

TARTU ÜLIKOOL
Sotsiaalteaduskond
Meedia ja kommunikatsiooni osakond

Parakeele kasutus uues meedias

Bakalaureusetöö (4AP)

Juhendajad: Pille Pruulmann-Vengerfeldt, Pille Runnel

Kristjan Kalm
Tartu 2006

Sisukord

Sisukord	2
1 Sissejuhatus	4
1.1 Taust	4
1.2 Töö eesmärk	5
1.3 Töö struktuur	5
1.4 Töös kasutatud peamised allikad	6
2 Teoreetilised lähtekohad	7
2.1 Parakeele mõiste	7
2.1.2 Parakeele definitsioon ja skoop	7
2.1.3 Parakeele uurimine, selle valdkonnad ja ajalugu	7
2.2 Parakeele olemus	9
2.2.1 Bioloogiline	9
2.2.2 Psühholoogiline / antropoloogiline / sotsioloogiline	10
2.2.3 Lingvistiline	11
2.2.4 Kommunikatsiooniteoreetiline	12
2.3 Parakeele definitsioon antud töös	13
2.3.1 Parakeele üldine definitsioon	13
2.3.2 Uue meedia parakeele definitsioon	13
2.4 Parakeel uues meedias	14
3 Hüpoteesid	16
3.1 Eeldused	16
3.2 Hüpoteesid	17
4 Töö eesmärgid	19
5 Metoodika	20
5.1 Tehislik närvivõrk	22
5.1.1 Sissejuhatus	22
5.1.1.2 Metoodika allikad	23
5.1.3 Tehisnärvivõrgu mudeli põhimõtted	24
Sisendite summeerimine	25
Sõlme aktiveerimine	26
5.1.4 Võrgu treenimine ja õppimise metafoor	28
5.1.5 Mudeli kasutamine	34
5.1.6 Mudeli loomine	35
5.1.7 Mudeli töölepanek ja arvutamine	35
5.1.8 Mudeli analüüs	36
5.2 Uue meedia tekstikorpuse	38
5.2.1 Andmekorpuse olemus	38
5.2.2 Töös kasutatav andmekorpuse	38
5.2.3 Korpuse tehniline kirjeldus	39
6 Analüüs	40
6.1 Korpuse kodeerimine	40
6.1.1 Esimene kodeerimise tase (A)	41

6.1.2 Teine kodeerimise tase (B).....	41
6.1.2 Kolmas kodeerimise tase (C).....	41
6.1.3 Parakeele elementide kodeerimine	42
6.1.4 Korpuse binaarne kodeerimine.....	42
6.2 Võrgu treenimine	43
6.3 Võrgu struktuur.....	43
Sõlmed.....	43
Ühendused:	43
6.4 Võrgu testimine	44
6.4.1 Testimise eesmärk	44
6.4.2 Testhulkade kirjeldused erinevatel korpusetasanditel	44
6.4.3 Globaalse vea tulemused	45
6.1.4 Mudeli analüüs	46
6.1.4 Mudeli analüüsi mõjutavad tegurid.....	46
7 Järeldus.....	48
8 Diskussioon.....	49
8.1 On võimalik õieti imiteerida uue meedia parakeele õppimist ilma parakeele sümbolite tähendust teadmata.....	49
8.3 Parakeelele roll kommunikatsiooni juhtija ja sidujana uues meedias	50
9 Kokkuvõte	52
10 Summary	53
Viited.....	55
Lisa 1	64
Lisa 2	65

1 Sissejuhatus

1.1 Taust

Uue meedia areng on toonud kaasa uute tekstipõhiste suhtluskanalite teke, mille levik ja kasutuselevõtt on olnud kiire ja massiline. Juba praegu toimub erinevatel andmetel (Levy 2004) ca pool Euroopa 14-22 aastaste noorte kirjalikust suhtlusest läbi uue meedia tekstikanalite. Neist kolm tähtsaimat on e-post, tekstivestlus ja telefoni tekstisõnumid.

Nendesse kanalitesse on ilmunud unikaalne parakeele süntaks, mis on tekkinud kaasproduktina tekstiliste sõnumite vahetamise sageduse olulisele suurenemisele.

Tekstisõnumite vahetamise kiirus on omakorda loonud kasutajate jaoks spetsiifilise reaalses suhtlemise efekti. Sõnumeid saab vahetada nii kiiresti, et suhtlus sarnaneb oluliselt rohkem suulise kõne, kui traditsioonilise kirjaliku tekstiga. Seega tekib uue meedia tekstisuhtluses kiiresti kognitiivne dissonants, kus kasutaja järgib suulise kõne mudelit, kuid tal puudub võimalus edastada parakeele sõnumeid, mis on suulise kõne puhul nii olulised. Selle dissonantsi kompenseerimiseks on tekkinud uue meedia kanalites spetsiifiline parakeele süntaks, mille roll on samasugune suulise kõne parakeelega – anda edasi raskesti verbaliseeritavaid sõnumeid. Uue meedia parakeele all mõistetakse antud töös uue meedia tekstides esinevaid parakeelseid akte tähistavaid mittesõnalisi sümboleid ja nende jadasid.

Parakeele nõ hüpe uude meediasse pakub parakeele funktsioonide uurimiseks uusi võimalusi. Kuigi uues meedias tekkinud parakeele süntaks ei ulatu väljendus- ja tähendusrikkuselt suulise kõne parakeelega samale tasemele, omab ta ühte olulist eelist: parakeele elemendid on uue meedia tekstisuhtluses selgelt eristatavad ja kvantifitseeritavad. See võimaldab meil üsna kergelt vastata küsimusele, kas antud kõneakti juures on esindatud parakeele elemendid ja milline on nende süntaks – küsimus, mida suulise kõne uurijatel on suhteliselt keeruline ja sageli ka võimatu vastata. Kvantifitseeritavus lubab omakorda testida parakeele kohta käivaid hüpoteese hoopis tõsikindlamal moel kui vaatluse ja kirjeldamise kaudu. Igast kvantifitseeritavast andmehulgast saab ehitada mudeli, mis modelleerib tingimusi, mis on andnud nendele andmetele sellise kuju. See omakorda lubab meil kindlamalt kui varem anda hinnang senistele parakeele teooriatele.

1.2 Töö eesmärk

Antud töö eesmärgiks on analüüsida parakeele kasutust uues meedias, sealhulgas kontrollida hüpoteese parakeele kohta kasutades uue meedia tekstide korpust ja arvutuslikke meetodeid.

Antud töö keskendub kahe hüpoteesi:

- parakeelt õpitakse läbi imitatsiooni (Dawkins 1991, Hauser 1996)
- soov imiteerida ja imiteerimise akt ise on parakeele oluline tähendus (Blackmoore 1999, Dawkins 1979, 1991)

paikapidavuse uurimisele uue meedia parakeele aktide puhul.

1.3 Töö struktuur

Töös luuakse uue meedia parakeele korpuse põhjal kognitiivne andmemudel. Selleks kasutan ma TÜ arvutuslingvistika labori loodud uue meedia tekstivestluste korpust, mille maht on umbes 7 miljonit sõna ja arvutuslikku meetodit, mida nimetatakse tehislikuks närvivõrguks.

Töö jaguneb järgmisteks sisulisteks osadeks:

Teoreetiline osa – kirjeldatakse parakeele olemust läbi erinevate käsitluste, defineeritakse parakeel üldiselt ja parakeel uues meedias.

Hüpoteeside osas sätestatakse kõigepealt eeldused, et oleks näha side parakeele teooriate ja antud töö hüpoteesi vahel ning et hüpoteesi püstitus oleks selge ja mõistetav.

Hüpoteesidest lähtuvalt sõnastatakse **töö eesmärk**, ehk milliste tegevustega oleks võimalik parakeele hüpoteesi uue meedia kohta testida.

Metoodika osa seletab nende tegevuste sisu ja struktuuri, keskendudes kahele punktile: uue meedia tekstikorpust ja arvutusmudel.

Analüüsi osas näidatakse millised on täpsed empiirilised tegevused, et luua hüpoteesi kontrolliv mudel, testitakse mudeliga empiirilisi andmeid (korpuse) ja presenteeritakse olulisemad tulemused. **Järeldus** näitab, kas hüpotees leidis kinnitust või mitte ja **diskussioon** laiendab tulemust parakeele uurimisele üldisemalt.

1.4 Töös kasutatud peamised allikad

Töös kasutatud hüpoteesi testimise metoodika kirjeldus on süntees mitmest erinevast allikast ja mõnel juhul otsene refereering. Enamik metodoloogias põhineb Jeffrey Elmani tööühma (Elman 1990, 1991, 1993, 1996) ja David Rumelharti ja Geoff Hintoni töödel (Rumelhart 1986, 1988, Hinton 1986, 1989).

Empiirilises osas kasutatud uue meedia tekstide korpus on alamhulk Tartu Ülikooli Arvutuslingvistika tööühma poolt hallatavast eesti keele segakorpuse jututubade korpuse alamosast, mis on leitav internetiaadressil:

<http://www.cl.ut.ee/korpused/>

Tehisliku närvivõrgu mudeli jaoks tehtavad arvutused on tehtud kasutades programmi *tlearn*. *tlearn* on USA-s California Berkeley ja Columbia ülikoolides 90ndate keskel välja töötatud tarkvara tehisnärvivõrgu arvutuste teostamiseks ja analüüsiks. Jeffrey Elmani tööühma tööd (Elman 1990, 1991, 1993, 1996) annavad detailse ülevaate *tlearn*-is rakendatud põhimõtetest. Enamik sellest on refereeritud ka metodoloogias. Täpsem info *tlearn*i kohta on kättesaadav veebiaadressil:

<http://crl.ucsd.edu/innate/tlearn.html>

2 Teoreetilised lähtekohad

2.1 Parakeele mõiste

2.1.2 Parakeele definitsioon ja skoop

Kõige laiem parakeele definitsioon on kõik mitteverbaalne inimkommunikatsioon. Ehk kõik see, mida inimene on suuteline teisest inimesest tajuma sõnumina. Selline kirjeldus on aga ilmselgelt liiga laialivalguv, et olla tulemusliku uurimise objektiks.

Selgelt on läbi mitteverbaalse kommunikatsiooni uurimise ajaloo oldud raskustes kahe parakeele defineerimise probleemiga:

- kus asub verbaalse ja mitteverbaalse vaheline piir?
- kuhu tõmmata joon kommunikatsiooni ja mittekommunikatsiooni puhul?

Kitsemalt on parakeelt nimetatud inimkõne mitte-verbaalseks osaks, mis annab edasi tahtlikke ja tahtmatuid raskesti verbaliseeritavaid sõnumeid sh emotsionaalseid olekuseisundeid (Wardhaugh 1977, Wiener 1972). Parakeel väljendub peamiselt kehakeeles (näoilme, žestid ja kehahoiak) ja hääle muutumises (intonatsioon, hääle tugevus ja tämber). Psühholoogias ja semiootikas on seda kirjeldust veel laiendatud näiteks riiete ja tantsu ning bioloogias lõhnadega (Hauser 1996, Bahtin 1981).

Ray Birdwhistelli (1952) väitel moodustab mitteverbaalne mõõde rohkem kui 65% sotsiaalse olukorra tähendusest, samal ajal kui suulise kõne kanda jääb vaid 35%. Selle hüpoteesi testimiseks on tehtud hulganisti eksperimente nii psühholoogias kui antropoloogias, mis enamikus on kinnitanud hüpoteesi (Ekman 1969, Carey 1985, Crain 1991).

Nii loomade kui inimkommunikatsiooni uurijad on enam-vähem ühel meelel, et parakeel on suhtlemise vanim ja siiaamaani mõjukaim vorm.

2.1.3 Parakeele uurimine, selle valdkonnad ja ajalugu

Teaduslik uurimine sai alguse 19. sajandi keskel Charles Darwini klassikalise teosega “Emotsioonide väljendamine inimeste ja loomade juures”. Alates sellest ajast peale on parakeelt puudutavate teadustööde ja –valdkondade arv stabiilselt kasvanud, muutudes mitmetes distsipliinides üheks domineerivaks valdkonnaks (antropoloogia, bioloogia).

Pärast bioloogiliste tööde algust jõudis parakeele uurimine järgmisena lingvistikasse 19. sajandi lõpul ja 20. sajandi alguses. Paralingvistika alguseks võib nimetada osasid Edward Sapiri ja Praha Lingvistilise Ringi liikmete töid (Trubetskoy, Jakobson 1960).

20. sajandi keskel võeti kasutusele ka termin kineesika (Ray Birdwhistell, Margaret Mead ja Gregory Bateson), eriti antropoloogias, kus tähistati sellega kõiki kehalise suhtlemise viise – alates kehakeelest kitsamalt lõpetades tantsimise, rituaalide ja ka tööliigutustega.

20. sajandi vältel on enamik parakeelt puudutavaid uurimusi läbi viidud kolmes valdkonnas:

- bioloogia
- psühholoogia / antropoloogia / sotsioloogia (ühise nimetaja all, sest töö on tihti kattuv ja valdkondadevahelised piirid sellel uurimissuunal hägused)
- lingvistika

Bioloogiline suund on keskendunud peamiselt loomade, eriti kõrgemate imetajate kommunikatsiooni uurimisele. Parakeel on loomade ainuke nõ keel. Selles suunas tehtud töö on kõige mahukam ja hõlmab endas mesilaste tantsu, sipelgate kommunikatsiooni, delfiinide ja vaalade signaale, ahvide viipekeelt jne.

Sotsiaalteaduslik valdkond on keskendunud inimese parakeele uurimisele ja antropoloogias on see üks peamisi uurimissuundi. Psühholoogias on samuti tehtud parakeele kohta üsna suur hulk uurimistöid, eriti sotsiaalpsühholoogias.

Paralingvistika on eraldi uurimissuunana olnud aktuaalne alates 20. sajandi algusest, praegusel ajal on paralingvistika suuresti spetsialiseerunud ja tema peamine uurimisvaldkond on prosoodika st kõne intonatsiooni, rütmi, tugevuse jt atribuutide uurimine ja sellest tulenevad semantilised muutused kõnes.

Eesliide *para* tuleb kreeka tüvest, mis tähendab ligidal- või kõrvutiolekut ja selles tähendus on parakeel kõik see osa suhtlusest, mis kaasneb suhtlemise keelelise osaga.

2.2 Parakeele olemus

2.2.1 Bioloogiline

Parakeele bioloogilist rolli ja päritolu on uuritud kõige kauem. Alates loomade kommunikatsiooni uurimisest alates 19. saj lõpus, kuni tänapäevani välja on publikatsioonide arv parakeele bioloogilisest olemusest pidevalt kasvanud. Paradoksaalsel kombel pole siiani konsensust parakeele tekke ja olemuse kohta: kuivõrd on see nähtus geneetilist päritolu, millised olid tema evolutsioonilised tekkepõhjused ja milline on täpselt side loomse kommunikatsiooni ja inimeste parakeele vahel.

Viimase aja publikatsioonides (Hauser 1996, Deacon 1990, Dawkins 1990) valitseb siiski teatav ühine arvamus järgmistes punktides:

- inimeste parakeel on tekkinud loomse kommunikatsiooni staadiumis, kus see oli prevaleeriv suhtlemisvorm (Hockett 1960, Hauser 1996, Premack 1984, Premack 1971) inimese praeguse parakeele päritolu on fülogeneetiline st tegemist on jagatud geneetilise päritoluga. See seletab näiteks, miks inimahvid suudavad iseseisvalt ära õppida inimese kehakeele ja žestide üsna keerulisi kombinatsioone ja on ainsatena imetajatest suutelised õppima viipekeele elemente (Griffin 1992, Premack 1984, Premack 1971).
- parakeel jaguneb tahtmatuks ja tahtlikuks kommunikatsiooniks. Tahtmatu parakeel on suuresti geneetilist päritolu (näiteks sünnist saati pimedad lapsed oskavad naeratada kuigi nad ei ole kunagi näinud ühtegi naeratus); tahtlik parakeel õpitakse imitatsiooni käigus ja sõltub kultuurist ning muudest keskkonnamõjudest. Piir tahtmatu ja tahtliku parakeele vahel on selgelt olemas, kuid selle defineerimine on seni olnud raske – meditsiinilised uuringud ja eksperimendid halvatud patsientidega on näidanud, et tahtmatuid näoilmeid juhib teine ja evolutsiooniliselt vanem ajupiirkond kui tahtlikult genereeritud miimikat, kuigi tulemus (nt naeratus) võib olla ligilähedane identssele. (Ramachandran 1999)

Bioloogiline interpretatsioon paljudele parakeele nähtustele on siiani ebaselge või puudulik – näiteks naeru ja nutu bioloogiline päritolu ning mehhanismid ei ole siiani üheselt selged (Hauser 1996, Ramachandran 1999).

2.2.2 Psühholoogiline / antropoloogiline / sotsioloogiline

Käsitlen neid sotsiaalteaduse valdkondi siin ühise nimetajana kuna enamik parakeele kohta tehtud tööde iseloom on teadusvaldkonniti kattuv (nt sotsiaalpsühholoogia), kuna inimkommunikatsioon on niivõrd fundamentaalne osa inimese ja ühiskonna uurimisest.

Sotsiaalteaduslik perspektiiv tegeleb parakeelele tähenduse ja koha andmisega inimkommunikatsioonis. Nagu eelpool mainitud, moodustab Ray Birdwhistelli väitel mitteverbaalne mõõde rohkem kui 65% sotsiaalse olukorra tähendusest, samal ajal kui suulise kõne kanda jääb vaid 35% (Birdwhistell 1952). Erinevad uuringud on kinnitanud, et suulise kõne puhul domineerib parakeele tähendus formaalse tähenduse üle (Grain 1991, Birdwhistell 1952, Dawkins 1978, Ekman 1969, Wardhaugh 1977). Selline suhe on loomulik, kuna parakeel on evolutsiooniliselt oluliselt vanem kui suuline kõne (Hauser 1996, Menn 1995, Jusczyk 1997) ja laps õpib parakeele tähendusi enne suulist kõne (Snow 1977, Pinker 1994).

Parakeele funktsioonidena näevad sotsiaalteaduste uurijad eelkõige omaette inimkommunikatsiooni tähendustasandit, mis võib eksisteerida ilma suulise kõneta (tantsude, žestide ja miimika näol) või koos suulise kõnega olles tähendushierarhias üks aste üleval.

Antropoloogilise lähenemise alusepanijad olid ameerika teadlased David Efron “Žestikuleerimine ja keskkond” (1941), juba mainitud Ray L. Birdwhistell ning Edward T. Hall, kes nimetas oma uurimisobjekti “proxemics”.

Sotsiaalpsühholoogilise lähenemise tuntumad autorid on Michael Argyle ja Albert Mehrabian, kes eristasid mitteverbaalse kommunikatsiooni kolm põhirolli (Mehrabian, 1967):

- inimestevaheliste seisukohtade ja tunnete kommunikeerimine / edastamine,
- verbaalse kommunikatsiooni toetamine,
- suulise kõne asendamine.

20. sajandi teisel poolel tegeleti palju žestide uurimise ja klassifitseerimisega. Nt Mehrabian ja Argyle (*ibid*) defineerivad žesti: kehaliigutus, milles osaleb üks või mitu kehaosa, et midagi teadlikult või alateadlikult vestluskaaslasele teatada. Kui me laiutame käsi, siis püüame väljendada teadmatust. David Efron (1941) tõi välja žestide ruumilis-ajalised, kõnelejatevahelised ja lingvistilised aspektid. 1969. aastal ajakirjas “Semiotica” ilmunud Ekmani ja Frieseni klassikalises artiklis “Mitteverbaalse käitumise ulatus: kategooriad, päritolu, praktika ja kodeerimine” järgiti näiteks Efroni mudelit.

Tartu Ülikoolis on parakeele ja žestide uurimisega tegelenud aktiivselt Silvi Kimmel-Tenjes (Kimmel-Tenjes, 1993).

2.2.3 Lingvistiline

Lingvistikas uuritakse parakeelt kui suulise kõne kaaslast, mitte kui sõltumatut kommunikatsioonivormi. Paralingvistika kitsendab uurimisvaldkonda veelgi – uuritakse ainult foneetilisi parakeele elemente, ehk neid mida väljendatakse suuliselt (Menn 1990, Ingram 1996, Locke 1996). Kehahoiakud, žestid ja miimika ei kuulu enam paralingvistika valdkonda.

Foneetilised parakeele elemendid on intonatsioon, rõhk, hääletämber ja –toon jne. Paralingvistika uurib nende elementide iseseisvat süntaksit kui ka nende tähendust koos lause formaalse tähendusega. Teatud keelte puhul, kus foneemika on keele tähenduse lahutamatu osa (nt mandariini keel, kus sõltuvalt silbi esitamisel kasutatud häälekõrgusest muudab silp kogu sõna tähendust) ei kasutata paralingvistikat samas mõistes eraldi tähendustasandi kandjana.

Paralingvistika alla kuuluvad ka need vähesed parakeele elemendid, mis esinevad traditsioonilises kirjalikus tekstis nagu hüüu- või küsimärk.

Lingvistikas on ka teine, vähemformaalsem uurimissuund, mis on tihedamalt seotud semiootikaga ning mis rohkem oma iseloomult sobib sotsiaalteaduste valdkonda. Selle tuntuimad esindajad on Mihhail Bahtin ja Tatjana Nikolajevna ning selles valdkonnas tehtud tööde haripunkt jääb deskriptiivse lingvistika aegadesse 20. sajandi keskpaigas (Bahtin 1981, Nikolajevna 1966).

Nikolajevna (1966) määratluse järgi on parakeel „mitteverbaalsete vahendite kogum, mis osaleb kõnelises kommunikatsioonis” ja paralingvistika „keeleteaduse haru, mis uurib selliseid mitte-verbaalseid vahendeid, mis on lülitatud kõnelistesse teadetes ja edastavad koos verbaalsete vahenditega tähenduslikku informatsiooni”.

2.2.4 Kommunikatsiooniteoreetiline

Kuna parakeelel on niivõrd fundamentaalne roll inimkommunikatsiooni arengus ja vormis, on erinevad teadlased teinud üle bioloogiliste, sotsiaalteaduslike ja lingvistiliste tulemuste üldistades järeldusi parakeele rolli kohta inimkommunikatsiooni laiemas mudelis.

Tööd neuropsühholoogias ja evolutsioonilises bioloogias (Hockett 1960, Hauser 1996, Ullman 1997, Studdert-Kennedy 1993) võimaldavad väita, et parakeel on otsene suulise kõne eelkäija. Üks parakeele alamliikidest – hüüatused ja hõiked – on arenenud suuliseks kõneks, kuid kehahoiakute ja näoilmete teadlik imiteerimine oli tõenäoliselt inimeste eellaste esimene kommunikatsioonivorm (Hauser 1996). Sellele imiteerimisele attributeeritakse kogu kommunikatsioonivõimekuse edasine areng, mis on päädinud praeguse kommunikatiivse ja kognitiivse võimekusega (Dawkins, 1979; Blackmoore, 1999, 2002).

Jagatud teadmine saab tekkida ainult läbi imiteerimise ja kopeerimise ja seetõttu on 90ndate aastate kommunikatsiooniteooria üks olulisemaid hüpoteese, et oluline osa inimkommunikatsiooni mahust on sõnumite kopeerimine ja levitamine *per se*, millel ei ole mingit sotsiaalset tähendust peale suhtlusest läbikäiva infohulga suurendamise (Blackmoore 1999). See tähendab, et inimaju on evolutsiooniliselt motiveeritud inimkommunikatsiooni mahtu suurendama mahu enese pärast.

Seega väidab evolutsioonilise kommunikatsiooniteooria hüpotees parakeele kohta, et paljud selle aktidest ei kannu mingit tähendust peale vastastikuse imiteerimise. Enamik neist kuulub tahtmatute parakeele aktide juurde. Blackmoore (1999) demonstreerib, kuidas paljudel juhtudel on imitatsiooni ja kopeerimise taga niivõrd tugev impulss, et tegemist on peaaegu deterministliku nähtusega. Näiteks on üksikul indiviidil raske mitte naerda, kui ülejäänud tema ümber naeravad (Provine 1996). Haigutamine on samamoodi „nakkav” nagu ka köhimine ja nutmine, kusjuures haigutamise „nakkavust” ei ole nendes eksperimentides võimalik attributeerida hapnikuvaegusele (Provine 1996).

On olemas terve hulk teadlikke parakeele akte, mis on kindla põhjus-tagajärg seosega ja mille eesmärk on edasi anda tähenduslikku sõnumit. Näiteks irooniline hääletoon või Antiik-Rooma gladiaatorietendustelt pärinev käežest, mis väljendab positiivset tulemust. Sellised parakeele aktid on mõneti juba pool-verbaliseerunud – neile saab anda ($a \rightarrow b$)-tüüpi reegleid kasutamissageduse ja –juhtude kohta ehk nad esinevad reeglina kindlaksmääratud kontekstis.

Nende kahe grupi vahele jääb veel kolmas kategooria parakeele akte, mis on tahtlikud kuid iseloomult imitatiivsed. Need on näiteks teadlik naeratamine suhtlemise käigus, noogutamine ja näoilmete sünkroniseerimine vestluse kuulamisel jne. Esimese ja kolmanda kategooria parakeele akte võib nimetada imitatiivseteks ja teise grupi omi semantilisteks. Imitatiivsed aktid moodustavad enamuse kogu parakeele aktide hulgast.

2.3 Parakeele definitsioon antud töös

2.3.1 Parakeele üldine definitsioon

Parakeel on mitteverbaalne osa inimkommunikatsioonist, mida nii sõnumi saatja kui vastuvõtja käsitlevad kommunikatsioonina.

Definitsioonist on välja jäetud see osa sõnumist, mida saaja võib interpreteerida sõnumina, kuid mis ei tulene ega sõltu saatjast ja vastupidi. Ehk kõik sellised sõnumid, mis tekivad müra eest ei käi definitsiooni skoobi alla.

Lisaks on mõistlik defineerida parakeel ka läbi kõneakti:

parakeele akt on osa kõneaktist, mis koosneb parakeele aktist ja kõnest.

Uue meedia kontekstis on nii parakeele akt kui kõne tekstiline. Maksimaalne kõneakti skoop on parakeele akt pluss kõne, minimaalne on ainult üks neist. See esmapilgul küllaltki triviaalne definitsioon on hiljem kõneaktide kodeerimisel väga oluline.

2.3.2 Uue meedia parakeele definitsioon

Uue meedia parakeel on antud töös:

uue meedia tekstides esinevad mittesõnalised sümbolid ja nende jaded, mis ei kuulu punktuatsiooni ja kapitalisatsiooni hulka.

Puntuatsiooni ja kapitalisatsiooniga antakse samuti edasi parakeele akte – näit. „LÕPETA ÄRA!” või „kas sa _palun_ võiksid vait jääda,” kuid sellise kasutuse eesmärk on tavaliselt foneetilise tähenduse edasiandmine – intonatsioon, hääletoon jne - mida tekstilisest sõnaühikust on raske lahutada, siis lihtsuse mõtte neid antud töös ei käsitleta. Sest siis peaks sisse võtma näited nagu „paluuun” ja „missateed” jne, mis teeks võimatuks eristada sõna kui ühikut parakeele tähendust kandvast süntaksist. Ehk käesoleva töös on uue meedia parakeele skoopi lihtsuse nimel mõnevõrra vähendatud.

2.4 Parakeel uues meedias

Uue meedia areng on toonud kaasa uute tekstipõhiste suhtluskanalite teke, mille levik ja kasutuselevõtt on olnud kiire ja massiline. Juba praegu toimub erinevatel andmetel (Levy 2004) ca pool 14-22 aastaste noorte kirjalikust suhtlusest läbi uue meedia tekstikanalite. Neist kolm tähtsaimat on e-post, tekstivestlus ja telefoni tekstisõnumid.

Nendes kanalites on ilmunud unikaalne parakeele süntaks, mis on tekkinud kaasproduktina tekstiliste sõnumite vahetamise sageduse olulisele suurenemisele. Tavalise kirj vahetuse puhul on reeglina sõnumite ajaline vahe minimaalselt päev, uue meedia tekstisõnumite ajaline vahe varieerub vahetust (alla 1 sekundi) mõningate minutiteni – tabel 1.

Tabel 1 - Uue meedia tekstikanalite sõnumiedastuskiirus

Kanal	Keskmine sõnumiedastuskiirus
Tekstivestlus (MSN, jututoad, Skype)	Alla 1 sekundi
Telefoni tekstisõnum (SMS)	4 sekundit
E-post	1-5 minutit

Tekstisõnumite vahetamise kiirus on omakorda loonud kasutajate jaoks spetsiifilise reaajas suhtlemise efekti. Sõnumeid saab vahetada nii kiiresti, et suhtlus sarnaneb oluliselt rohkem suulise kõne, kui traditsioonilise kirjaliku tekstiga. Seega on tekkinud hübriidmeedium, mille formaat on kirjalik tekst, kuid dünaamika suulise kõne oma.

Kuna suulise kõne lahutamatu osa on parakeel, on uue meedia tekstikanalites (edaspidi UMT) tekkinud dissonants meediumi ja selle kasutuspraktika vahel, kus võimatus rakendada suhtluskontekstis sisseharjunud sõnumipaare (koos esinevad parakeele ja kõnelise sõnumi paarid, nagu näiteks tervitus ja naeratus) on loonud spetsiifilise parakeele süntaksi, mis tühimikku täidab. Sellise parakeele tuntuimad näited on emotikonid, mis koosnevad tekstisümbolitest ja mille graafiline kuju imiteerib enimlevinud näo- ja kehailmete stereotüüpe. Lisaks emotikonidele kasutatakse parakeelelisi situatsioone kirjeldavate lausete lühendeid (näiteks LOL, ingl kl „laughing out loud”), punktuatsiooni ning kirjamärkide kapitalisatsiooni.

Mõned näited parakeele kasutusest uue meedia tekstides:

Tabel 2 - Näiteid parakeelest uue meedia tekstides. Parakeele elemendid olen vormistanud rasvases kirjas.

Tere, mina kaa... :DDDD
No kurat :(nii küll ei oleks pidanud :(((
Äh, et nagu mida :-S
LOL , napakas, vaata <u>pilti</u> korralikult :P

Allikas: TÜ arvutuslingvistika uue meedia tekstivestluste korpus

Parakeele hüpe uude meediasse pakub parakeele funktsioonide uurimiseks uusi ja täiesti unikaalseid võimalusi. Kuigi uues meedias tekkinud parakeele süntaks ei ulatu väljendus- ja tähendusrikkuselt suulise kõne parakeelega samale tasemele, omab ta ühte olulist eelist: parakeele elemendid on uue meedia tekstisuhtluses selgelt eristatavad ja kvantifitseeritavad. See võimaldab meil üsna kergelt vastata küsimusele, kas antud kõneakti juures on esindatud parakeele elemendid ja milline on nende vorm – küsimus, mida suulise kõne uurijatel on suhteliselt keeruline ja sageli ka võimatu vastata.

3 Hüpoteesid

3.1 Eeldused

Enne hüpoteeside püstitamist on esmalt vaja veenduda, et need sümbolid ja märgid, mis uue meedia tekstides esinevad, on üldse parakeelse iseloomuga.

Esiteks näitavad Martin Lea ja Russell Spears oma töös „Parakeel ja –tunnetus arvutipõhises suhtluskeskkonnas” (Lea 1992), et need tekstilised elemendid toimivad oma mõjult samamoodi dialoogi juhtimisel nagu ka suulise kõne parakeele aktid.

Teiseks on uue meedia parakeele süntaks algusest peale esinenud kujul, mis imiteerib vahetuid parakeele akte kehahoiaku või näoilme kaudu, ehk parakeel uues meedias on suures osas piktogrammiline. Näiteks naeratust ja positiivsust tähistav emotikon :-) ja vastupidist emotsiooni tähistav :-(on ilmselgelt piktogramm. Seega on mõistlik oletada, et nad on tekkinud meediumisse teostamaks samu parakeelelisi funktsioone, mitte uusi.

Kolmandaks on selliste sümbolite olemasolu raske üldse millegi muuga seletada kui parakeele aktide nõ importimisega meediumisse. Kõige tõenäolisemalt on uue meedia tekstikanalites tekkinud dissonants meediumi ja selle kasutuspraktika vahel, kus võimatus rakendada suulises kõnes sisseharjunud parakeele akte on loonud spetsiifilise parakeele süntaksi, mis tekkinud tühimikku täidab. Juhul kui need ei ole parakeele aktid, siis mis need on? Mulle ei ole teada ühtegi teaduslikku tööd või publikatsiooni, kus seataks nende sümbolite parakeelne päritolu kahtluse alla.

Neljandaks - ei ole ühtegi uue meedia parakeele märki, mis ei oleks vaste meediumivälisele parakeele aktile. Kõik emotikonid, lühendid jm parakeele märgid on vastavusse viidavad uue meedia välise parakeele aktidega - ilmnegu need siis suulises kõnes, grupikäitumises jne. Ei ole ühtegi parakeele märki, mille tähendus oleks mõistetav ainult läbi uue meedia konteksti.

3.2 Hüpoteesid

Erinevad teadlased (Dawkins 1979, 2002, Blackmoore 1999, 2002, Lynch 1996) on esitanud parakeele olemuse kohta imitatsiooni hüpoteesi, mis väidab, et parakeel on tekkinud läbi imitatsiooni, parakeelt õpitakse läbi imitatsiooni ja oluline osa parakeele funktsioonist ongi imitatsioon, mitte tähenduse loomine või edastamine.

Käesolev töö võtab hüpoteesiks, et

oluline osa parakeele akte uues meedias lisatakse kõneaktile mitte tähenduse muutmiseks vaid teise parakeele akti imiteerimiseks.

Selle hüpoteesi kontrollimine nõuab kõigepealt parakeele genereerimise uurimist ja siis järeldust, kas mingi osa sellest on imitatiivne ning kui, siis kui suur osa.

Et hüpotees oleks kontrollitav, tuleb defineerida „oluline osa” ja „imiteerimine”.

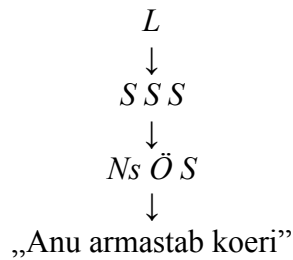
„Olulist osa” defineerida on üpriski raske. Keel ja parakeel on nii massiivsed nähtused, et esinemissageduse protsent ei pea väga suur olema, et me omadust olulisena tunnetaks. Nt parasiitsõna puhul ei pruugi selle esinemissagedus kõneleja puhul ületada vestluses kümnet protsenti, et vestluskaaslane seda tähele paneks (Jusczyk 1997). Seega suulise kõne puhul on 10% minu meelest oluline osa. Kuigi parakeele aktid ja sõnad pole otseselt võrreldavad, järgin ma praegu kõne paralleeli ja väidan, et hüpoteesi jaoks on oluline osa selline, mis ületab 20% vaadeldud parakeele aktide mahust.

„Imitatiivne” on raskemini määratletav, kuna „täendus” on üldises kasutuses praktiliselt defineerimatu mõiste. Samas on võimalik kasvõi intuiivselt osutada tähenduse määra ja informatsiooni hulga omavahelisele seosele. Näiteks kõneaktist „*eee...ma arvan.. ee.. et punane variant on õige*” olen ma suuteline fraasist „*punane variant on õige*” tunduvalt rohkem informatsiooni eristama kui fraasist „*eee..*”

Käesolevas töös võrdsustatakse tähenduse hulk kodeeritava informatsiooni hulgaga. Ehk kõneakti (lause) tähenduse hulk on võrdne tema kodeerimiseks vajaliku informatsiooniga. See abstraktne määratlus muutub arusaadavamaks, kui vaadata praktilist näidet.

Kui kujutada ette mingis võõras keeles lauset, mis on kuulaja jaoks täiesti arusaamatu, võib lause kohta hakata informatsiooni andma järgmisel viisil. Kõige minimaalsem viis oleks lauset tähistada lihtsalt *L*. Järgmine viis oleks eristada sõnasid: (oletagem, et lause koosneb

kolmest sõnast) seega nüüd tähistab lauset $S S S$. Järgmisena anname sõnadele tüübid: nimisõna, öeldis, sihitis. Ehk lauset saab kirjeldada $Ns \bar{O} S$.



Selline näitlik liikumine, kuidas on võimalik ühte lauset kodeerida tähenduse suhtelisest miinimumist kuni kopeerimiseni näitab, et on võimalik üsna mõõdetavalt demonstreerida tähenduse mahtu. Andes (nagu eelmises näites) mitu selgelt defineeritud tähenduslikkuse astet, võib imiteerimist kirjeldada astmena tähenduslikkuse teljel. Kuid selline hüpotees oleks liiga paindumatu ja kinni semantiliste tasemete määramise metoodikast. Hõlpsam on läheneda imiteerimise probleemile antud hüpoteesi kontekstis teistpidi: leida kõne kirjeldamise semantiline tase, millega on kirjeldatav oluline osa parakeele akte kõneaktis ja vaadata siis, kas selle taseme kohta saab õigustatult öelda „pigem imiteeriv, mitte primaarselt tähendust loov või edastav” (Blackmore, 1999).

Seega on sõnastatav kontrollitavam hüpotees:

H1 on võimalik modelleerida olulise osa parakeele kasutust uues meedias

ja alamhüpotees:

H2 oluline osa kattub reaalse parakeele kasutuse praktikaga

ning küsimus

K1 kui palju on H1 ja H2 täitmiseks vaja teada parakeele aktiga kaasneva kõne kohta

Ehk uurimisküsimus K1 küsib, milline on piisav korpuse kodeerimise maht, et oleks võimalik luua mudel, kus parakeele kasutust ei kirjeldata reeglite ega tähendustabelite vaid imitatsioonifunktsioonide kaudu.

4 Töö eesmärgid

Töö eesmärgid tulenevad hüpoteesidest ja uurimisküsimusest:

E 1: Luua uue meedia parakeele kasutuse imiteerivat õppimist simuleeriv mudel

Uue meedia tekstikorpuse alusel luuakse parakeele õppimist simuleeriv mudel.

Selle aluseks on TÜ arvutuslingvistika töörühma uue meedia tekstivestluste korpus, mille maht on ca 7 miljonit sõna ja matemaatiline meetod, mida nimetatakse tehislukuks närvivõrguks. Tehislik närvivõrk simuleerib inimese kesknärvisüsteemi tööd andmete salvestamisel, töötlemisel ja väljastamisel. Võrk simuleerib õppimist leides andmekorpuses mustreid, kinnistab need enda struktuuri ja suudab neid kasutada uute andmete (testandmete) töötlemiseks.

E 2: Testida loodud mudelit reaalse uue meedia parakeele kasutusjuhtudega ja vaadata, kas mudeli tulemused ja testandmed langevad kokku.

Võrgule antakse informatsiooni parakeele aktide esinemissageduse ja –tingimuste kohta, kuid mitte juhtnõotide (nt tingimuslaused) vaid korpuse kaudu, mis on kodeeritud. Korpuse kodeerimise aste on erinev, et näha, millisel kodeerituse tasemel (ehk kui palju informatsiooni mudelile presenteeritakse, K1) on mudel suuteline parakeele aktide kasutusest õigesti aru saada. „Õigesti aru saamist” hinnatakse järgnevalt: korpusest eemaldatakse testandmed, mida võrgule „õpetamise” ajal ei presenteerita. Kui võrk on „õppimise” lõpetanud, presenteeritakse talle testkorpuses sisalduvaid kõneakte, kust on parakeele elemendid eemaldatud. Võrgule antakse ülesanne lisada soovi korral kõneaktile parakeele sümbboleid. Niipalju kui võrk suudab seda õigesti teha, võib mõõta võrgu mudeli adekvaatsust uue meedia parakeele kirjeldamisel.

E 3: Testi tulemuste põhjal anda hinnang hüpoteesidele ja uurimisküsimustele.

Tuleb hinnata mitu protsenti parakeele juhtudest testkorpuses suutis võrk õieti ära arvata ning selle eeldust, ehk kuipalju anti võrgule infot „õpetamise” faasis (K1). Viimane näitab meile kui võrd on protsess imitatiivne. Õieti genereeritud parakeele aktide protsent näitab, kas selliselt genereeritud parakeele osa ületab koguhulgast 20%.

5 Metoodika

Käesolev osa annab ülevaate, kuidas on võimalik parakeelt korpuse abil genereerida. Ehk kuidas on võimalik leida matemaatiline mudel õppimisele, mis leiab tekstikorpusest mustrid ja lähtuvalt suudab ise parakeele akte uutele lausetele lisada.

Parakeele kasutus toimub reeglite ja põhimõtete alusel, mis on kinnistatud inimese ajus. Üks võimalus parakeele toimimist juhtivaid printsiipe uurida on proovida eristada parakeel ülejäänud inimese käitumisest ja neid omavahel võrrelda. Enamik korralatsioonist aga on seotud kognitiivse käitumisega, mida on väga raske mõõta. Esiteks inimese puhul ei ole võimalik eraldada imitatsioon kui üks kognitiivne tegevus ülejäänust ja selle esinemist analüüsida. Teiseks kõik inimesed „oskavad” parakeelt ja seda informatsiooni inimese ajust on võimatu kustutada.

Alates 80ndate keskpaigast on selliste küsimuste lahendamiseks kasutatud tehisklikke närvivõrke (võrk, TN). Tehislik närvivõrk on kognitiivne süsteem, mis modelleerib inimaju kõrgemate talituste tööd. Võrkudega on uuritud ja lahendatud palju kognitiivseid probleeme – tuntumatest näiteks inimese ruumitajuvuse modelleerimine ja halltoonide eristamine (Sejnowksy 1992, Sejnowsky 1988), ebaregulaarsete verbide õppimise mehhanism (Plunkett 1991, Rumelhart 1986). Tehislik närvivõrk kui meetod on algselt kasutusele võetud matemaatikas, et lahendada hägusloogika probleeme, sealt on ta edasi levinud neuropsühholoogiasse ja lingvistikasse.

Enne kui ma näitan, milline peab olema võrk, et see modelleeriks parakeele kasutust uues meedias, kirjeldan lühidalt paari TN-i aspekti, mis on antud töö kontekstis tähtsad.

TN ei ole mingisugune masin ega aparaat, vaid kesknärvisüsteemi abstraktsioon, mis koosneb valemitest. TN koosneb suurest hulgast arvutuspunktidest, millest andmed läbi käivad ja TN-i valemid arvutavad arvutuspunktidesse tulevatele sisenditele väljundväärtusi ja muudavad vastustest lähtuvalt arvutuspunktide tugevusi. Neid arvutuspunkte nimetatakse neuroniteks või sõlmedeks. Sõlmedele antakse vastavalt TN-i looja eesmärgist lähtuvalt erisuguseid sisendeid nii, et TN teatud ajaperioodi möödudes on suuteline modifitseerima sõlmedes tehtavaid arvutusi nii, et need väljastaksid samasuguseid andmemustreid nagu sisendidki.

Seega on TN täiesti ignorantne teostatava protsessi „tähenduse” suhtes, tema arvutuspunktide valemid on lihtsalt arenenud treenimise käigus leidma kõige tõenäolisemat lahendit. Võrgu

arvutuspunktide algväärtused on juhuslikud – st kognitiivsete mustrite loomist alustatakse nullist.

Ehk tehislik närvivõrk on tegelikult suur hulk kalkulatsioone erinevate olekuseisundite tõenäosuse suhtes, kus iga olekuseisund on kirjeldatud omaette väärtusega. Nende väärtuste muutumine ajas vastavalt võrgule antud sisenditele ongi kognitiivne käitumine.

Antud töö hüpoteesi seisukohast on oluline, et tehislik närvivõrk lubab kirjeldada sellist mudelit, mis on suuteline modelleerima imitatsiooni kognitiivsest nullpunktist, kus seosed ja tähendused on täiesti juhuslikud. Kogu meetodi mõte ongi see, et mudelile uue meedia tekstikorpust presenteerides need kognitiivsed seosed alles luuakse ja kui tuleb välja, et need on sarnased imitatiivsetele, on hüpotees osaliselt kinnitatud.

5.1 Tehislik närvivõrk

5.1.1 Sissejuhatus

Viimase 20 aasta jooksul on radikaalselt suurenenud teadmine sellest, kuidas kognitiivsed protsessid toimuvad. Üldse teadlikkus sellest, et ajus on olemas teatud mehhanismid - rääkimata nende mõjust või dünaamikast – oli 20 aastat tagasi oluliselt väiksem. Ka praegu on võimatu näidata näpuga kohale ajus ja öelda, et see piirkond loob riime ja just niiviisi ning seeläbi seletada poeedi loomemehhanismi. See pole võimalik ega ka vajalik. Küll aga on üsna hästi kindlaks tehtud kognitiivsete protsesside üldine dünaamika; ühisosa, mis puudutab närvisüsteemi kõige komplitseeritumaid protsesse. See ühisosa ongi inimese kognitiivne mudel ehk teooria sellest, kuidas inimene informatsiooni töötleb ja vahendab. Viimase 20-15 aasta jooksul arendatud formaalne kognitiivne mudel suudab simuleerida väga paljudes aspektides inimese käitumist ja on heitnud palju valgust mitmetele inimkommunikatsiooni vastuseta küsimustele. Mudel, mis suudab simuleerida kognitiivseid protsesse annab hinnalise võimaluse modelleerida protsesse, mis on praktiliselt uurimisele ligipääsmatud – nt kuulujuttude levik ja dünaamika ei allu praktiliselt uurimisele, sest me ei pääse ühegi nähtuse elemendile adekvaatselt ligi ilma selles osalemata. Reaalse inimese puhul on raske pea sisse vaatama minna, miks ta just seda infokildu võimendamiseväärseks pidas.

On selge, et formaalne kognitiivne mudel on just nii hea, kui head on meie teadmised kognitiivsetest protsessidest. Ehk ta on kaugel täiuslikkusest. Kuid siiski on üpriski lai inimekäitumise valdkond, mida annab päris adekvaatselt kirjeldada ja mille dünaamika on tänu mudelile muutunud palju läbipaistvamaks ja mõistetavamaks. Nähtavale ilmub just nimelt see peidetud loogika, mille põhjal palju inimekäitumise loogikast tundub esmapilgul absurdne või ebaratsionaalne.

Seega tehislaku närvivõrgu mudeli kasutajad ei väida, et ajus käivad asjad täpselt nii nagu tehislaku närvivõrgus. Ehk kõik mis on viimasega modelleeritav on inimesele implitsiitselt omane. Väidetakse hoopis, et kognitiivne närvivõrgu mudel on selgelt senimaani kõige adekvaatsem viis kuidas neid nähtusi kirjeldada (Churchland 1990, McClelland 1986). Ehk võib ka rangelt võttes öelda, et ärgem üldse rääkigem kognitiivsetele teemadel (nagu nt imitatsioon või parakeel), sest puudub tõsikindel meetod. Kuid teema on siiski paljude jaoks huvitav ja seega oleks soovitatav kasutada sellist mudelit. Vaidlus, kas selline modelleerimine kirjeldab adekvaatselt inimese kognitiivseid protsesse või mitte, on käinud viimased 15 aastat,

ning keskendub sisuliselt kahe neuropsühholoogilise vaatenurga: konneksionismi ja lokalismi vastasseisule.

Tehisvõrgu meetodi oponentid keskenduvad pigem sellele, et konneksionism ei ole mudelina pädev, lokalistlik mudel inimese kognitiivsetest protsessidest on adekvaatsem ja geneetiline determinism inimajus on suurem. Seni kuni meditsiin pole täpselt näidanud, et neuronitevahelised ühendused tõepoolest „hüppavad” ühelt asendilt teisele (Kalisman 2005), et saa kindlalt väita, et konneksionistlik mudel kognitiivset käitumist adekvaatselt modelleerib.

Vaidlus, kas tehisliku närvivõrgu meetod on mudelina pädev või mitte, kestab tõenäoliselt veel aastakümneid ja ei ole käesoleva töö skoobis.

Meetodi poolt argumenteerivad tuntuimad publikatsioonid on:

- Sejnowski, T J; Koch, C; Churchland, P S (1988), „Computational neuroscience.” Science, 241, 1299-1306
- Churchland, P S; Sejnowski, T J (1990), „Neural Representation and Neural Computation.” Philosophical Perspectives, vol. 4, Action Theory and Philosophy of Mind pp 343-382

Vastuargumendid on hästi sõnastatud:

- Fodor, J A; Pylyshyn, Z W (1988), Connectionism and cognitive architecture: A critical analysis. [Cognition, 28, 3-71]
- Pinker, S; Prince, A (1988), On language and connectionism: Analysis of a parallel distributed processing model of language acquisition. [Cognition, 28, 73]

5.1.1.2 Metoodika allikad

Järgnev tehisliku närvivõrgu detailsem kirjeldus on süntees mitmest erinevast allikast.

Enamik tekstis kasutatud põhimõtetest tugineb Jeffrey Elmani tööühma (Elman 1990, 1991, 1993, 1996) ja David Rumelharti ja Geoff Hintoni töödelle (Rumelhart 1986, 1988, Hinton 1986, 1989). Rohkem allikaid metoodikakirjeldusel kasutatud ei ole.

Tegelikult ei ole eelnimetatud töid kasutatud isegi mitte otsese allikana – sarnast teksti ja mudelikirjeldust nendest viidetest ei leia. Autori teadmine mõistete kohta ja nägemus protsessidest põhineb lihtsalt nendel töödel. Kogu tekst on autori looming ja ei ole referaat.

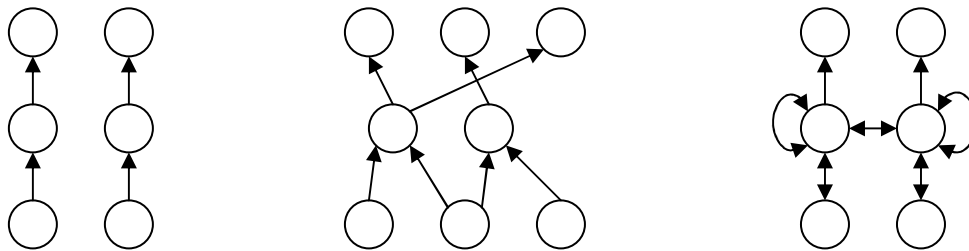
Viidatud töödes kohtab küll samasid valemeid kui järgnevas kirjelduses, kuid see samasus on

sarnane kahele tekstile, mis räägivad kolmnurkadest. Matemaatiliste printsiipide puhul ei kasutata reeglina allikaviiteid. Kui väide on võetud eelmainitud allikast on ka viide tekstile lisatud.

5.1.3 Tehisnärvivõrgu mudeli põhimõtted

Kuna mudel on ülesehitatud närvivõrgu põhimõtetel, võime mudelit edaspidi nimetada võrguks või süsteemiks. Võrk (süsteem) on üsna lihtsa ülesehitusega. See koosneb sõlmedest (neuronitest) ja ühendustest

Sõlmed on arvutuspunktide tähistused – igale sõlmele vastab arvutuspunkt. Sõlmed on suutelised ühenduste kaudu teineteist aktiveerima ehk teineteisele arvutamiseks väärtusi saatma. Sõlmede järjestikune aktiveerumine ehk neile väärtuste arvutamine ongi võrgu funktsioneerimine. Joonisel 1. on kujutatud mõned näited, kus sõlmi tähistavad ringid ja ühendusi ringidevahelised jooned.



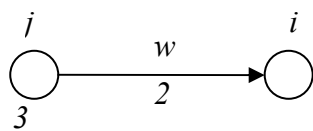
Joonis 1.

Nagu näha võib võrk olla üsna triviaalne või suhteliselt komplitseeritud seostega. Näeme, et sõlme võib saada sisend ühest või mitmest sõlmest (või temast endast) ja et ühendused võivad olla ühe- ja mitmepoolsed.

Sõlmed on modelleeritud närvirakkude analoogidena. Nagu neuronid, saavad nad ühenduste kaudu sisendi. See võib olla signaal külgnevalt neuronilt või hoopis väline impulss nagu valgus silmarakkudes. Need sisendid võivad olla eksitatoorsed (excitatory) või inhibitoorsed (inhibitory). Lihtsamalt öeldes: sõlme aktiivsust võimendavad või summutavad. Neuronite puhul eksitatoorne stiimul suurendab neuroni aktiivsust, inhibitoorne vähendab. Aktiivsus neuronite puhul tähendab korduvate elektriimpulsside edastamist ajaühikus teistele temaga seotud neuronitele.

Neuronil on kaks olekuseisundit: ta kas on aktiivne või pole. Ei ole vahepealset seisundit. Neuronit on võimalik aktiveerida, kui temaga ühenduses olev neuron saadab talle aktiveerimissignaali. Kui see signaal on piisavalt tugev, neuron aktiveerub ehk annab järgmisele neuronile edasi aktiveerimissignaali. See on antud võrgus modelleeritud andes sõlmedele reaalkaalu väärtusega numbrid (nt 5), mida nimetatakse sõlme aktiveerimise väärtuseks. Ehk igale sõlmele võrgus on antud mingi arvuline väärtus.

Sisend sõlmele tuleb seega teisest sõlmest ja liigub piki ühendusi. Ühendustel on erinev ühendustugevus. Ehk kui suure sisendi järgmine sõlm saab, sõltub ühenduse tugevusest. Ühenduse tugevust võib samuti mõõta reaalkaalu väärtusega – nt 2. Kui ühenduse tugevus on negatiivse väärtusega (nt -2) siis öeldakse, et sisend ehk sõnum esimest sõlmest järgmisesse on inhibitoorne, kui positiivse väärtusega, siis eksitatoorne. Ehk signaal, mis jõuab järgmisesse sõlme on eelmise sõlme aktivatsiooniväärtuse ja ühenduse tugevuse korrutis (Joonis 1.2). Järgmise sõlme kogusisend on nende signaalide summa.



Joonisel 1.2 on sõlm j , mis on ühendatud sõlmega i läbi ühenduse w . Kui sõlm j aktiveeritakse, siis sõlmeni i jõudva signaali tugevus on 6, kuna sõlme i enda väärtus on 3 ja ühenduse tugevus on 2. Kuna ühe sõlme külge võib olla ühendatud rohkem kui üks sõlm, tähendab see, et kõikidest sõlmedest tulevad signaalid tuleb summeerida, et teada saada kui tugev ok kogusignaal mis sõlmeni jõuab.

Sisendite summeerimine

Iga sõlmeni jõudev signaal on arvuline väärtus, nende summa on antud sõlme kogusisend. Matemaatiliselt kirjeldame seda järgnevalt:

$$net_i = (w_0 a_0) + (w_1 a_1) + \dots + (w_n a_n)$$

ehk

$$net_i = \sum w_{ij} a_j \quad \left| \text{Valem 1.1} \right.$$

net_i antud sõlme kogusisend

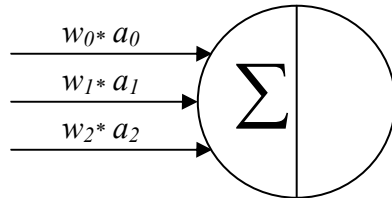
i antud sõlme indeks – nt järjekorranumber

a_j sõlme j (mis saadab signaali sõlme i) aktiveerimisväärtus

w_{ij} ühenduse tugevus sõlmest j sõlmeni i

Pildiliselt saame kujutada sõlme esimest funktsiooni nii:

Joonis. 2.1



Näide:

Esimese sisendsõlme aktivatsiooniväärtus on 5.

$$a_0 = 5$$

Esimese sisendsõlme ühendus tugevus antud sõlme on 2.

$$w_0 = 2$$

Teise sisendsõlme aktivatsiooniväärtus on 6.

$$a_1 = 6$$

Teise sisendsõlme ühendus tugevus antud sõlme on 1.

$$w_1 = 1$$

ja kolmandal:

$$a_2 = 3$$

$$w_2 = -2$$

Ehk kogusisend antud sõlme kasutades valemit 1.1 on:

$$net_i = (5*2)+(6*1)+(3*-2) = 10$$

Selle sisendiga midagi edasi peale hakkamine on sõlme teine funktsioon.

Sõlme aktiveerimine

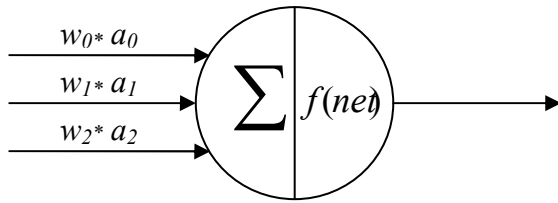
Teine funktsioon otsustab kas antud sõlm aktiveeritakse lähtuvalt sisendi väärtusest või mitte.

Aktiveerimisfunktsiooni võime tähistada valemiga $f(net_i)$ ehk funktsioon kogusisendile.

Kõige lihtsam mudelis ongi sisend aktiveerimisfunktsioon. Ehk mis sõlme siseneb, sealt ka edasi järgmistesse sõlmedesse liigub. Kuid inimaju neuronid töötavad natuke teistel põhimõtetel (Rumelhart 1986, Quinlan 1991). Reeglina on neuronil või sõlmel mingi aktiveerimislävi (*threshold*), mille sisend peab ületatama, et neuron aktiveeritaks. Näiteks võib ühe neuroni aktiveerimisväärtus olla 9. Kui sisendite summa on 7, neuronit ei aktiveerita. Kui summa on 9 või rohkem, neuron aktiveeritakse.

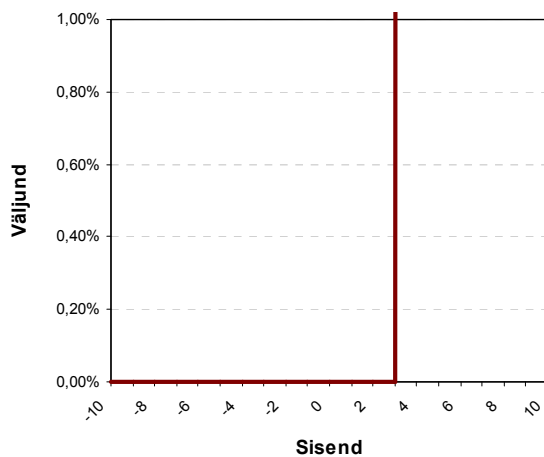
Sõlme teist funktsiooni võime kujutada pildil järgmiselt:

Joonis. 2.2

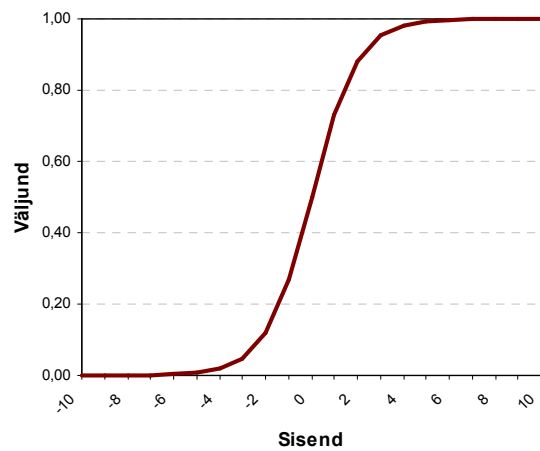


Kõige lihtsam aktiveerimisväljundi arutamise funktsioon oleks binaarne. Ehk sisend, mis jääb alla läve saab aktiveerimisväärtuseks 0 ja sisend, mis üle, saab 1. Kui sõlme lävi on nt 4, saaksime binaarset funktsiooni kujutada nagu joonisel 3.

Joonis. 3 - Binaarfunktsioon



Joonis. 4 - Eksponentfunktsioon



Enamikes võrkude mudelites ei ole aktiveerimisfunktsioon binaarne ega ka mitte lineaarne. Reeglina on tegemist tundlikuma muutusega, mida aitab hästi väljendada eksponentfunktsioon (vt joonis 4). Näeme, et poole skaala ulatuses kehtib jätkuvalt kõik või mitte midagi (1 „kõik”, 0 „mitte midagi”), kuid vahemikus -4 ja 4 on sõlm suuteline eristama väga tundlikku dünaamikast signaali tugevuse muutuses. Ehk on modelleeritud inimmärvirakkude tundlikkus teatud vahemikus olevale signaalile. Näiteks heli puhul on kõrv suuteline eristama väga väikeseid muutusi helisageduse väga kitsas vahemikus (ca 1kHz, mis on inimehäälele omane), kuid enamikus skaalal on tundlikkus nõrk ja tehakse väga „robustseid” otsuseid. Sama kehtib ka nägemise puhul - pole mingit mõtet koormata aju pidevate teadetega, et kõik on ühtlaselt valgustatud või et valgus puudub, kui tumeda ja heleda kontrastid on palju olulisemad. Protsessi saab osalt nimetada info selektiivseks hävitamiseks – silm selekteerib sellise informatsiooni, mida on vaja ajule edasi anda. Sellist dünaamikat, kus me sisendi suurusel lähtuvalt lähendame summat kas nullile või ühele, on kõige lihtsam modelleerida teatud eksponentfunktsiooni abil.

Sõlm/neuron töötab lõplikult ikkagi binaarsel põhimõttel – ehk 0 või 1; kuid sisenditundlikkus võib olla täiesti mittelineaarne. Neuronitel ajus esineb ka sisendi akumulereerumist – ehk kui sihtneuronit ,pommitatakse’ pidevalt natuke alla läve jäävate elektriimpulssidega, tõuseb vastavalt ,pommitamise’ kiirusele ajas ka neuroni laeng.

Tehisvõrkude avatuse ilu seisneb paljuski selles, et me saame anda sõlmedele võrgus (või tervetele alamvõrkudele) erinevaid aktiveerimismudeleid. Ehk modelleerides kuulmist on sobiv kasutada eksponentfunktsioone, mõne teise tegevuse puhul on aga mõistlik kasutada lineaarset või binaarset funktsiooni. Reaalselt kombineerivad ühe võrgu erinevad kihid erinevaid funktsioone, et saada võimalikult tegelikkuse-lähedane mudel.

Sellist kõverat nagu joonisel 4. nimetatakse sigmoidiks. Sellise funktsionaalsuse saame valemiga:

$$a_i = \frac{1}{1 + e^{-net_i}} \quad \left| \begin{array}{l} \text{Valem 1.2} \end{array} \right.$$

a_i sõlme i aktiveerimisväärtus ehk väljund
 net_i sõlme i kogusisend (arvutatakse valemiga 1)
 e konstant e , ehk eksponentkonstant (väärtusega $\sim 2,71828$)

Valem 1.2 lubabki meil sisendite summa ümber arvutada vahemikku 0 kuni 1, kusjuures funktsioon on eriti tundlik teatud sisendi piirkonna suhtes. Joonisel 4. on näha, et kõik sisendid, mis ligenevad nullile muudavad palju rohkem sõlme aktiveerimisväärtust kui ülejäänud sisendipiirkonnad.

5.1.4 Võrgu treenimine ja õppimise metafoor

Senini oleme kirjeldanud lihtsaid võrke, mille elementidele on väärtused (ühenduste tugevused, sõlmede aktiveerimisfunktsioonid) juba ette ära antud. Kuid reaalses elus ja eriti inimkäitumist modelleerides, on süsteemi algseis pigem juhuslik, ning võrgu elemendid saavad oma väärtused ,õppimise’ käigus. (Nt on mitmed uuringud näidanud, et inimaju prefrontaalse korteksi osades, mis tegelevad kõrgeima taseme närvisüsteemi koordinatsiooniga, on algseis üsna lähedane *tabula rasale* – neuronite olekuseisundid ja ühendused luuakse lapse arengu käigus ja mängitakse vastavalt vajadustele inimese eluea jooksul ümber (Kalisman 2002)).

Antud juhul kasutatakse õppimisalgoritmi, mida nimetatakse vea tagasilevitamiseks (*backpropagation of error*) (Rumelhart 1986). Tagasilevitamist nimetatakse matemaatikas ka „üldistatud delta reegliks”. Täiskujul on antud algoritm kirjeldatud viites (Rumelhart 1986) olevas publikatsioonis, mille äratoomine oleks siinkohal liiga mahukas.

Tagasilevitamise protsess algab kõigepeal võrgu seadistamisega nii, et ühendustele antakse suvalised tugevused – reeglina ühtlaselt jaotatud, keskmise väärtusega 0 ja määratud ülemise ja alumise piiriga (tavaliselt ± 1). Lisaks antakse ka õppeandmete hulk, mis on sisend-väljund paaride vormis. Näiteks

{1,1; 2,4; 3,6; 4,8; ... x,y}

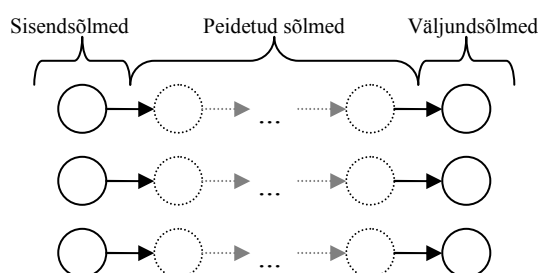
Süsteemi treenimise / õpetamise eesmärgiks on saavutada üks ühendustugevuste hulk, mis iga sisendi puhul väljastab treeningkorpuses näidatud väljundi. Tihti on eesmärgiks, et saavutatud ühendustugevused suudavad töödelda vastavalt ootustele ka korpuseväliseid andmeid.

Ehk sisestades süsteemi arvu 1, tahame vastuseks sellist arvu, mis on talle vastavusse seatud õppeandmetes. Meie näiteks on see 1. Natuke keerulisema näite puhul sisestame me süsteemi verbi „mõtlemas” ja tahame vastusena kõiki mineviku vorme verbist. Ehk me ei ütle süsteemile kuidas tulemust saada (määrame ühendused juhuslikult) vaid me soodustame sellist ühendustugevuste dünaamikat, mis annab meile korrektse tulemuse.

See on üks süsteemi olulisemaid väärtusi inimkäitumise modelleerimise puhul – me ei ütle kuidas peaks tulemuseni jõudma vaid treenime süsteemi seni, kuni ta jõuab ja seejärel alles vaatame, milliseks on ühendused arenenud.

Treenimisrutiin hõlmab mitut etappi. Kõigepealt valitakse juhuslik sisend/väljund võrgus. See võib olla lihtsalt kaks sõlme või ka suurem sõlmede süsteem. Mis toimub sisendi ja väljundi vahepeal, meid antud hetkel ei huvita. Vahepealset sõlmede süsteemi nimetame „peidetud sõlmedeks”.

Joonis. 5 – Peidetud sõlmed



Kuna süsteemi algseisundis on kõik ühenduste tugevused täiesti juhuslikud, siis sisestades treeninghulga sisendväärtust juhuslikult valitud sisend/väljund-paari, ei saame me suure tõenäosusega vastu treeninghulgas defineeritud väljundit. Järgmisena me võrdleme kogu võrgu väljundsõlmede väärtusi treeninghulgas antud väljundite väärtustega nii, et igale väljundsõlmele antakse veaväärtus. Sõlme veaväärtus on treeninghulgas näidatud sõlme väärtuse ja reaalse sõlme väljundiväärtuse vahe. Kuna sõlme väljund tuleb läbi aktiveerimisfunktsiooni, tuleb viimane ka vea arvutamisse kaasata. Järelikult arvutame sõlme tehtud viga järgnevalt:

$$\delta_{ip} = (t_{ip} - o_{ip})f'(net_{ip})$$

δ_{ip} sõlme i viga treeningväärtuse p suhtes, δ hääldatakse „delta”

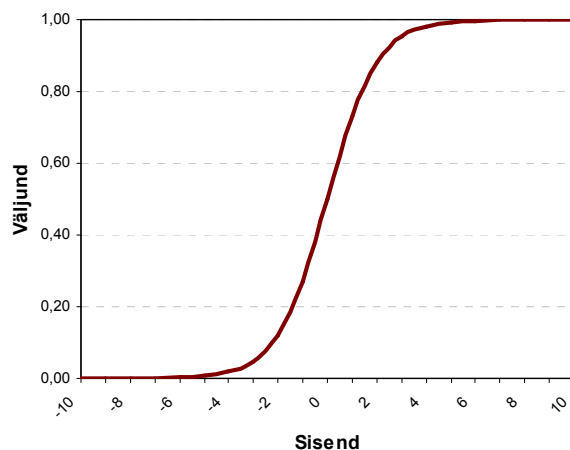
t_{ip} treeninghulgas p määratud sõlme i väljundi väärtus

o_{ip} võrgus oleva sõlme i reaalne väljundiväärtus

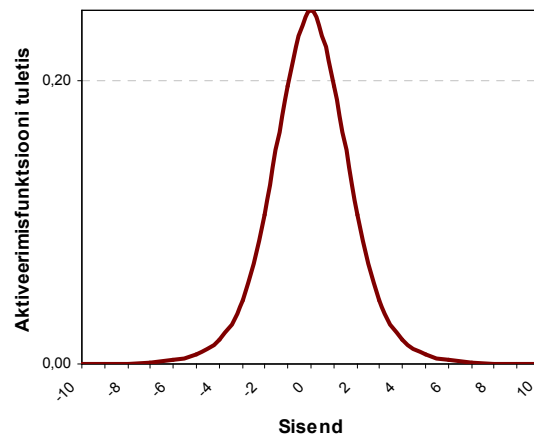
$f'(net_{ip})$ esimese astme tuletis funktsioonist $f(net_{ip})$

Tuletis on matemaatiline termin, mis tähendab funktsiooni muutumise määra defineerimist. Kui vaadata funktsiooni graafikul võib lihtsustatult öelda, et tuletis näitab kui järsk on graafiku nõlv. Joonisel 6. kujutatud funktsiooni tuletist saab seega graafiliselt väljendada nagu joonisel 7.

Joonis. 6 - Eksponentfunktsioon



Joonis. 7 – Esimese astme tuletis eksponentfunktsioonist



Ehk tuletise väärtus on kõige suurem kui sisend on 0 või läheneb nullile. Ehk see graafik näitab meile samuti sõlme tundlikkust sisendi suhtes ainult natuke teistmoodi. Korrutades vea läbi tuletisega, saame vea lõppväärtuse väiksema kui sisend pole tundlikkus piirkonnas ja suurema, kui sisendi väärtus langeb vahemikku, kus selle väärtuste väiksemgi muutumine on oluline.

Esimese astme tuletis funktsioonist $f(net)$ ehk $a_i = \frac{1}{1 + e^{-net_i}}$ on $a(1-a)$

$$\text{ehk } f'(net) = \left(a_i = \frac{1}{1 + e^{-net_i}} \right)' = a(1-a)$$

Kuna veavalemis kasutame väljundini tähistamiseks tähte o siis kirjutame veavalmisse $a(1-a)$ asemel $o(1-o)$. Ehk lõplik veavalem on

$$\delta_{ip} = (t_{ip} - o_{ip}) f'(net_{ip}) = (t_{ip} - o_{ip}) o_{ip} (1 - o_{ip})$$

ehk

$$\delta_{ip} = (t_{ip} - o_{ip}) o_{ip} (1 - o_{ip}) \quad \left| \text{Valem 1.3} \right.$$

See valem näitab meile vea lõplikku väärtust kuid sisendi ja väljundi vahele võib jääda n -arv ühendusi (joonis 5, peidetud sõlmed). Harva viib sõlmeni ainult üks ühendus. Ehk peame muutma iga sisendi ja väljundi vahele jäävat ühendust. Me teame väljundist, kui suur on lõplik viga. Vea vähendamiseks tuleb muuta ühenduste tugevusi, mis annaks lõpptulemusena sama väärtuse nagu treeninghulga sõlmel. Ehk me peame muutma iga ühenduse w tugevust, mis algab sõlmest j ja lõpeb väljundsõlmes i . Iga üksiku ühenduse muutu tähistame Δw_{ij} (Δ hääldatakse samuti „delta”) ja arvutame seda näidates, kuidas muutus vea väärtuses suhestub muutusesse ühenduse väärtuses. Ehk võrgu „õpetamiseks” on vaja fikseerida ühenduse väärtuse muutmise tulenev ja vea vähenemine või suurenemine. Ehk ühenduse muut on võrdne vea muudu ja ühenduse muudu suhtega. Seda tähistame matemaatiliselt alljärgnevalt:

$$\Delta w_{ij} = -\eta \frac{\partial E_p}{\partial w_{ij}} \quad \left| \text{Valem 1.4} \right.$$

Δw_{ij}	ühenduse w tugevuse muut sõlmest j sõlmeni i
∂E_p	vea muut
∂w_{ij}	ühenduse muut
η	konstant η , võrgu treenija valitud arv, kus $\eta > 0$ ja $\eta < 1$

Kuna meil on vaja leida ühendustele tugevused, mis annavad õiged (ehk treeninghulgas määratud) vastused kõikidele sisenditele, on vajalik konstant η , mis vähendab muutuse määra, kuna liiga palju ühe korra jooksul ühenduse tugevust muuta ei pruugi olla kasulik.

Valemi $\Delta w_{ij} = -\eta \frac{\partial E_p}{\partial w_{ij}}$ puhul huvitab meid eelkõige kuidas arvutada parem pool võrrandist.

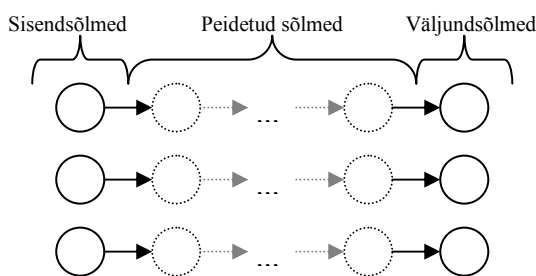
Selle saame teisaldada $-\eta \frac{\partial E_p}{\partial w_{ij}} = \eta \delta_{pi} o_j$ ehk

$$\Delta w_{ij} = \eta \delta_{pi} o_j \quad \left| \text{Valem 1.5} \right.$$

Viites (2) on kirjas detailsem matemaatiline seletus kuidas selle võrrandini jõutakse.

Meile piisab hetkel teadmisesest, et muutus ühenduse tugevuses saadakse sõlme i vea ja sisendsõlme j väljundi (o_j) korrutisena. Viga korrutatakse sõlme j väljundiga, sest kui antud sisendsõlm j oli väga aktiivne ja tema väärtus moodustas sisendite summast (Σ) olulise osa, on ka tema osa vea väärtuses teistest suurem. Konstant η on meil valemis selleks, et ühenduse tugevuse muutus liiga suur ei saaks, sest nagu varsti selgub, me soovime seda muuta pigem vähehaaval kui palju ja korruga. Konstant η -le anname me reeglina seega väärtuse, mis on väiksem kui 1 (näiteks 0,1 ehk jagame 10-ga).

Olles leidnud selle valemiga vea sõlmele i , tuleb järgnevalt leida veaväärtused kõikidele ülejäänud väljundsõlmedele võrgus. Sõlmi on võimalik vastavalt ühendustele jagada kihtidesse.



Antud joonisel oleks esimene kiht sisendsõlmed ja viimane kiht väljundsõlmed. Kõik vahepeale jäävad sõlmed kuuluvad väljundsõlmest selle võrra väiksemasse kihti, mitme ühenduse kaugusel nad väljundsõlmest on. Ehk kui väljundsõlmed kuuluvad kihti n , siis kõik sõlmed, mis ühenduvad väljundsõlmedesse kuuluvad kihti $n-1$. Vea arvutamise seisukohalt pole oluline, kas need sõlmed on väljundsõlmedest „eespool” või „tagapool” ja milline on ühenduse tüüp (nagu me märkisime, või ühendus olla nii ühe- kui kahepoolne). Vea arvutamisel ja selle levitamisel on oluline, et alustades vea arvutamist sõlmedest, mis kuuluvad kihti n , jõuame me $n-1$ põhimõttel edasi liikudes lõpuks sisendsõlmedeni. Ehk meil

ei ole vaja teada „peidetud sõlmede” ja nende ühenduste täpset arvu, piisab kui me anname algoritmi, mis „liigub ühendusi pidi” ja arvestab iga järgmise sõlme juures eelmise väärtust. Kihti n kuuluvaid sõlmi võime nimetada ka antud võrgu lõppsõlmedeks.

Väljundsõlmede vea arvutamine on lihtne, sest meil on olemas treeninghulk, kus on ette antud väljundsõlme i õige väärtus. Kui me aga liigume sõlmest i tagasi sõlmeni j , mis asub peidetud kihis, ei saa me enam kasutada vea arvutamiseks valemist 1.3, kuna see sõlm asub nõ vahepealses kihis ja selle „õigest” väärtusest me pole teadlikud, seda meie treeninghulk ei näita. Treeninghulgas on määratud ainult lõpptulemus ehk lõppsõlmede õiged väärtused. Seetõttu me anname peidetud sõlmele j , mis asub kihis $n-1$ edasi veaväärtused nendest kihi n sõlmedest, mille aktiveerimisel ta on osalenud. See on mõneti nagu tagurpidi summeerimine – selle asemel et liita mitme sõlme väljundid üheks, võtame me lõppsõlme i väljundi, arvutame selle vea ja jagame selle vea ära kõikide sisendsõlmede vahel, vastavalt sisendsõlme proportsioonile. Või teisiti öeldes, võttes arvesse, et üks sõlm saab anda sisendi mitmele teisele sõlmele: me summeerime antud sõlme poolt aktiveeritud lõppsõlmede vead ja korrutame tulemuse läbi iga ühenduse tugevusega, kuna väikese ühendusetugevuse puhul on ka selle sõlme osakaal koguveas väike. Niimoodi liigume me igalt sõlmelt järgmisele kuni oleme vea „levitanud” üle kogu võrgu. Seda protsessi nimetataksegi vea tagasilevitamiseks ja seda defineerib järgmine valem:

$$\delta_{ip} = f'(net_{ip}) \sum \delta_{kp} w_{ki} \quad \left| \quad \text{Valem 1.6} \right.$$

δ_{ip}	peidetud sõlme i veaväärtus võrgus p
$f'(net_{ip})$	peidetud sõlme i aktiveerimisfunktsiooni derivaat
δ_{kp}	sõlme k (mis on sõlme i väljundsõlme) viga
w_{ki}	sõlme i ja sõlme k vahelise ühenduse tugevus

Ehk vea tagasilevitamine koosneb järgmisest etappidest:

1) Lõppsõlmede vea arvutamine

kasutades valemit 1.3 arvutatakse kõige lõppsõlmede viga.

2) Peidetud sõlmede vea arvutamine

kasutades valemit 1.6 arvutatakse iteratiivselt kõigi lõppsõlmede ja sisendsõlmede vahele jäävate sõlmede veaväärtused

3) Ühenduste tugevuste muutmine vastavalt sõlmele antud veaväärtusele

kasutades valemit 1.4 arvutatakse kõigi võrgus olevate ühenduste muut.

Vea tagasilevitamise protsessi korratakse senikaua kuni võrk annab kõigile treeninghulga väärtustepaaridele samad (või piisavalt sarnased) sisend-väljundväärtuste paarid. Vea tagasilevitamise protsessi kordamist nimetatakse võrgu õpetamiseks.

Võrgu õpetamise dünaamika muutub ajas. Ehk võrgu loomisel on ühenduste väärtused reeglina väikesed - keskmine väärtus 0, alumine piir -1 ja ülemine 1. Kuna me vea arvutamisel korrutame tulemuse läbi aktiveerimisfunktsiooni tuletisega (mis on kõige suurem 0 ümbruses (vt joonis 7)), siis õpetamise tulemusena muudetakse kõige rohkem kõige väiksemaid väärtusi. Ehk kui süsteem on „noor” ja ühenduste väärtused väikesed õpib ta kiiremini, kui süsteem on „vanem” ja ühenduste väärtused suuremad (ühenduse väärtus eemaldub nullist), väheneb tuletise osa vea arvutamisel (vt joonis 7) ja iga „parandus” on üha väiksem. Ehk mida „vanemaks” võrk saab, seda kauem aega võtab tal uute asjade õppimine.

5.1.5 Mudeli kasutamine

Mudeli kasutamine tähendab võrgu loomist mingi kognitiivse protsessi modelleerimiseks. Kõige rohkem on loodud selliseid mudeleid keeleprobleemide lahendamiseks, kus proovitakse aru saada, kuidas tekivad huvitavad ebaregulaarsused ja muud raskesti põhjendatavad keelearengud.

Kognitiivset protsessi modelleerides tuleb vastavalt modelleeritavale nähtusele üles ehitada erinev võrk. Tavaliselt on need võrgud väga suured – et adekvaatselt modelleerida nt loomuliku keele genereerimisprotsessi tervikuna, tuleks üles ehitada sadadesse tuhandetesse ulatuva sõlmede arvuga võrk, milles olevate ühenduste hulk on sadades miljonites. Kui me tahame uurida visuaalseid assotsiatsioone ja nende tekkimist on meil vaja üles ehitada visuaalne väli – nt üks sõlm tähistab ühte pikselit nägemisväljas, mis on suur $10^4 \times 10^4$ sõlme. Sellisel juhul on tarvis ca 10^8 sõlme jne. Ka kõige võimsamad arvutid jäävad veel tänapäeval hätta selliste võrkude simuleerimisega viisil, mis annaks mingi mõtestatud tulemuse.

Kuid väiksema muutujate arvuga protsesside suhtes on mudel osutunud vägagi edukaks ja lubab isoleeritumaid kognitiivseid nähtusi kirjeldada seniolematult läbipaistvalt ja selgelt.

5.1.6 Mudeli loomine

Töötava tehisliku närvivõrgu loomiseks on vaja seega

- 1) disainida võrk ehk
 - a. sõlmede loomine
 - i. määrata sisendsõlmed
 - ii. määrata peidetud sõlmed
 - iii. määrata väljundsõlmed
- 2) ühenduste loomine
 - a. luua sõlmedevahelised ühendused
- 3) võrgu algseisundi kirjeldamine
 - a. anda sõlmedele algväärtused
 - b. anda ühendustele algväärtused
- 4) luua sisendmustrid
- 5) luua väljundmustrid (treeningandmed)
- 6) treenida võrku treeningandmetega
 - a. anda võrgule sisendmustreid, millest võrk proovib luua väljundmustreid
- 7) testida treenitud võrku uute andmetega
 - a. võtta andmehulk, mida pole treenimisel kasutatud ning anda see võrgule sisendina ning jälgida, kas väljund vastab treeninghulga mustritele

Pärast nende sammude loomist on meil arvutuspunktide/sõlmede süsteem, mis on spetsiifilisel viisil tundlik teatud andmemustritele.

5.1.7 Mudeli töölepanek ja arvutamine

Et treenida tehislisku närvivõrku on vaja läbi viia treeningtsükleid eelmises punktis kirjeldatud viisil. Treeningtsüklike arv ulatub tavaliselt mitmetesse tuhandetesse ja igas tsükli tehakse niipalju arvutusi, kuipalju on võrgus sõlmi ja ühendusi. See tähendab, et tagasihoidliku 10 sõlmest ja 20 ühendusest koosneva võrgu treenimiseks 5000 korda on vaja teha 150 000 arvutustsükli, mis igauks koosneb vea tagasilevitamise algoritme kasutades 3-5 arvutusest, mis teeb isegi väikese võrgu puhul arvutuste koguarvuks üle miljoni. Sellepärast on tehisnärvisüsteemide efektiivse toimimise eelduseks infotehnoloogiline keskkond, mis suudab neid arvutusi mõistlikus ajas läbi viia. Viimase 20 aasta areng infotehnoloogias võimaldab selliseid arvutusi läbi viia võimsamatel personaalarvutitel või arvutirühmadel.

Samuti on loodud programme, mis lubavad kasutajal ehitada oma võrk üles otse arvutisse. Need programmid teostavad treenimisarvutused ja võimaldavad võrgu spetsiifilist analüüsi. Üks tuntuimad selliseid programme, mida ka mina oma töös kasutan, on *tlearn*.

Tlearn on USA-s California Berkeley ja Columbia ülikoolides 90ndate keskel välja töötatud tarkvara tehisnärvivõrgu arvutuste teostamiseks ja analüüsiks. Jeffrey Elmani tööühme tööd (Elman 1990, 1991, 1993, 1996) annavad detailse ülevaate konneksionistlikust lähenemisest ja *tlearn*-is rakendatud põhimõtetest. Enamik sellest on refereeritud ka eelmistes mudeli kirjelduse punktides. Täpsem info *tlearn*i kohta on kättesaadav veebiaadressil:

<http://crl.ucsd.edu/innate/tlearn.html>

5.1.8 Mudeli analüüs

Mudeli analüüs on TN-i puhul üsna keeruline, kuna sõlmede ja ühenduste väärtused kujunevad välja dünaamiliselt ja kuigi erinevalt neuronitest on võimalik uurida iga sõlme ja temaga seotud ühenduste väärtusi iga andmemustri puhul, on selline tööprotsess äärmiselt mahukas. Juba 10 sõlme, 10 ühenduse ja 100 treeningpaari puhul on vaadeldavate olekuseisundite arv kümnetes tuhandetes. Neid ühekaupa omavahel tulemuslikult võrrelda on võimatu. Seetõttu on kasutusele võetud erinevaid statistilisi meetodeid koos graafiliste tuletistega, mis võimaldavad leida võrgu struktuuris mustreid. Kuid ka statistilise meetodite kasutamine on mõnevõrra raskendatud, kuna suuremad ja keerulisemaid ülesandeid lahendavad võrgud arenevad nii kompleksseteks, et on vaja spetsiifilist statistilist aparatuuri. Järgnevalt kirjeldan ma analüüsi meetodeid, mida ma oma töös kasutan võrgu valideerimiseks hüpoteesi jaoks.

Globaalne viga (global error)

Võrgu treenimise ajal saab arvutada võrgu väljundi ja väljundmustrite vahelist keskmist viga. See väärtus kehtib kõigi väljundsõlmede kohta ja näitab kuivõrd lähedal on võrk ülesande lahendamisele. Kui joonistada globaalse vea väärtusest ajas graafik, on võimalik näha milline on võrgu kui terviku õpikurv. Mida lähemal on globaalne viga (gE) nullile, seda lähemal on võrk ülesande lahendamisele.

Näide õpikurvist:

5.2 Uue meedia tekstikorpused

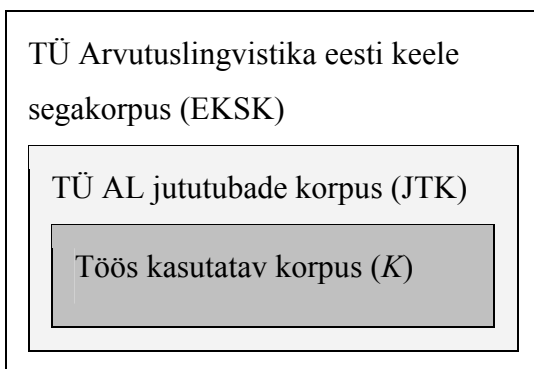
5.2.1 Andmekorpuse olemus

Nagu tehniliku närvivõrgu (TN) ülesehitust puudutavast peatükis näidatud, on toimiva kognitiivse süsteemi jaoks vajalik treeninghulk, mille abil võrk „üles ehitada”. See treeninguks vajalik andmehulk on TN-i jaoks nõ reaalne maailm, mida ta üritab modelleerida. Me võime ka ise anda TN-ile treenimisväärtused, kuid sellisel juhul me saame võrgu, mis modelleerib meie väljamõeldud andmeid, ehk autori nägemust nähtusest.

Antud töö eesmärgi saavutamiseks on vajalik andmekorpus, mille abil saab TN õppida parakeele elementide kasutamist. Selleks sobib iga uue meedia tekstikorpus, mille maht on piisavalt esinduslik. Piisavalt esinduslikku on antud juhul raske defineerida – on selge, et kui korpus koosneb 10 lausest, siis me ei saa selle põhjal eriti üldistusi teha. Ei ole võimalik ka öelda esinduslikkuse numbrit – et näiteks üle kümne tuhande lause sisaldav korpus on esinduslik. Küll on aga selge, et mida suurem on korpus, seda esinduslikum on tulemus.

5.2.2 Töös kasutatav andmekorpus

Töös kasutatav uue meedia tekstikorpus on alahulk Tartu Ülikooli Arvutuslingvistika töörühma poolt hallatavast eesti keele segakorpusse jututubade korpuse alamosast. Ehk käesoleva töö korpust kirjeldab järgmine skeem:



JTK korpuses on 300 interneti jututubade salvestust aastatest 2003 ja 2006, kokku ca 7 miljonit sõna umbes 2 miljonis repliigis. Kuna 2 miljonit repliiki paneks TN-i arvutussuutlikkusele liiga suure koormuse, on antud töö jaoks JTK-st eraldatud omakorda alahulk 100 000 repliigist, mis valiti välja arvutiprogrammi poolt juhuslikult genereeritud numbrite alusel.

Tekstid on pärit 22 erinevast jututoast. Repliikide erinevaid autoreid on ca 5000. Autorite demograafiline profiil on teadmata. Meili- ja interneti-aadressid on muudetud juba TÜ Arvutuslingvistika rühma poolt, et kaitsta kasutajate privaatsust.

5.2.3 Korpuse tehniline kirjeldus

Tekstid on internetist salvestatud ja teisendatud SGML kujule. Vajalikud programmid kirjutas Kaarel Veskis. Algsetes tekstides olnud täpitähed ja mõned muud märgid on teisendatud SGML-olemiteks. Kasutajate kirjaviis on säilitatud muutumatuna, s.h. numbrite kasutamine täpitähtede asemel.

Märgendamine lähtus tõdemusest, et jututoa salvestus on nagu näidendi üleskirjutus: tegelased tulevad lavale, esitavad oma repliigid ja lahkuvad sealt. Kõigi sündmuste aeg on märgendatud <time> abil; kõneleja on <speaker>; repliikide välised sündmused on <stage>.

Iga transkriptsiooni alguses on päis <teiHeader>, kus on dokumenteeritud faili sisu, suurus, kasutatud märgendid jms.

Näide transkriptsioonist on ära toodud töö lisas nr. 1.

6 Analüüs

Kõigepealt kodeeritakse korpus, nii et lausungid on kodeeritud tunnustega, mis ütlevad võrgule lause struktuuri, konteksti ja parakeele akti olemasolu. Võrku treenitakse kodeeritud korpusega. Pärast treenimise lõpetamist esitatakse võrgule kontrollgrupp, kus on samamoodi kodeeritud laused, kuid parakeele elemendid on eraldatud ja vaadatakse kui edukalt suudab võrk tühjad kohad „täita” parakeele elementidega.

6.1 Korpuse kodeerimine

Korpus koosneb lausungitest, mida ma nimetan kõneaktideks. Nagu teoreetilises osas defineeritud, koosneb kõneakt kõnest ja parakeele aktist. Kõige esimene korpuse kodeerimine seega tähendab lausungite kodeerimist kõneaktideks viisil:

$K_a = (k_i)$ kus k võib olla nii kõne (k) kui parakeele akt (p). Ehk korpuse lausung „Anu armastab koeri :)” kodeeritakse kp . Samamoodi kodeeritakse lausung „Anuke :) sa armastad koeri eksle ju :)” $kpkp$. Kogu verbaalset osa tähistatakse k ja parakeele osa (vastavalt definitsioonile lk 12) tähistatakse p . Parakeel akt p võib paikneda suvalises kohas kõneakti sees, mitte ainult kõne järel. Sellist kodeerimist, kus lausingist tehakse kõneakt, nimetan ma edaspidi elementaarseks kodeerimiseks ja see on kodeerimise esimene tase.

On raske sisulist tulemust, kui kogu korpus kodeerida nii elementaarselt. Ainus, mida sellise kodeerimisega leida võib, on parakeele aktide sagedus lausungites ja nende tõenäolised järjekorrad. Et saada täpsemat informatsiooni parakeele aktide ja kõne omavaheliste seoste kohta, tuleb korpus kodeerida informeerivamalt. On tõenäoline, et teatud kodeerituse astme juures suudab treenitud võrk kõik testgrupi parakeele aktid õieti ära arvata. Näiteks kui õpetada võrku 10 miljoni lausega, kus on näidatud iga sõna tähendus, kontekst, ütleja pragmaatiline soov jne, on tõenäoline, et võrk saab aru igast parakeele aktist ja selle kasutusest. Selline kodeerimine on aga töömahu poolest ülimahukas ja sellise kodeerimismahuga korpust ei suudaks üksi võrk läbi arvutada. Ehk tehniliselt on tegemist lahendamatu probleemiga. Seetõttu tuleb leida kodeerimise tase, mis oleks arvutatav. Mind huvitab antud töös kõige minimaalsem tase, kus võrk on suuteline olulise osa parakeele aktide kasutust ära õppima. Kui ma olen selle minimaalse taseme leidnud, saab vaadata, kas võrgu funktsioon on imiteeriv või mitte.

Minimaalse taseme leidmiseks on kõige kergem viis jagada korpus osadeks, iga osa kodeerida järjest infomahukamal viisil ja testida millise kodeerimise taseme juures võrk 20% parakeele

aktidest suudab selgeks õppida. Tase, kus igale sõnale on antud detailne semantiline kirjeldus, mind ei huvita, sest kui võrk alles siis suudaks parakeele akte õieti kasutama hakata, tähendab see, et imiteerimise hüpotees ei vasta tõele. Seega huvitab mind korpuse kodeerimine allapoole sõna-semantilist taset.

6.1.1 Esimene kodeerimise tase (A)

Esimene kodeerimise tasemel kodeeritakse korpus elementaartasemel, nagu eespool näidatud: $K_a = (k_i)$ kus k võib olla nii kõne (k) kui parakeele akt (p). Kogu verbaalset osa tähistatakse k ja parakeele osa tähistatakse p .

Korpuse lause	Kodeeritud lause
„ma ei saa :) uskumatu!!”	Kpk
„Anuke :) sa ju armastad koeri :)”	Kpkp

6.1.2 Teine kodeerimise tase (B)

$K_a = (k_i)$ kus $k_i = k|p$ laiendatakse nii, et k seatakse vastavusse kõne struktuuri ja selle elementidega. Ehk kõneakti kõne osa juures näidatakse, millistest süntaksiosadest see koosneb. Need süntaksiosad on sõnad ja need kodeeritakse järgnevalt:

N = nimisõnafraas, V = verbifraas, S = sihitis, M = määrus, I = sidesõna jne.

Korpuse lause	Kodeeritud lause
„ma ei saa :) uskumatu!!”	NVpM
„Anuke :) sa ju armastad koeri :)”	NpNMVN

Sellel tasemel võrku treenides saame mudeli, mis oskab näha seoseid lause struktuuri ja parakeele aktide esinemise vahel.

6.1.2 Kolmas kodeerimise tase (C)

Eelmisel tasemel kodeeritud lausele lisatakse pragmaatiline indeks P_x . Pragmaatiline indeks koosneb omakorda järgmistest tunnustest:

j = lause järjekorranumber kõneleja vestluses

p = punktuatsioon

f = kõne p -funktsioon ehk pragmaatiline erifunktsioon

j ehk lause järjekorranumber kõneleja vestluses on korpusest eristatav, kuna korpuses on kirja kuna kõneleja vestlust alustab ja lõpetab. Ehk kõneleja esimene lause vestluses saab j

vääruseks 1. See järjekorranumber kehtib kõigi lausete puhul välja arvatud kõneleja viimane lause, mis saab väärtuseks 0. See laseb ühe tunnusega käsitleda kõiki viimaseid lauseid, mis muidu saaksid erinevad j väärtused.

p tähistab punktuatsioonielemente nagu hüüumärk, koma, küsimärk, koolon jne.

f tähistab kõne p -funktsiooni. P -funktsioonid on tervitus, hüüatus, kordus, lõpetus (tervitus vastand), naer. Enamikel kõnedel kõneaktis ei ole p -funktsiooni, nagu näiteks lausel „ma sain täna oma talverehvid kätte”. Erinevalt teistest tunnustest ei saa f -i anda automaatse kodeerimise käigus, vaid seda peab andma kodeerija ise, hinnates lauseid. See annab C -taseme kodeerimisele selge miinuse, mida kirjeldan täpsemalt hiljem. f kodeeritakse järgnevalt: T = tervitus, H = hüüatus, K = kordus, L = lõpetus, N = naer

C -tasemel kodeeritakse korpuse laused järgnevalt:

$$K_a = (k_i p_x) \text{ kus } p = \{j, f\}$$

Korpuse lause	Kodeeritud lause
„ma ei saa :) uskumatu!!”	NVpM!!, 3
„Tere!!:)”	N!!p, 1,T

6.1.3 Parakeele elementide kodeerimine

Parakeele elemendid kodeeriti numbriliselt järgnevalt:

:) 001 :(002 :-) 003 :-(004 :D 005 jne

Täpne parakeele sümbolite hulk, mis kodeeriti on ära toodud lisas 2.

Korpuse lause	Kodeeritud lause
„ma ei saa :) uskumatu!!”	NV 001 M!!, 3
„Tere!!:)”	N!! 001, 1,T

6.1.4 Korpuse binaarne kodeerimine

Kõige lõpuks kodeeriti korpus binaarset kodeerimist kasutades arvulisteks jadadeks nii, et neid oleks võimalik võrguga töödelda. Igale kodeerimistabeli sümbolile anti 0 ja 1 koosnev teistest sümbolitest erinev tähistusjada.

Korpuse lause	Kodeeritud lause
„ma ei saa :) uskumatu!!”	100 001 010 01100110 100
„Tere!!:)”	100! 01100110 001 001 011

6.2 Võrgu treenimine

Võrgul viidi läbi kolm treeningtsüklit, üks iga korpuseosaga. Treenimise eesmärk oli luua võrgus andmemustrid, mis vastavad kodeeritud korpusele. Võrgu treenimiseks tehakse korpuseosast koopia ja sealt eraldatakse parakeele elemendid. Nii saadakse kodeeritud paarid, milles üks on ilma parakeele elementideta (võrgu sisend) ja teine koos parakeele elementidega (võrgu sihtväljund).

Võrku treenitakse treeninghulga paaridega senikaua, kui ta suudab igal treeninghulga paaril anda korrektsed väljundväärtused. Ehk võrgu ülesanne treenimisel on „arvata ära” puuduv parakeele element ja kas teda üldse vaja on. Võrku treenitakse senikaua kui globaalne viga muutub treenija jaoks aktsepteeritavaks. Treeninghulgast eraldatakse enne õppimist testhulk, millega testitakse võrku pärast treenimise lõppemist, et kindlustada, et võrk on omandanud funktsionaalsuse, mitte lihtsalt „pähe õppinud” sisend-väljund paarid. Võrku teeniti leheküljel 44 toodud konfiguratsioonis. Kirjeldatud näitajad (treenimise aeg, tsüklite arv, õppimismoment, korpuse maht) olid samad nii treenimis- kui testhulga puhul.

6.3 Võrgu struktuur

Kuna iga tähise maksimaalne kodeerimispikkus on 4 ja valdav enamus korpuse repliike ei ületa 30 sõna piiri, siis võtame sisend- ja väljundsõlmede arvuks 120, millega saab kodeerida kõiki korpuse aluseid, mille ühikute arv ei ületa 30. Seega näeb võrgu arhitektuur välja järgmine:

Sõlmed

sõlmede hulk = 240

sisendsõlmede hulk = 120

väljundsõlmede hulk = 120

väljundsõlmed on 121-240

Ühendused:

Sõlmed 1-40 saavad sisendi sõlmedest 1-120

Sõlmed 41-80 saavad sisendi sõlmedest 1-40

Sõlmed 81-120 saavad sisendi sõlmedest 41-80

Sõlmed 1-240 saavad sisendi sõlmedest 0
ühenduse maksimumväärtus = 1.00

Seega on tegemist kolmetasandilise võrguga, kus on 120 sisendsõlme, 120 peidetud sõlme ja 120 väljundsõlme. Peidetud sõlmed on omakorda jagatud 40-sõlmelisteks gruppideks. Võrgul on sõlm 0, mis on ühendatud iga sõlmega võrgus. 0-sõlme nimetatakse kaalusõlmeks (*bias node*), mis on aktiivne iga sõlme puhul – ehk kui sõlme ei tule hetkel sisendit, on sõlme väärtuseks sõlmest 0 tulev sisend.

6.4 Võrgu testimine

6.4.1 Testimise eesmärk

Võrku treenitakse senikaua kui globaalne viga muutub treenija jaoks aktsepteeritavaks. Globaalne vea lubatav hulk on antud töös seotud olulise osa hulgaga (vt definitsioon lk 12). Ehk kui globaalne viga on ühelgi korpusetasandil väiksem kui 100-20%, on võrk suutnud olulise osa parakeele aktidest ära õppida imitatiivsel viisil.

6.4.2 Testhulkade kirjeldused erinevatel korpusetasanditel

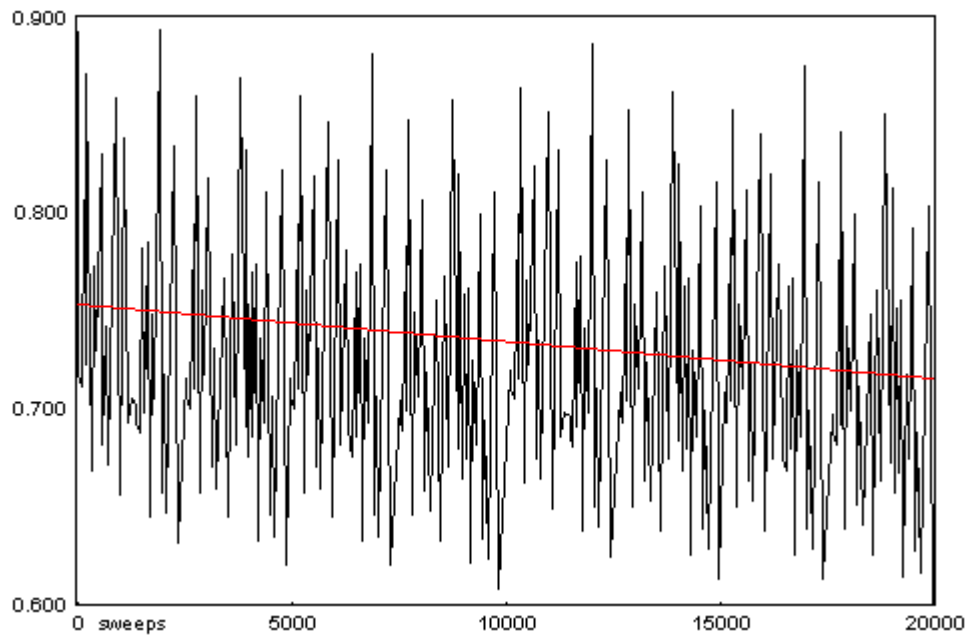
Tasand	A
Treenimistsüklite hulk	100000
Treeningpaaride arv	2000
η	0,3
Oppimismoment	0,9

Tasand	B
Treenimistsüklite hulk	100000
Treeningpaaride arv	2000
η	0,3
Oppimismoment	0,9

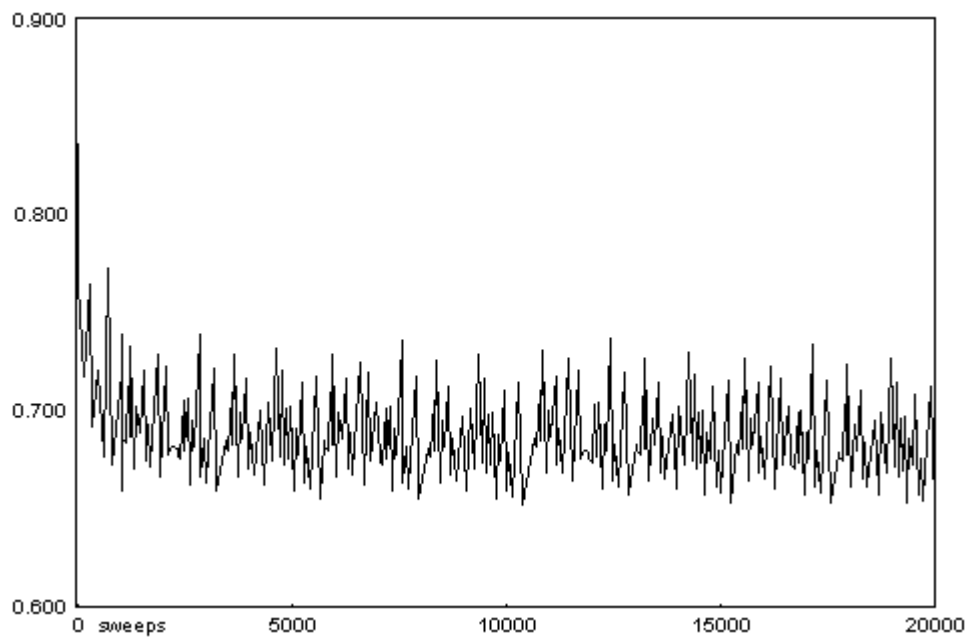
Tasand	C
Treenimistsüklite hulk	100000
Treeningpaaride arv	200
η	0,3
Oppimismoment	0,9

6.4.3 Globaalse vea tulemused

Globaalne viga B-tasandil



Globaalne viga C-tasandil



6.1.4 Mudeli analüüs

On näha, et B-tasandi puhul ei suuda õppiv võrk leida stabiilset seisundit – globaalne viga (gE) kõigub maksimumi ja 0,6 vahel sõltuvalt treeningmustritest. Ehk on juhte, kus võrk suudab genereerida parakeele elemente vastavalt sihtväärtusele, kuid nende täpsus on väga väike ja sagedus juhuslik. Pigem ei ole see suutlikkus genereerida parakeele akte, vaid juhuslik kokkulangevus.

C-tasandi puhul on näha, et võrk stabiliseerub 0,7 gE juures, mis tähendab, et ta suudab suhteliselt stabiilselt umbes kolmandiku kõikidest parakeele juhtudest õieti simuleerida. Ehk võime järeldada, et kontekstiinfo olemasolu puhul suudab võrk simuleerida osalist parakeele kasutust imitatsiooni kaudu. Millist tüüpi parakeelega on tegemist ja millised parakeele elemendid selles osalevad, me teada ei saa. Selleks tuleks gE asemel vaadata konkreetsete parakeele elementide koodide (001, 010.. jne) esinemist väljundmustrites. Kuid see ei ole ka antud töö eesmärk. Peamine on see, et C-tasandi puhul on kinnitust leidnud hüpotees, et kognitiivne süsteem suudab imiteerida olulise hulga parakeele akte ilma nende tähendust teadmata. Lisainfona on selgunud, et selleks on vajalik teatav kontekstiinfo kõneakti kohta.

6.1.4 Mudeli analüüsi mõjutavad tegurid

Treenimishulk

C-tasandi puhul on märkimisväärne, et treenimishulk on ca 10 korda väiksem, kui B-tasandi juures, kuna C-tasandil on treeningpaaride juures vajalik igale kõneaktile kontekstiinfo indeksi andmine, mida tuleb teha käsitsi.

Konteksti kodeerimine

Teise olulise märkusena tuleb välja tuua, et pragmaatilised funktsioonid (tervitus, hüüatus jne) on antud autori poolt ja see peegeldab tema interpretatsiooni kontekstist, mitte repliigi autori oma. See tähendab, et võrgu edukus on otseselt sõltuv kodeerimisoskusest. Ehk kui kodeeringud pole õiged või nende reaalne iseloom erineks oluliselt autori poolt antud koodidest, on võimalik et võrk ei saavutaks positiivset tulemust.

Selline võrgu manipuleerimine on võimalik, kui kodeerija annab koodi teadlikult mingite mustrite alusel, mis muudavad andekorpust nii, et sinna tekivad mustrid, mida ennem ei olnud ja mida võrk saab ära kasutada treenimise käigus.

Õppimisvõime hindamine

Võrgu õppimisvõime on analüüsis seatud vastavusse globaalse vea suurusega. Ehk ei arvestata erinevate väljundpaaride konkreetsete vigadega vaid üle süsteemi keskmise veaga. Antud hüpoteesi testimiseks saab aga globaalset viga adekvaatse mõõtmismehhanismina kasutada, kuna viga saab tulla ainult emotikone kodeerivate sõlmede väärtustest. Kuna kõik ülejäänud sõlmed, mis hoiavad kõne ja punktuatsiooni ja konteksti tähendusi on mõlemas paaris identsed, saab viga tekkida ainult parakeele akti sõlmedega. Seega globaalne viga ongi parakeele kasutuse viga.

7 Järeldus

Parakeele imitatsiooni hüpotees on leidnud osalist kinnitust.

Uurimistulemused näitavad, et ilma kõneakti tähendust teadmata suudab tehislik närvivõrk õppida ära teataval määral parakeele kasutust, kuid õppimise edukus tõuseb hüppeliselt, kui lisada andmetele vähene kontekstiinfo. Vähe varieeruva kontekstiinfo puhul on ilma tähenduseta õieti ära õpitud parakeele aktide osakaal umbes 30% kõikidest parakeele kasutustest.

Seega on leidnud kinnitust nii hüpoteesid H1 ja H2:

H1 on võimalik modelleerida olulise osa parakeele kasutust uues meedias

H2 oluline osa kattub reaalse parakeele kasutuse praktikaga

Uurimisküsimusele

K1 kui palju on H1 ja H2 täitmiseks vaja teada parakeele aktiga kaasneva kõne kohta saab vastata, et H1 ja H2 täitmine on võimalik koos kontekstiinfoga, puhtalt kõneakti struktuuri põhjal seda võimalik teha ei ole.

8 Diskussioon

8.1 On võimalik õieti imiteerida uue meedia parakeele õppimist ilma parakeele sümbolite tähendust teadmata

See väide ei ütle tegelikult midagi uue meedia parakeele aktide sisu kohta, kuna kokkulangevus õpisimulaatori ja korpuse andmete vahel on antud töö tulemustes statistiline. Ehk on teada kokkulangevuste hulk, mitte sisu. Edasine uurimise teema võib olla see, millist tüüpi parakeele aktid olid kokkulangevad ja kuidas neid võiks iseloomustada. Kuid antud töö raames seda järeldada ei saa, mistõttu imiteerimise demonstreerimine jääb õppimise viisi demonstreerimiseks, mis ei ütle midagi uue meedia parakeele struktuuri või sisu kohta.

Küll aga võimaldab tulemus teha teistsuguseid järeldusi eelmisel sajandil prevaleerinud sotsioloogilistest ja antropoloogilistest teooriatest. Parakeele funktsioonidena on seni sotsiaalteaduste uurijad näinud eelkõige omaette inimkommunikatsiooni tähendustasandit. 20. sajandi teisel poolel tegeleti palju žestide uurimise ja klassifitseerimisega, millele anti konkreetseid tähendusi: näiteks kui me laiutame käsi, siis püüame väljendada teadmatust. Parakeele uurimise üks alusepanijaid David Efron (1941) tõi välja žestide ruumilis-ajalised, kõnelejatevahelised ja lingvistilised aspektid, mis eeldasid, et parakeele omandamine ja kasutamine on mõneti sarnane lingvistiline protsess: igale parakeele aktidele vastab konkreetne süntaks ja tähendus, mis kasutaja õpib reeglitepõhiselt.

Käesoleva töö tulemus võimaldab öelda, et uue meedia parakeele puhul see nii ei pruugi olla. Kui on võimalik simuleerida imitatiivset õppimist, siis ei tähenda see tingimata, et reaalses uue meedia suhtlussituatsioonides see nii just käibki. Kuid see raskendab väitmast, et sellisel viisil parakeele omandamine kindlasti ei käi. Töö tulemus näitab, et imiteeriv õppimine on olulisel määral võimalik ja kuna see on kõige vähem teadmist ja ressursse nõudev õppimisviis, siis tasub küsida, miks on vaja keerulisemaid teooriaid, mis asendaks osade parakeeleaktide imiteeriva õppimise millegi muuga. Teadusargumentatsioonis tihti kasutatud Occami'i printsiip, mis ütleb et kahest lahendusest tuleb alati eelistada lihtsamat ja lühemat, lubab argumenteerida imiteeriva õppimise poolt.

Seega toetab töö tulemus evolutsioonilise kommunikatsiooniteooria hüpoteesi parakeele kohta, et osad selle aktidest ei kannu mingit tähendust peale vastastikuse imiteerimise. Kuid ei ole võimalik antud töö tulemuste põhjal otsustada, kas need uue meedia parakeele aktid, mis antud töös imiteeritavateks osutusid, kattuvad näiteks Provine (1996) poolt toodud näidetega,

kus üksikul indiviidil raske mitte naerda, kui ülejäänud tema ümber naeravad jne. Erinevad autorid on spekuleerinud, et imiteeritavate aktide osakaal on oluliselt suurem kui antud töö tulemustest võib järeldada. Blackmoore (2002) kasutab isegi sõna „enamus”, kuid peab samas silmas peamiselt suulist kõne, antud töö uuris aga uue meedia kõneakte.

Töö tulemuste laiendamise esimene etapp oleks seega imiteeritavate parakeele aktide sisu uurimine ja võrdlemine neid seni loodud parakeeleaktide kategooriatega. Kuigi praeguse töö tulemustest ei saa imiteeritavate aktide sisu kohta teha otseseid järeldusi, on siiski üks tunnus, mis annab aimu nende ühisest rollist. Nimelt saab teha järelduse, et edukaks imiteerimiseks on vajalik rohkem infot laiema suhtlemiskonteksti kohta. Enne kontekstiinfo lisamist korpusele ei olnud edukas õppimise simuleerimine võimalik, mistõttu võib spekuloida, et ära õpitud parakeele aktid on seotud dialoogi ja vestluse sidumisega ühtseks tervikuks ehk uuel meedia parakeele aktidel on oluline roll kommunikatsiooni juhtija ja sidujana

8.3 Parakeelele roll kommunikatsiooni juhtija ja sidujana uues meedias

Argyle ja Mehrabian, eristasid mitteverbaalse kommunikatsiooni kolm põhirolli (Mehrabian, 1967):

- inimestevaheliste seisukohtade ja tunnete kommuniqueerimine / edastamine,
- verbaalse kommunikatsiooni toetamine,
- suulise kõne asendamine.

Kuigi nende mudel ei tegelenud uue meediaga, saab tõmmata paralleeli kommunikatsiooni toetamise rolliga. Uue meedia tekstivestlus ja suuline kõne on oma dünaamikas vägagi sarnased. Kuigi uue meedia formaat on kirjalik, toimub sõnumite vahetamine sisuliselt sama kiirusega, mis suulises vestluseski. Seega tekib uue meedia tekstisuhtluses kiiresti kognitiivne dissonants, kuna kasutaja järgib suulise kõne mudelit, kuid tal puudub võimalus edastada parakeele sõnumeid, mis on suulise kõne juhtijad. Võib argumenteerida, et üks uue meedia parakeele rolle on selle dissonantsi kompenseerimine ja osa parakeele süntaksist uues meedias on seeläbi tekkinud. See osa uue meedia parakeelest vastaks hästi antud töö tulemustega.

Minu arvates on selliste parakeele aktide peamine eesmärk uues meedias nõ. soodsa kanali ülevõtmise. Kuigi vestlus toimub suulise kõne dünaamika alusel, ei saa kõneleja oma dialoogipartneri poolt tagasisidet, mida ta on harjunud noogutuste, naeratuste jt parakeeleaktidega saama. Ehk sõnumi looja eesmärk on hoida auditooriumi „liinil” – uue meedia tekstivestlustes on näha, kuidas parakeele sümboleid kasutatakse täiesti järjepidevalt

iga lause lõpus, hoolimata sellest, et lausel eraldivõetuna ja emotikonil selle taga ei pruugi olla vähimati seost. Näide korpusest:

A: tervist kõik :)

A: ma sain uue teate just :)

A: arvake ära :)

A: noh :D

Sama on Efron (1941) ja kaudselt ka Provine (1996) täheldanud parakeele rolli kohta ükspaljudele kommunikatsiooni juures (*one-to-many communications*), mille näideteks on kõnepidaja suurele auditooriumile või tele-esineja. Provine (1996) toob näitena, kuidas kõneleja žestid, nende kordumine ja mustrid ei oma tihti mingisugust korrelatsiooni kõne sisuga. Vaadeldud näidetel kasutasid ülikooli lektorid loengute ajal kordusena suurt hulka parakeeleakte kogu loengu vältel, sõltumata sellest kas nad parasjagu eitasid, jaatasid, väljendasid teadmatust, kinnitasid jne. See viis Provine järeldusele, et osa parakeele aktide funktsioon on lihtsalt anda edasi kõneleja olemasolu, mitte selle tähendust. Minu meelest on selline järeldus natuke liiga abstraktne ja kinnitab pigem seisukohta, et sellised parakeele aktid on kommunikatsioonijuhtijad, mitte lihtsalt aktid iseenesest.

Antud töö tulemustest ei saa vastata tõsikindlalt, kas parakeele aktid uues meedias ka tegelikult sellist tunnust omavad. Samas on kontekstiinfo eeldus imiteerivaks õppimiseks minu meelest paljuütlev tulemus, mis kommunikatsiooni juhtivale rollile võib viidata. Sest teised rollid sellisele õppimisele – a) lihtsalt asi iseeneses ja b) keeruline reeglite süsteem – tunduvad ebalooilisemad.

9 Kokkuvõte

Töö esitab hüpoteesi, et oluline osa parakeelest uues meedias on õpitav imitatsiooni teel ja testib seda hüpoteesi kasutades arvutuslikke õppimismeetodeid uue meedia tekstikorpusel. Õppimise simuleerimiseks luuakse tehislik närvivõrk, mis on konfigureeritud leidma korpuses seoseid kõnelejate lausete ehk kõneaktide ja nendes sisalduvate parakeele elementide vahel. Tehisliku närvivõrgu selliseks „õpetamiseks” jagatakse kasutatava korpuse laused kahte rühma – õpetamisandmed ja testandmed. Mõlemad andmehulgad koosnevad lausepaaridest, mis on üks ja see sama lause, ainult esimene lause paaris on ilma parakeele elementideta, teine koos.

Treenimise lõpus presenteeritakse võrgule testandmete gruppi, kust parakeele elemendid on eemaldatud ning lastakse (vastavalt võrgus salvestatud seostele) võrgul testgrupilausetele lisada parakeele elemente. Seda tulemust võrreldakse originaaliga, ehk nende samade lausetega, kus parakeele elemendid ei ole eraldatud. Kokkulangevus kahe grupi vahel on õppimisfunktsiooni edukuse mõõt. Niimoodi uuritakse kui palju parakeele kasutusest uue meedia lausetes on võimalik arvutuslikult ära õpetada, ilma et õpetataval oleks teadmist või informatsiooni, selle kohta, mida need märgid tähendavad.

Tulemust analüüsitakse

- keskmise õppimisvea läbi (ehk kui suur on vahe õppimisandmete ja testandmete vahel) ja
- korpuse erineva astmega kodeerimise läbi

Tulemuste analüüs näitas, et parakeele õpetamine kõnesituatsioonide imiteerimise läbi on edukas umbes 30% juhtudel, kui treenimiseks kasutatav korpus kodeerida koos kontekstiinfoga.

Tulemus viitab reale üldisematele järeldustele, mida avatakse töö diskussiooni osas:

- on võimalik genereerida olulist osa uue meedia parakeele kasutustest ilma parakeele sümbolite tähendust teadmata
- Parakeele kasutuse imiteerimine uues meedias on võimalik alles siis, kui imiteerija omab informatsiooni kõneaktide iseloomu kohta.
- Parakeelele on uues meedias oluline roll kommunikatsiooni juhtija ja võimendajana

10 Summary

This thesis presents a hypothesis, that it is possible to learn a significant part of the paralinguage in new media by imitation and tests the hypothesis by using a connectionist neural network learning on new media text corpus.

A connectionist neural network is created, which is trained to detect patterns in the corpus, which relate the use of paralinguage to its context. For this purpose, the corpus is divided into training and testing data. Both sets of data consist of pairs of identical sentences from the corpus, only the latter part of the pair is without paralinguage syntax. The network is trained to predict the use of paralinguage by comparing the sentences with and without the paralinguage. No guidelines or rules concerning paralinguage are given to the network, it learns by comparing the prediction to the correct answer in the training set and back-propagating the error until significant part of the predictions turn out to be true. By this method, the network starts to “learn” the paralinguage. The thesis investigates how much of the new media paralinguage can be learned by using the method and can the process of learning be described as imitational.

The analysis of the network is conducted by

- investigating the global learning error rate and by
- coding the corpus with different levels of information.

The results show that if we code the sentences from new media texts with context information – like punctuation, the number and position of the sentence in dialogue – the network is able to predict approximately 30% of the paralinguage usage correctly in separated sentences or speech acts. The thesis concludes that 30% is a significant part of the paralinguage and the learning process can be described more as imitational as opposed to rule-based semantic learning.

The result leads to several conclusions

- a significant part of the paralinguage in new media can be generated correctly without the knowledge of their actual meanings
- although we can describe the learning process as imitational, the learning is not possible until context information about the conversation and dialogue is presented to the network

- that leads to the conclusion that paralanguage in new media has a significant role as a communications facilitator

Viited

- Anderson, R C; Ortony, A (1975), On putting apples into bottles: A problem of polysemy. [Cognitive Psychology, 7, 167-180]
- Bahtin, Mihhail (1987), Valitud töid. [Tallinn, Eesti Raamat]
- Benedict, H (1979), Early lexical development: Comprehension and production. [Journal of Child Language, 6, 183-201]
- Birdwhitell, Ray (1952), Introduction to Kinesics. [Louisville, Kentucky]
- Blackmoore, Susan (1999), The Meme Machine. [Oxford University Press]
- Braitenberg, H; Schüz, A (1998), Cortex: Statistics and Geometry of Neural Connectivity. [Springer, Heidelberg]
- Bybee, J L; Slobin, D L (1982), Rules and schemas in the development and use of the English past tense. [Language, 58, 265-289]
- Carey, S (1985), Conceptual Change in Childhood. [MIT Press, Cambridge Massachussets]
- Caro, T; Hauser, Mark (1992), Is There Teaching in Nonhuman Animals. [Quarterly Review of Biology, 67, 151-174]
- Caryl, P (1982), Animal Signals: A Reply to Hinde. [Animal Behaviour, 30, 240-244]
- Chomsky, N (1957), Syntactic structures. [The Hague: Mouton]
- Chomsky, N (1965), Aspects of the theory of syntax. [Cambridge, MA: MIT Press]
- Chomsky, N (1985), Knowledge of language: Its nature, origin, and use. [New York: Praeger]
- Chomsky, N (1995), The minimalist program. [Cambridge, MA: MIT Press]
- Chomsky, N; Halle, M (1968), The sound pattern of English. [New York: Harper & Row]
- Cleeremans, A; Servan-Schreiber, D; McClelland, J L (1989), Finite state automata and simple recurrent networks. [Neural Computation, 1(3), 372-381]
- Coltheart, M (1996), Special issue on Phonological Dyslexia. [Cognitive Neuropsychology, 13, 749-934]

- Cottrell, G W; Plunkett, K (1991), Learning the past tense in a recurrent network: Acquiring the mapping from meaning to sounds. [In Proceedings of the 13th Annual Conference of the Cognitive Science Society (p 328-333) Hillsdale, NJ: Erlbaum]
- Cottrell, G W; Plunkett, K (1995), Acquiring the mapping from meanings to sounds. [Connection Science, 6, 379-412]
- Crain, S (1991), Language acquisition in the absence of experience. [Behavioral and Brain Sciences, 14, 597-650]
- Daugherty, K; Seidenberg, M S (1992), Rules or connections? The past tense revisited . [In Proceedings of the 14th Annual Conference of the Cognitive Science Society (p 259-264) Hillsdale, NJ: Erlbaum]
- Dawkins, Richard (1979), The Selfish Gene. [Oxford University Press]
- Dawkins, Richard; Krebs J (1978), Animal Signals: Information or Manipulation. [Behavioural Ecology, 1k 282-309]
- Deacon, T (1990), Problems of Ontogeny and Phylogeny in Brain-size Evolution. [International Journal of Primatology, 2, 1k 237-282]
- Dell, G S (1986), A spreading-activation theory of retrieval in sentence production. [Psychological Review, 93(3), 283-321]
- Dell, G S; Schwartz, M F; Martin, N; Saffran, E M; Gagnon, D A (1997), Lexical access in normal and aphasic speakers. [Psychological Review, 104, 801-838]
- Dijk, T A van, Kintsch, W (1983), Strategies of discourse comprehension. [New York: Academic Press]
- Eberhard, K M; Spivey-Knowlton, M J; Tanenhaus, M K (1995), Eye movements as a window into real-time spoken language comprehension in natural contexts. [Journal of Psycholinguistic Research, 24, 409]
- Edward Arnold Jaeger, J J; Lockwood, A H; Kemmerer, D L; Van Valin, R D; Jr; Murphy, B W; Khalak, H G (1996), A positron emission tomographic study of regular and irregular verb morphology in English. [Language, 72(3), 451-497]
- Efron, David (1941), Gesture and Environment. [London, Routledge]
- Efron, David (1980), Historical Changes in Gestural behaviour. [Communication Studies, London, 1k 38-42]

- Ekman, Paul; Friesen, Wallace (1969), The Repertoire of Nonverbal Behaviour. [Semiotica 1, lk 49-98]
- Elman, J L (1990), Finding structure in time. [Cognitive Science, 14(2), 179-211]
- Elman, J L (1991), Distributed representations, simple recurrent networks, and grammatical structure. [Machine Learning, 7, (195- 225]
- Elman, J L (1993), Learning and development in neural networks: The importance of starting small. [Cognition, 48(1), 71-99]
- Elman, J L; Bates, E A; Johnson, M H; Karmiloff-Smith, A; Parisi, D; Plunkett, K (1996), Rethinking innateness: A connectionist perspective on development. [Cambridge, MA: MIT Press]
- Elman, R; Bates, J; Johnson, D; Karmiloff-Smith, A; Parisi, A; Plunkett, K (1997), Neural Networks and Connectionist Modeling. [The MIT Press; Reprint ed tio]
- Ferreira, F; Clifton, C (1986), The independence of syntactic processing. [Journal of Memory and Language, 25, 348-368]
- Fodor, J A; Pylyshyn, Z W (1988), Connectionism and cognitive architecture: A critical analysis. [Cognition, 28, 3-71]
- Frazier, L (1986), Theories of sentence processing. [In J Garfield (ed), Modularity in knowledge representation and natural language processing, Cambridge, MA: MIT Press]
- Gelder, T van (1990), Compositionality: A connectionist variation on a classical theme. [Cognitive Science, 14(3), 355-384]
- Graham, K S; Hodges, J R; Patterson, K (1994), The relationship between comprehension and oral reading in progressive fluent aphasia. [Neuropsychologia, 32(3), 299-316]
- Griffin, D (1992), Animal Minds. [Chicago, Chicago University Press]
- Grossman, M; Carvell, S; Stern, M; Gollump, S; Hurtig, H (1992), Sentence comprehension in Parkinson's Disease: The role of attention and memory. [Brain and Language, 42(2), 347- 384]
- Hare, M; Elman, J L (1995), Learning and morphological change. [Cognition, 56(1), 61-98]
- Harm, M W; Seidenberg, M S (1999), Phonology, reading acquisition, and dyslexia: Insights from connectionist models. [Psychological Review, 106(3), 491-528]

- Harrison, Randall (1973), Nonverbal Communications. [Handbook of Communication, Chicago, 1k94-104]
- Hauser, Marc (1996), The Evolution of Communication. [MIT Press, Cambridge Massachussets]
- Hinton, G E; Anderson, J A (Eds) (1981), Parallel models of associative memory. [Hillsdale, NJ: Erlbaum]
- Hinton, G E; McClelland, J L; Rumelhart, D E (1986), Distributed representations. [In the PDP Research Group (ed), Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition, Volme 1: Foundations (p 77-109) Cambridge, MA: MIT Press]
- Hinton, G E; Shallice, T (1991), Lesioning an attractor network: Investigations of acquired dyslexia. [Psychological Review, 98(1), 74-95]
- Hockett, C (1960), The Origin of Speech. [Scientific American, 203, 88-96]
- Hoeffner, J (1992), Are rules a thing of the past? The acquisition of verbal morphology by an attractor network. [In Proceed ings of the 14th Annual Conference of the Cognitive Science Society (p 861-865) Hillsdale, NJ: Erlbaum]
- Hoeffner, J H; McClelland, J L (1993), Can a perceptual processing deficit explain the impairment of inflectional morphology in developmental dysphasia? A computational investigation. [In Proceed ings of the 25th Annual Child Language Research Forum (p 38-49) Stanford, CA: Center for the Study of Language and Information]
- Holloway, R (1983), Human Brain Evolution. [Canadian Journal of Anthropology, 3, 215-230]
- Houde, J F; Jordan, M I (1998), Sensorimotor adaption in speech production. [Science, 279(5354), 1213-1215]
- Ingram, D (1976), Phonological disability in children. [London]
- Jackendoff, R (1992), Languages of The Mind. [MIT Press, Cambridge Massachussets]
- Jakobson, Roman (1960), Closing Statements: Linguistics and Poetics. [in Thomas A. Sebeok, Style In Language, Cambridge Massachusetts, MIT Press, p. 350-377]

- Joanisse, M F; Seidenberg, M S (1998), Dissociations between rule-governed forms and exceptions: A connectionist account. [(Paper presented at the 5th Annual Conference of the Cognitive Neuroscience Society, San Francisco CA) CONNECTIONIST MODELING 1]
- Jordan, M I; Rumelhart, D E (1992), Forward models: Supervised learning with a distal teacher. [Cognitive Science, 16(3), 307-354]
- Jusczyk, P W (1997), The discovery of spoken language. [Cambridge, MA: MIT Press]
- Kalisman, J; Silberberg, D; Markram, J (2002), The neocortical microcircuit as a tabula rasa. [Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS), Jan 2005; 102: 1k 880 - 885]
- Kimmel-Tenjes, Silvi (1993), Mitteverbaalsest kommunikatsioonist. [Akadeemia 3, 535-560]
- Kucera, H; Francis, W N (1967), Computational analysis of present-day American English. [Providence, RI: Brown University Press]
- Lachter, J; Bever, T G (1988), The relation between linguistic structure and theories of language learning: A constructive critique of some connectionist learning models. [Cognition, 28, (195-247)]
- Levy, Avery (2004), Trends in Internet and Media Technology Adoption in the European Union. [ESFAL 4/2]
- Liberman, A M (1996), Speech: A special code. [Cambridge, MA: MIT Press]
- Locke, J L (1983), Phonological acquisition and change. [New York: Academic Press]
- Locke, J L (1995), Development of the capacity for spoken language. [In Fletcher & MacWhinney (ed), The handbook of child language (p 278-302) Oxford: Blackwell]
- MacDonald, M C; Pearlmuter, N J; Seidenberg, M S (1994), The lexical nature of syntactic ambiguity resolution. [Psychological Review, 101(4), 676-703]
- MacNeilage, P F; Davis, B L (1990), Acquisition of speech production: The achievement of segmental independence. [In Hardcastle & Marchal (ed), Speech production and speech modelling, Dordrecht: Kluwer Academic]
- MacWhinney, B; Leinbach, J (1991), Implementations are not conceptualizations: Revising the verb learning model. [Cognition, 40, 121-153]

- Marchman, V A (1993), Constraints on plasticity in a connectionist model of the English past tense. [Journal of Cognitive Neuroscience, 5(2), 215-234]
- Marcus, M P (1980), A theory of syntactic recognition for natural language. [Cambridge, MA: MIT Press]
- Marslen-Wilson, W D; Tyler, L K (1997), Dissociating types of mental computation. [Nature, 387(6633), 592-594]
- Marslen-Wilson, W; Tyler, L K (1980), The temporal structure of spoken language understanding. [Cognition, 8, 1-71]
- McClelland, J L; Kawamoto, A H (1986), Mechanisms of sentence processing: Assigning roles to constituents of sentences. [In McClelland, Rumelhart, & the PDP Research Group (ed), Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition, Volme 2: Psychological and biological models (p 272-325) Cambridge, MA: MIT Press]
- McClelland, J L; Rumelhart, D E (1981), An interactive activation model of context effects in letter perception: Part 1 - An account of basic findings. [Psychological Review, 88(5), 375- 407]
- McClelland, J L; Rumelhart, D E; PDP Research Group the (Eds) (1986), Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition, Volme 2: Psychological and biological models. [Cambridge, MA: MIT Press]
- McClelland, J L; St John, M; Taraban, R (1989), Sentence comprehension: A parallel distributed processing approach. [Language and Cognitive Processes, 4, 287-335]
- McKoon, G; Ratcliff, R (1981), The comprehension processes and memory structures inVoled in instrumental inference. [Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour, 20, 671-682]
- McLeod, P; Plunkett, K; Rolls, E T (1998), Introduction to connectionist modelling of cognitive processes. [Oxford, UK: Oxford University Press]
- Mehrabian, Albert (1967), Orientation Behaviors and Nonverbal Attitude Communication. [Journal of Communication, 17, 1k324-332]
- Meltzoff, A N; Moore, M K (1977), Imitation of facial and manual gestures by human neonates. [Science, (198, 75-78)]

- Menn, L; Stoel-Gammon, C (1995), Phonological development. [In Fletcher & MacWhinney (ed), The handbook of child language (p 335-359)]
- Nikolajeva, Tatjana; Uspenskij, Boris (1966), Jazykoznanie i paralingvistika. [Nauka, lk63-74]
- Patterson, K; Coltheart, M; Marshall, J C (Eds) (1985), Surface dyslexia. [Hillsdale, NJ: Erlbaum]
- Patterson, K; Hodges, J R (1992), Deterioration of word meaning: Implications for reading. [Neuropsychologia, 30(12), 1025- 1040]
- Patterson, K; Marcel, A J (1992), Phonological ALEXIA or PHONOLOGICAL alexia? . [In Alegria, Holender, Junca de Morais, & Radeau (ed), Analytic approaches to human cognition (p 259-274)]
- Piaget, Jean (1954), The Construction of Reality in the Child. [New York, Basic Books]
- Pinker, S (1984), Language learnability and language development. [Cambridge, MA: Harvard University Press]
- Pinker, S (1991), Rules of language. [Science, 253, 530-535]
- Pinker, S; Mehler, J (Eds) (1988), Connections and symbols. [Cambridge, MA: MIT Press]
- Pinker, S; Prince, A (1988), On language and connectionism: Analysis of a parallel distributed processing model of language acquisition. [Cognition, 28, 73]
- Pinker, Steven (1994), The Language Instinct. [New York, William Morrow]
- Plaut, D C (1995), Double dissociation without modularity: Evidence from connectionist neuropsychology. [Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 17(2), 291-321]
- Plaut, David (1999), Connectionist Modeling. [Encyclopedia of Psychology of American Psychological Association]
- Plunkett, K; Marchman, V A (1991), U-shaped learning and frequency effects in a multi-layered perceptron: Implications for child language acquisition. [Cognition, 38, 43-102]
- Plunkett, K; Marchman, V A (1993), From rote learning to system building: Acquiring verb morphology in children and connectionist nets. [Cognition, 48(1), 21-69]

- Plunkett, K; Marchman, V A (1996), Learning from a connectionist model of the acquisition of the English past tense. [Cognition, 61(3), 299-308]
- Premack, D (1971), Language in Chimpanzees. [Science, 172, 808-812]
- Premack, D; Premack A (1984), The Mind of an Ape. [New York, Norton]
- Quinlan, P (1991), Connectionism and psychology: A psychological perspective on new connectionist research. [Chicago: University of Chicago Press]
- Ramachandran, V S (1999), Phantoms in the Brain: Human Nature and the Architecture of the Mind . [London, Fourth Estate]
- Rohde, D L T; Plaut, D C (1999), Language acquisition in the absence of explicit negative evidence: How important is starting small. [Cognition, 72(1), 67-109]
- Rumelhart, D E; McClelland, J L (1986), On learning the past tenses of English verbs. [In McClelland, Rumelhart, & the PDP Research Group (ed), Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition, Volme 2: Psychological and biological models (p 216-271) Cambridge, MA: MIT Press]
- Rumelhart, David; Hinton, Geoff; Williams, J (1986), Learning representations by back-propagating errors. [Nature 323, lk 533 - 536]
- Rumelhart, David; Hinton, Geoff; Williams, J (1986), Parallel Distributed processing, Explorations in the Microstructure of Cognition. [Vol 1: Foundations (ed Rumelhart, McClelland) lk 318?362 (MIT, Cambridge)]
- Seidenberg, M S (1997), Language acquisition and use: Learning and applying probabilistic constraints. [Science, 275(5306), 1599-1603]
- Seidenberg, M S; Hoeffner, J H (1998), Evaluating behavioral and neuroimaging data on past tense processing. [Language, 74(1), 104-122]
- Seidenberg, M S; McClelland, J L (1989), A distributed developmental model of word recognition and naming. [Psychological Review, 96, 523-568]
- Sejnowski, T J; Koch, C; Churchland, P S (1988), Computational neuroscience. [Science, 241, 1299-1306]
- Siegle, Greg; Hasselmo, Michael (2002), Using Connectionist Models to Guide Assessment of Psychological Disorder. [Psychological Assessment, Vol 14, No 3, lk 263–278]

- Snow, C; Ferguson, C (1977), Talking to Children: Language Input and Acquisition. [Cambridge, UK; Cambridge University Press]
- St John, M F; McClelland, J L (1990), Learning and applying contextual constraints in sentence comprehension. [Artificial Intelligence, 46, 217-257]
- Zorzi, M; Houghton, G; Butterworth, B (1998), Two routes or one in reading aloud? A connectionist “dual-process” model. [Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 24, 1131-1161]
- Tanenhaus, M K; Trueswell, J (1995), Sentence processing. [In Eimas & Miller (ed), Handbook of perception and cognition: Language, New York: Academic Press]
- Ulinsky, I; Jones, P; Peters, R (1999), Cerebral Cortex: Models of Cortical Circuits . [Kluwer–Plenum, New York, 1k 251–282]
- Ullman, M T; Corkin, S; Coppola, M; Hicock, G; Growdon, J H; Koroshetz, W J; Pinker, S (1997), A neural dissociation within language: Evidence that the mental dictionary is part of declarative memory and that grammatical rules are processed by the procedural system. [Journal of Cognitive Neuroscience, 9, 266-276]
- Wagner, K R (1985), How much do children say in a day. [Journal of Child Language, 12, 475-487]
- Wardhaugh, Roland (1977), Nonlinguistic Human Communication. [Introduction to Linguistics, 2, New York, 1k18-23]
- Wiener, Morton; Devoe, Shannon; Rubinow, Stuart; Geller, Jesse (1972), Nonverbal Behavior and Nonverbal Communications. [Psychological Review, 79, 1k185-214]
- Vihman, M M (1996), Phonological development: The origins of language in the child. [Oxford: Blackwell]

Lisa 1

Lõik uue meedia tekstikorpusest

<p><time>00:07</time></p><sp><speaker>Sekhmet</speaker><p>DarkReaver mu lemmik mini :D</p></sp>
<p><time>00:08</time></p><sp><speaker>Sekhmet</speaker><p>mis m8llad? :P</p></sp>
<p><time>00:08</time></p><sp><speaker>DarkReaver</speaker><p>niisaam</p></sp>
<p><time>00:08</time></p><sp><speaker>DarkReaver</speaker><p>joon 6llet</p></sp>
<p><time>00:08</time></p><sp><speaker>DarkReaver</speaker><p>mini irwwwwwwwwwwwwwwwwwwwwww</p></sp>
<p><time>00:09</time></p><sp><speaker>Sekhmet</speaker><p>nojaanoh :P</p></sp>
<p><time>00:09</time></p><sp><speaker>DarkReaver</speaker><p>mix just min</p></sp>
<p><time>00:09</time></p><sp><speaker>DarkReaver</speaker><p>mix just mini</p></sp>
<p><time>00:09</time></p><sp><speaker>DarkReaver</speaker><p>st.</p></sp>
<p><time>00:10</time></p><sp><speaker>Sekhmet</speaker><p>a miks mitte? :P</p></sp>
<p><time>00:11</time></p><sp><speaker>DarkReaver</speaker><p>nojah</p></sp>
<p><time>00:11</time></p><sp><speaker>DarkReaver</speaker><p>kui nii siis nii</p></sp>
<p><time>00:11</time></p><sp><speaker>DarkReaver</speaker><p>irww</p></sp>
<p><time>00:13</time></p><sp><speaker>Sekhmet</speaker><p>oleks sa siis kysinud, et miks just sina... aga noh... kui ei kysinud, siis ei kysinud...</p></sp>
<p><time>00:13</time></p><sp><speaker>Sekhmet</speaker><p>ja nyud on hilja :D</p></sp>
<p><time>00:21</time></p><sp><speaker>DarkReaver</speaker><p>ahaaaa</p></sp>
<p><time>00:21</time></p><sp><speaker>DarkReaver</speaker><p>nojah</p></sp>

Lisa 2

Korpuses kasutatud parakeele aktid

:)	:>	:O)	@};-	^:)^
:-)	B-)	8-}	%%-	:j
:(:s	8-)	**==	(*)
:-()	:-S #:-S	<:-P (:	(~~) ~O)	
:-)	>:)	=P~	*:-)	
:D	:((:-?	8-X	
::)	:))	#-o	=:)	
>:D<	:	=D>	>:-)	
:-/	/:)	:-SS	:-L	
:x	=))	@-)	[-O<	
:">	O:)	:^o	\$-)	
:P	:-B	:-w	:-"	
:p	=;	:-<	b-(
:-*	-	>:P	:>-	
=((8-	<:)	[-X	
:-O	L-)	:@)	\:D/	
:0	:-&	3:-O	>:/	
:o	:-\$:()	:))	
X([-(~:>	:-@	