

Uuden tieteenalan perusteita

ANTTI HAUTAMÄKI (toim.) *Kognitiotiede*. Gaudeamus, Helsinki 1988. 184 s.

Kognitiotiede on nuori, monitieteinen tutkimusala, joka on kehittynyt viimeisten parinkymmenen vuoden aikana psykologian, neurologian, kielitieteen, tekoälytutkimuksen ja filosofian yhteisten ongelmien ympärille. Sen tutkimuskohteenä on ihmisen kognitio, ts. ihmisen älylliset toiminnot muisti, ajattelu, päätely, havaitseminen sekä kielen ymmärtäminen ja tuottaminen.

Eräässä mielessä kognitiotiede on vanha tutkimusala: ihmisen tietokyky ja ajattelu ovat olleet filosofisen pohdinnan kohteena koko länsimaisen tieteenhistorian ajan. Aristoteles on mainittu kognitiotieteen – kuten niin monen muunkin tieteen – perustajaksi, sillä ajattelua ja tiedon luonnetta koskevat kognitiotieteen perusongelmat voidaan ymmärtää hänen esiin nostamiensa ajatusten edelleen kehittelyiksi (Sowa 1984:vii). Ensimmäiset muistitutkimukset ja aistihavaintokokeet tehtiin 1800-luvulla (Wundt), jolloin psykologia erottui omaksi tieteenalaksi. Varsinaisen kognitiotieteen voidaan kuitenkin katsoa syntyneen vasta 1950-luvun lopulla, jolloin käsitys symboleja prosessoivasta systeemistä muotoutui. Tällöin psykologiassa alettiin jälleen hyväksyä kognitioon liittyviä käsitteitä tieteelliseen keskusteluun, kun behavioristinen, ulkoiseen ärsyke-reaktio -suhteeseen perustunut tutkimus menetti valta-asemansa. Samaan aikaan tietojenkäsittelyopin puolella ulotettiin symbolisen merkkitiedon käsittely numeroiden manipulatiosta kielellisten merkkien prosessointiin, ja tekoälytutkimuksen syntyminen vauhditti ihmisen älyllisten toimintojen tutkimista.

Kognitiotiede ei ole varsinainen tieteenala siinä mielessä, että sillä olisi yhtenäinen teoria tai metodologia. Pikemminkin voidaan puhua kognitiivisesta paradigmasta, jonka mukaista

tutkimusta luonnehtii yhteinen kohde, monitieteisyys sekä pyrkimys eksplisiittiseen, formaaliin teoriaan. Kognitiivinen paradigma on viitekehys, jonka puitteisessa sekä ihmisen että koneen tiedonkäsittelyä tarkastellaan. Kognitiiviseen paradigmaan viittaa myös Winograd (1983: 13) puhuessaan kielitieteen kehityksestä ja tämänhetkisestä tietokoneolingvistiksestä paradigmatista, jossa kieli käsitetään tietämykseen perustuvaksi kommunikaatioprosessiksi. Kognitiotieteen tutkimus- ja sovellusalueita ovat mm. ongelmanratkaisutehtävät (shakinpeluu), havaintoon liittyvä tutkimus (koneäkö, puheentunnistus) ja asiantuntijajärjestelmien (tietämysjärjestelmien) kehittäminen.

Kognitiotieteen tutkimuslaitoksia ja oppituleja on jo useita kymmeniä eri puolilla maailmaa, mm. USA:ssa, Englannissa, Skotlannissa, Saksassa, Ruotsissa ja Japanissa. Suomessa on alan tutkimusta tehty kansainvälisesti merkittävällä tasolla Helsingin yliopistossa sekä Helsingin, Oulun ja Kuopion Teknillisissä korkeakouluissa. Koulutus pääsi alkuun syksyllä 1988, jolloin Helsingin yliopistoon perustettiin Kieliteorian ja kognitiotieteen koulutusohjelma.

Antti Hautamäen toimittama kirja *Kognitiotiede on tienavaus alan suomenkielisessä kirjallisuudessa*. Teos on artikkelikokoelma, jossa viisi tutkijaa esittelee oman taustatieteensä lähtökohdista kognitiotieteellistä tutkimusta. PERTTI SAARILUOMA esittelee kolmen artikkelin voimalla kognitiivisen psykologian kehitystä sekä muistin ja ajattelun tutkimusta. TEUVO KOHONEN selvittää aivoissa ja tietokoneessa tapahtuvan prosessoinnin eroja sekä esittelee hermooverkkomalliaan. FRED KARLSSON tarkastelee kielitieteen ja kognitiotieteen suhdetta. Kognitiotieteen filosofisia ongelmia käsittelevät MATTI KAMPPIINEN, joka tarkastelee tiedon representaatioon liittyviä kysymyksiä, ja ANTTI HAUTAMÄKI, jonka aiheena on tiedon esittäminen ja mallintaminen erityisesti logiikan kannalta. Lisäksi kirjassa on suppea perustermien sanasto.

Teos on tarkoitettu valistuneelle lukijalle ja yliopistolliseksi kurssikirjaksi. Artikkelit ovat kuitenkin varsin epätaaisia ja kokonaisuus jää sekavaksi. Osasyynä kirjan puutteista lankeaa luonnollisesti kirjan toimittajalle, Hautamäelle, joka olisi voinut jämäkämmin puuttua artikkelien ilmaisuun ja teoksen muotoon ylipäätään. Kirja on toimitettu hätäisesti, mikä on valitettavaa, koska ensimmäisenä alan suomenkielisenä teoksena kirja tulee vaikuttamaan laajasti »valistuneen», puhumattakaan »valistumattoman» lukijan käsityksiin kognitiotieteestä.

Kirjan toimittajalta olisi toivonut kriittisempää otetta erityisesti Pertti Saariluoman kirjoitusten editoinnissa. Saariluoman kirjoitukset »Historiallinen johdatus kognitiotieteeseen», »Ajattelu kognitiivisena prosessina» ja »Ihmisen muisti» ovat pikemminkin laajennettuja bibliografioita kuin yleistajuisia esittelyjä. Sen sijaan, että tarjolla olisi tiivis ja informatiivinen esitys kognitiivisen tutkimuksen historiasta ja nykytilasta, lukija saa eteensä täyteen ahdetun, yksityiskohtia, koejärjestelyjä, epäselviä viittauksia ja lähteitä vilisevän luonnoksen, jossa keskeiset ja tärkeät asiat hukkuvat vähemmän tärkeiden yksityiskohtien paljouteen. Lisäksi kirjoituksiin sisältyy monenlaisia lapsuksia, sekasotkia ja summittaisia väitteitä. Kaikkien epäkohtien korjaaminen tarkoittaisi yksinkertaisesti artikkeleiden uudelleen kirjoittamista, joten puuttun vain joihinkin esimerkkitapauksiin.

Saariluoman esitystapaa havainnollistaa hänen argumentointinsa s. 22–23. Saariluoma tarkastelee koneellista informaation prosessointia ja tulee siihen tulokseen, että tämä on »tutkimuksellisten näkökohtien vuoksi tärkeää kognitiotieteelle. Koneellinen informaation prosessointi on nykyään vielä paljon yksinkertaisempaa kuin ihmisen tai eläimen suorittama informaation prosessointi. Koneita on myös mahdollista hajottaa ja koota toisin kuin ihmisiä tai eläimiä. Kumpikin edellä mainituista näkökoh-

distä osoittaa, että koneellisella informaation prosessoinnilla on tärkeä asema kognitiotieteellisen tutkimuksen sisällä.» Lukija on vakuuttuneisuuttaan mykistynyt.

Lähdeviitteiden käyttö on joko triviaalia (esim. s. 89 keskellä kappaletta oleva lause »Eri yksilöiden kasvot poikkeavat toisten yksityiskohtien suhteen» ei ilmaise niin omaperäistä ajatusta, että sen tukemiseksi tarvitsisi antaa viisi erilaista lähdettä) tai ohimennen annettuja mainintoja: »Toinen tärkeä löytö on ollut muistijäljen lokalisointi synapsiin. Kandell (1976) tarkasteli merijäniksen heltan ehdollistamista ja osoitti mikroelektroditeknikan avulla oppimisen paikantuvan synapsiin» (s. 33).

Selittämättä myös jää miksi vuosi 1956 on ilmeisin ehdokas kognitiotieteen läpimurron alkuvuodeksi (s. 23). Sattumalta tulikin vilkaisseeksi Simonin (1981) artikkeliä, josta vastaus löytyi. Simon asettaa vuoden 1956 kognitiotieteen syntyvuodeksi, koska silloin julkaistiin kognitiivisen paradigman kannalta merkittäviä asioita kuten Millerin lyhytkestoista muistia käsittelevä artikkeli ja Chomskyn ensimmäiset analyysit kielioppien formaaleista ominaisuuksista, ja tekoälytutkimuksen perustajiin kuuluvat Newell ja Simon esittelivät ongelmanratkaisua simuloivan tietokoneohjelman. Artikkelit löytyy Saariluoman lähteistä, mutta siihen viitataan aivan muussa yhteydessä.

Kielitieteilijää taas hämmästyttää löytää Saariluoman väitteet: »Kaksi tärkeintä ihmisen luomaa symbolijärjestelmää, kirjoitettu kieli ja numeroiden järjestelmä, ovat syntyneet jo pronssikaudella — —» (s. 18) ja »Kielen havaitseminen on toinen havaintoa koskevan tutkimuksen valta-alueista. Tällä voidaan tarkoittaa kahta asiaa: puheen havaitsemista ja luonnollisen kielen prosessointia. Ensimmäisessä tapauksessa on kyse puhesignaalin muuntamisesta kirjoitettavissa oleviksi lauseiksi, kun taas toisessa tapauksessa on kyse siitä, että ymmärretään, mitä annetut ilmaisut

merkitsevät.» (s. 27).

Saariluoman summittainen ilmaisutapa ei liene parasta popularisointia, vaan saa lukijan ärsyyntyneenä kysymään: miksi kognitiotieteen oppikirjassa ei ole osattu esittää perusasioita helppotajuisen selkeästi. Esim. puheen havaitseminen ei ole »puhesignaalin muuttamista kirjoitettavissa oleviksi lauseiksi», vaan jatkuvan äänivirran saattamista sellaiseen muotoon, että sitä voidaan käsitellä tietokoneella. Tämä tarkoittaa puhesignaalin muuttamista digitaaliseen muotoon: havaittavat äänneet esitetään toisistaan erottuvina representaatioina. Tällainen esitys ei kuitenkaan ole välttämättä sama kuin kirjoitettu lause.

Saariluoman väitteistä saa myös sen käsityksen, että kirjoitettu kieli on samaa kuin kieli ylipäätään ja että kirjoitetun kielen analysointi on kielen kognitiivista prosessointia. Luonnollisen kielen primaarina symbolijärjestelmänä pidetään kuitenkin puhetta: mielivaltaiseen äännejonoon on liitetty merkitys. (Viittomakielessä ensisijainen symboli on luonnollisesti viittoma.) Kirjoitettu kieli taas on puhutun (tai viitotun) kielen symbolista esittämistä, ja siis toisen kerätaluvun symbolijärjestelmä. Historiallisesti kielen ja kirjoitusjärjestelmän kehityksessä on valtava ero: ensimmäiset sumerilaiset kirjoitusjärjestelmät syntyivät noin 3100 eKr., kun taas puhuttu kieli lienee 100 000–500 000 vuotta vanha (Anttila 1972:45).

Kielen samastaminen kirjoitettuun järjestelmään on ehkä ymmärrettävää, jos ajattelee kirjoitetun kielen tärkeää asemaa inhimillisen kulttuurin kehityksessä, tiedon luomisessa, käsittelemisessä ja levittämässä: nykyinen maailma rakentuu suuresti juuri kirjoitusjärjestelmän keksimisen varaan (vrt. Karlsson (1988), jossa ehdotetaan nykyisen tietoyhteiskunnan itse asiassa alkaneen jo kirjoitusjärjestelmän keksimisestä). Lisäksi automaattinen luonnollisen kielen prosessointi on keskittynyt etupäässä kirjoitetujen symbolien, kirjain- ja numero-merkkien käsittelyyn, koska sanojen

mekaaninen erottaminen jatkuvasta äänivirrasta on vaikeaa (vrt. kuitenkin esim. Kohosen puheentunnistusprojekti). Kognitiotieteen oppikirjassa näin kevyitä väitteitä ei kuitenkaan soisi esiintyvän.

Myös kognitiivisen paradigman kritiikki esitetään kovin ylimalkaisesti. Esimerkiksi Dreyfusin (1972) jo klassinen kritiikki kognitiivista paradigmat kohtaan sivuutetaan ylimalkaisilla viittauksilla »ontologisiin sitoumuksiin» ja »koneiden vaatimattomaan kapasiteettiin» (s. 24), eikä itse kognitiotieteen peruskäsitteeksi asetettua symboleja prosessoivaa systeemiä pohdita perusteellisemmin kuin sivun 36 huomautuksella »käsitteellä on suuria etuja, mutta siihen liittyy myös ongelmia.» Koska teoksen muissa artikkeleissa on tähän liittyviä kysymyksenasetteluja, olisi ollut hyödyllistä saada jonkinlaista taustaa tätä varten jo historialliseksi johdatukseksi tarkoitettussa luvussa.

Ensimmäisen, mitä tahansa tieteenalaa käsittelevän yleisteoksen tarkoitus on paitsi tehdä alaa tunnetuksi, kai myös innostaa lukijoita perehtymään paremmin alan tutkimukseen ja saada heidät kiinnostumaan sen kysymyksenasetteluista ja ongelmista. Tässä suhteessa Saariluoman artikkelit eivät vie asiaa eteenpäin. Asioiden problematisointi, laajojen suuntaviivojen hahmotus, yhteenvedot ja polemisoinnit jäävät muiden tehtäviksi. Kun lisäksi esitystapa on sellainen, että itsestäänselvyksiä esitetään tieteellisinä tuloksina (»Yhteenvevtona kertomusten muistamisesta voidaan todeta, että ihmisen kyky muistaa kertomuksia on erittäin joustava», s. 86), ja hankalimmat ja haasteellisemmat seikat sivuutetaan ylimalkaisilla huomautuksilla (»Tämä on erittäin monimutkainen ongelma, johon ei ole mahdollista löytää helppoja ratkaisuja», s. 75), ei voi olla ajattelemta, että kognitiotiedettä uhkaa samanlainen huuhaa-tieteen maine kuin mistä humanistisia tieteitä usein on syytetty. Saariluoman artikkelien lukemisen jälkeen mieleen hiipii ajatus, ettei kognitiivinen paradigma ole ainakaan

psykologiassa synnyttänyt mitään uutta ja tieteellisesti mullistavaa sen jälkeen kun G. A. Miller v. 1956 kokeellisesti osoitti työmuistin kapasiteetiksi 7 ± 2 yksikköä.

Teoksen ainoat painovirheetkin löytyvät Saariluoman artikkelista. Lähteissä ja myös s. 60 puhutaan Jackendorffista, joka paremmin tunnetaan Jackendoffina, ja lähdeviitteissä systemaattisesti esiintyvä Miller, G. E. on George A. Miller. Sivulla 27 mainittu Winogradin kehittämä palikkamaailmassa operoiva ohjelma taas on SHRDLU eikä SHRDU. Myös Saariluoman käyttämät kuvat ja kaaviot ovat puutteellisia, satunnaisesti valittuja ja lisäksi selityksetömiä: epäselvää on, mitä s. 31 kuvio selventää, miksi s. 56 viimeinen laskutehtävä on kriittinen tehtävä, mitä s. 79 koordinaattiakselit kuvaavat, tai mikä on s. 81 kuvion merkitys.

Vastakohtana edellisille on TEUVO KOHOSEN artikkeli »Keinotekoisien ja luonnollisen ajattelun eroista». Artikkelin on innostava ja ajattelua stimuloiva kirjoitus siitä, mihin ajattelu perustuu ja miten mielikuvat syntyvät. Se on myös teoksen ainoa omaa, käynnissä olevaa tutkimusta esittelevä artikkeli. Selkeästi Kohonen kritisoi tekoälytutkimuksen heikkouksia, etenkin yksinkertaista ja suorastaan väärää käsitystä aivojen ja tietokoneen rakenteen yhtäläisyyksistä. Näin hän ottaa kantaa tekoälytutkimuksessa kiivasta keskustelua aiheuttaneeseen kysymykseen ns. vahvan ja heikon tekoälyn suhteesta jälkimmäisen puolesta.

Tekoälyn käsitteeseen yleensä liitetty älykkyys saa Kohoselta lakonisen tuomion. Hän yhdistää älykkyyden elämän säilyttämisessä tarvittaviin »monitasoiisiin tulkinta-, arviointi- ja toimeenpanokykyihin», joita aivoihin on kehityksen kuluessa syntynyt (s. 103). Näin ollen tekoälysovelluksissa tavattavan »älykkyyden» kuvaaminen älykkyydeksi ja tietokoneiden sekä ihmisen suorituskyvyn vertaaminen ylipäätään on yksinkertaisesti mieletöntä, koska koneen muis-

tikapasiteettiin ja nopeuteen perustuvilla toiminnoilla ei sellaisenaan ole vastaavia elämän säilyttämisessä arvokkaiksi osoittautuneita ominaisuuksia.

Ongelman ytimeksi hän esittää aivojen sisäisen toiminnan ja ihmisten aikaansaannosten sekoittamisen. Ihmiskunnan kehitys on suuressa määrin perustunut erilaisille apuvälineille ja työkaluille. Tällaisia ovat myös aikojen kuluessa kehittyneet erilaiset toiminta- ja päättelystrategiat, algoritmiset toimintapaketit, jotka on mahdollista ilmaista kielellisinä ohjeina. Ne voidaan esittää myös tietokoneohjelmana, mistä tekoälyssä juuri on kyse. Aivojen sisäinen toiminta taas on monimutkaista hermoverkon itseorganisaatiota (ks. alla), ja varsinainen ajatteluprosessi kaaos, jota ei ole helppo matkia tietokoneenkaan avulla.

Myös kieli on Kohoselle »eräs mukavaksi osoittautunut väline siinä kuin muutkin työkalut» (s. 104). Se, että luonnollista kieltä voidaan käsitellä tietokoneella, osoittaa vain sen »itsestäänselvyyden», että »kirjakielen säännöt» ovat mekaanisia, tietokoneelle ohjelmoitavissa olevia sääntöjä (s. 102). Tähän voi kuitenkin huomauttaa, että näitä »mekaanisiakin» kielen sääntöjä on varsin vaikea ohjelmoida tietokoneelle, koska sanojen liittäminen toisiinsa ei perustu pelkästään muodollisiin seikkoihin, vaan myös sanojen merkitys vaikuttaa asiaan. Yllätyksellisyys ja erilaiset, uudet sivumerkitykset eivät liity vain »kaunokirjallisuuden, dramaturgian tai vapaan suullisen esityksen» keinoihin, vaan ne ovat tyypillisiä myös asiatyylisille »akateemisesti valvotun kielen kieliopillisille tuotoksille» (s. 102).

Biologisten ajattelutoimintojen ja automaattisten tietojenkäsittelyprosessien tärkein ero on siis jälkimmäisten diskreettisyys, algoritmisuus ja mekaanisuus. Seikkaperäisesti Kohonen kumoo aivojen ja tietokoneen rakenneyhtäläisyyksiä kuvaavat oletukset ja perustelee näkemyksensä omilla tutkimustuloksillaan. Tämä esittely aistihavaintojen piirrekarttojen muodostumisesta aivoissa onkin

yksi teoksen mielenkiintoisimmista kohdista.

Kohosen 15 vuoden aikana kehittämä hermoverkkomalli perustuu ns. itseorganisoitumiselle, jolla tarkoitetaan sopivien olosuhteiden vallitessa itsestään tapahtuvaa järjestelmän jäsentymistä (vrt. Kamppisen esiintuoma emergenssin käsite). Aivojen hermoverkossa kukin solu on herkistynyt tietynlaiselle signaalijoukolle; herkistyminen taas on riippuvainen niistä kytkennöistä, jotka solulla on muihin soluihin (jopa 10 000 erilaista kytkentää). Hermoverkon itseorganisaation tuloksena aistisignaaleista syntyy aivoihin piirrekarttoja, aistihavaintojen malleja, joiden avulla aistisignaalit tunnistetaan. Tällaisia piirrekarttoja ovat esim. näköaivokuoren värikartta ja näkökentän geometrinen kartta ja kuuloaivokuoren äännekartat. Kognitiiviset prosessit perustuvat näin syntyneiden karttojen dynaamiseen yhteisvaikutukseen.

Psyykkiset käsitteet ja mielikuvat syntyvät aistisignaalien »tiivistyessä», itseorganisoituessa, hermosäikeiden aktiivisuuksien vuorovaikutuksessa. Ilmiö muistuttaa optiikasta tuttua valekuvaperiaatetta: hermoverkko toistaa lähinnä vain ne ehdot, joiden perusteella havainto tulkitaan tai syntyy, ei solujen aktiivisuutta sellaisenaan (»aivoholografia»). Mallin avulla voidaan selittää muistin ominaisuuksia ja valaista luovuuden käsitettä. Malli on myös toteutettu tietokoneella, ja sitä on sovellettu erilaisten aistisignaalien käsittelyyn: esim. s. 113 on esitetty tietokonesimulaation avulla saatu suomen kielen äänneiden kartta. Parhaimpana esimerkkinä mallin toimivuudesta on sen pohjalta rakennettu puheentunnistusjärjestelmä.

Artikkelissaan »Kieli ja kognitio» FRED KARLSSON tarkastelee kognitiotiedettä (tietokone)lingvistiikan näkökulmasta. Erityisesti esille nousee kielentutkimuksen valta-ajattelussa viime aikoina tapahtunut kiinnostuksen suuntautuminen kielen funktionaalisen-kognitiivisten aspektien tutkimiseen. Näin suuntautu-

neiden tutkijoiden lähtöpremisestä Karlsson kuvaa lähinnä luonnollisen syntaksin edustajien näkökulmasta.¹

¹ Vaikka asia ei tulekaan artikkelissa esille, haluaisin silti käyttää tilaisuutta hyväkseni ja tuoda esille erään funktionaalaisesti suuntautuneiden lingvistien ohjelmanjulistuksissa (Givon 1979, Halliday 1985) ainakin minua itseäni kummastuttaneen ristiriitaisen seikan: samalla kun kielen pragmaattista kontekstia korostetaan, kielen rakenteen tutkimus pyritään kieltämään »autonomisena kielentutkimuksena», ts. arvottomana, formaalisti ilmaistujen muotoseikkojen irrallisena pyörittelynä. Ongelma autonomis-strukturaalisen ja funktionaalisen kielitieteen välillä on analoginen sen sekaannuksen kanssa, jonka Kohonen toi esiin tekoälytutkimuksen älykkyuden kohdalla: toiminta ja aikaansaannokset eivät ole sama asia. Kuten aivojen sisäinen toiminta on (luova) kielenkäyttökin kaosaista, ei ennustettavissa olevaa toimintaa pikemminkin kuin algoritmisesti ilmaistavissa olevien toimintaohjeiden suorittamista. Toisaalta kyky käyttää kieltä (tai mitä tahansa muuta ”apuvälinettä”) edellyttää jonkinlaista systemaattisuutta, ”toimintapaketteja”: esim. lausetta *Osteri purivat Aimoa* ei yleensä hyväksytä suomen kielen konventioiden mukaiseksi ilmaukseksi, eikä lausetta *Aimo kehotti ostereita syömään* yleensä ymmärretä syömiskehotukseksi, jossa syömisen kohteena olisivat osterit. Kielipiin traditionaalisen tehtävänä on juuri tämänlaatuisten ”mekaanisten” sääntöjen kuvaaminen, kielen rakennetta määrittävän symbolijärjestelmän eksplikoiminen. Jos kielitieteellä ylipäätään on oikeus itsenäisen tieteen asemaan, tulee se käsittääkseni juuri kielen rakenteen tutkimisesta ja rakennetta kuvaavien kielipiin sääntöjen muodostamisesta. Lingvistiikka on siis redusoitavissa yleiseen semiotiikkaan (vrt. Anttila 1972) pikemminkin kuin kognitiiviseen psykologiaan kuten Chomsky asian esittää tai antropologiseen sosiologiaan, mikä taas on Hallidayn lähtökohta. Tämä näkemys ei luonnollisestikaan sulje pois kielen käyttöön liittyviä аспектеja; yhä laajempien ja laajempien ohjepaketien

konstruointi on mahdollista. Toisaalta funktionalistisen näkemyksen äärimmäisenä päätepisteenä oleva kielellisen kommunikaation selitys ei liene mahdollista, tai kuten Kohonen (s. 111) asian ilmaisee: »Ei ole kuitenkaan näkyvissä mitään mahdollisuuksia selittää itse tajunnantilojen elämyksellistä sisältöä, esimerkiksi tunnetilojen laatua [tai kommunikatiivista intentiota, KJ], fyysikaalisten mallien tai sähköisten ja kemiallisten ilmiöiden avulla.»

Karlsson esittelee myös tyypillisiä kognitiivisia kieliteorioita (Lakoff ja Thompson 1975, Miller ja Johnson-Laird 1976, Givon 1979, Jackendoff 1983), ja selvittää yleistajuisesti näihin liittyviä käsitteitä: tulkintojen inkrementaalista rakentamista, proseduraalista semantiikkaa, konseptuaalisen merkityksen tasoa. Selkeästi on esitelty myös kielen prosessointistrategioita, ts. muuhun kognitioon kytkeytyviä, useimmiten automaattisesti käytettyjä menetelmiä, joita tarvitaan tuottamisessa ja sanoman tulkitsemisessa. Karlsson keskittyy erityisesti ymmärtämiseen liittyviin tunnistusstrategioihin, joita on enemmän tutkittu, mutta antaa tahattomasti hauskan esimerkin kielen tuottamiseen liittyvistä strategioista ja luovasta substantiivien komparoinnista: »Nämä tarkoitteet ovat työmuistissa pinnimmäisinä — —» (s. 130).

Lopuksi Karlsson tarkastelee luonnollisen kielen automaattista prosessointia. ATN-formalismien perusteellisessa esittelystä jäänee ehkä liian vähälle huomiolle se seikka, että formalismi liittyi nimenomaan transformaatiokieliopin mukaiseen analyysiin, ja kuuluu siis pikemminkin tietokoneligvistiikan historiaan kuin tämänhetkiseen tilaan. Formalismin saama kritiikki olisi myös ollut mielenkiintoista kontrastoida nykyisin valtasuuntauksena olevan unifikaatioformalismien ominaisuuksiin: esim. Karlssonin mainitsema, nykyisin tietokoneligvististen mallien keskeiseksi tavoitteeksi nähty deklaratiivinen tiedon esitystapa on unifikaation peruspiirre, mutta täydelli-

nen vastakohta ATN:n proseduraaliselle tiedon esitystavalle, jossa kieliopin kuvausta ei ole erotettu itse jäsentimisestä.

Kuten Kohosen kirjoituksessa myös Karlssonin artikkelissa tulee esille heikon ja vahvan tekoälyn ongelma. Karlsson mainitsee, etteivät tietokoneigvistit »suinkaan aina ole kiinnostuneita siitä 'varsinaisesta tavasta', millä ihmisen kognitio toimii. Heille riittää usein tutkimuskohteen formaalinen kuvaus kognitiivisten aspektien todellisuuteen kantaa ottamatta.» (s. 132). Tietokoneigvistit ovat siis heikon tekoälyn kannattajia ja näkevät luonnollisen kielen automaattisen analyysin etupäässä kielen rakenteen mallintamisena. Toimivien tietokoneohjelmien kehittämisellä ei välttämättä ole mitään yhteyttä siihen tapaan, miten aivot toimivat.

MATTI KAMPPINEN käsittelee kognitiotieteen tärkeitä filosofisia ongelmia artikkelissaan »Kognitivismin ongelmia: representaatio, arkipsykologia ja neuronismi». Erityisesti hän tarkastelee kognitiotieteen mukanaan tuomaa representation käsitettä eli sitä, miten tieto esittyy ihmismielessä ja miten se tulisi esittää mentaalisisä malleissa.

Kognitiotieteessä representaatio on primitiivikäsite, johon koko tutkimus perustuu: tekoälytutkimuksissa kysymys on yleensä siitä, miten tieto olisi parhaiten ja käyttökelpoisimmin esitettävissä (erilaisina verkkoina, prosedureina tai listoina), ja psykologis-filosofisesti painottuneissa tutkimuksissa ongelma liittyy mielteiden ja aistimusten olemukseen. Keskeistä psykologisessa ongelmanasettelussa on representaatioiden yksilöiminen: miten representaatiot on koodattu aivoihin? Tällä hetkellä psykologian filosofiassa vallalla oleva käsitys on toiminnalliseen yksilöintiin perustuva ns. funktionalistinen lähestymistapa. Sitä esitellessään myös Kamppinen harrastaa omaperäistä kielenkäyttöä: »representaatio on sellainen *ötökkä* — —» (s. 144, kursivointi alkuperäinen).

Muutamissa kohdin Kamppisen kirjoitusta vaivaa hienoinen huolimattomuus:

ihmetystä herättää mm. väite siitä, että arkipsykologia »on ollut ihmisten käytössä ja säilynyt suhteellisen muuttumattomana jo noin 2000 vuotta.» (s. 147). Onko niin, että keskellä Rooman tasavallan kuolinkamppailua ihmiskunnan arkinen kokemusmaailma ja käsitykset mielestä, toiminnasta ja luonnonilmiöistä radikaalisti muuttuivat, vai ajetaanko tässä takaa jotain muuta? Toisaalta taas turhan formaali esitystapa haittaa ymmärtämistä. Vaikka teorioiden formalisointi ja eksplisiittinen esittäminen ovatkin kognitiotieteellisille esityksille ominaisia, niin yleistajuisiksi esittelyksi tarkoitettussa artikkelissa lienee tuskin tarpeellista esittää sanallisestikin täsmällisesti ilmaistavia käsitteitä kaavojen ja symbolien avulla. Esim. sivulla 150 esitetty kaava emergenssin käsitteen tarkentamiseksi lienee tässä mielessä turhankin tarkka. Samoin sivulla 145 olisi funktionalististen psykologisten teorioiden sanallinen luonnehdinta riittänyt (esim. funktionalistisissa psykologisissa teorioissa kognitiiviseen tilaan sisältyvä representaatio identifioidaan sen toiminnallisen roolin avulla, joka representaatiolla on 1) eliön saamien ärsykkeiden, 2) muiden kognitiivisten tilojen ja 3) havaittavan käyttäytymisen perusteella), ja ollut kenties jopa selkeämpää kuin saman asian esittäminen symboleilla $M_1, \dots, M_n, I_1, \dots, I_n$ ja O_1, \dots, O_n sekä ensi lukevalta hämäräksi jäävillä väitelauseilla »eliötyyppejä A» — johon kuuluu esim. ihminen — koskevasta psykologisesta teoriasta.

Lopuksi Kamppinen käsittelee tekoälytutkimuksessa runsaasti kiivasta keskustelua herättänyttä kysymystä siitä, pystyykö tietokone ajattelemaan, vai onko se vain mekaaninen symbolien käsitteijä. Keskustelu on saanut alkunsa John Searlen klassisesta kiinalaisen huoneen ongelmasta, jonka Kamppinen esittelee. Vastaukset ovat jakaneet tutkijat kahtia ns. heikon ja vahvan tekoälyn kannattajiin. Vahvan tekoälykäsityksen mukaan tietokoneet ovat toiminnallisesti samanlaisia kuin neuroneista koostuneet

ihmisaivot ja pystyvät siis tuottamaan samanlaisia emergenttejä ominaisuuksia kuin aivot, ts. ajattelemaan. Heikko tekoälykäsitys taas ottaa lievemmän kannan tietokoneen ja ihmisaivojen samankaltaisuuteen korostamalla, että tietokonesimulaatiot ovat vain malleja kognitiivisista prosesseista, eikä niiden tarkoitus ole todella ymmärtää asioita.

Koska ongelmaa voidaan pitää yhtenä tekoälytutkimuksen ja kognitiivisen peruskysymyksistä, olisi siihen liittyvän pohdinnan suonut jatkuvan pitempäänkin. Lisäksi se tulee havainnollisesti esille Kohosen voimakkaassa argumentoinnissa ja Karlssonin artikkelissa. Nyt asioiden yhdistäminen ja näkökantojen vastakkainasettelu jää lukijan oman tietämyksen varaan. Kampin lyhyesti mainitsema ymmärtämisen ja selittämisen ongelma olisi kenties ollut viisasta jättää toisen artikkelin aiheeksi ja keskittyä sen sijaan lukijan tietojen kasvatamiseen emergenssin ja mallintamisen ongelmista.

Teoksen viimeisessä artikkelissa »Tekoäly, logiikka ja tiedon esittäminen» ANTTI HAUTAMÄKI tarkastelee älykkään toiminnan peruskäsitettä, tiedon käsitettä. Hän selvittää peruskäsitteistöä, esittelee tiedon eri lajeja ja tarkastelee tiedon esitysmuotoja. Sanaa *tieto* hän käyttää yleisterminä, ja määrittelee sitten käsitteet *informaatio* = väitelauseiden muodossa ilmaistu perusteltu uskomus (informaation *asteella* tarkoitetaan yllätyksellisyttä vastaanottajan kannalta ja *arvolla* hyödyllisyyttä haltijan kannalta), *data* = yksinkertainen vakio muotoinen informaatio ja *tietämys* (engl. *knowledge*) = monimutkainen ja vaihtelevan muotoinen informaatio. Tiedon esitystapoja taas ovat produktiosysteemit, semanttiset verkot, kehykset ja logiikka. Produktiosysteemien esittelyssä jää kuitenkin epäselväksi, kuka on Post ja millainen on »Postin tapa käsitellä ratkeavuusongelmia merkkijonoja muuttavilla säännöillä» (s. 163). Kyse ei kuitenkaan liene valtiollisesta korrespondenssihuollosta, vaan matemaatikko E. L. Postin

(1947) esittämästä vastaavuus- eli korrespondenssi-ongelman ratkaisusta. Samalla sivulla esimerkkeinä annetut OPS-systeemit eivät myöskään kerro tavalliselle lukijalle mitään.

Predikaattilogiikan käsitteistön avulla Hautamäki tarkastelee tiedon esitystapojen esiinnostamia filosofisia ongelmia: mallin käsitettä, mallin konstruointia ja tulkintaa, suhdetta valittuun universumiin. Hautamäen artikkeli on näiltä kohdin varsin vaativa, ja edellyttää lukijalta jonkin asteista perehtyneisyyttä logiikan esitys- ja argumentointitapaan. Mielenkiintoinen on pohdinta verkkomalleista kielen merkityksen esittämisessä. Verkkoiden liittyminen näin paitsi ihmisen ajattelun ja oppimisen kuvaukseen hermoverkkojen avulla, myös tiedon merkityksellisen esittämiseen ja sitä kautta jo tutuksi käyneeseen vahvan ja heikon tekoälyn ongelmaan.

Hautamäen artikkeli lopettaa kirjan omaperäisiin kognitiivisen tulevaisuudennäkymiin. Hautamäki ennakoii tekoälytutkimuksen haarautuvan kahteen selvästi erottuvaan suuntaukseen. Toinen suuntaus keskittyy rakentamaan toimivia, älykstä toimintaa matkivia tietämysjärjestelmiä kuten esim. ydinvoimalan prosessinohjaussysteemejä. Suunnan symboliksi hän on asettanut tiedemiehen. Toinen suuntaus taas pyrkii kehittämään monimutkaisia oppivia järjestelmiä, jotka perustuvat hermopohjaisen oppimisen ja muistamisen tutkimuksille. Tämän suunnan uutta luovaa ja kokeilevaa piirrettä Hautamäki on korostanut valitsemalla sen symboliksi leikkivän lapsen. Tekoälytutkimuksen ideaaliksi hän kuitenkin asettaa tutkimussuuntien yhdistymisen, ja sen symboliksi nietscheläisen paradoksaalisen yllätyksellisyyden ja romanttisuuden taivon – taiteilijan.

Jokaisen yleistajuisen teoksen ongelma on tieteellisen termistön ja käsitteistön ymmärrettäväksi tekeminen. Termihakemisto on sinänsä hyvä ajatus, mutta sen laatimisessa toimittajalta olisi vaa-dittu suurempaa huolellisuutta. Mukana

on esim. *deduktio*, mutta tähän läheisesti liittyvät *implikaatio* ja *resoluutio* puuttuvat. Myös *simuloida* voisi saada selityksen, koska *mallintaminenkin* on selitetty. *Assosiaatio*, *assosiaatiolaki* ja *assosiaatio-teoria* saavat selityksensä, mutta *assosiaatiivisen muistin* käsitettä ei löydy. Sanastossa ovat myös *autonominen kielitiede* ja *neuropsykologia*, mutta *differentiaali-psykologia* ei saa minkäänlaista selitystä, ei edes itse tekstissä (s. 43). Toisaalta taas *abakus* ei liene keskeistä kognitiotieteen termistöä.

Yhteinen lähdeluettelo ja henkilöhakemisto olisivat myös auttaneet asioiden löytymistä. Yliopistolliseksi oppikirjaksi tarkoitettu teos olisi hyötynyt myös jonkinlaisesta yhteenvedosta: Hautamäen johdantoluvussa tarkastelema mallin käsite ei ole ainoa teoksen artikkeleita yhdistävä tekijä, ja vaikka sen esittelemisen onkin paikallaan, ei se liene riittävä johdattavan esityksen aihe.

Kognitiotiede etsii vielä itseään. Esim. Sowa (1984:360) arvioi kognitiotieteellisen tutkimuksen kärsivän tällä hetkellä pahiten yhteisen metodologian puutteesta: kullakin tutkijalla on paljon sanottavaa oman tieteenalansa tutkijoille, mutta käsitejärjestelmien ja terminologian erillaisuus asettaa esteitä kommunikaatiolle ja yhtenäisen tieteen synnylle. Tämä näkyy myös käsiteltävänä olevassa teoksessa. Kirjoittajien lähtökohdat ovat varsin erilaiset: kaksi filosofia ja yksi kielitieteen, tekniikan ja psykologian edustaja. He kaikki lähtevät kirjoittamaan omien taustatieteittensä pohjalta, ja teos vaikuttaa hajanaiselta. Toisaalta kirjoituksissa on huomattavissa yhteisen kognitiivisen paradigman merkit: tutkitaan ihmisen kognitiota ja sen suhdetta tietokoneella mallinnettaviin älykkäisiin toimintoihin. Tilanne muistuttaa siis tunnettua vertausta sokeista, jotka pyrkivät kuvaamaan elefanttia. Yhdet tunnustelevat sen korvaa, toiset torahampaita ja kolmannet häntää: kokemukset ovat erilaisia, mutta niiden kokonaisuudesta syntyy koko elefantin kuva.

Kiitoksen ansaitsee Gaudeamus, jonka

riipeän toiminnan ansiosta kirja on saatu aikaan. On vain toivottava, että teos saa yhtä riipeästi seuraajan, jossa alan historiallinen kehitys keskeisten teoreettisten ongelmien kanssa on helppotajuisesti ja selkeästi esitelty, ja jossa myös konkreettinen tutkimus tuodaan enemmän esille. Kognitiotiede avaa haastavia tulevaisuudennäkymiä tutkijoille (puhumattakaan työtilaisuuksista). Alan johdantoesityksenkin toivoisi tuovan nämä paljon lupaavat visiot myös asiaan vihkiytymättömien ulottuville siinä innostavan konkreettisesti muodossa, joka aina saa ajatukset liikkeelle.

LÄHTEET

- ANTTILA, R. 1972: An Introduction to Historical and Comparative Linguistics. The Macmillan Company, New York.
- DREYFUS, H. L. 1972: What Computers Can't Do: A Critique of Artificial Reason. Harper & Row, New York.
- KARLSSON, F. 1988: Humanistit »tietoyhteiskunnassa». Teoksessa Östman, J-O, U. Nikanne, K. Jokinen & K. Wiik (toim.) SKY 1988. Suomen kielitieteellisen yhdistyksen vuosikirja 1988. Helsinki.
- POST, E. L. (1947): Recursive Unsolvability of a Problem of Thue. Journal of Symbolic Logic 12:1–11. Ilmestynyt uudestaan teoksessa Davis, M. (ed.) 1965: The Undecidable. Basic Papers in Undecidable Propositions, Unsolvable Problems and Computable Functions. Raven Press, New York, s. 292–303.
- SIMON, H. A. (1981): Cognitive Science: The Newest Science of the Artificial. Teoksessa D. A. Norman (ed.), Perspectives on Cognitive Science. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey.
- SOWA, J. F. 1984: Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts.
- WEIZENBAUM, J. 1976: Computer Power and Human Reason: From Judg-

ment to Calculation. Freeman, San Francisco.

WINOGRAD, T. 1983: Language as a Cognitive Process. Vol. I: Syntax. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts.

KRISTIINA JOKINEN