamisen lisäksi muutakin käyttöä. Unix- ja Linux-käyttäjien ei yleensä tarvitse olla huolissaan PostScript-dokumenttien avaamisesta, sillä unix-tyyppisissä käyttöjärjestelmissä on yleensä valmiina postscript-tuki.

Luku 9

Skriptaus

9.1 Mikä on skripti?

Skripti on eräänlainen tietokoneohjelma, jonka on tarkoitus olla helposti omaksuttavissa ja suhteellisen helppolukuinen.

Skriptikielen komennot on yleensä suunniteltu johonkin erityiseen tarkoitukseen ja toimivat vain tietyssä rajatussa ympäristössä. Esimerkiksi Praat-skriptillä ei tee mitään, jollei koneeseen ole asennettu Praat-ohjelmaa, jolla skriptin voisi suorittaa.

Itse **skripti on tavallinen tekstitiedosto**, jossa on yksi tai useampia rivejä. Kullakin rivillä on yksi komentolause.

Monet Praat-skriptien komennoista ovat aivan samannäköisiä kuin Praatissa näkyvät valikkokomennotkin (ks. 9.4).

Skriptin voit siis kirjoittaa ja avata uudelleen muokattavaksi millä tahansa tekstieditorilla¹ (tai tekstinkäsittelyohjelmalla, jos tallennat työn tuloksen tavallisena tekstitiedostona). Praatissa ei ole merkitystä sillä, mikä on skriptitiedoston tiedostopääte.

Myös Praatissa on sisäänrakennettuna oma yksinkertainen tekstieditori, jolla voit luoda ja muokata skriptejä, mutta siinä ei ole kirjoitustyötä helpottavia hienouksia, mikä saattaa ärsyttää ja hidastaa pitemmälle ehtinyttä skriptaaajaa.

¹Unix/Linux-koneissa vaihtoehtoja riittää: esim. *emacs* tai *pico*. Macintosheissa hyvä valinta on esim. *TextWrangler*. Windows-koneissa voit hätätilassa käyttää esimerkiksi *WordPadia* tai jotakin ilmaista verkosta löytävää tekstieditoria.

9.2 Miksi skriptejä käytetään?

Skripteillä voi selviytyä nopeammin, johdonmukaisemmin ja vähemmin virhein toistuvista tehtävistä, jotka ”käsin” tehtynä olisivat aikaavieviä, tylsiä ja virhealttiita. Yksinkertainenkin skripti saattaa helpottaa elämää huomattavasti. Lisäksi skripteillä voi usein korvata toimintoja, jotka Praatista (toistaiseksi) sattuvat puuttumaan. Skriptien kirjoittamiseen kannattaa siis uhrata hieman aikaa - varsinkin jos tietää, että edessä on oikea ”liukuhihnaprojekti”!

9.3 Praat-skriptin luominen ja muokkaus

- Jos haluat luoda uuden skriptin Praatilla, valitse objektilistan **Control**-valikosta (tai jonkin editori-ikkunan **File**-valikosta) **New script**. Skriptieditori aukeaa. Kirjoita skriptirivit tavalliseen tapaan ja tallenna skripti **File**-valikosta komennolla **Save**.
- Kun haluat avata jo aikaisemmin tallennetun skriptin Praatissa, valitse
 - objektilistan **Control**-valikosta **Open script...**
 - tai jonkin editori-ikkunan **File**-valikosta **Open editor script...**

Tässä vaiheessa on oltava tarkkana, kumpaa kautta skripti on tarkoitettu avattavaksi. Esimerkiksi editoriskriptit eivät välttämättä toimi, jos ne avataan objektilistan valikosta ja päinvastoin, koska editorin ollessa aktiivisena on käytettävissä erilaisia valikoita ja komentoja kuin objektilistassa. (Praat-skriptien sisällä voidaan toki tietyillä komennoilla vaihtaa editori-ikkunoiden ja objekti-ikkunoiden välillä, jos se on skriptin toiminnan kannalta tarpeen.)

9.4 Skriptauksen opettelu historiatoiminnon avulla

Historiatoiminto on helpoin tapa aloittaa skriptaus Praatissa. Historiaominaisuus muistuttaa hieman esimerkiksi Microsoft Wordin makroja, joihin voi ensin tallettaa erilaisia toimenpidesarjoja ja toistaa niitä sitten yhä uudelleen.

- Avaa skripti tai luo uusi Praatin omaan tekstieditoriin (ks. edellinen kohta).

- Kokeile skripti-ikkunan **Edit**-valikon komentoa **Paste history**. Praat kirjoittaa skriptikielellä kaikki ne toiminnot, joita olet suorittanut siitä saakka kun Praatin avasit.
- **Edit**-valikon komento **Clear history** tyhjentää historian ja aloittaa sen keräämisen alusta, jolloin voit tallettaa skriptiin vain muutaman viimeisimmän komennon. Historian avulla on helppo ”luntata”, miten jokin asia Praatin skriptikielessä tehdään.

Huom. Kaikki Praatissa näkyvät valikkokomennot ja painikkeet ovat samalla skriptikielen komentoja! Voit siis myös ”luntata” komentoja katsomalla niiden tarkan sanamuodon suoraan valikoista. Jos esimerkiksi analyysin tekemiseen kysytään käyttäjältä tietoja: esim. Pitch-analyysissä *'time step'*, *'minimum pitch'* ja *'maximum pitch'*, nämä tiedot pitää skriptatessa antaa samassa järjestyksessä varsinaisen **To Pitch...**-komennon perään välilyönneillä erotettuna. Esimerkiksi komento

To Pitch: 0.01, 75, 400

laskee Pitch-objektin parametreilla 0.01 sekuntia, 75 Hz ja 400 Hz.

Historiatoiminto on kätevä, mutta se ei anna käyttöösi kaikkia skriptikielen ”ohjelmointitekniisiä” mahdollisuuksia. Et esimerkiksi voi tuottaa historiatoiminnolla muuttujia, käsitellä merkkijonoja tai tehdä silmukkaa l. toistaa samaa komentosarjaa vaihtelevilla parametreilla ilman, että tekisit kaiken ensin kohta kohdalta käsin. Historia auttaa siis alkuun ja antaa vinkkejä skriptin eri osia varten. Mitä monimutkaisempi toimintosarja, sitä enemmän joudut luultavasti itse miettimään.

Katso siis lisäohjeita Praatin sisäisestä manuaalista , kohdasta Scripting tutorial!

9.5 Skriptin suorittaminen (ajaminen)

Jos olet löytänyt skriptin verkosta, lataa se ensin omalle koneellesi ja tallenna sopivaan paikkaan.

1. Jotta voit suorittaa (ajaa) skriptin, sinun on avattava se Praatin omaan skriptieditoriin vähintään kerran.
 - Skripti avataan objektilistasta käsin valitsemalla **Control**-valikosta **Open script...**
 - Erilaisista editori-ikkunoistakin voit skriptin avata. Tällöin **Open script...**-komento löytyy kyseisen editorin **File**-valikosta.

2. Kun skripti-ikkuna on näkyvissä, voit suorittaa skriptin valitsemalla **Run... -> Run**.

Huom. Jos luot usein käyttämällesi Praat-skriptille oman valikkokomennon tai painikkeen (ks. alla), sinun ei tarvitse myöhemmin enää avata skriptiä Praatissa kyseisellä koneella, kunhan säilytät skriptitiedoston samannimisenä samassa paikassa.

9.6 Valikkokomentojen ja painikkeiden luominen skripteille

9.6.1 Valikkokomennon luonti skriptille (fixed menu)

1. Avaa skripti sellaisen Praatin ikkunan sisältä, johon valikkokomennon tai painikkeen pitäisi liittyä.
 - Jos haluat, että komento tulee objektilistan tai piirtoikkunan johonkin valikkoon, valitse objektilistan **Control**-valikosta **Open script...** Valitse sitten **File**-valikosta **Add to fixed menu...**
 - Jos taas haluat komennon esim. TextGrid-editori-ikkunan valikkoon, avaa ensin TextGrid-editori mille tahansa TextGrid- ja ääniobjektille ja valitse editorin **File**-valikosta **Open script...** Valitse sitten **File**-valikosta **Add to menu...**
2. Kirjoita, mihin valikkoon (*Menu*) uuden komennon haluat ja mikä komennon teksti (*Command*) on. Jos avasit skriptin jostakin editori-ikkunasta, komento tulee näkyviin valikkoon vasta, kun seuraavan kerran avaat uuden editori-ikkunan.

9.6.2 Painikkeen luonti skriptille (dynamic menu)

Painikkeen voit luoda vain objektilistaan.

1. Valitse objektilistan **Control**-valikosta **Open script...** Valitse sitten skripti-ikkunan **File**-valikosta **Add to dynamic menu...**
2. Kirjoita kohtaan *Class 1* se objektityyppi (esim. Sound tai TextGrid), jonka on oltava objektilistassa valittuna, jotta painike olisi näkyvissä.
3. Kirjoita kohtaan *Number 1*, montako *Class 1*-tyyppistä objektia on vähintään oltava valittuna, jotta painike näkyisi. Jos lukumäärällä ei ole väliä, jätä tähän kohtaan 0.

4. Kirjoita kohtaan *Command* se teksti, jonka haluat näkyvän painikkeessa.
5. Tarkista, että kohdassa *Script file* on oikea tiedostopolku skriptiin.
6. Paina *OK*.

9.6.3 Valikkokomennon tai painikkeen poistaminen

1. Valikkokomennon tai painikkeen voit poistaa objektilistan **Control-**valikon komennolla **Preferences...: Buttons...**
2. Näkyviin tulee ikkuna, jossa on luettelot kaikista Praatin valikkokomennosta ja painikkeista. Ikkunan yläreunasta voit valita, näytetäänkö esim. objektilistan vai piirtoikkunan valikot vai esim. kaikki painikkeet A:sta M:ään.
3. Praatin sisäänrakennettujen komentojen kohdalla voit valita, onko komento näkyvissä (*shown*) vain käyttäjältä piilossa (*hidden*).
4. Itse lisäämiesi komentojen ja painikkeiden kohdalla lukee *ADDED*, ja kun klikkaat kyseistä kohtaa, teksti muuttuu muotoon *REMOVED* ja komento häviää Praatista. Skripti tietenkin pysyy tallella ja voit uudestaan käyttää sitä Praatissa milloin tahansa.

9.7 Mitä vaaroja skriptien käyttämisessä voi olla?

- Praat-skriptikin voi olla mahdollinen tietoturvariski. Käytä vain skriptejä, jotka saat luotettavasta lähteestä ja joiden toiminnan varmasti tunnet. Älä myöskään itse kirjoita skriptejä, jotka esim. poistavat tiedostoja käyttäjältä kysymättä.
- Esimerkiksi erilaisia akustisia analyyseja on hyvin helppo automatisoida skriptaamalla. Jollet kuitenkaan tunne analyysien käyttöaluetta ja analyysiparametrien toimintaa, saatat tietämättäsi tuottaa järjettömiä tuloksia. Praat ei tarkista, miten fiksuja tai luotettavia mittauksesi ovat, kunhan skriptin syntaksi on korrekti!
- Testaa aina skriptiäsi ensin pienellä aineistolla ja tutki käsin, ovatko skriptin tuottamat mittaustulokset oikeita. Kokeneellekin voi sattua pikku kirjoitusvirheitä...

Kuvat

3.1	Praatin sisäisestä manuaalista voi hakea tiettyjä kohtia hakusanalla esimerkiksi näin.	16
4.1	Praat-ohjelma käynnistyy.	20
4.2	Objekttilistassa olevia objekteja voi valita eli aktivoida hiirellä. Objektin kohdalla lukee ensin objektin tyyppi (esim. Sound tai Pitch) ja sen jälkeen objektin nimi, jota käyttäjä voi muuttaa. Objekti-ikkunan oikeassa reunassa olevan dynaamisen valikon sisältö muuttuu sen mukaan, minkä tyyppinen objekti on valittuna.	22
5.1	Tältä näyttää Praat-ohjelman äänieditori-ikkuna (Sound Editor), jossa voi kuunnella äänen eri kohtia ja tehdä siitä pieniä mittauksiakin.	28
6.1	Tällä lomakkeella voidaan määrittää uuden TextGrid-objektin nimikointikerrosten nimet ja tyypit. Ylemmälle riville kirjoitetaan kaikkien kerrosten nimet. Jos haluat jonkin kerroksen olevan tyyppiä PointTier (eikä IntervalTier), mainitse kerroksen nimi myös lomakkeen alemmalla rivillä. Kerroksia ja niiden nimiä voi myös muokata jällempäin.	35
6.2	Kun haluat lisätä johonkin annotaatiokerrokseen uuden rajan, klikkaa ensin hiirellä oikeaa kohtaa aaltomuodosta tai analyysikuvasta, ja klikkaa sitten pientä ympyrää haluamasi nimikointikerroksen yläreunassa.	36
6.3	Anna uudelle annotaatiokerrokselle paikka TextGridin kerrosten joukossa sekä jokin kuvaava nimi.	39
7.1	Formanttianalyysin asetusten määrittäminen.	55
7.2	Valitse Formant-objekti ja paina Draw: Speckle...	56

- 7.3 Valitse Formant-objekti ja paina **Draw: Scatter plot...**
Esim. skriptaamalla voi myös lisätä kyseisen vokaalin nimen
kunkin ympyrän sisälle. 57

Hakemisto

A

aallonpituus, 49
aaltomuoto, 28, 35
äänekkyyys, 48
äänen voimakkuus, 48
äänitiedostoformaatit, 9
ääntöväylä, 49
AIFC, 9
AIFF, 9
aktiivinen objekti, 23
aktivointi, 21
alaindeksi, 40
alleviivaus Praatin TextGridissä, 40
ankkuri, 31
annotaatio, 31, 32
annotaatioeditori, 35
annotaatiokerroksen poistaminen, 39
annotation, 31
asentaminen Unixiin/Linuxiin, 13
asentaminen Windowsiin, 11
automaattinen segmentointi, 32

B

Burg-formanttianalyysi, 51, 53

D

dynaaminen valikko, 23

E

Encapsulated Postscript, 62
EPS, 62
erikoismerkit, 40
esivahvistaminen, 51
etsiminen manuaalista, 16

F

F1/F2-vokaalikartta, 56
FAQ, 17
foneettinen transkriptio, 32
foneettiset merkit, 40
Formant-objekti, 51
formantti, 49
formanttianalyysin tulkinta, 58
formanttien yhteensulautuminen, 54, 59
formanttikartta, 56
Fourier-muunnos, 45
Frequently Asked Question, 17

H

haku manuaalista, 16
Help, 15
historiatoiminto, 66

I

intensiteetti, 48
IntervalTier, 34
intonaatiotranskriptio, 32
IPA-symbolit, 40

J

jatkuva Fourier-muunnos, 45

K

kapeakaistainen spektrogrammi, 44
käynnistäminen (Unix/Linux), 19
käynnistäminen (Win/Mac), 19
keskusteluryhmä, 16
kestomittaukset, 30
kiinteä valikko objektilistassa, 21

kirjoitustila, 37
kuvan siirto leikepöydälle, 62

L

labeling, 31
lähdeääni, 49
lähdekoodi, 14
lähde-suodinteoria, 58
lapsen formanttianalyysin asetukset, 54
leveäkaistainen spektrogrammi, 44
lineaariprediktio, 51
Linear Predictive Coding, 52
litteraatio, 32
litteraation siirto Praatiin, 42
litteraation siirto toiseen ohjelmaan, 41
LongSound, 24
LPC-menetelmä, 51
lyhytaikaisspektri, 45, 51

M

manuaali, 15
Mark size, 58
Mark string, 58
Max. number of formants, 54
Maximum formant, 51, 54
miespuhujan formanttianalyysin asetukset, 54
MP3-tiedostot, 9

N

naispuhujan formanttianalyysin asetukset, 54
NeXT/Sun, 9
nimikoinnin siirto toiseen ohjelmaan, 41
nimikoinnin tallennus, 40
nimikointi, 31
nimikointi-ikkuna, 35
nimikointikerros, 32, 35
nimikointitiedosto, 31

NIST, 9
nuoli alaspäin, 40
nuoli ylöspäin, 40

O

objekti-ikkuna, 19
objektilista, 19
objektin aktivointi, 21
objektin kopioiminen, 21
objektin poistaminen objektilistasta, 21
objektin tiedot, 21
objektin valitseminen, 21

P

päällekkäispuhunta, 42
painikkeen luominen, 68
Paste history, 67
perustaaajuusanalyysi, 46
Picture-ikkuna, 20, 23, 61
piirtäminen, 61
piirtoikkuna, 20, 23, 61
Pitch-editori, 47
pitkät äänitiedostot, 24
point, 31
PointTier, 34
postituslista, 16
Praat-kuvatiedosto, 62
pre-emphasis, 51

R

resonanssi, 50

S

Scatter plot, 56
Scripting tutorial, 16
segment, 31
segmentoida, 31
segmentti, 31, 34
select, 21
skriptauksen huonot puolet, 69
skriptausmanuaali, 16

skripti, 65
skriptieditori, 66, 67
skriptin avaaminen, 66
skriptin luominen, 66
skriptin tallentaminen, 66
skriptit, 17
source-filter synthesis, 55
spektri, 45
spektrogrammi, 43
Split-Levinson-algoritmi, 52

T

tekstieditori, 65
TextGrid-editori, 35
TextGrid-objekti, 34
TextGrid-objektin tallennus, 40
TextGrid-tiedostomuodot, 40
Time step (formanttianalyysi), 51, 53
transcript, 32
transkriptio, 32
transliteration, 32

U

uutisryhmä, 16

V

valikkokomennon luominen, 68
Valikkokomennon poistaminen tai kät-
keminen, 69
valitseminen, 21
videotiedostot, 10
Viewport, 61
vokaalitutkimus, 49

W

WAV, 9
waveform, 28
Window length (formanttianalyysi), 51,
54

Kirjallisuutta

- [1] Boersma, P. and Weenink, D. (2014). Praat: doing phonetics by computer. [Tietokoneohjelma]. Versio 5.3.74, haettu 24.4.2014. URL: <http://www.praat.org/>.