

Tartu Ülikool
Semiootika osakond

Lemmit Kaplinski
**Arvutussemiootika kui alus automaatsele
tekstikategoriseerimisele**

Bakalaureusetöö

Juhendaja: prof. Kalevi Kull

Tartu
2008

Sisukord

Sissejuhatus.....	3
Arvuti semiootilised aspektid.....	3
Teabe üleküllus.....	5
Töö eesmärk ja ülesehitus.....	8
1. Ülevaade arvutussemiootikast.....	10
1.1. Uexküll, robotika ja elu koodid.....	10
1.2. Küberneetikast kübersemiootikani.....	18
1.3. Teadmise modelleerimine.....	22
1.4. Semiootilised kognitiivsed infotöötlussüsteemid (SCIP).....	29
1.5. Arvutussemiootika piirid.....	35
1.6. Arvutussemiootika määratlus.....	40
2. Mudel tekstide automaatseks kategoriseerimiseks.....	45
2.1. Esinemissagedus semantilise kauguse kriteeriumina.....	46
2.2. Bayesi andmeanalüüs ja selle rakendused.....	47
2.3. Tekstide kategoriseerimine.....	49
2.4. Autopoeetiline tekstide kategoriseerimismudel.....	51
2.5. Mudeli põhitunnused.....	54
Kokkuvõte.....	58
English summary.....	60
Kasutatud kirjandus.....	62

Sissejuhatus

Arvuti semiootilised aspektid

Käesolev töö räägib arvutussemiotikast, haakudes kaudsemal või otsesemal moel pika teadustraditsiooniga. Leibniz, Babbage, Lovelace, Wiener ja Turing on ühed paljudest, kelle tööle tuginedes on arendatud välja kaasaegne kahend-süsteemis töötav elektronarvuti. Olles tänasel päeval kandjateks juba valdavale osale meie igapäevasuhtlusest, on arvutitel kahtlemata oluline roll ümbritseva märgisüsteemi toimimise tagamisel, võib olla aga ka juba aktiivse osapoolena vahendamisel. Bouissac on tõdenud, et oleks arvuti põhitunnuseks tema võime numbreid ragistada, poleks semiootilisest vaatenurgast tegemist millegi olulise-
ma kui arvelauaga. Tegelikuses on aga arvutitel vähemalt kolm semiootika jaoks olulist aspekti: arvutusvõime, liidesed (kasutajate ning arvuti vahel) ja võrguühendused (mille all Bouissac ei pea silmas otseselt internetti ega mõnda teist levinud andmevahetustehnoloogiat, vaid üldist riist- ning tarkvara integreerimist võimaldamaks arvuti kasutamist inimese poolt) (Bouissac, 1998 *sub Computer*).

Nendest aspektidest on enam uuritud arvutite ja kasutajate vahelisi liideseid, ehk levinud terminoloogias „kasutajaliideseid“. Tuginedes Saussure'i ja Hjelmslevi traditsioonile, käsitleb Andersen kasutajaliideseid struktuuraalse-

miootilisest vaatenurgast kui suletud semantilisi süsteeme, mille elemente võib küll võrrelda ja kõrvutada tavakeelsete fraasidega, kuid sarnasus on ennekõike näiline:

The disguise technique consists in designing the interface language in such a way that it is parasitic upon English by employing English spelling and syntax, so that English and interface will form one language system if added together¹. (Andersen, 1990: 13)

Liideseid ning seotud küsimusi uurivat semiootika alamharu nimetab Andersen edaspidi arvutisemiootikaks, mis vastab Bouissaci välja toodud teisele aspektile. Esimese aspekti, arvutusseemiootika, kõige täpsema definitsiooni on andnud Gudwin:

Computational Semiotics refers to the attempt of emulating the semiosis cycle within a digital computer².

Kuigi Gudwini definitsioonil on oma lühiduse tõttu mitmeid vajakajäämisi, pean ma teiste puudumisel tuginema järgnevas tekstis sellele kui minimaalsele. Töö 1. peatüki lõpus annan uue, täpsema definitsiooni, mis on tuletatud Gudwinist, kuid mida on laiendatud vastavalt töös käsitletud materjalile.

Mis puudutab Bouissaci nimetatud arvutite kolmandat semiootilist aspekti, siis järgnevas traditsioonis puudub selle täpsem defineerimine ja edasiarendus. Seetõttu pean õigeks Bouissaci toodud eristust arvutisemiootika

1 Moondamistehnika hõlmab kasutajaliidese keele kavandamist sellisel viisil, et ta parasiteerib inglise keelele, kasutades inglise keele õigekirja ja süntaksit, nii et inglise keel ja liidese keel moodustavad kokku liites ühe keelesüsteemi (siin ja edaspidi autori tõlge).

2 Arvutusseemiootika tähistab katset emuleerida semioositsüklit digitaal arvutis.

Ricardo R. Gudwin, koduleht internetis

<http://www.dca.fee.unicamp.br/~gudwin/compsemio/> Külastatud 26.05.2008

ning arvutussemiootika vahel, jättes kõrvale „võrguühenduste“ kui lahtiselt määratud ja ilma toetava teadustraditsioonita mõiste.

Teabe üleküllus

Arvutite ja manusseadmete plahvatuslik levik ei ole muutnud pelgalt viise, kuidas me teavet toodame, hangime ja töötleme. Meile kättesaadava teabe hulk on kasvanud inimkonna ajaloos pretsedenditute mahtudeni ja selle kasvu lõpp ning lõplikud tagajärjed on veel saabumata.

Kuigi teabe mahtude ja selle kättesaadavuse küsimused iseenesest edestavad ajalisel arvuteid, siis tehnoloogia arengu projektsioonina sõnastas need esimesena Bush (Bush, 1945). 1945. juulis ilmunud artiklis „As We May Think“ püüdis ta visandada sõja jooksul välja töötatud³ tehnoloogia arengu loogilist jätku ning selle mõju teadustööle ja igapäevaelule laiemalt. Rääkides oma aja teadussaavutustest, pidi ta juba tollal tõdema kasvavas teabehulgas orienteerumise raskusi:

There is a growing mountain of research. But there is increased evidence that we are being bogged down today as specialization extends. The investigator is staggered by the findings and conclusions of thousands of other workers—conclusions which he cannot find time to grasp, much less to remember, as they appear⁴. (sammas)

3 Sõjaajal suunatakse strateegilise tähtsusega teadustöösse rahuaajaga võrreldes hiiglaslikke summasid. II maailmasõja aegse sõjalise tähtsusega teadustöö viljadeks on peale tuumaenergia, mikrolaineahjude, radari ja reaktiivlennukite muuhulgas ka digitaalarvutid. Esmalt arendati arvutustehnikat Saksamaa ja Jaapani šifreeritud sõnumite lahtimurdmiseks.

4 Teadustööd on kasvavate mägede kaupa, küll on aga järjest enam tõendeid selle kohta, et me takerdume täna sedamööda, kuidas areneb spetsialiseerumine. Uurija eksib tuhandete teiste töötajate leidudesse ja järeldustesse – järeldustesse, mille haaramiseks tal puudub aeg, veel vähem võimalus neid meelde jätta, kui nad ilmuvad.

Huvitav on märkida, et Bush näeb lahendusena seadet, mida ta ise kutsub „meksiks“ ja mis kujutab endast sisuliselt personaalarvutit spetsialiseeritud hüpertekstirakendusega. Tema lõplik tõdemus on aga, et inimene on loonud endale niivõrd keeruka keskkonna, et selles orienteerumiseks on tarvis mehaanilisi lahendusi teabe talletamiseks ja taasesitamiseks, et säästa inimese piiratud mäluressursse (samas).

Sarnast probleemi on kirjeldanud ka Eco, kes toob Coppockile antud intervjuus näite, kuidas ta otsis konverentsiettekande jaoks elektroonilisest tekstist viiteid, kus Thomas Aquinas mainiks Jeruusalemma:

Now, if I only had these books - well, that index is a reasonable index which focuses only on the larger, more intensive treatments of the word 'Jerusalem' - I would have found say 10 or 15 tokens of 'Jerusalem' which I would have been able to examine. Unfortunately I now have the Aquinas hypertext...

[..]

and there I found, that there were - well I don't remember the exact number - but there were round 11,000 or so tokens...

[..]

Working with 11,000 references is just impossible. That's far too many⁵. (Coppock, 1995)

5 Kui mul oleks ainult need raamatud – tähendab, see kataloog on üsna asjalik kataloog, mis keskendub ainult sõna “Jeruusalem” põhilistele, intensiivsematele kasutustele – oleksin ma leidnud nii 10 või 15 viidet “Jeruusalemmale”, mida ma oleksin jõudnud uurida. Paraku on mul nüüd Aquinase hüpertekst... [...] Ja sealts leidsin ma, et seal on – noh, ma ei mäleta täpset arvu – aga seal oli ligi 11 000 viidet või nii... [...] 11 000 viitega töötamine on lihtsalt võimatu. Seda on liiga palju.

Laiendades seda näidet väidab Eco, et oma isiklikele kogemustele tuginedes suudab ta küll eristada igast kümnest raamatust selle ühe, kus on tema jaoks uut ja väärtuslikku teavet, 20 või isegi 30 aastasel õppuril aga pole sellist selekteerimisoskust. Lahendusena pakub ta välja „filtreerimise“ või „detsimeerimise“ reeglistiku arendamise, tõdedes, et kuigi täna sellist teooriat veel ei ole, tuleb see leiutada, reeglid on võimalik tuletada (samas).

Teoreetilisi tähelepanekuid teabe ülekülluse kohta täiendavad teaduslikud andmeid teabe mahtude kasvu kohta. California Berkeley Ülikooli teadlaste Lymani ja Variani uurimus „How Much Info“ püüab hinnata aastas toodetava teabe kogumahtu. Nende arvamuse kohaselt toodeti 2002. aastal kokku 5 exabaiti uut teavet (Lyman, Variani, 2003). Võrdlusmomendi loomiseks toovad autorid näiteks Ameerika Ühendriikide Kongressi Raamatukogu, mille 17 miljonit raamatut võtaksid digitaliseeritud kujul ruumi kõigest 136 terabaiti⁶. See tähendab, et 2002. aastal toodeti trüki-, filmi-, magnet- ja optilise meedia peale kokku umbes 37 000 Ameerika Ühendriikide Kongressi Raamatukogu mahus uut teavet, selles üle 90% magnetmeedia, enamasti kõvaketaste peal.

Võrdluseks võib tuua samade autorite uurimuse 2000. aastast, mille järgi hinnati 1999. aasta uue teabe kogutoodanguks maksimaalselt 2,1 exabaiti (Lyman, Variani, 2000). Ajavahemikul 1999 – 2002 toimus seega tootmismahu enam kui 100% kasv. Rääkides aga kitsamalt internetist, siis prognoosib Odlyzko selle jätkuvaks kasvutempoks 10% - 60% aastas, kuigi mainib sealjuures, et siiani on selle valdkonna kohta raske leida usaldusväärseid andmeid (Odlyzko, 2008).

6 Üks terabait on 1000^4 baiti, exabait on 1000^6 baiti (SI ühikud).

Isegi kui täpsed andmed ka esitatutest mingil määral erinevad, on siiski selge, et täna on inimese käeulatuses andmehulgad, mille iseseisev läbitöötamine on talle lõplikult üle jõu.

Peale praktiliste küsimuste vajaliku ja relevantse teabe leidmise kohta võivad teabemahtude kasvades areneda välja fundamentaalsemad probleemid inimese isiksuse ja identiteedi kujunemisel. McLuhan arvab, et just see võib olla 21. sajandi kõige suurem tõdemus ning hoiatab otsesõnu, et inimene ei pruugi olla loodud elama „valguse kiirusel“ (McLuhan, Powers, 1989: 97). Teisal mainib ta, et andmeside loob „mitte-inimesi“ (samas: 143).

Kokkuvõtvalt võib tõdeda, et (info)tehnoloogia pretsedenditu areng on loonud situatsiooni, kus teabe hulk võib hakata mõjutama mitte ainult inimkäitumist, vaid tema olemust tervikuna. Nende suundumuste uurimine, modelleerimine ning tekkivatele probleemidele lahenduse leidmine võiks, lähtudes ka Gudwini definitsioonist, olla arvutussemiotika üks keskseid ülesandeid.

Töö eesmärk ja ülesehitus

Teabe üleküllusest tingitud probleemistik muutub prognooside järgi ainult akuutsemaks. Praktilisi abivahendeid vajatakse andmehulkades orienteerumiseks sõltumata sellest, kas probleemi ulatus piiritletakse rämpsuuga elektroonilises postkastis või käsitletakse teabe üleküllust kui tsensuurivormi (Coppock, 1995).

Töö esialgne eesmärk oli visandada meetodites ning arutluskäikudes arvutussemiotikale tuginedes mudel andmete automaatseks ja poolautomaatseks (kasutaja tagasisidet arvestav) töötlemiseks eesmärgiga jaotada need

kategooriatesse, millel oleks tähendus mudeli kasutaja jaoks. Selline mudel peaks olema aluseks tulevasele tarkvaraprogrammile, mida saaks rakendada praktiliste ülesannete lahendamiseks andmete töötlemisel ja selekteerimisel vastavalt kasutaja tagasisidele. Töö kirjutamise käigus sai selgeks vajadus anda esmalt terviklik ülevaade senistest uurimissuundadest ja teemaarendustest arvutusseemiootikas, samuti teadlaste, kes selle valdkonnaga tegelevad, töödest. Kui võrd siiani sellist ülevaatlikku materjali koostatud ei ole, kasvas esmalt töö ühe osana kavandatud peatükk esialgsetest raamidest välja ning moodustab töö põhiosa.

Et mitte täielikult loobuda esialgsest eesmärgist, on algselt kahe peatükina kavandatud mudeli kirjeldamine koondatud ühte lühemasse peatükki. Lühendatud mahu tõttu ei anna see terviklikku ülevaadet minu kavandatavast lahendusest, kuid peaks andma lugejale hea näite arvutusseemiootika võimaliku rakendusvaldkonna kohta, samuti arvutusseemiootika seostest arengutega infotehnoloogias. Töö kirjutamise käigus täienes ka mudeli põhikontseptsiooni mitme olulise aspekti poolest.

Töö peamine eesmärk on seega anda lugejale esmakordselt koondülevaade arvutusseemiootika hetkeseisust ja selle valdkonna täpsem määratlus. Töö kõrvaleesmärk on anda visand ühest võimalikust arvutusseemiootika alasest edasisest uurimusest ja selle rakendusvaldkonnast tänapäevase infotehnoloogilise lahendusena.

1. Ülevaade arvutussemiotikast

1.1. Uexkülli, robotika ja elu koodid

Alustades pikemat käsitlust arvutussemiotikast, nimetan esimesena enam biosemiotika diskursuses tuntud, Eestis sündinud ja Tartus õppinud Jakob von Uexkülli. Töö sissejuhatuses mainitud teadlased – Leibnitz, Babbage, Turing jt olid ühed paljudest, kellele langeb märkimisväärne panus elektronarvuti väljatöötamisel. Uexkülli võib pidada aga peale biosemiotika ka osade küberneetika alusprintsipiide sõnastajaks, läbi mille ulatub temani tagasi ka arvutussemiotika teaduslik traditsioon.

Kuigi tänapäevane küberneetika⁷ ei kasuta enam otseselt Uexkülli terminoloogiat, võime Lagerspetzi järgi omistada tagasisidel põhineva mudeli algupära ennekõike just Uexküllile (Lagerspetz, 2001: 646). Samamoodi väidab Lagerspetz, et Uexküll sõnastas 1928. a esimesena kujundituvastuse⁸ printsiibid,

7 Küberneetika, kübersemiotika, tehisintellekt (TI), robotika, tehiselu (TE), autonoomsed agendid, autonoomsed süsteemid, infotehnoloogia ja arvutussemiotika on kõik väga lähedalt seotud mõisted, mis kattuvad teineteisega paljudes aspektides ning mille täpne piiritlemine on raske, kui mitte võimatu. Seetõttu püüab käesolev töö eristada neist selgelt vaid arvutussemiotika mõistet, kasutades teisi küll mitte võrdsete, kuid enamasti vahetatavate mõistetena. Mõistete omavaheliste suhete kohta on kirjutanud mh Emmeche, kes toob välja arengu küberneetika > TI ja robotika > TI, infotehnoloogia, närviteadus (neuroscience) > TE, autonoomsete süsteemide uuringud. (Emmeche, 2001)

8 ing. k. pattern recognition

taandades need olemuselt lihtsatele, kuid paralleelsetele närvimehhanismidele (samas: 649).

Küberneetika kui distsipliini rajaja Norbert Wiener ise ei ole küll distsipliini alusprintsipi käsitlevas teoses „Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine“ (Wiener, 1948) Uexkülli nime maininud. See tõsiasi võis olla tingitud ajaloolisest situatsioonist, tõuke küberneetika sünniks andis taas kord käimasolev sõda ning vajadus lahendada mitmeid praktilisi küsimusi, näiteks õhutõrjekahurite tulejuhtimissüsteemide täiustamine (samas: 11) vastukaaluks Saksamaa ülekaalule Suurbritannia õhuruumis. Vaevalt, et Wieneril oli tol hetkel juurdepääs okupeeritud Euroopa teadussaavutustele, sealhulgas ka Uexkülli töödele, või et salajaste riiklike projektidega töötavale teadlasele oleks võimaldatud piisavalt vaba läbikäimist „vastaspoole“ teadlastega.

Vaatamata Wieneri ja Uexkülli vaheliste otseste sidemete puudumisele on Wieneri sõnastatud küberneetika alusprintsüübid tõepoolest vägagi lähedased Uexkülli funktsioonitsüklile. Rääkides tulejuhtimisseadmetest, laeva tüürimehhanismidest⁹ või lihtsalt lihaste kontrollimisest pliiatsi tõstmiseks laualt, rõhutab Wiener tsüklilise tagasiside olulisust:

Mr. Bigelow and I came to the conclusion that an extremely important factor in the voluntary activity is what the control engineers term *feed-back*. I shall discuss this in considerable detail in the appropriate chapters. It is enough to say here that when we desire a motion to follow a given pattern, the difference between this pattern and the

9 Mõiste “küberneetika” tuletas Wiener kreeka keelsest sõnast Κυβερνήτης, mis tähendab tõlkes tüürimeest (Wiener, 1948: 19)

actually performed motion is used as a new input to cause the part regulated to move in such a way as to bring its motion closer to that given pattern¹⁰. (samas: 13)

Kui Wiener oleks jäänud pelgalt utilitaarsete seadmete kirjeldamise ja väljatöötamise juurde, oleks seos tema ja bio- ning arvutussemiootika vahel ka pelgalt teoreetiline. Järgnevalt visandab autor aga nende seadmete võimaliku tuleviku, rääkides automaatide (robotite) konstrueerimisest, mis – nagu allpool selgitatud – on nii bio- kui arvutussemiootika jaoks oluline teema ning mille mõistmiseks on meil võimalik kasutada Wienerile arvatavasti tundmatut Uexkülli teadustööd.

It has long been clear to me that the modern ultra-rapid computing machine was in principle an ideal central nervous system to an apparatus for automatic control; and that its input and output need not be in the form of numbers or diagrams, but might very well be, respectively, the readings of artificial sense-organs such as photo-electric cells or thermometers, and the performance of motors [...] we are already in a position to construct artificial machines of almost any degree of elaborateness of performance¹¹. (samas: 36)

Wienerile tuleb anda au mitte ainult tehnoloogia võimaluste, vaid ka sellega kaasnevate ohtude ette nägemise eest. Tundes muret tööliste saatuse pärast automatiseeritud tootmise tingimustes, võtab ta ühendust kohalike ametiühin-

10 Mr. Bigelow ja mina jõudsime järeldusele, et tahtliku tegevuse juures on äärmiselt oluliseks faktoriks see, mida kontrollmehhanismide insenerid kutsuvad tagasi-sideks. Ma kirjeldan seda oluliselt detailsemalt vastavates peatükkides. Praegu piisab, kui ütlen, et kui me soovime, et teatud liikumine järgiks antud mustrit, siis kasutatakse selle mustri ja tegelikult teostatud liikumise vahelist erinevust uue sisendina, et põhjustada kontrollitud osa liikumist selliselt, et tuua liikumine lähemale mustris antule.

11 Mulle on ammu selge, et kaasaegne ülikiire arvutusmasin on põhimõtteliselt ideaalne närvisüsteem automaatkontrolli seadmele; ja et selle sisendid ning väljundid ei pea olema numbrite ja diagrammide vormis, vaid nendeks võivad olla vastavalt tehis-tajuorganite, näiteks foto-elektriliste rakkude või termomeetrite näidud, või mootorite töö [...] meie võimuses on juba täna luua peaaegu iga keerukusastme ja võimekusega masinaid.

gutega, püüdes neile selgitada võimalikke arenguid ja tekkivaid probleeme. Lõppkokkuvõttes peab ta siiski tõdema, et kuigi ametiühingud kuulsid tema seisukohad ära, puudub neil ettevalmistus selliste küsimuste lahendamiseks (samas: 38).

Mil määral on aga Wieneri visandatud robotika arvutussemiotika seisukohast oluline? Emmeche ja Gudwin on arutlenud küsimuse üle, kas robotil on Uexkülli mõistes omailm või mitte. Kui küsimuse all on juba oma ilma kui semioosiks vajaliku elemendi eksisteerimine robotitel, siis on see ühtlasi küsimus robotite kuulumisest arvutussemiotika huvifääri. Juhul kui me saame rääkida robotite omailmast, peame nõustuma ka sellega, et robotika ning arvutussemiotika, mille eesmärgiks Gudwini sõnastuses on semioosi emuleerimine, on osalt kattuvad valdkonnad.

Emmeche käsitleb oma artiklis „Does a robot have an Umwelt?“ nii robotite ja oma ilma küsimust kui robotika ja semiootika seoseid laiemalt (Emmeche, 2001). Kuigi ta jätab robotite oma ilma eksisteerimise küsimusele vastamata, määrab ta küberneetika, tehisintellekti uurimise, infotehnoloogia, tehiselu ja autonoomsete agentide uuringud kui lähedased ja vastastikku tihedalt seotud distsipliinid. Tähelepanuväärne on Emmeche vastandus „vana hea tehisintellekti“ ning tänapäevase autonoomseid süsteeme uuriva „nouvelle AI“ vahel. Kui esimesel juhul on intellekt aprioorne nähtus ning agendid või robotid ehitatakse „ülalt alla“ põhimõttel, siis autonoomsete agentide teooria kasutab „alt üles“ lähenemist, kus agendi autonoomsus ei ole mitte sisse kodeeritud, vaid väljendub tema käitumises. Viimane on aga alati keerukam kui süsteemi skeem ja peegeldab keskkonna keerukust, nagu sipelga siksakiline liikumine ei

ole sipelga sihilik taotlus, vaid keskkonnast põhjustatud adaptiivne käitumine (samas: 677). Selline arusaamine rõhutab ennekõike dialoogi organismi ning teda ümbritseva keskkonna vahel ja eeldab funktsioonitsüklile sarnast tagasisidel põhinevat mehhanismi. Emmeche artiklist lähtuvalt võib tõdeda, et kuigi omailma eksisteerimine robotitel ei ole tõestatud (ega võibolla ka tõestatav), on vähemalt selle küsimuse esitamine tänapäevases robootikas ning semiootikas selgelt õigustatud.

Gudwin on vastanud Emmeche artiklis esitatud vaadetele, nõustudes neist osadega ja vastustades teisi (Gudwin, 1999). Vastuargumentidena juhib Gudwin tähelepanu ennekõike asjaolule, et omailm ning selle organismisene representatsioon ei ole pariteetsed mõisted ning nende autonoomsete agentide, keda Emmeche oma artiklis näitena on toonud, puhul ei saa rääkida omailma sisemisest representatsioonist. Viimane on aga märgilise käitumise puhul oluline, kuna just omailma sisemises representatsioonis eksisteerivad „objektid“, samas kui omailmas endas saame rääkida vaid tajutud „kvaliteetidest“ (samas: 9). Just „objektide“ matemaatiline modelleerimine on olulisel kohal kõigis Gudwini töödes.

Samuti esitab Gudwin teesi, et kuigi omailma ei saa käsitleda aprioorse nähtusena, tuleb autonoomsete agentide puhul toimida nii nende eesmärgiga. Robotagendi eesmärk peab lähtuma loojast ning väljub agendi omailma piiridest, samas kui elusorganismi eesmärk on kodeeritud temasse loodusliku valiku ja evolutsioon käigus (samas: 8).

Samas tõdeb ka Gudwin, et küsimuse üldine püstitus on õigustatud ning peab samuti oluliseks Emmeche eristust „vana“ ja „uue“ tehisintellekti vahel. Viimase puhul näeb ta mõningast rolli semiootikal, kirjutades:

The creation of a new generation of intelligent autonomous systems will have to be inspired somewhat in semiotics. [...] How do we pass from signals to true signs. [...] These are the challenges for the future. These are the questions we have to solve, in order to be able to create new kinds of machines that are really more "intelligent", and maybe could help humanity to create a better world to live in¹². (Gudwin, 1999: 9)

Arvutussemiootika on üks meetodeid autonoomsete agentide ja intelligentsete süsteemide loomiseks (Gudwin, 1997a: 1) ja tugineb läbi selle seose ka Uexküllile. Laiemalt vaadatuna on arvutussemiootika mitmes aspektis lähedane ka biosemiootikale, kasutades kohati samu mõisteid nagu informatsioon, kood, modelleerimine, signaal jt ning lahates sarnaseid probleeme. Emmeche ja Hoffmeyer on oma artiklis „Code-duality and the semiotics of nature“ (Emmeche, Hoffmeyer, 1991) arutlenud justnimelt informatsiooni ja selle tähenduse küsimuste üle, millest mitmed on olulised ka käesoleva töö kõrvaleesmärki silmas pidades. Autorid vastandavad infotehnoloogilise käsitluse informatsioonist kui

12 Uue põlvkonna intelligentsete autonoomsete süsteemide loomine peab olema mingil määral inspireeritud semiootikast. [...] Kuidas liikuda signaalidelt tõelistele märkidele. [...] Need on tuleviku väljakutsed. Need on küsimused, millele me peame vastama, mille me peame lahendama, et luua uut tüüpi masinaid, mis on tõepoolest "intelligentsamad" ja võibolla aitavad inimkonnal luua elamiseks paremat maailma.

signaali edastumahust ning semantilise käsitluse selle tähendusest¹³ (samas: 120-121). Tähenduse tekke aluseks peetakse eristusvõimet ja selektsiooni:

For differences to be information, we humans have got no choice but to select. And therefore information does not belong to the sphere of matter and energy, but to the subjective and non-dimensional sphere of structure, pattern and form¹⁴. (samas: 123)

Autorid teevad siin sama eristuse, mille Gudwin (Gudwin, 1999), lahutades „välise“ maailma, mis koosneb tajutud kvaliteetidest, ning selle sisemise representatsiooni, mis koosneb objektidest, märkidest. Esimene kehastab autorite viidatud „aine ja energia“ sfääri ja sel puhul me ei saa rääkida tähendusest ega informatsioonist, vaid signaalidest.

Autorite ülejäänud artikkel keskendub DNA/RNA molekulides leiduva informatsiooni tõlgendamise küsimustele, esitades hüpoteesi elust kui kahe koodi – digitaalse (DNA) ning analoogse (organism) - pidevast vaheldumisest, kusjuures eraldivõetuna ei saaks kumbki neist iialgi moodustada tervikut. Sellega osutavad autorid teabe protsessilisele iseloomule ning kritiseerivad nii individualismi kui „DNAismi“, osutades nende piiratusete elu olemuse seletamisel (Emmeche, Hoffmeyer, 1991: 149). Taas kord saame tõmmata paralleeli selle teemavaldkonna ning arvutussemiootika probleemide vahele, kus küsimuseks on

13 Huvitav on märkida, et viidates von Foersterile väidava autorid, et selline eristus võis tekkida II maailmasõja ajal, mil infotehnoloogia tegi suure sammu edasi, kuid oli piiratud militaarsete eesmärkidega ning oli kandjaks väga spetsiifilisele kommunikatsioonivormile: käskudele. Käsk on maksimaalselt reglementeeritud suhtlusvorm, milles uue informatsiooni hulk on viidud miinimumini ning saatjalt ja vastuvõtjalt eeldatakse ühtset arusaamist sõnumist. Selline situatsioon vastandub igapäevakommunikatsiooni paratamatule mitmetähenduslikkusele.

14 Et erinevused kujutaksid endast informatsiooni, ei jää meil, inimestel, üle muud kui valida. Ja seetõttu ei kuulu informatsioon aine ja energia sfääri, vaid subjektiivsesse, mittemõõtmelisse struktuuri, mustri ja vormi sfääri.

nii teadmiste talletamine kui „ülalt-alla“ ja „alt-üles“ printsiipide vastandus autonoomsete agentide loomisel. „Ülalt-alla“ lähenemise korral langeme me autorite mõistes „DNAismi“, püüdes selgitada agendi käitumist tervikuna aprioorse programmi kaudu. Teisel juhul ignoreerime me programmi ja (geneetilise) mälu osatähtsust ning taandame agendi pelgalt keskkonnale reageerivaks automaadiks.

See vastandus signaalide ja märkide, vana ja uue tehisintellekti vahel on vanem ning avaldub märksa laiemalt kui vaid bio- või arvutussemiotikas. See- ga ei ole ta ka bio- ega arvutussemiotika tasandil lahendatav, vaid lahendus peab tulema üldisemast raamteooriast. Ühte sellist raamteooriat – kübersemiootikat –, mis aitab mõista selle vastanduse ajaloolist tausta ning võimalikku lahendusviisi, tutvustan alapeatükis 1.2.

Kuigi arvutussemiotikal ja biosemiootikal on mitmeid ühiseid huvi- alasid, eristub arvutussemiotika biosemiootikast ennekõike oma suunitluse poolest. Kui viimane püüab seletada meid ümbritseva looduskeskkonna teatud aspekte, siis arvutussemiotika püüab modelleerida selles looduskeskkonnas toimivaid märgilisi protsesse. On arusaadav, et modelleerimiseks on vajalikud teooriad modelleeritavate protsesside olemuse kohta, ning neid pakubki biosemiootika arvutussemiotikale. Koostöö võiks aga olla mõlemapidine ning arvutussemiotika vahenditega teostatud modelleerimist, simulatsiooni saaks edukalt kasutada teooriate katsetamiseks ning vähemtõenäoliste kõrvaleheitmiseks. Arvutil teostatud eksperimendi tähtsust infoprotsesside kirjeldamisel rõhutab muuhulgas Rieger (Rieger, 1988: 3). Alates Uexküllist on suund olnud biosemiootikalt arvutussemiotikale, loodetavasti näeme lähiajal ka rohkem vastandsuunalisi liikumisi. Igal juhul viivad arvutussemiotika juured meid ligi

sajanditagusesse teadustraditsiooni ning on tihedalt seotud eluslooduse enda uurimisega.

1.2. Küberneetikast kübersemiootikani

Nimetasin mõningaid arvutussemiootika seisukohast olulisi, kuid teineteisest lahus asuvaid vaateid ja uurimusi, millel on hulganisti ühisjooni. Need valgustavad siiski kitsalt erialaseid küsimusi ning vaatamata osalisele kattuvustele ei paigutu ühtsesse teoreetilisse mõistestikku. Tegemist on fragmentidega, mis igäüks on seotud suuremate olemasolevate paradigmadega. Nii näiteks „alt-üles“ ja „ülevalt-alla“ vastandus, samuti „DNAismi“ ja individualismi vastandus kordavad endas materialistliku ja fenomenoloogilise maailmakäsitluse vastandust. Brier näeb, et erinevate maailmakäsitluste terviklik selgitus ei saa tuleneda ühestki neist käsitlusest eraldivõetuna:

I cannot find a way to explain everything as evolving from either a dead mechanical deterministic world, or a completely indeterminate material world that pre-exists all knowing systems, or a radical and social constructivism wherein our 'world' amounts to tapestries of language and concepts, and in which all phenomena – even nature – are merely social constructions¹⁵. (Brier, 2008: 147)

Muuhulgas selleks, et mitte jõuda erinevates teadusharudes samade ületamatute vastandusteni, loob ta uue interdistsiplinaarse teadusliku teooria, nimetades seda kübersemiootikaks. Oma eesmärkidest rääkides rõhutab Brier vajadust tuua ühtse katuse alla sotsiaal- ja humanitaarteadused, bioloogia ja füüsikalisis-

15 Ma ei suuda leida võimalust seletada kõike arenevat ei surnud mehhaanilisest deterministlikust maailmast ega täiesti indeterministlikust materiaalsest maailmast, mille olemasolu eelneb kõigile teadvatele süsteemidele, ega radikaalsest sotsiaalsest konstruktivismist, kus meie 'maailm' on vaid keele ja kontseptsioonide vaip ja kus kõik fenomenid – kaasa arvatud loodus – on vaid sotsiaalsed konstruktsioonid.

keemilised teadused (samas: 150). Sellisel lähenemisel on potentsiaal siduda terviklikuks teooriaks eelnimetatud robotika, küberneetika, (bio)semiootika ning teised valdkonnad, andes adekvaatse selgituse informatsiooni, taju ja kommunikatsiooni toimimisele. Läbi selle võiks selguda ka arvutussemiootika täpsem määratlus, paiknemine ning ülesanne kübersemiootika raamistikus.

Käesoleva töö seisukohast on Brieri vaated olulised ka seetõttu, et oma teooria illustreerimiseks kasutab ta läbivalt näiteid arhiivinduse ja otsingusüsteemide valdkonnast, kus ta näeb taas kord teabe mahtude kasvust tulenevaid orienteerumisprobleeme (samas: 72). Samas väidab Brier, et kuigi klassifikatsioonisüsteem peaks korrigeerima end vastavalt muutuvale keelele ning ideaalis peaks erinevate kasutajagruppide jaoks looma erinevad klassifitseerimise ja märksõnade süsteemid, pole see tänapäeval ei majanduslikult otstarbekas ega automaatselt teostatav (samas: 287). Selline väide vastandub selgesõnaliselt käesoleva töö kõrvaleesmärgile kirjeldada automaatset klassifitseerimissüsteemi, mis korrigeeriks end vastavalt kasutajate tagasisidele ja looks seeläbi erinevate kasutajate jaoks erinevad klassifitseerimise ja märksõnade süsteemid. Kui võrd Brier ei ole antud väidet põhjendanud, puudub mul võimalus oma seisukohti sellest aspektist pikemalt argumenteerida.

Suur osa Brieri tööst on pühendatud olemasolevate teooriate kritiseerimisele, näitamaks nende suutmatust lahendada kommunikatsiooni ja kognitsiooni probleeme tervikuna. Samas püüab autor integreerida kritiseeritud teooriatest olulised mõisted ja mudelid. Üks kübersemiootika tugisambaid on ka küberneetika, milles Brier teeb eristuse 1. ning 2. astme vahel¹⁶. Esimene tu-

16 ing. k. "first order cybernetics" ja "second order cybernetics"

gineb Shannoni, Wieneri jt käsitlusel informatsioonist kui negatiivsest entroopiast, millel on semiootilisest aspektist aga ainult statistilised, mitte märgilised tunnused. Sellise informatsiooni mõõtühikuks on bitt. See on mõõdik, mida Emmeche ja Hoffmeyer nimetavad pelgalt signaali semantiliselt vaesustatud statistiliseks struktuuriks, edastusmahuks, mitte selle tähenduseks (Emmeche, Hoffmeyer, 1991: 120). Brier heidab kübersemiootika teooriast samuti 1. astme küberneetika laias mahus kõrvale.

2. astme küberneetika lähtekohaks on Batesoni definitsioon informatsioonist: „In fact, what we mean by information – the elementary unit of information – is a difference which makes a difference¹⁷.“ Samuti Maturana autopoieetiliste süsteemide definitsioon:

A composite unity whose organization can be described as a closed network of productions of components that through their interactions constitute the network of productions that produce them and specify its extensions by constituting its boundaries in their domain of existence, is an autopoietic system [...] ¹⁸ (Maturana, 1998)

Need kaks definitsiooni rõhutavad, et lisaks vaadeldavale süsteemile peame me tooma sisse vaatleja kui süsteemi ja et vaadeldav süsteem on suletud, autonoomne ning suunatud enese säilitamisele. Teisisõnu – märgilisest informa-

17 Tegelikult, mida me peame silmas informatsiooni all – informatsiooni elementaarne üksus – on erinevus, mis määrab. (ing. k. on väljend “difference which makes a difference” sõnamänguline, tähendades samal ajal ka “erinevust, mis loob erinevuse.” Usutavasti pidas Bateson silmas siiski aspekti, kus erinevus kellegi või millegi jaoks midagi määrab). (Bateson, G. 1973. Steps to an Ecology of Mind. University of Chicago Press. Viidatud Brier, 2008: 174 kaudu)

18 Liitüksus, mille organiseeritust saab kirjeldada suletud võrguna komponentide tootmisest, mis läbi oma interaktsiooni on selle tootmiste võrgu, mis neid toodab, koostiseks ning määravad selle laiendused, olles tema piirideks oma eksistentsidomeenides, on autopoieetiline süsteem.

tsioonist saame me rääkida ainult organismisiseselt, kehandunult¹⁹. See ühtib nii eelnevalt kirjeldatud Emmeche, Hoffmeyeri ja Gudwini arusaamadega kui ka Peirce'i selgitusega märgist, mis tähendab midagi ainult kellegi jaoks. Brier tugineb Peirce'le suurel määral, rakendades nii tema märgitriaadi, mille üks komponente on alati seotud tõlgendava organismiga, esmasuse, teisesuse ja kolmasuse mõisteid ning neil mõlemal põhinevat 10 peamist märgitüüpi, seletamaks informatsiooni, teadmise ja tähenduse erinevaid tasandeid.

Tuginedes Batesonile, Peirce'le, Maturanale ja Varelele ning paljudele teistele, jõuab Brier lõpliku kirjelduseni informatsiooniteooriast, mis tunnistab viite erinevat „olemise taset“ (samas: 389-390, 437-438). Nendeks on üldsõnaliselt:

1. Pidevuse, tunde ja potentsiaali tase, reegleid ennetav kaos, mida Peirce kutsub esmasuseks.
2. Duaalne tase, mille füüsilised aspektid tingivad kausaalsuse. Peirce'i teisesus.
3. Kvaasimärgiline organisatoorne ja keemiline signaalide tase. Sellel tasemel toimivad 1. astme küberneetika seadmed.
4. Elu ja semiootika märgiline, triaadiline tase, kus avaldub Peirce'i kolmasus.
5. Teadlik sotsio-lingvistiline tase, kus organism muutub ise märgiks ja osaleb Wittgensteini keelemängudes Käesoleval hetkel ulatuvad selle tasemeni vaid inimesed.

19 ing. k. embodied

Kuigi Brier rõhutab oma töös korduvalt vajadust määratleda ja selgitada täpsemalt teadmiste olemus ja toimemehhanismid, ei jõua ta toodud viietisest jaotusest täpsema kirjelduseni. Käesoleva töö seisukohast võib Brieri peamiseks puuduseks lugeda aga asjaolu, et arvutussemiotikat ei ole tema teoses kordagi mainitud, kuigi ka näiteks Gudwin püüdleb teadmiste kirjeldamise poole, püüdes sõnastada reegleid, mis toimiksid Brieri mudeli 4. tasandil, ning tugineb samuti suurel määral Peirce'le (Gudwin, 1997b: 5). Seetõttu ei saa aktsepteerida Brieri kõhklematult arvutussemiotika ülesannete ja piiride määratlemiseks. Küll on aga Brier teinud suure töö erinevate teadmiste, kognitsiooni ja kommunikatsiooni käsitlevate teooriate kritiseerimiseks ning nende baasil uue üldise teooria rajamiseks. Kübersemiotikal on vähemalt potentsiaal hõlmata ka arvutussemiotikat, isegi kui autor pole seda seost otsesõnu välja toonud. Et selgitada arvutussemiotika võimalikku positsiooni ja rolli ka kübersemiotika raames, on vaja järgnevalt vaadelda uurimusi, mida saab nimetada või on nimetatud otsesõnu arvutussemiotilisteks ning mis määravad selle valdkonna *ipso facto*. Seejärel on võimalik määratleda täpsemalt ka arvutussemiotika olemus.

1.3. Teadmise modelleerimine

Teadlane, kelle tööd võib nii tema enda kui Bouissaci määratlusest lähtuvalt liigitada arvutussemiotikaks, on Brasiilia Campinase Ülikooli Elektri- ja arvutiteaduste teaduskonna dotsent Ricardo R. Gudwin. Oma huvialadena loetleb Gudwin närvivõrke, hägusloogikal põhinevaid süsteeme, evolutsioonilisi süsteeme, arvutussemiotikat, kognitiivteadusi, autonoomseid agent ning tehis-

kognitsiooni²⁰. Ta on avaldanud üle 80 artikli ning konverentsiettekande, millest suurem osa on tema kodulehelt vabalt allalaetavad. Samuti on ta kaastoimetaja kahele raamatule, mis käsitlevad tehiskognitsiooni ning semiootiliste süsteemide modelleerimist: Loula, A., Gudwin, R. R., Queiroz, J. (toim) 2006. Artificial Cognition Systems. Idea Group Publishing. ning Gudwin, R. R., Queiroz J. (toim) 2006. Semiotics and Intelligent Systems Development. Idea Group Publishing. Oma töödes käsitleb Gudwin ennekõike teadmiste ja tähenduse matemaatilise modelleerimise küsimusi. Kahjuks ei ole tema tööd leidnud laiemat kajastust semiootika diskursuses ja ei ole määranud seetõttu ka arvutussemiotikat ühtse distsipliinina, kuigi autor on osaline mitmetes laiemat kõlapinda taotlevates projektides²¹. Selle põhjuseks võib olla tõsiasi, et tema tööd eeldavad lugejalt enamasti head arusaamist matemaatikast ja hulgateooriast.

Oma varajasi seisukohti tutvustavas artiklis mainib ta eeskujudena ühelt poolt reaalteaduste eksperimenteerimist tehisintellekti, närvivõrkude ning hägusloogikaga, teiselt poolt paralleelselt humanitaarteadustes toimunud semiootilisi arenguid (Gudwin, 1997b: 2). Seniste lähenemiste miinuseks peab Gudwin intelligentsi integreeritud ja organiseeritud kirjelduse puudumist. Lahendusena näeb ta arvutussemiotikat, mis toetub semiootika kontseptsioonide matemaatilisel kirjeldusel ja kõrvaldab selle ühenduse läbi tehisintellekti ning semiootika eraldiseisvad puudujäägid (samas: 3).

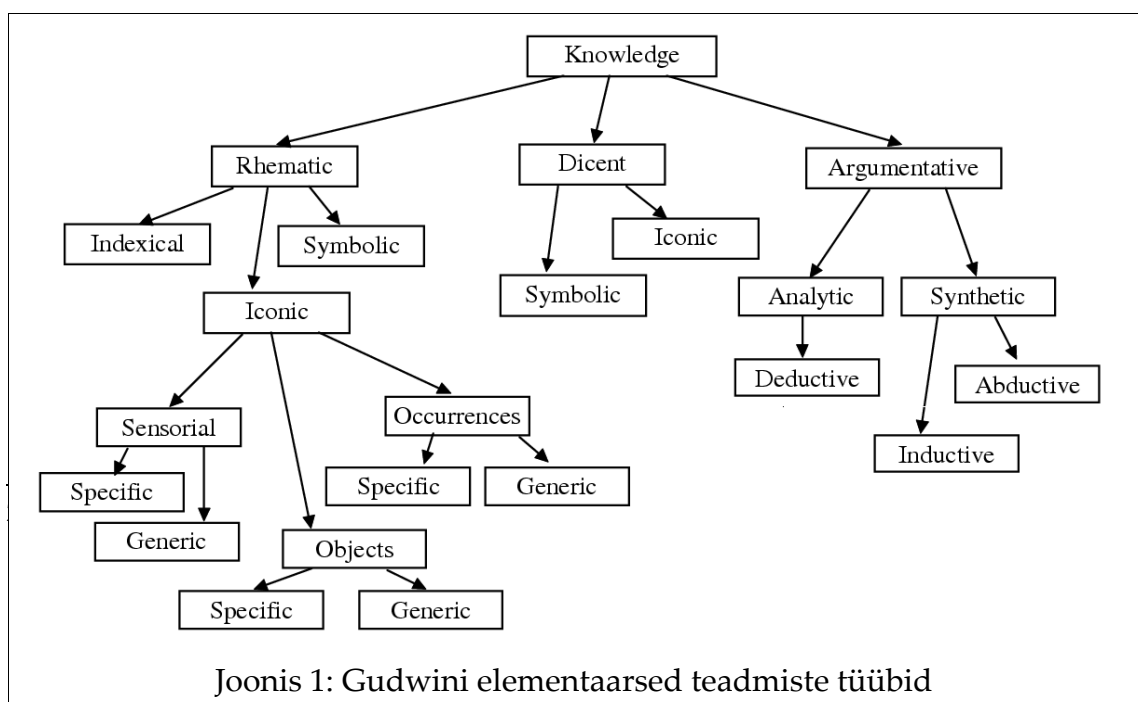
20 Ricardo R. Gudwin, koduleht internetis <http://www.dca.fee.unicamp.br/~gudwin/>
Külastatud 23.05.2008.

21 Computational Semiotics Group, koduleht internetis
<http://www.dca.fee.unicamp.br/projects/semiotics/> Külastatud 23.05.2008

Digital Encyclopedia of Charles S. Peirce, koduleht internetis
<http://www.digitalpeirce.fee.unicamp.br/> Külastatud 23.05.2008.

Esmalt postuleerib Gudwin staatilise või dünaamilise (adaptiivse) kognitiivse süsteemi, kes tunnetab maailma läbi oma ebatäpsete ja piiratud – sõltuvalt süsteemi sensoritest – sisendite. Kuivõrd süsteem on ka ise objekt maailmas, on ta võimeline tunnetama (samuti ebatäpselt ning piiratud) ka iseennast. Maailmas asuvate objektide äratundmist nimetab Gudwin interpreteerimiseks, ning interpreteerimise aluseks on sensorite kaudu saadud sisend, mida Gudwin nimetab märgiks²², või eelnevalt ära tuntud sisemine representatsioon, interpretant. Nii jõuab Gudwin triadini, mille komponente ta nimetab ise märk-objekt-interpretant. See käsitlus teadmistest eristab tema jaoks arvu- tussemiootikat tehisintellektist, kuna representatsioon ei ole enam üheselt seotud füüsiliste objektidega ja tehisintellekti mudelites ei tule selgelt välja interpretanti võime olla märgiks järgmise interpretandi jaoks (samas: 4).

Järgnevalt kirjeldab Gudwin teadmiste klassifikatsiooni, tuginedes siin Peirce'i märkide klassifikatsioonile. Joonisel 1 on toodud teadmiste tüübid, mida Gudwin ise nimetab elementaarseteks ning tõdeb, et see liigitus ei ole lõplik (samas: 5)



Lisaks joonisel toodud jaotusele liigitab Gudwini teadmisi ka nende kasutuse järgi kirjeldavateks, hindavateks ja juhtivateks²³ teadmisteks, kusjuures kõik tüübid võivad esineda kõigis kasutustes, kuigi mõned tüübid sobivad teatud olukordadesse paremini kui teised.

Selgitanud oma käsitlust märkidest ja teadmistest, esitab Gudwin objektide matemaatilise mudeli, mis põhineb hāgushulkadel ning nendega sooritavatel tehetel. Artikli teises osas (Gudwin, 1997c) seob ta objektid teadmiste tüüpidega ning kirjeldab Albusele tuginedes intelligentse süsteemi siset arhitektuuri, milles objektid realiseeritud on. Artikli lõpetab Gudwin näitega selliselt loodud autonoomse süsteemi toimimisest. Eksperimendiks on ta valinud korduvalt uuritud probleemi liikumistee leidmisest takistustega täidetud ruumis ning tema loodud süsteem saab selle ülesandega hakkama võrdlemisi hästi, vältides kõigil juhtudel kokkupõrkeid (samas: 37).

Kirjeldatud artikli alusel saab öelda, et Gudwin tegeleb kognitsiooni, teadmiste ja tähenduse küsimustega utilitaarsest vaatenurgast ning ta tunnistab ka ise, et esitatud objektide formalisatsioon on puudulik ning ei ulatu üldise teooriani (samas: 37). Samas tugineb teooria semiootilistele alustele ning on üheks võimalikuks lahenduseks signaalilt märgile (Brieri 3. tasemelt 4. tasemele) liikumiseks. Gudwini lähenemise kriitikana võib tuua välja juba mainitud tugeva rõhuasetuse matemaatikale ja hulgateooriale, mis muudab selle mõistmise humanitaartaustaga semiootikule keeruliseks.

Jārgnevates semiootilise põhjaga (Gudwin on avaldanud rohkelt artikleid ka muudes infotehnoloogiat, sealhulgas tööstusrobotikat puudutavates küsimustes) artiklites jätkab Gudwin koos oma kolleegidega kirjeldatud

²³ ing. k. designative, appraisive, prescriptive.

mudelite viimistlemist ja edasiarendamist. Üldiselt võib täheldada liikumist spetsiifilistelt matemaatilistelt valemilt üldisematele teoreetilistele küsimustele, mis muudavad tema hilisemad tööd kergemini mõistetavaks.

2002. aastal ilmunud artiklis „Semiotic Synthesis and Semiotic Networks “ (Gudwin, 2002) esitab Gudwin semioni kui vähima semiootilist protsessi toetava ja mälu omava ühiku kontseptsiooni ja matemaatilise mudeli. Semionid on liigitatud tüüpidesse ning suhestuvad omavahel semiootilistes võrkudes. Teooriat esitades tõdeb Gudwin muide, et küsimused semiootilise protsessi toimumise või autopoieesise võimalikkusest arvutis on veel lahtised (samas: 2).

Semionide kontseptsioon tugineb triaadilisele, sisemist ja välimist semioosi eristaval mudelile. Väline signaal võib saada märgiks ja tingida ühe või mitu sisemist interpretanti, millest mõni võib olla omakorda märk kas sise- või välisele interpretandile. Viimane tingib sellega keskkonnamuutuse ning moodustab osa semioosiahelas organismide vahel (samas: 8).

Artiklis on seletatud lahti ka erinevad operatsioonid, mida teadmisisüsteemiga sooritada saab. Võrreldes neid operatsioone küll Peirce'i abduktsiooni, induktsiooni ja deduktsiooni mõistetega, kasutab Gudwin siiski selguse huvides termineid teabe eraldamine, teabe tootmine ja teabe hindamine²⁴ (samas: 18). Semionide liigitus põhineb eelnevas artiklis (Gudwin 1997c) esitatud ja Joonisel 1 illustreeritud jaotusel.

Gudwin näeb semiootiliste võrkude kasutusvaldkonnana nii intelligentsete agentide tehisajude kui organisatsioonisemiootika mudelite loomist,

24 ing. k. knowledge extraction, knowledge generation ja knowledge evaluation.

samuti tööstusrobotika juhtimist (samas: 25). Teooriate testimiseks on ta arendanud välja ka tarkvaraprogrammi semiooniliste võrkude kavandamiseks ja käitamiseks.

Ajaliselt kõige hilisemas artiklis „Towards the emergence of meaning processes in computers from Peircean semiotics“ vaatleb Gudwin koos kolleegidega taas Peirce'i märgitriaadi ning esitab sellele tugineva kolmetasandilise semioosimudeli (Gomes, Gudwin, El-Hani, Queiroz, 2007: 5). Esimene, semioosi mikrotasand, on seotud valikute tegemisega võimalike märkide ning võimalike objektide seast ning kehastab semioosi potentsiaali. Siinkohas võib tuua paralleeli Brieri viidatud Peirce'i esmasusega kui potentsiaali täis kaosega.

Teine tasand on semioosi fokaaltasand, kus toimub triaadiline liikumine märgilt objekti kaudu interpretandile, mis on ise märgiks järgmises triaadis etc, moodustades pideva ahela.

Semioosimudeli kolmas, makrotasand koosneb paralleelsetest semioosiahelatest, andes fokaaltasandile konteksti. Fokaaltasandil toimuv semioos on tingitud mikrotasandist ning mõjutatud makrotasandist.

Järgmisena tutvustavad autorid emergentsuse küsimust, eristades „nõrga“ emergentsuse, mis on redutseeritav, ning „tugeva“ emergentsuse, mis seda ei ole. Tuginedes tõsiasjale, et triaadiline suhe märgi, objekti ja interpretandi vahel ei ole Peirce'i järgi redutseeritav (duaalsed suhted märk-objekt, märk-interpretant või objekt-interpretant, isegi kui nad on iseenesest võimalikud, ei võimalda tuletada triaadis tekkivaid suhteid), sisaldab uudset informatsiooni ja on ennustamatu, klassifitseerivad nad kirjeldatud kolmel tasandil toimuva semioosiprotsessi emergentseks (samas: 12).

Artikkel lõppeb tõdemusega, et tänini puudub Peirce'i märgimudeli alusel arendatud täpne arvutusmudel ning et antud töö on üks samm selles suunas (samas: 13).

Viidatud artiklites on Gudwin esitanud nii matemaatilisi valemeid kui teoreetilisi seisukohti, mis võimaldavad kui mitte emuleerida, siis simuleerida semioosiprotsessi arvutis adekvaatsel tasemel. Olles tuttav eelneva teadustööga nii küberneetika, tehisintellekti kui filosoofia alal, püüab Gudwin vältida Brieri viidatud vastandust materialismi ja fenomenoloogia vahel. Selleks tugineb ta muuhulgas korduvalt Uexküllile ja eristab alati välist ja sisemist representatsiooni. Tugeva inseneritaustaga Gudwin toob oma töödes enamasti ka praktilisi näiteid. Mõistet arvutussemiotika kasutab Gudwin oma tööde kirjeldamiseks läbivalt, eristades seda arvutuslingvistikast ja tehisintellektist, tuginedes selles eristuses ennekõike Peirce'i märgitriaadile.

Kahetsusväärsel kombel ei ole Gudwinit mainitud Brieri kübersemiootika raames, samuti on temale vähe viidatud laiemas semiootikadiskursuses. Samas on just tema toonud ära senini kõige täpsema määratluse arvutussemiotika eesmärkidest, huvialadest ja probleemidest. Seetõttu pean õigeks käsitleda arvutussemiotika määratlemisel just Gudwinit krestomaatilise autorina ning kasutada teda võrdlusmomendina teiste tööde ja autorite hindamisel. See ei tähenda, et peaksin arvutussemiotikaks vaid Gudwini määratud definitsiooni järgi, tema mõistestikust ja mudelite alusel koostatud uurimusi. Arvutussemiotika mõiste on kindlasti sellest laiem – küsimus, mis leiab täpsemat kajastamist alapeatükis 1.5. – ja samuti ei pruugi tema esitatud hägushulkadel põhinev teadmiste mudel olla semioosi modelleerimiseks kõige adekvaatsem.

Järgnevalt tutvustan teise arvutussemiootika raudvarasse kuuluva teadlase töid ning loodan leida võrdlusmomente Gudwiniga.

1.4. Semiootilised kognitiivsed infotöötlussüsteemid (SCIP)

Trieri Ülikooli arvutuslingvistika emeriitprofessor Burghard B. Rieger on tundnud huvi arvutuslingvistika vastu 1960. aastatest. Tema tööd käsitlevad enamasti arvutusemantikat ning teadmiste representatsiooni statistilisest aspektist. Rieger on avaldanud ligi 90 artiklit, toimetanud mitmeid publikatsioone arvutuslingvistika ning -semantika teemadel ja esinenud ettekannetega enam kui 170-l konverentsil²⁵.

1980. a ilmunud artiklis "Fuzzy Word Meaning Analysis and Representation in Linguistic Semantics" arutleb Rieger sõnatasandil semantilise analüüsi küsimuste üle loomuliku keelematerjali põhjal. Seniste arusaamade järgi on lingvistilised üksused diskreetsed ning kategoriseeritavad, kusjuures kategooriasse kuulumine on binaarne. Rieger kritiseerib uuemate tööde valguses sellist jäika lähenemist ning pakub alternatiivina hägushulkadel ning nendega seotud empiirilistel protseduuridel põhinevat (Rieger, 1980: 3)

Tuginedes traditsioonilistele teooriatele, jagab ta keele tähenduse referentsiaalseks ning konnotatiivseks. Tutvustades Zadehi tööd esimese formaalseks kirjeldamiseks jõuab Rieger järelduseni, et kuigi Zadeh arvestab hägusloogikaga, kus mõiste ja objekti vaheline seos ei ole binaarne, ei põhine tema töö loomuliku keele empiirilisel analüüsil, vaid eksperimentaatori arvamusel ühe või teise termini referentsist. Riegeri hinnangul on aga teadmiste kohta võima-

²⁵ Trieri Ülikool, koduleht internetis <http://www.ldv.uni-trier.de/index.php?rieger> Külastatud 18.05.2008.

lik kindlalt öelda ainult seda, et nad tulenevad loomuliku keele tekstidest (samas: 6). Järgnevalt täiendab Rieger Zadehi teooriat, käsitledes termineid mitte iseseisvate üksustena, vaid süsteemina, kus esinemissagedus, mis arvestab nii koos- kui lahusesinemist, toob esile täiendava relatsiooni. Kõigi relatsioonide mõõtmiseks annab Rieger ka matemaatilised valemid.

Sõnade omavahelistel statistilistel seostel põhinevat empiirilist teooriat kirjeldab ta üldsõnalisemalt artiklis „Definition of Terms, Word Meaning, and Knowledge Structure“, öeldes:

In a first step, the statistical coefficients applied will map lexical items onto fuzzy subsets of the vocabulary according to the numerically specified regularities these items have been used with in the discourse analysed. The resulting system of sets of fuzzy subsets is a data-structure which may be interpreted topologically as a hyperspace with a natural metric. Its elements are abstract meaning representations and the distances between them represent their mutual meaning differences²⁶. (Rieger, 1988: 10)

Sellest sõnastusest on võimalik tuua välja mõned olulised aspektid. Esiteks rõhutab Rieger, et analüüs saab ja peab toimuma mitte laboritingimustes loodud märk-tähendus definitsioonitabelite abil, vaid kõik seosed peavad tulenema analüüsitavast tekstikorpusest (diskursusest) endast analüüsi käigus. Teiseks näeb Rieger tähenduse olulise aspektina erinevust, mis viib meid strukturalistliku käsitluseni nii märgist kui märgisüsteemidest. Antud juhul kujutab Rieger erinevusi hulkade omavaheliste kaugustena abstraktses semantilises ruumis. Kolmas ja kõige olulisem tõdemus, mis kaasab endas eelmised, näeb tähenduste

26 Esimese sammuna paigutavad statistilised koefitsendid leksikaalsed üksused sõnavara hāgusalamhulkadesse vastavalt nende üksuste analüüsitud diskursuses esinemise numbriliselt määratud regulaarsustele. Selle tulemuseks olev süsteem hāgusalamhulkade hulkadest on andmestruktuur, mida võib tõlgendada topoloogiliselt kui loomulike mõõtmega hüperruumi. Selle elemendid on abstraktsed tähenduse representatsioonid ning kaugus nende vahel tähistab nende vastastikkust tähenduse erinevust.

(erinevuste) kaardistamise vahendina üksuste esinemissagedusi. See lähenemine viitab võimalusele rääkida tähenduse emergeerumisest vastavalt analüüsitavale diskursusele, lahendades sellega võibolla ka küsimuse teadmiste päritolust (vt allpool). Samuti on statistilisel sagedusel põhinevat teooriat võimalik arvutis katseliselt modelleerida. Seda viimast asjaolu peab Rieger arvutussementika ning -lingvistika juures väga oluliseks. Rääkides lingvistilises semantikas toimuvast liikumisest üldisi küsimusi lahkavatelt teooriatelt kitsama haardega mudelite realiseerimisele, ütleb Rieger:

It is this kind of distinction between “theory” and “model” — after having been made and practiced in the sciences and in engineering for some time now — that is to become fertile for some computational approaches in linguistic semantics and the cognitive sciences. In these disciplines, general theories may still informally be assumed or heuristically be developed, but only so that certain components of them may be specified as to be studied in small-scale models²⁷. (samas: 3)

Kui ma autorist siinkohas õigest aru saan, ei näe ta otsest vajadust luua üldisi teoreetilisi valideerivaid raamistikke, kuna arvutussemitootilised ja -lingvistilised vahendid võimaldavad eksperimenteerida ning testida üksiklahendusi märksa efektiivsemalt ja kiiremini. See muudab üldise teooria abil valideerimise mõttetuks, kuna mudeleid on võimalik modelleerida arvuti abil ja hinnata nende tulemuslikkust katseliselt. Mis puudutab teooriaid kui raamistike mudelite väljatöötamiseks, siis neid Rieger vaevalt vastustab, toetudes kas-

²⁷ Just selline erinevus “teooria” ning “mudeli” vahel – mida on nüüdseks teaduses ja insenerilahendustes juba mõnda aega loodud ja katsetatud – saab viljakaks osades lingvistilise semantika ja kognitiivteaduste arvutuslikes lähenemistes. Nende distsipliinide puhul võib veel püstitada või arendada heuristiliselt mitteformaalseid üldiseid teooriaid, kuid ainult selleks, et nende osasid aspekte saaks uurida väikesemõõtmeliste mudelite peal.

või antud artiklis ise mh Fregele, Russelile, Wittgensteinile, Saussure'le, Hjelmslevile, Peirce'le jt (samas: 4-5).

Ülal viidatud küsimus teadmiste päritolust kordab taas eelnevalt välja toodud vastandust loodus- ja humanitaarteaduste vahel. Rieger on kritiseerinud arvutuslingvistikat ka sellest vaatenurgast ja väitnud, et see distsipliin pole tundnud siiani huvi teadmiste päritolu, nende emergeerumise ning neid modelleerivate protsesside vastu. Kirjeldades traditsioonilist käsitlust sildistatud üksustest, mis viitavad referentsiaalselt välistele objektidele, ütleb ta järgmiselt:

It has long been overlooked that relating arc-and-node structures with sign-and-term labels in symbolic knowledge representation formats is but another illustration of the traditional mind-matter-duality presupposing a realm of meanings very much like the structures of the real world²⁸. (Rieger, 1992: 2)

Riegeri järgi ei tule sellises vastanduses kordagi välja semantika küsimused. Kasutades aga semiootilisemat lähenemist, oleks tema arvates võimalik sellest vastandusest üle saada ning leida võimalused ka keele omaduste nagu loomingu- ja dünaamika, efektiivsus ja hägusus arvestamiseks (samas: 2).

Oma vaateid kordab Rieger läbivalt enamikes artiklites. Ajas neid mööda liikudes on täheldatav Gudwinile sarnane suund tervikliku teooria ja sellele toetuva mudeli poole. Rieger ise kasutab mõistet SCIP (Semiotic Cognitive Information Processing System) ning järgnevalt püüan anda selle süsteemi kirjelduse, tuginedes ennekõike artiklile „A Systems Theoretical View on Computational Semiotics“ (Rieger, 1998).

28 Pikalt on vaadatud mööda sellest, et kaar- ja sõlmstruktuuride seostamine märk- ja terminsiltidega sümbolsetes teadmiste representatsiooniformaatides on vaid järjekordne näide traditsioonilisest mõistus-materia duaalsusest, mis eeldab reaalse maailma struktuuridele vägagi sarnanevat tähenduste areaali.

Esmalt eristab Rieger arvutussemiotika arvutuslingvistikast ning tehisintellekti uurimisest läbi teadmiste kirjeldamise formaadi. Kui viimased kasutavad teadmiste reeglite või sümbolite põhiseid formaate, siis arvutussemiotikas modelleeritakse teadmised Riegeri järgi protsessidena (vrd Emmecche, Hoffmeyer, 1991), mida on võimalik väljendada algoritmidega ja rakendada arvutiprogrammis. Selliste algoritmidega opereerivat süsteemi kutsubki Rieger SCIP-ks (Rieger, 1998: 1). Võrreldes seda seisukohta Gudwiniga, siis vastab Riegeri arusaam kõige paremini Gudwini argumentatiivsele teadmistetüübile (Gudwin, 1997b: 8).

Järgnevalt toob Rieger sisse elu kontseptsiooni, mis on tema kirjelduses võime jääda ellu²⁹, adapteerudes keskkonnamuutustele. Taju, identifitseerimine ja representatsioon on sellisel juhul infotöötuse vormid, mida süsteemid selle eesmärgi nimel ja lähtuvalt oma struktuurist teostavad. Inimestel on lisaks infotöötuse vertikaalsele vormile (geneetiline) ka horisontaalne vorm. Selline areng sai võimalikuks tänu semiootilisele eristusele protsessi ja selle tulemuse, mida on võimalik muuta teadmisteks, vahel. Semiootilise eristuse kandjaks on representatsioonid ehk keerukad märgisüsteemid, mis moodustavad keeli ja mida on võimalik aktualiseerida sõnades, lausetes, tekstides (Rieger, 1998: 1).

Sellelt definitsioonilt liigub Rieger edasi SCIP-i määratlusele süsteemina, mis, tagamaks süsteemi ellujäämist, loob adekvaatsed suhted süsteemi sisse ning väliste struktuuride vahel (samas :2). Selline kirjeldus tundub ühtivat autopoieetilise süsteemi kirjeldusega, kelle ainus kommunikatsiooniviis – ja seega ainus võimalus saada välist informatsiooni või väliskeskkonda mõjutada

29 Inglise keeles ei tundu definitsioon niivõrd tautoloogiline: “[...] life may be understood as the ability to survive [...]” (samas: 1)

– toimub samuti läbi kahepoolsete struktuursete suhete. Laskumata siin küsimustesse süsteemi suletuse osas, nendib Rieger, et inimene on unikaalne, semiootiline kognitiivsüsteem, kelle oskus kasutada loomulikke keeli võimaldab tal eksperimenteerida vahendamata, aegruumist eraldatud situatsioonidega (samas: 2). Saan sellest väitest aru, et keel võimaldab luua struktuurseid suhteid mitte ainult organismisisese ja välise struktuuri vahel, vaid vabalt valitud struktuuride, sealhulgas teiste organismide sisestruktuuride vahel. Sellisel juhul on inimeses, semiootilises kognitiivsüsteemis, tõepoolest midagi unikaalset, mis annab ka Brierile alust tõsta inimene 5. tasemele, kus ta ka ise muutub märgiks.

Rieger seob oma teooria ka Peirce'i triaadiga, kirjeldades tingimusi, millel süsteem muutub semiootiliseks. See juhtub tema sõnul siis, kui keskkonna struktuuride identifitseerimiseks ja interpreteerimiseks kasutatav teadmine on ise tuletatud eelnevast välisstruktuuri identifitseerimisest, ja mida rakendatakse läbi iseorganiseeruva (iseorganiseeriva) tagasiside (samas: 3). See on triaadi mitmekordne esitus, mida Rieger kutsub Peirce'i järgi semioosiks. Antud triaadi osadeks on märk väliskeskkonnas, virtuaalsus, mida süsteem tunnetab oma keskkonnana (objekt) ning aktualiseerimisprotsess (interpretant).

Peale SCIP-i põhikirjelduse andmist rõhutab Rieger ka siin artiklis loomuliku keele süntagmaatilistest ja paradigmaatilistest piirangutest tulenevate sageduste tuvastamist semantilise struktuuri emergeerumise alusena ning peab nende sageduste mõõtmiseks kõige otstarbekamaks kasutada hägushulki. (samas: 4). Artikli lõpetab põgus kirjeldus eksperimendist, kus loodi SCIP, mis kaardistas loomulikus keeles antud kirjelduste põhjal oma ümbruse ning tuvastas kahe objekti asukohad selles (samas: 6).

Riegeri kirjeldatud tööd ei ole Gudwiniga võrreldes niivõrd selgelt rajatud semiootikaklassikutele, kuid ka tema taotleb selgelt semiootilise aspekti väljatoomist oma kognitiivsüsteemides. Samuti on ta üldjuhul määratlenud ise oma uurimuse kui arvutussemiootilise või arvutussemantilise, eristamaks seda näiteks arvutuslingvistikast või tehisintellektist. See annab minu hinnangul aluse käsitleda ka tema lähenemist arvutussemiootikana. Lisaks juba refereeritud põhiseisukohtadele, millest osadel on semiootiline aspekt või semiootilised traditsioonid, tuleb tema erinevatest töödest välja ka selge arusaam teadmisesest ja kognitsioonist kui dünaamilistest protsessidest, mitte staatilistest tõeväärtusega ühikutest. See on kahtlemata semiootiline käsitlus, samuti nagu tähenduste kaardistamine erinevuste alusel loodud semantilises ruumis. Kas Riegeri kirjeldatud statistiline lähenemine selle ruumi konstrueerimiseks, samuti hägushulkade kasutamine tähendusühikute võrdlemiseks on kõige õigemad lahendused, on juba tehnilised küsimused, mida on Riegeri vaimus kõige otsustarbekam kontrollida katseliselt.

1.5. Arvutussemiootika piirid

Oma kodulehel³⁰ annab Gudwin alapealkirja „Main Definition³¹“ all arvutussemiootika lühida definitsiooni, loetleb valdkonna mõnesid eesmärke ning hetkel olulisi küsimusi. Rääkides arvutussemiootika piiridest, on need heaks lähtekohaks, millele tuginevad ka kõik Gudwini enda arvutussemiootika alased tööd, ning mis kõlavad summeerituna järgnevalt:

30 Ricardo R. Gudwin, koduleht internetis
<http://www.dca.fee.unicamp.br/~gudwin/compsemio/> Külastatud 21.04.2008.

31 Peamine definitsioon

- a) intelligentsus on suuresti tulenev organismisestest semiootilistest protsessidest;
- b) arvutussemiotika püüdleb semioositsükli modelleerimise poole digitaalarvutis;
- c) arvutussemiotika eesmärkide hulka kuulub autonoomsete intelligentsete agentide loomine;
- d) arvutussemiotika võtmeküsimuseks on teadmiste atomaarosakeste määramine;

Suuresti ühtivad need vaated ka näiteks Riegeriga, seega võib neid pidada arvatavasti arvutussemiotikas läbivalt kehtivaks ja nad moodustavad valdkonna tuuma. Piiride leidmise ja perifeeriaga kumbki neist autoritest aga tegelenud ei ole, pigem võiksime saada ettekujutuse, tutvudes COSIGN konverentsi materjalidega ning püüdes teha nende alusel üldistusi käsitletava materjali kohta.

Ürituse kodulehe³² andmetel kujutab COSIGN endast konverentsisarja, mis keskendub arvutussemiotikale, uuele meediale ning mängudele. Töötoad ja konverentsid on toimunud aastatel 2000 – 2004 ning korraldajad plaanivad ka tulevasi konverentse³³. Ürituste korraldajateks on ennekõike Andy Clarke ja Grethe Mitchell, esinejate hulgas on olnud muuseas ka P. B. Andersen. 5 aasta jooksul on kantud ette ligi 90 erinevat uurimust. Korraldajate nägemus arvutussemiotikast on võrdlemisi lai. Nii näiteks oli 2000 aasta töötoal (konverentsiks

32 Internetis <http://www.cosignconference.org/> Külastatud 23.05.2008.

33 Allikas: isiklik kirjavahetus konverentsi korraldajatega. 22.05.2008.

nimetavad korraldajad üritust alates 2001. aastast) käsitletud teemadering piiritletud järgmiselt:

The aim of the workshop was to explore the ways in which new media systems encode and convey meaning to system users. Papers were invited on any subject that explored areas of overlap (or potential overlap) between semiotics and new media³⁴.

See tähendab, et konverents tervikuna seisab samuti arvutussemiotika mõiste defineerimise küsimuse ees ning eksib selles osas pigem liigse leebuse poole teemaderingi piiritlemisel. Ka järgnevat ürituste teemadering on meelega lai, näiteks 2003. aasta konverentsi kohta ütlevad korraldajad järgmiselt:

The theme of the conference was, as always, issues of meaning in new media, particularly the way in which semiotic-based theories can be applied to creating and analysing computer-based media³⁵.

Kõikide konverentsisarja ettekannete läbitöötamine väljuks kaugelt antud töömahulistest raamidest, seetõttu olen teinud lühikese valiku 2004. aasta ettekannetest (Clarke, 2004), kuna ajaliselt hilisemad tööd moodustavad suhteliselt lahtiste piiridega nähtuse puhul kindlasti koherentsema terviku kui varasemad. Valikukriteeriumiks oli minimaalselt kas semiootilise, modelleeriva või arvutikomponendi olemasolu. Samuti olen valinud sarnastest teemaderingist ainult ühe esindava eksemplari.

34 Töötoa eesmärgiks oli uurida viise, kuidas uue meedia süsteemid kodeerivad ja edastavad kasutajale tähendusi. Oodatud olid tööd kõigil teemadel, mis uurisid kattuvusi (või võimalikke kattuvusi) semiootika ning uue meedia vahel.

Internetis <http://www.cosignconference.org/conference/2000/> Külastatud 23.05.2008.

35 Konverentsi teemaks olid, nagu alati, uue meedia küsimused, ennekõike viis, kuidas semiootikal põhinevaid teooriaid saab rakendada arvutipõhise meedia tootmiseks ning analüüsimiseks.

Internetis <http://www.cosignconference.org/conference/2003/> Külastatud 23.05.2008.

Järgnevalt on toodud valitud tööde lühikirjeldused, mis aitavad kaardistada arvutussemiotika piire ja rakendusvaldkondi.

a) Anstey jt (sammas: 5-13). Psycho-Drama in VR.

Ettekande teemaks on emotsionaalselt siduva interaktiivse narratiivi loomine virtuaalses ruumis. Narratiivi loomiseks kasutavad autorid virtuaalset keskkonda, mis on lahendatud projektsiooni- ning kasutaja soomaatilist tegevust registreerivate seadmete, interaktiivse süžee ning autonoomsete agentide abil. Viimaste ülesanne on reageerida süžee piirides kasutaja tegevusele ning autorid näevad vajadust võimaldada agentidel sooritada tegevusi, omada sensoreid, loomuliku keele sünteesivõimet (sisend ja väljund), teadmistaasi ning tegevusplaani. Arvutussemiotika jaoks ongi antud ettekandest oluline agentide loomise aspekt ning virtuaalne interaktiivne narratoloogia kui võimalik rakendusvaldkond.

b) Böhlen jt (sammas: 19-24). Unremarkable, and Ambivalent OR How the Universal Whistling Machine Activates Language Reminders

Autorid kirjeldavad oma loodud „Universaalset Vilistamismasinat“ ning esitavad selle näitel küsimusi arvuti liideste kohta. See teemakäsitlus sobitub küll paremini arvutussemiotika huvifääri, kuid vilistamismasina kontseptsiooni kirjeldades tulevad küsimuseks ka probleemid loomuliku keele modelleerimisest arvutis. Viimane haakub kindlasti juba ka arvutussemiotikaga, nii autopoieetiliste süsteemide kui küberneetika taustsüsteemis. Sellest aspektist on autorite hüpotees vilistamisest kui se-

mantiliselt vaesustatud ja seeläbi lihtsamini modelleeritavast keelest oluline ka arvutussemiotika seisukohast.

- c) Do jt (samas: 25-33). Formal Semantic Models for Images and Image Understanding

Ettekanne kirjeldab probleeme, millega seisavad silmitsi pildimaterjali otsingusüsteemid, mis jäävad tänasel päeval efektiivsusele teksti otsingusüsteemidele alla. Kui lihtsaimas lähenemises saab teksti vaadata kui elementaarsete keeleterminite kogumit, siis pildiotsingu puhul on raskusi elementaarsete semantiliste üksuste määramisega.

Autorid esitavad oma varasemale tööle tuginedes formaalse mudeli, mis on võimeline kasutama piltide semantilisi tunnuseid neljal tasandil ning mõningaid meetodeid kõrgema tasandi tunnuste tuletamiseks madalamatest.

Peale valdkonna – otsingusüsteemid – käsitleb töö veel mitmeid arvutussemiotika seisukohast huvitavaid küsimusi. Nendest peamine on seotud tunnuste tuletamisega ning haakub seeläbi Gudwini (Gomes, Gudwin, El-Hani, Queiroz, 2007) tööga, samuti emergentsuse küsimusega.

- d) Gartland-Jones (samas: 34-38). Visual Blends: A Computational System Exploring Digital Creative Spaces

Gartland-Jones kirjeldab eksperimente evolutsiooniliste arvutiprogrammide abil kunstiobjektide loomisel. See on valdkond, mida võiks arvutussemiotika eeskujul kutsuda tinglikult arvutuskunstiks. Tänapäe-

vane arvutuskunsti tarkvara baseerub reeglina fenotüüpi ja genotüüpi eristaval tehiselu põhimõtete järgi koostatud mudelil, arvestab tagasisidet ning kinnistab töö käigus edukaks osutuvad arengud.

Semiootikas – ja kuigi autor toob näite Picasso teose „Kitarr“ najal, siis võime siinkohas tugineda ka Lotmanile, kes räägib põhimõtteliselt seostamatute tähendusühikute paarist kui uute tähendusseoste tekkemehhanismist (Lotman, 1999: 219-210) – on kunstiloomes mehhanismid hästi kirjeldatud ning nende adekvaatne emuleerimine arvutis peaks toimuma läbi märgilise protsessi.

- e) McGee, jt (Clarke, 2004: 87-96). Partner Technologies: an alternative to technology masters & servants

Autorid esitavad kontseptsiooni tarkvarast, mis erinevalt kasutuses olevatest süsteemidest ei järgi isand/teener paradigmat ja mida nad nimevad partnertehnoloogiaks. Vastandina reeglipõhiste või piirideta improviseerivatele süsteemidele rõhutab see kontseptsioon koostöö tähtsust ja protsessi kui eesmärki. Kuigi oma mudelite kirjeldamisel jäävad autorid semiootikakaueks, väärkasutades kohati termineid, on partnertehnoloogia kontseptsioon arvutussemiotika rakendusvaldkonnana huvitav ja edasist täpsustamist vajav.

1.6. Arvutussemiotika määratlus

Soovides jätkata tulevikus arvutussemiotika alaseid uuringuid, luua arvutussemiotikale tuginev mudel tekstide semantiliselt motiveeritud kategorisee-

rimiseks, on paratamatult tarvilik anda esmalt arvutussemiotika määratlus. Nagu eelnevalt mainitud, sellist ühest määratlust täna olemas ei ole.

Gudwini lühike definitsioon on liiga kitsas, et hõlmata kõiki arvutussemiotika egiidi all tehtud uurimusi. COSIGN konverentsiettekanded tervikuna on liialt hajuvad, et piiri fikseerida. Järgnevalt püüan sõnastada üldised printsiibid, mis on esinenud tutvustatud töodes ning tuletada arvutussemiotika määratluse nende alusel.

1. Arvutussemiotika teaduslik traditsioon ulatub Uexküllini, kuid selgelt jälgitav on see ennekõike Wieneri ning küberneetikani. Tõuke arvutussemiotika arenguks andis teatud ületamatute kommunikatsiooni ning teadmiste modelleerimist käsitlevate probleemide kerkimine küberneetikas ja selle sõsarteadustes. Nende probleemide lahendamiseks kasutab arvutussemiotika interdistsiplinaarset lähenemist, seletades tähendust, kognitsiooni ja teadmisi mitte põhjustatuna väliskeskkonnast ega agendist eraldi, vaid emergentsete protsessidena, mis tekivad nende nähtuste suhestumisel.
2. Arvutussemiotika on eksperimenteeriv uurimisvaldkond, mis ei viita teooriate tõestamisel ainult eelnevale teadustööle, vaid ka katsetulemustele. Teisisõnu võib öelda, et arvutussemiotika *lähtub* üldisematest raamteooriatest, näiteks kübersemiotikast, ning *rakendab* nende alusel koostatud mudeleid eksperimentaalselt, analüüsides tulemust tervikuna. Selliselt väljendub arvutussemiotika interdistsiplinaarne olemus nii loodus- kui humanitaarteaduste suhtes.

3. Mudelite koostamisel ja käitamisel kasutab arvutussemiotika tänapäevaseid digitaalarvuteid, kuid uute tehniliste võimaluste arenedes – näiteks kvantarvutid – ei ole ühtegi põhjust, miks arvutussemiotika ei võiks ja ei peaks modelleerima mudeleid ka nende abil. Mudeli teostamiseks kasutatav riistvaraline lahendus ei peegelda reeglina üheski aspektis modelleeritavate süsteemide sisemist struktuuri ja toimimismehhanisme, enamasti kehtib vastupidine loogika. Arvutussemiotika tegutseb arvutite tarkvaratasandil.
4. Arvutussemiotilise modelleerimise fookuses on tänapäeval teadmiste atomaarosakeste määratlemine. Selleks on juhtivad uurijad kasutanud hägushulkasid, kuid see ei ole ainuvõimalik lahendus ning sarnaselt sõltumatusele riistvaralahendusest võime pidada teadmiste mudelit hetkel sõltumatuks ka kindlast matemaatilis-loogilisest mudelist. Üldkehtivaks printsiibiks on aga käsitlus teadmistest kui protsessidest, mis tekitavad süsteemi välis- ning sisestruktuuride suhestudes ning mis on olemuselt ennustamatud, seega emergentsed. Lisaks atomaarstruktuuride ülesehitusele ja nende toimimisele on olulisel kohal ka küsimused struktuuride erinevatest tasanditest.
5. Teadmiste modelleerimisel teeb arvutussemiotika eristuse eksisteeriva reaalsuse, selle sensorite abil tajutud aspektide ning nende viimaste sisemiste representatsioonide vahel. Teadmiste protsesside kirjeldamisel tuginetakse tsüklilise tagasiside mõistele ja teadmistest saab rääkida ainult mingi diskursuse raames.

6. Arvutussemiotika on kaudselt rakenduslik teadusharu. See tähendab, et arvutussemiotika ei tegele ise konkreetsete lahenduste väljatöötamisega, vaid mudelitega, mida on võimalik neis lahendustest kasutada. Nii näiteks ei ole küsimus interaktiivses narratiivis esineva autonoomse agendi konstrueerimisest otseselt arvutussemiotika ülesanne, küll aga mudeli koostamine, mille alusel selline agent oma konkreetsetes realsatsioonides toimib. Tänapäeval on arvutussemiotilised mudelid kitsa kasutusvaldkonnaga ning ei saa rääkida universaalsest mudelist, mida oleks võimalik rakendada igas märgilises protsessis.
7. Arvutussemiotika kaudne rakendusvaldkond ulatub kõikjale, kus leiab aset märgiline tegevus. Siiski saab tuua välja peamised valdkonnad, milleks on: otsingusüsteemid, interaktiivne narratoloogia, ekspertüsteemid, kontrollüsteemid.
8. Täna päeval tegutsevad arvutussemiotika valdkonnas insenerid, keeletehnoloogia või multimeedia erialade esindajad, kes püüavad arvutussemiotikaga lahendada tekkinud praktilisi probleeme. Arvutussemiotikas seni alaesindatud semiootikud ei saa muuta seda suundumust, vaid täpsustada raamteooriaid, millele rakendusmudelid toetuvad.

Need põhimõtted kehtivad peaaegu kõigis viidatud materjalides, seetõttu pean neid arvutussemiotikas üldkehtivaks. Neist on võimalik tuletada arvutussemiotika lühem definitsioon: „Arvutussemiotika on nii humanitaar- kui loodusteaduste seisukohast interdistsiplinaarne rakenduslik uurimisvaldkond, mis modelleerib katseliselt atomaarsete teadmisstruktuuride suhestumisel emergeeruvaid semantilisi protsesse.“ See definitsioon kordab suuresti Gudwi-

nit, kuid toob sisse mitmed olulised käsitletud teemad. Kindlasti ei ole see lõplik definitsioon, kuid on usutavasti piisav, et rakendada teda töö edaspidise huviobjekti piiritlemiseks ning loodetavasti ka kolmandate autorite tööde määratlemiseks.

2. Mudel tekstide automaatseks kategoriseerimiseks

Olen viidanud eelnevalt korduvalt infotehnoloogiliste vahendite plahvatuslikust kasvust, samuti ka teistes teadusharudes toimuvates arengutes tulenevale teabe üleküllastuse probleemile, mille ulatus on märksa laiem kui pelgalt häiriv faktor igapäevases kommunikatsioonis. Paratamatu on teavet korraldavate vertikaalstruktuuride muutumine olukorras, kus aja ja ruumi tähtsus pidevalt langetavad. Selleks, et tagada võimalus teha ka 21. sajandil motiveeritud ning teadlikke otsuseid tarbitavate tekstide kohta – valida see osa signaalidest, mis saavad meie jaoks tähenduslikuks – on vaja kasutada ka tehnoloogilisi abivahendeid.

Järgnevalt esitan visandi mudelist, mis järgib oma ülesehituses arvutussemiootika põhimõtteid ning mille rakendusvaldkond võiks olla komponendina otsingusüsteemides või muudes rakendustes, kus on vajalik tekstide kategoriseerimine sõltuvalt muuhulgas ka rakenduse kasutaja eelnevatest valikutest tekstide seas. Selleks tutvustan esmalt paari tööd, mis, erinevalt senistest, ei kasuta teadmiste modelleerimiseks hägushulki. Samuti käsitlen teadmiste atomaarosakeste keskse mõistena Bayesi teoreemi.

Mudeli kirjeldus jääb visandi tasemele ning ei ole piisav tarkvaralise spetsifikatsiooni koostamiseks. Püüan vaid anda edasi peamisi põhimõtteid, millele mudel toetub ning viiteid selle edasiseks arendamiseks.

2.1. Esinemissagedus semantilise kauguse kriteeriumina

Rieger tugineb oma uurimustes sõnapaaride koosesinemise sagedustele ning konstrueerib selle järgi semantilise ruumi, milles on võimalik võrrelda sõnade omavahelisi kaugusi ning selle läbi ka nende tähenduste „kaugusi“ (Rieger, 1988). Üks uuem artikkel, kus esitatakse sarnastel põhimõtetel loodud rakendus, on Cilibrasi ja Vitány „The Google Similarity Distance“ (Cilibrasi, Vitány, 2007). Autorite seisukoha järgi saavad sõnad oma tähenduse nende kasutusest ühiskonnas ning rääkides arvutitest, on „ühiskonnaks“ mingisugune andmebaas. Konkurentsilt kõige suurem vabalt kasutatav andmebaas on Google, kus oli artikli kirjutamise ajal indekseeritud 8,058,044,651 internetilehekülge. Kuigi autorid mainivad, et enamasti on internetis leiduv teave madala kvaliteediga, siis selle andmebaasi mahu tõttu võime käsitleda teda kajastavana mõistete kasutust ühiskonnas adekvaatselt ning seega andvat edasi mõistete tähenduserinevusi (samas: 3).

Autorite esitatud valem võimaldab leida Google'i sarnasuse (Google Similarity Distance, GSD) kahe otsingusõna vahel ja mõõdab seda skaalal ühest nullini. GSD arvutamisel võetakse arvesse ennekõike neli näitajat: esimese otsingusõna vastete arv, teise otsingusõna vastete arv, mõlema otsingusõna liitotsingu vastete arv (näitab vasteid, kus esinevad mõlemad otsitavad sõnad koos) ning indekseeritud lehtede koguarv. Esitatud teooria efektiivsust tõestavad autorid, lastes programmil liigitada näiteks 17. sajandi hollandi maale ning inglise kirjandusteoseid, andes süsteemile ainult teoste nimed. Mõlemal juhul grupeeris süsteem teosed autorite järgi. Teise katse puhul sisestasid autorid erinevate värvuste ning numbrite nimetused ning süsteem grupeeris need

loogiliselt (värvused eraldi ja numbrid eraldi). Eriti tähelepanuväärne on, et tulemuste graafilisel kujutamisel paigutusid numbrid enam-vähem reastatuna väärtuse järgi, alates nullist (samas: 8-10).

GSD ja sellelaadsed meetodid ei ole absoluutsed ning on arvatavasti võimetud teatud ambivalentsete mõistete puhul, näiteks „parem“. Samas on statistilisele sagedusel tuginevate mudelite katsetulemused tulemused piisavalt head, et õigustada nende edasist uurimist ja rakendamist.

2.2. Bayesi andmeanalüüs ja selle rakendused

Bayesi andmeanalüüs kujutab endast praktilist meetodit järelduste tegemiseks andmete kohta, kasutades tõenäosusmudeleid teadaolevate ning tundmatute väärtuste kohta (Gelman jt, 2004: 3). Mingi sündmuse tõenäosus ei ole täielikult juhuslik, vaid sõltub selle sündmuse varasema esinemise sagedusest ning sündmuste koguarvust. Bayesi reegel võimaldab seda tõenäosust arvutada ning sobitub hästi statistikal põhinevate arvutussemiootiliste mudelitega. Bayesi reegli kasutamist semantiliste seoste modelleerimiseks on käsitlenud Nalimov teoses „In the Labyrinths of Language“. Ta väidab, et keeles on iga märk seotud erinevate tähendustega tõenäosuslikul moel (Nalimov, 1981: 56). Vastuvõtja teadvuses võib olla ühel märgil mitu erinevat tähendust, kuid igal tähendusel on erinev tõenäosus. See tähendab, et märgi sisuks on teatav semantiline väli võimalikest tähendustest, umbes nagu sõnaraamatus kasutatakse ühe sõna seletamiseks teisi, mis antud märksõnaga kõige tugevamalt seotud on. Arusaadavalt erinevad märkide semantilised väljad vastavalt inimeste intellektuaalsele taustale. Üldisemalt sõnastades tähendab see semantilise välja sõltuvust diskur-

susest ja Bayesi teoreemi puhul mingi nähtuse varasemast esinemissagedusest ja kõikide nähtuste arvust kokku. Kõige marginaalsemal juhul, kui märgil puudub vastuvõtja jaoks varasem kasutus, on märgi semantiline väli tühi. Autor toob selle väite illustreerimiseks näite Stanislaw Lemi raamatust „Ijon Tichy kosmoserändude päevikud“, kus peategelane soovib osta endale „sepulkat“ (samas: 61). Täielikult loogiline tekst ei aita lugejal kuidagi mõista selle märgi tähendust, mis on defineeritud lühidalt kui „Adriidide tsivilisatsiooni oluline element planeedil Enteropea“.

Märgi tähenduse seotus varasema diskursusega avab Bayesi teoreemi olulise mõõtme, tema mälu funktsiooni. Iga uue märgikasutusega diskursuses kinnistuvad tema semantilises alas sellele diskursusele vastavad tähenduste tõenäosused. Vigased tähendused korrigeeritakse aga suhteliselt kiiresti (samas: 59).

Toodud põhjendused lasevad meil oletada, et Bayesi andmeanalüüs on lihtsaks ja tõhusaks töövahendiks teksti semantilise analüüsi juures. Praktikas on sellele meetodile rajatud lahendused juba laialdaselt kasutusel. Toon näite valdkonnast, millega suurem osa lugejaid võiks olla kokku puutunud: rämps-kirjade (SPAM) tuvastamine e-posti hulgas, nn „spämmifiltrid“. Idee rakendada siin Bayesi teoreemi tuli Paul Grahamilt 2002. aastal kirjutatud artiklis „A Plan for Spam³⁶“ (Graham, 2004). Artiklis osutab ta reeglipõhiste filtrite puudujääkidele ning paneb ette kasutada märksõnade esinemissagedusel põhinevat lahendust, mis arvutab iga kirjavahetuses esineva märksõna kohta tõenäosuse, et tegemist on rämpspostile viitava märksõnaga. Seejärel määrab ta igale kirjale

36 Kasutatud versiooni internetis <http://www.paulgraham.com/spam.html> Külastatud 26.05.2008.

tõenäosuse, et tegemist on rämps kirjaga, kasutades selleks kirjas esinevat 15 kõige huvitavamat (tõenäosus erineb neutraalsest 0,5-st kõige enam) märksõna. Selleks, et süsteem saaks arvutada märksõna tõenäosuse, peab ta tuginema diskursusele, eelnevalt sorteeritud kirjadele. Ka siin kerkib küsimus tundmatu märksõna käsitlemisest ja neile annab Graham empiirilisele kogemusele tuginedes tõenäosuseks 0,4, märkides, et rämps postile viitavad märksõnad on üldjuhul juba tuntud ja on tõenäosem, et tundmatu märksõna on neutraalne. Oma katsetulemustest rääkides mainib Graham, et 1000-st rämps kirjast ei tunta ära vähem kui 5-te ning ühtegi tegelikku kirja rämps kirjade hulka ei liigitata.

Grahami välja pakutud lahendus on tänapäeval leidnud kasutust peaaegu kõikides e-posti klientrakendustes. Serverrakendustes, kus on raske tuvastada ühist diskursust (kujutage ette, millise tõenäosusega viitab rämps kirjale sõna „Viagra“ ühelt poolt seksuoloogi, teisalt näiteks automüüja kirjavahetuses), kasutatakse siiani rohkem reeglipõhiseid lahendusi, täiendades neid siiski võimalusel Bayesi elementidega.

2.3. Tekstide kategoriseerimine

Rämps posti tuvastamine Bayesi meetodile tuginedes on küll võrdlemisi efektiivne, kuid tegemist on vaid lihtsustatud lahendusega tekstide kategoriseerimise keerukamast probleemist, kus lisaks tekstide liigitamisele on vaja tuletada ka kategooriad, kuhu nad liigitada. Rämps posti töötlemisel on kategooriad fikseeritud ning ei muutu.

Kategooriate leidmist Bayesi meetoditega on uurinud Cheeseman ja Stutz, kes on arendanud selleks otstarbeks tarkvara „AutoClass“. Oma eesmäärke kirjeldavad autorid järgmiselt:

We are concerned with the problem of automatic discovery of classes in data (sometimes called clustering, or unsupervised learning), rather than the generation of class description from labelled examples (called supervised learning). In some sense, automatic classifications aims at discovering the “natural” classes in the data. These classes reflect basic causal mechanisms that makes some cases look more like each other than the rest of the cases³⁷. (Cheeseman, Stutz, 1995)

Ka siin eesmärgikirjelduses rõhutatakse juba korduvalt varem esinenud diskursusepõhisuse nõuet. Klassid või kategooriad, millesse me soovime tekste liigitada, peavad olema tuletatud nendetsamadest tekstidest. Tõsi – autorid väidavad, et vähemalt lähemas tulevikus annab kõige paremaid tulemusi programmi ning valdkonna eksperdi koostöö, kuna esimene tuvastab kerge vaevaga statistilised regulaarsused hiiglaslikes tekstimassiivides, viimane aga evib eksperdina andmete suhtes aprioorseid teadmisi ja hüpoteese ning suudab programmi tulemust paremini hinnata (samas: 2).

Autorid on oma tarkvara kasutanud mh taevakehade, DNA-sekventsi-
de ja geoloogiliste andmete uurimuseks. Näiteks esimeste korral tuvastasid nad mitmeid uusi, seni tähelepanuta jäänud seaduspärasid, mis võimaldas neil kolmekordistada teadaolevate tõeäoste süsiniktähtede arvu (samas: 16). Samas

³⁷ Meid huvitab andmetes leiduvate klasside automaatse tuvastamise probleem (mida kutsutakse mõnikord ka klasterdamiseks või järelvalveta õppimiseks), mitte klassikirjelduste loomine sildistatud näidetest (mida kutsutakse järelvalve all õppimiseks). Mõnes mõttes püüdleb automaatne klassifitseerimine andmetes leiduvate “loomulike” klasside tuvastamise poole. Need klassid peegeldavad peamisi kausaalseid mehhanisme, mille tõttu mõned ühikud sarnanevad rohkem üksteisele kui teised ühikud.

jõudsid nad jälile korduvatele vigadele ja ebakõladele lähteandmetes, mis tulenesid enamasti valdkonna ekspertide soovist muuta andmeid kergemini töödeldavaks ning moonutasid katsetulemusi. Seetõttu rõhutavad autorid taas, et kasutada tuleb vahendamata diskursust ning paratamatult peab uurija tulemuste adekvaatseks tõlgendamiseks saama ka selle diskursuse osaliseks eksperdiks (samas: 17).

Kuigi autorite tarkvara annab häid tulemusi ja diskursuseläheduse nõudes ühtivad nad arvutussemiootika põhimõtetega, ei ole ilmselt võimalik rääkida tarkvara „AutoClass“ sisemisest märgilisusest. Teadmine kui protsess avaneb antud juhul korduvate katsete tsüklis teadlase ja tarkvara vahel. Minu eesmärk on aga kirjeldada süsteemi, kus tsükel toimuks ka mudeli siseselt ning oleks teatud alus nimetada mudelit semantiliseks või autopoieetiliseks.

2.4. Autopoieetiline tekstide kategoriseerimismudel

Autopoieetiliste süsteemide üheks peamiseks tunnuseks on nende suunatus iseenda taastootmisele ning selleks on neil võimalik kasutada piiratud struktuurseid suhteid enda ja väliskeskkonna vahel. Teisisõnu otsivad nad pidevalt tasakaalupunkti tajutud väliskeskkonna ning selle sisemise representatsiooni vahel, korrigeerides viimast vastavalt muudatustele esimeses.

Väliskeskkonnast, selle tajutud allosast ning viimase sisemisest representatsioonist saame rääkida juba alates Uexkülli. Siinkohas esitan senistele käsitlustele tugineva jaotuse nähtustest oma sõnastuses.

1. Eksisteerimise tasand. Selle tasandi nähtused „on olemas“, kuid ühelgi süsteemil pole võimalust tajuda neid vahetult.

2. Reaalsuse tasand. See on alamhulk eksisteerivast, mida antud süsteem on võimeline tajuma.
3. Representatsiooni tasand. See on 2. tasandi andmetel põhinev süsteemisene üldistav mudel, mida on võimalik projitseerida 1. tasemele.

Tekste kategoriseeriva süsteemi jaoks on tekstide tervik, diskursus, 1. tasandi nähtus. Tekstid on olemas, kuid ükski süsteem ei ole võimeline tajuma nende kõiki aspekte. Vastavalt oma sensoritele suudab ta haarata tekstidest mingit osa, mis moodustab tema jaoks 2. tasandi. Lähtudes Riegerist ning edukast praktikast sõnade esinemissagedustel põhinevate rämpspostifiltritega, võime kujutada ette mudelit, mille jaoks 2. tasand koosneb üksiksõnadest. 3. tasandiks on sõnade esinemissageduste järgi koostatud mudel 1. tasandil esinevatest seaduspäradest, milleks antud juhul on klassid või kategooriad.

Minu toodud kolmetine jaotus järgib ka Brieri viidatud ning Peirce'ist tuletatud jaotust. 1. tasand (Brieril samuti 1.) on potentsiaali tasand, kus puuduvad kindlad reeglid. Teine tasand (Brieril samuti 2.) on tingitud ja kolmas (Brieril 4.) on seotud esimesega läbi reeglite, konventsioonide.

Tulles tagasi mudeli autopoieetilise aspekti juurde, siis süsteemi taastootmine ja tasakaalu otsimine on väljendatud protsessis, kus pideva muutumise tingimustes – tekstide lisandudes andmebaasi – püüdleb süsteem säilitada projektsiooni, mis oleks võimeline „seletama“ kõiki 1. taseme nähtusi läbi nende 2. tasemel tajutud aspektide. Teisisõnu püüdleb süsteem pidevalt situatsiooni poole, kus kõik tekstid on jaotatud kategooriatesse.

Ennekõike on vaja siinkohas lahendada kategooriate loomise küsimus. Bayesi teoreem on olemuselt binaarne, andes tõenäosuse teatud sündmuse esinemise või mitteesinemise kohta. Binaarsuse all pean silmas, et kuigi tõenäosus on vahemikus 0 ... 1, tähistab see ainult kahe võimaliku oleku tõenäosust. Olekuteks võivad olla märksõna (ja mitme märksõna kaudu ka tervikteksti) kuulumine ühte kategooriasse või mitte, näiteks „rämpspost“ või „mitte rämpspost“. Nagu eelnevalt mainitud, on aga igas tegelikus diskursuses märksa rohkem kategooriaid kui kaks. Sellisel juhul saame käsitleda kategooriaid kui binaarsete opositsioonide kombinatsioone, näiteks „eestikeelne/mitte-eestikeelne“, „majandusalane/mitte majandusalane“ jne. Nende kahe opositsiooni korral moodustub neli kategooriat: „eestikeelne, majandusalane“, „eestikeelne, mitte majandusalane“, „mitte-eestikeelne majandusalane“ ja „mitte-eestikeelne, mitte majandusalane“. Teksti kuulumine kategooriasse toimub lähtuvalt tema paigutumisest iga kategooriat moodustava opositsiooni teljel ja selle paigutumise annab tõenäosusena Bayesi reegel. Seega arvutame me toodud näite korral kaks tõenäosust, mis näitavad teksti paiknemise „eestikeelne/mitte-eestikeelne“ ja „majandusalane/mitte majandusalane“ telgedel. Saadud tulemused ümardame kas 0-ks või 1-ks ning saame kahendsüsteemse koodi, mis vastab kindlale kategooriale.

Enne selle olemuselt lihtsa arvutuse tegemist on siiski vaja leida need opositsioonid, mille alusel kategooriad moodustatakse. Siinkohas võime tugineda Riegeri, Cilibrasi ja Vitány töödele ning kasutada mõistepaaride kaugust semantilises ruumis. Töödeldes läbi diskursuses esinevad mõistepaarid, on võimalik leida sellised, mis paiknevad semantilises ruumis teineteisest maksimaalsel kaugusel. Sellised mõistepaarid moodustavad opositsioonid, mille järgi

kategoriseeritakse kõiki tekste. Süsteem peab jälgima pidevalt ka muudatusi ruumis, mis toimuvad iga teksti lisandumisel ning vajadusel võtma kasutusel uue opositsiooni, heites mõne vana kõrvale. Selles väljendub muuhulgas ka süsteemi enesesäilitamise funktsioon. Kui tekstide kategoriseerimine toimuks algsest tuvastatud opositsioonide alusel, ei kajastaks uute tekstide lisandumisel kategooriad enam tekste adekvaatselt.

Arusaadavalt ei ole võimalik mõõta kõikide vähegi suuremas diskursuses esinevate sõnapaaride kaugusi, seega peab süsteem tegema ühelt poolt üldistusi, teisalt kasutama uute tekstide lisandumise vahele jäävat aega oma representatsioonitasandi pidevaks korrastamiseks, töödeldes läbi märksõnapaare, püüdes leida uusi opositsioone ning korrates juba kategoriseeritud tekstide kategoriseerimisprotsessi.

2.5. Mudeli põhitunnused

Järgnevalt võtan punktide kaupa kokku autopoieetilise tekste kategoriseeriva mudeli põhitunnused.

1. Eristatud on eksistentsi, reaalsuse ja representatsiooni tasandid. Viimase projektsioon esimesele on struktuurne suhe, mille kaudu mudel tagab oma ellujäämise, so on võime seletada 1. taseme nähtusi läbi 2. tasemel tajutud kvaliteetide ja tunnuste.
2. Kõik mudelis toimuvad protsessid on pidevad, iga uue teksti lisandudes tekib põhimõtteline vajadus kategoriseerida uuesti kõik juba kategoriseeritud tekstid, samuti tingib selle vajaduse iga teksti uus kategorisee-

rimine. See tähendab, et mudeli 3. tasand ei saa iialgi lõplikku kuju, kuid mudel püüdleb pidevalt selle stabiilsuse poole.

3. Lähtudes sõnapaaride statistilisest koosinemise sagedusest konstrueerib mudel semantilise ruumi ning tuvastab seal esinevad peamised opositsioonid, mis saava aluseks kategooriatele. Nagu kõik teised, on ka semantilise ruumi konstrueerimise protsess pidev ja opositsioonid võivad muutuda, mis tingib omakorda kõigi tekstide ümberkategoriseerimise vajaduse. Opositsioonide arv võib olla eelnevalt määratud, püüelda tekstide kõige ühtlasema jaotuse poole, tugineda tasakaalul arvutusvõimsuse ja tekstimahu vahel või olla tuletatud muul meetodil.
4. Mudelil on olemas mäluaspekt, mis väljendub Bayesi teoreemist tulenevas tõenäosuses märksõna paiknemiseks opositsioonide telgedel. Peale iga teksti kategoriseerimist uuendatakse mäluandmeid, peegeldamaks toimunud muudatusi, kinnistades selle läbi tõenäosusi. Mudeli mälus avaldub tema evolutsiooniline aspekt ning initsialiseerides uusi mudeleid eelnevalt edukaks osutunud mäluandmetega, on võimalik evolutsiooni simuleerimine teatud valikukriteeriumide järgi.
5. Mudel võimaldab oma töös kasutajapoolset sekkumist, kes võib tõsta kategoriseeritud teksti ühest kategooriast teise. Mudel korrigeerib sellele vastavalt tõenäosust antud tekstis esinevate märksõnade paiknemise kohta opositsioonitelgedel.

Need punktid koos eelneva arutluskäiguga peaksid olema piisavad, et arendada välja mudeli täpsem kirjeldus, mille alusel oleks võimalik koostada ka

tarkvaraprogramm mudeli efektiivsuse katseliseks kontrollimiseks. Selle käigus tuleb lahendada väga mitmeid küsimusi, mida olen puudutanud vaid põgusalt, samuti on mudelil mitmeid laiendusvõimalusi. Peamine küsimus, mis lahendamist vajab, puudutab opositsioonide tuvastamist semantilises ruumis ja nende alusel loodud kategooriaid. Ühelt poolt tuleb vältida olukorda, kus mudel loob iga teksti jaoks oma kategooria – tulemus, mis on täielikult kasutu. Samas peavad opositsioonid olema piisavalt vabalt määratud, et muutuda vastavalt diskursusele. See on mudeli autopoieesise üks kesksemaid küsimusi.

Teine oluline küsimus on mudeli initsialiseerimine. Kuigi põhimõtteliselt on võimalik kujutada ette mudeli arengut alates esimese teksti sisestamisest, võib selline areng sõltuda liialt tekstide sisestamise järjekorrast. Vähesemahulise diskursuse põhjal järelduste tegemise eest hoiatavad ka Cilibrasi ja Vitány (Cilibrasi, Vitány, 2007: 3). Seega võib olla otstarbekas teatud esmase, ekspertide poolt koostatud mälu pagasi sisestamine ning mudelite edasine arendamine vastavalt nende kohastumusele. Kasutades ära Bayesi reegli mälu funktsiooni, on võimalik käitada korraga suurel hulgal mudeleid ning valida neist iga teatud ajaühiku järel välja ainult kõige paremini „kohastunud“.

Omaette küsimuseks on diskursusesse kuuluvate tekstide valik. Rakendatuna tarkvaraprogrammi peaks diskursus tekkima automaatselt, süsteem peaks järgima tekstides esinevaid viiteid ja koguma uusi tekste näiteks internetist. Katsejärgus on mõeldav ka teadaolevate kategooriatega kontrolldiskursuse koostamine, et veenduda sealesinevate teadaolevate seaduspärade tuvastamises mudeli poolt.

Mudeli praktiline kasutusvaldkond on lai, kuid autor on pidanud töö kirjutamisel silmas teatud „memeksi“ laadset seadet või personaliseeritud otsingumootorit, mida Brier on napsõnaliselt väitnud olevat võimatu (Brier, 2008: 287). Mudel võiks olla implementeeritud serverlahendusena, mis on suuteline tuvastama iga külastajat ning pakkuma talle otsingutulemusi, mille koostamisel on võetud arvesse tema varasemate otsingute baasil moodustunud diskursust.

Kokkuvõte

Käesolevas töös olen andnud mitte küll ammendava, kuid siiski elementaarselt piisava ülevaate arvutussemiotika ajaloolisest arengust, aktuaalsetest uurimissuundadest ning valdkonnas aktiivselt tegutsevatest teadlastest. Samuti olen sõnastanud probleeme, mida arvutussemiotika püüab – ja on minu hinnangul teatud määral võimeline – lahendada. Neist esikohal on teabe ülekül- lusest tingitud probleemid adekvaatse informatsiooni leidmisel. Mingis mõttes on käesolev töö *par excellence* näide sellest samast probleemist – materjali arvu- tussemiotika kohta on väga palju, kuid see on jaotatud horisontaalselt ja selle tervikuna läbitöötamine ei ole mahu tõttu täielikult võimalik. Teisisõnu puudus siiani käesoleva tööga võrdne uurimus, mida lähtekohaks võtta. Seega olen pi- danud paratamatult – nagu sõnastas seda Eco – olemasolevat teavet „detsimee- rima“. Selle tulemuseks on aga seni puudunud ülevaade ja määratlus, teatud kühm, mida on võimalik kasutada edaspidi orientiirina arvutussemiotika muidu tasasel ja väga laial maastikul.

Peale teoreetilise tagapõhja olen püüdnud tuua sisse ka viiteid prak- tilistele lahendustele, seda nii lähtuvalt isiklikest huvidest ja eesmärkidest kui ka rõhutamaks arvutussemiotika eksperimentaalset vaimu. Kahetsusväär- sel moel on küll jäänud napsõnaliseks esialgselt töö põhiosana kavandatud teksti- de automaatse kategoriseerimise mudel, kuid töö kirjutamise käigus selgus

paratamatu vajadus määrata esmalt valdkond, milles ma tegutsen. Seetõttu on töö 2. peatükk kõige rohkem viide, millest edasises tegevuses lähtuda.

Arvutussemiootikal näen ma olulist rolli tulevaste lahenduste väljatöötamisel, kuid selle eelduseks on teatud ühtse käsitluse tekkimine, mida tänasel päeval veel ei ole. Praktilisi probleeme, mida lahendada, on küllaga, ning valdkonnas tegutsevad teadlased evivad enam vähem sarnaseid vaatenurki. Nõrgalt on esindatud aga koostöö ning ühise raamistiku kujundamine. Selle etteheite saab teha ka just nendes kohtades, kus sellist tervikut taotletakse. Brier annab küll põhjaliku ülevaate kübersemiootika filosoofilisest taustast, mis kattub suuresti arvutussemiootika omaga, kuid jätab oma töös mainimata kõik tänapäevased tähtsamad arvutussemiootika alased uurimused. Ainus teaduslik dialoog, millele ma oskan antud juhul viidata, on tekkinud hoopis arvutus- ja biosemiootika vahel (Gudwin, Emmeche). See dialoog on iseenesest vajalik ja isegi praegusel kujul viljakas, kuid iseseisvalt selgelt puudulik. Ootan siinkohas kindlasti COSIGN konverentsisarja jätkumist. Kuigi konverentside teemad olid laialt määratud, on üritusel siiski potentsiaali tuua kokku olulisemad uurimisvaldkonnad ning leida nende ühine teoreetiline taust ning peamised suunad.

Olles ise küll rahul saadud ülevaatega, pean ma siiski tõdema, et käesolev töö on alles algus mind huvitava küsimuse – tekstide kategoriseerimine – lahendamisel. Nagu aga ka töö kirjutamisel selgus, käsitletakse arvutussemiootikas teadmisi mitte tulemuse vaid protsessidena.

English summary

My thesis explores the interdisciplinary field of computational semiotics with the aim of giving a preliminary overview of the background of computational semiotics, of more prominent authors working in this field and of main research topics. So far there has been no such overview and scientists have more often than not worked in isolation, confined to specific research groups.

Computational semiotics is rooted in the cybernetics of Wiener and through this link can be traced back to Uexküll and his concept of *Umwelt*. This connection gives computational semiotics many links to biosemiotics and indeed there has been scientific dialogue between some authors in these fields (see Emmeche, 2001 and Gudwin, 1999).

Nowadays, computational semiotics tries to bridge the gap between materialistic and phenomenological world views, arguing for the emergence of semantics as the result of interaction between autopoietic systems and their environments. In contrast with biosemiotics, computational semiotics tries to model these processes using digital computers. To do this, several methods are used, including fuzzy sets and statistical analysis.

After introducing computational semiotics from several aspects I give a list of main characteristics of research in this field. These characteristics include interdisciplinary approach, experimental nature, modelling on digital com-

puters, focus on the primary units of meaning, differentiation between the existing, the sensed and the internally represented phenomena, a practical output in the form of software applications and currently prevalent usage of semiotic methods by non-semioticians.

Summarizing the state of computational semiotics as of today, I present a very brief argumentation and sketch for a model, that is based on the principles of computational semiotics, that is autopoietic in nature and can be used to categorize texts in a given discourse automatically or with the help of a domain expert. This model could be developed further to implement it in a software application, however the current thesis provides only the barest of details needed to develop the model further either by the author or other interested party.

Kasutatud kirjandus

1. Andersen, P. B. 1990. A Theory of Computer Semiotics. Cambridge University Press.
2. Bouissac, P. 1998. Encyclopedia of Semiotics. Oxford University Press.
3. Brier, S. 2008. Cybersemiotics. University of Toronto Press.
4. Bush, V. 1945. As We May Think, *Atlantic Monthly*, juuli 1945. Kasutatud The Atlantic internetiarhiivi <http://www.theatlantic.com/doc/194507/bush> Külastatud 22.04.2008.
5. Cheeseman, P., Stutz, J. 1995. Bayesian Classification (AutoClass): Theory and Results. NASA. Internetis <http://ic.arc.nasa.gov/ic/projects/bayes-group/images/kdd-95.ps> Külastatud 26.05.2008.
6. Cilibrasi, R., Vitány, P. M. B. 2007. The Google Similarity Distance. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* vol 19, nr 3, 370–383. Internetis <http://www.cwi.nl/~paulv/papers/amdug.pdf> Külastatud 25.05.2008.
7. Clarke, A. (koostaja, eessõna autor) 2004. Computational Semiotics: Past, Present and Future. COSIGN 2004 ettekannete kogu. Internetis http://www.cosignconference.org/downloads/papers/proceedings_cosign_2004.pdf Külastatud 23.05.2008.
8. Coppock, B. 1995. "A Conversation on Information". Intervjuu Umberto Eco. Internetis. http://carbon.cudenver.edu/~mryder/itc_data/eco/eco.html Külastatud 21.04.2008.
9. Emmeche, C., Hoffmeyer, J. 1991. Code-duality and the semiotics of nature. *Approaches to Semiotics* 97. Mouton de Gruyter.
10. Emmeche, C. 2001. Does a robot have an Umwelt? *Semiotica* 134-1/4, 653 – 693. Mouton de Gruyter.

11. Gelman, A., Carlin, J. B., Stern, H. S., Rubin, D. B. 2004. Bayesian Data Analysis. Chapman & Hall/CRC.
12. Gomes, A., Gudwin, R. R., El-Hani C. N., Queiroz, J. 2007. Towards the emergence of meaning processes in computers from Peircean semiotics. *Mind & Society*, vol 6, nr 1, 2007.
13. Graham, P. 2004. A Plan for Spam. O'Reilly.
14. Gudwin, R. R. 1997a. An Approach to Computational Semiotics. Internetis
<ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/gudwin/publications/isas97.ps>
Külastatud 05.05.2008.
15. Gudwin, R. R. 1997b. Computational Semiotics. Part I: Foundations. Internetis
ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/gudwin/publications/rep1_97.ps
Külastatud 17.05.2008.
16. Gudwin, R. R. 1997c. Computational Semiotics. Part II: theory and Application. Internetis
ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/gudwin/publications/rep2_97.ps
Külastatud 17.05.2008.
17. Gudwin, R. R. 1999. UMWELTS and Artificial Devices. Internetis
<ftp://ftp.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/gudwin/publications/2sacs99.pdf>
Külastatud 05.05.2008.
18. Gudwin, R. R. 2002. Semiotic Synthesis and Semionic Networks. *S.E.E.D. Journal*, vol 2, nr 2, 55-83. Internetis
<http://www.dca.fee.unicamp.br/~gudwin/ftp/publications/SEEDJournal2002.pdf> Külastatud 23.05.2008
19. Lagerspetz, K. Y. H. 2001. Jakob von Uexkull and the origins of cybernetics. *Semiotica* 134-1/4, 643-651. Mouton de Gruyter.
20. Lotman, J. 1999. Kultuurisemiootika. Olion.
21. Lyman, P., Varian, H. R. 2000. How Much Information. Internetis
<http://www.sims.berkeley.edu/how-much-info> Külastatud 22.04.2008.
22. Lyman, P., Varian, H. R. 2003. How Much Information. Internetis
<http://www.sims.berkeley.edu/how-much-info-2003>. Külastatud 22.04.2008.

23. Maturana, H. R. *Ontology of Observing* 1998. *Conference Workbook for 'Texts in cybernetic Theory'*. Internetis <http://www.inteco.cl/biology/ontology/> K lstatud 16.05.2008.
24. McLuhan, M., Powers, B. R. 1989. *The Global Village*. Oxford University Press.
25. Nalimov, V., V. 1981. *In the Labyrinths of Language*. ISI Press.
26. Odlyzko, A. 2008. *Threats to the Internet: Too much or too little growth?* Interenetis <http://www.dtc.umn.edu/~odlyzko/doc/too.little.growth.txt> K lstatud 22.04.2008.
27. Rieger, B. B. 1980. *Fuzzy Word Meaning Analysis and Representation in Linguistic Semantics. Proceedings 8th International Conference on Computational Linguistics, 1980*. Internetis http://www.ldv.uni-trier.de/ldv_archiv/http/www/public_html/ldvpage/rieger/pub/aufsaetze/tokyo80/tokyo80.pdf.gz K lstatud 18.05.2008.
28. Rieger, B. B. 1988. *Definition of Terms, Word Meaning, and Knowledge Structure. Proceedings Internation Congress on Terminology and Knowledge Engineering vol 2, 1988*. Internetis http://www.ldv.uni-trier.de/ldv_archiv/http/www/public_html/ldvpage/rieger/pub/aufsaetze/dotwmaks/dotwmaks.pdf.gz K lstatud 18.05.2008.
29. Rieger, B. B. 1992. *SHOE related project research in SATUS, SCIPS, and LLAMA . Proceedings First SHOE Workshop, 1992, 161 – 170*. Internetis http://www.ldv.uni-trier.de/ldv_archiv/http/www/public_html/ldvpage/rieger/pub/aufsaetze/shoerep/shoerep.pdf.gz K lstatud 19.05.2008.
30. Rieger, B. B. 1998. *A Systems Theoretical View on Computational Semiotics. Proceedings of the Joint IEEE Conference on the Science and Technology of Intelligent Systems, 1998, 840-845*. Internetis http://www.ldv.uni-trier.de/ldv_archiv/http/www/public_html/ldvpage/rieger/pub/aufsaetze/isas98k/ISAS98K.pdf.gz K lstatud 19.05.2008.
31. Wiener, N. 1948. *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*. John Wiley & Sons.