

Noam Chomsky vaikutus tietojenkäsittelytieteeseen

Kirsi Yläanne

Tietojenkäsittelytieteen historia -seminaari, kevät 2003

20.2.2003

HELSINGIN YLIOPISTO

Tietojenkäsittelytieteen laitos

Sisältö

1 Johdanto.....	1
2 Chomskyn elämäkertaa.....	2
3 Chomsky kielitieteilijänä.....	4
4 Chomskyn teorioiden vaikutus tietojenkäsittelytieteessä.....	7
5 Yhteenveto.....	8
Lähteet.....	9

1 Johdanto

Eri tieteen alat ovat harvoin itsenäisiä saarekkeita, joihin muut tieteet eivät vaikuttaisi. Tietojenkäsittelytieteeseenkin ovat vaikuttaneet monet muut tieteen alat. Tietokoneiden perusidea, ajatus koneesta, joka osaisi laskea, lienee peräisin matematiikasta. Ilman fysiikan ja kemian kehittymistä ei itse tietokoneita olisi pystytty rakentamaan. Tietokoneisiin oleellisesti kuuluvissa ohjelmissa logiikan, filosofian osa-alueen, vaikutus on selvä. Kun tietokoneita on kehitetty entistä nopeammiksi ja tehokkaammiksi, on tietojenkäsittelyä pystytty hyödyntämään entistä laaja-alaisemmissa sovelluksissa. Niinpä myös humanististen tieteiden saavutuksia on alettu käyttää hyväksi tietojenkäsittelytieteessä. Esimerkiksi ohjelmien käyttöliittymien suunnittelussa otetaan huomioon psykologian tutkimustuloksia. Tässä seminaariesitelmässä on tarkoitus keskittyä yhteen humanistiin ja tarkastella sitä, miten kielitieteilijä Noam Chomsky on vaikuttanut tietojenkäsittelytieteeseen.

Yhdysvaltalainen Noam Chomsky on yksi nykyajan merkittävimmistä kielitieteilijöistä. Hänen kehittämänsä generatiivinen transformaatioteoria vaikutti etenkin 1960- ja 1970-luvuilla kielitieteessä.¹ Chomskyn teos *Aspects of the Theory of Syntax* (1965) on kielentutkimuksen siteeratuin teos² ja Chomsky on itse asiassa siteeratuin nykyään elävä henkilö³. Siteeratuimpien henkilöiden listalle Chomsky ei kuitenkaan ole päässyt kielitieteellisten tekstiensä ansiosta, vaan siihen on vaikuttanut hänen poliittinen aktiivisuutensa ja kärkevät kannanotonsa erityisesti Yhdysvaltain ulkopolitiikasta.

Aluksi luvussa 2 esitellään Chomskyn elämäkertaa, minkä jälkeen luvussa 3 selostetaan Chomskyn teoksissaan *Syntactic Structures* (1957) ja *Aspects of the Theory of Syntax* (1965) esittelemien teorioiden pääkohdat. Luvussa 4 tarkastellaan hieman sitä, miten Chomskyn teorioita on hyödynnetty tietojenkäsittelytieteessä.

1 Karlsson 1998. *Yleinen kielitiede*, s. 23.

2 Karlsson 1998, s. 42.

3 Brasky 1997. *Noam Chomsky: A Life of Dissent*. Introduction.

2 Chomskyn elämäkerta

Avram Noam Chomsky syntyi 7. joulukuuta 1928 Philadephiassa Pennsylvanian osavaltiossa. Chomskyn isä William oli muuttanut Yhdysvaltoihin Venäjältä vuonna 1913 välttääkseen tsaarin armeijan. William Chomsky työskenteli Mikveh Israel -seurakunnan uskonnollisessa koulussa heprean opettajana. Myös Noamin äiti Elsie (os.) Simonofsky työskenteli samassa koulussa.⁴

Noam Chomsky aloitti koulunkäynnin hyvin varhain: hänet lähetettiin jo alle 2-vuotiaana kokeelliseen kouluun, jossa noudatettiin John Deweyn ideoita opetuksesta. Koulussa rohkaisti oppilaita itsenäiseen ajatteluun. Noamin ensimmäinen julkinen artikkeli julkaistiin koulun lehdessä, kun Noam oli 10-vuotias. 12-vuotiaana Noam siirtyi julkiseen Central High Schooliin, jossa opetusmenetelmät olivat perinteisemmät, ja uuden koulun oppilaiden keskinäiseen kilpailuun perustuva arvostelu oli Noamille shokki. Noam kuitenkin pärjasi koulussa hyvin ja sai hyviä arvosanoja.⁵

Vuonna 1945 16-vuotias Chomsky aloitti opinnot Pennsylvanian yliopistossa. Yleisten opintojen lisäksi hän opiskeli arabian kieltä. Rahoittaakseen opintojaan Chomsky opetti hepreaa. Yliopistossa Chomsky tapasi Zellig Harrisin, kielitieteen professorin, joka sai Chomskyn innostumaan oppialastaan niin, että Chomsky valitsi sen pääaineekseen 1947. Chomskyn isä oli perehtynyt keskiajan hepreaan, poika puolestaan tutki modernia hepreaa. Noamin Bachelor of Arts -tutkinnon (1949) opinnäytetyö *Morphophonemics of Modern Hebrew* oli pohjana hänen Master of Arts -työlleen. M.A. tutkinnon Chomsky suoritti vuonna 1951.⁶

Vuosina 1951-1955 Chomsky opiskeli Harvardin yliopiston stipendiaattina ja hän suoritti tohtorin tutkinnon 1955 Pennsylvanian yliopistossa. Tohtoriksi valmistuttuaan Chomsky pääsi töihin Massachusetts Institute of Technologyyn,

4 Brasky 1997. Chapter 1, 01. (Luvun perässä oleva numero viittaa www-sivuun.)

5 Brasky 1997. Chapter 1, 03 ja 06.

6 Brasky 1997. Chapter 2, 01-03.

jossa hän on toiminut kielitieteen professorina vuodesta 1961 asti.⁷

Noamin kiinnostukseen kieleen vaikutti hänen isänsä ja Noamin äiti puolestaan vaikutti poliittiseen kiinnostukseen.⁸ Jo teini-ikäisenä Chomsky vieraili usein New Yorkissa tätinsä miehen luona, missä kokoontuivat vasemmistolaiset juutalaiset. 1960-luvulla Chomsky poliittinen aktiivisuus alkoi kasvaa ja hän osallistui Vietnamin sodan vastaiseen liikkeeseen. Lukuisten kielitieteellisten teosten lisäksi Chomsky on kirjoittanut runsaasti poliittisia teoksia, artikkeleita ja kannanottoja, ja viime vuosikymmeninä hän on tullut maailmankuuluksi yhtenä Yhdysvaltain tunnetuimmista toisinajattelijoista. Nykyään yli 70-vuotias kielitieteilijä osallistuu edelleen aktiivisesti poliittiseen keskusteluun ja kiertää luennoimassa ympäri maailmaa.

Chomsky meni naimisiin vuonna 1949 lapsuuden ystävänsä Carol Schatzin kanssa. Edelleen yhdessä olevalla pariskunnalla on kolme lasta.



Kuva 1: Noam Chomsky (Lähde: MIT 2003)

⁷ MIT 2003, <http://web.mit.edu/linguistics/www/biography/noambio.html>.

⁸ Brasky 1997. Chapter 1, 01.

3 Chomsky kielitieteilijänä

Kun Chomsky aloitti opintonsa, amerikkalaisessa kielitieteessä olivat vallalla yhdysvaltalaisen Leonard Bloomfieldin tulkinnat. Bloomfieldiin oli vaikuttanut merkittävästi behaviorismi⁹ ja hän kehitti teorian, jonka tavoitteena oli tutkia kielen rakennetta analysoimalla fyysistä puhesignaalia ja sen yksiköitä. Bloomfieldin oppikirjaa *Language* (1933) käytettiin laajalti Yhdysvalloissa aikana, jolloin kielitiede vakiinnutti ja laajensi asemiaan yliopistoissa. Ajanjaksoa 1933-1957 voidaan kutsua bloomfieldiläisten kielitieteilijöiden ajaksi.¹⁰

Vuotta 1957, jolloin Chomskyn teos *Syntactic Structures* julkaistiin, pidetään käännekohtana kielitieteessä. Chomsky esitteli kirjassaan teorian, jota kutsutaan transformaatiokieliopiksi (*transformational-generative grammar*).¹¹ Chomsky (ja hänen seuraajansa) kyseenalaistivat bloomfieldiläisen suhtautumisen kielen tutkimukseen: Kun Bloomfield seuraajineen tarkasteli kieltä ulkopuolelta ihanteenaan luonnontieteen tutkimusmallit, Chomsky lähestyi kieltä sisältä päin, hyödyntäen tietoa, jota kielen syntyperäisellä puhujalla on. Chomsky itse on kuvannut lähestymistapaansa kognitiivisen psykologian haarana.¹²

Chomsky pyrki teoksessaan *Syntactic Structures* "laatimaan muodollisen yleisen teorian kielen rakenteesta".¹³ Syntaksin eli lauseopin tehtävä on Chomskyn mukaan kuvata kielen L kielioppi, joka generoi kaikki kieliopilliset lauseet, mutta ei yhtään epäkieliopillista lausetta. Kielen syntyperäinen puhuja pystyy päättämään, ovat lauseet kieliopillisia vai eivät. Kieliopillisilla lauseilla Chomsky ei tarkoita merkityksellisiä lauseita: esimerkiksi englannin kielen puhuja tunnistaa, että lause *Colorless green ideas sleep furiously*. on kieliopillinen,

9 Behaviorismin mukaan psykologiasta voidaan saada tietoa vain tutkimalla *ulkoista* käyttäytymistä.

10 Robins 1990, *A Short History of Linguistics*, s. 231-233 ja Karlsson 1998, s. 42.

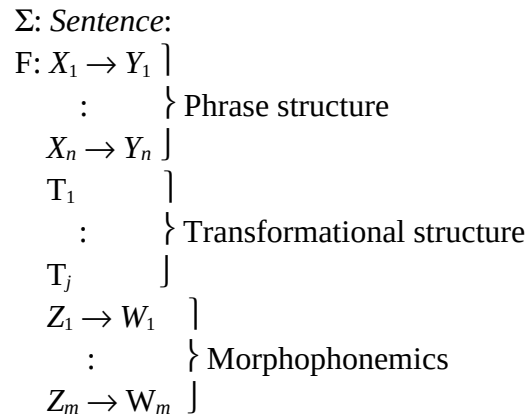
11 Robins 1990, s. 236. Karlsson käyttää myös suomenkielistä termiä 'generatiivinen transformaatioteoria'. (Karlsson 1998, s. 42.)

12 Robins 1990, s. 239-240.

13 "to construct a formalized general theory of linguistic structure", Chomsky 1957. *Syntactic Structures*, s. 5.

kun taas lause *Furiously sleep ideas green colorless*. ei ole.¹⁴

Chomskyn laatima kielioppi on seuraavanlainen:



Kuva 2: Chomskyn kielioppi (Lähde: Chomsky 1957, s. 46)

Kielioppi koostuu kolmesta osasta: lausekerakenteen, transformaation ja morfofonologian säännöistä. Sääntöjä F seuraamalla saadaan morfeemien¹⁵ muodostama sarja, jossa morfeemit eivät välttämättä ole oikeassa järjestyksessä. Transformaatiot voivat muuttaa morfeemien järjestystä, lisätä tai poistaa morfeemeja. Transformaatioiden jälkeen tuloksena on sanojen sarja. Lopuksi morfofonologisten sääntöjä seuraamalla saadaan foneemien¹⁶ sarja.¹⁷

Säännöissä vasemmalla puolella oleva termi korvataan nuolen oikealla puolella olevalla osalla. Esimerkkejä lausekerakenteen säännöistä:

$$\begin{array}{l}
 \text{Sentence} \rightarrow NP + VP \\
 NP \rightarrow T + N \\
 VP \rightarrow \text{Verb} + NP \\
 T \rightarrow \text{the} \\
 N \rightarrow \text{man, ball, etc.} \\
 \text{Verb} \rightarrow \text{hit, took, etc.}
 \end{array}$$

Kuva 3: Lausekerakenteen sääntöjä (Lähde: Chomsky 1957, s. 26)

¹⁴ Chomsky 1957, s. 13-15.

¹⁵ Morfeemi on kielen pienin merkitystä kantava yksikkö. Esimerkiksi suomen kielessä *t* merkitsee substantiivin lopussa monikon nominatiivia.

¹⁶ Foneemi on äännerakenteen kategoria. Esimerkiksi ruotsin kielen kaksi eri ö-äännettä kuuluvat samaan foneemiin.

¹⁷ Chomsky 1957, s. 45-46.

Transfomaatiosäännöt ovat puolestaan esimerkiksi tällaisia:

If S_1 is a grammatical sentence of the form
 $NP_1 - Aux - V - NP_2$,
 then the corresponding string of the form
 $NP_2 - Aux + be + en - V - by + NP_1$
 is also a grammatical sentence.

Kuva 4: Yksi transformaatioääntö (Lähde: Chomsky 1957, s. 43)

Morfofonologian säännöt ovat seuraavanlaisia:

$take + past \rightarrow / tuk /$
 $hit + past \rightarrow / hit /$
 $/ \dots D / + past \rightarrow / \dots D / + / id /$ (where $D = /t /$ or $/d /$)

Kuva 5: Morfofonologian sääntöjä (Lähde: Chomsky 1957, s. 32)

Chomskyn mielestä lausekerakenteen sääntöjä pitää soveltaa vain ydinlauseisiin (*kernel sentence*), jotka ovat yksinkertaisia, aktiivissa olevia väitelauseita, joissa ei ole monimutkaisia verbi- tai nominilausekkeita. Kaikki muut lauseet saadaan ydinlauseista transformaatioääntöjen avulla.¹⁸

Chomsky itse ei pitänyt kirjaansa *Syntactic Structures* tärkeänä, sillä hän oli koonnut sen luentoja varten tekemistään muistiinpanoista. Kirjaa ei muutamaa poikkeusta lukuunottamatta myöskään huomioitu mitenkään amerikkalaisissa kielitieteen aikakauslehdissä, koska se poikkesi niin selvästi sen ajan vallitsevista käsityksistä.¹⁹

Vuonna 1965 ilmestyneessä kirjassaan *Aspects of the Theory of Syntax* Chomsky kehitti transformaatiokielioppia pidemmälle. Hän otti käyttöön sellaiset uudet termit kuin 'syvärakenne' (*deep structure*) ja 'pintarakenne' (*surface structure*). Syvärakenne on aina hyvinmuodostetun pintarakenteen alla. Esimerkiksi lauseen *I persuaded a specialist to examine John* syvärakenne on Noun Phrase - Verb - Noun Phrase - Sentence

(*I - persuaded - a specialist - a specialist will examine John*).²⁰

Chomsky liitti uudessa kirjassaan myös semantiikan teoriaansa. *Aspects-*

¹⁸ Chomsky 1957, s. 106-107.

¹⁹ Brasky 1997, Chapter 2, 24.

²⁰ Chomsky 1965. s. 22-23 ja 138.

teoksessa esitellään kielioppi, joka koostuu syntaktisesta, semanttisesta ja fonologisesta osasta. Kaksi jälkimmäistä osaa ovat vain tulkinnallisia osia, niiden avulla ei generoida itse lauserakenteita. Syntaktinen osa muodostuu perustasta (*base*) ja transformatiivisesta komponentista. Sanastosta muodostuva perusta luo syvärakenteen, joka liittyy semanttiseen osaan saamalla semanttisen tulkinnan. Perustasta johdetaan transformatiivisten sääntöjen avulla pintarakenne, joka saa fonologisen tulkinnan fonologisen osan sääntöjen perusteella.²¹

Chomskyn esittämää teoriaa alettiin jopa kutsua "standarditeoriaksi" (*standard theory*).²² Chomskyn generatiivinen syntaksi aloitti generatiivisen kielitieteen, joka 1960-luvun jälkeen on saanut uusia suuntauksia: mm. leksikaalis-funktionaalinen kielioppi ja minimaalisuusteoria ovat sellaisia.²³

4 Chomskyn teorioiden vaikutus tietojenkäsittelytieteessä

Chomskyn vaikutus moderniin kielitieteeseen on kiistaton, mutta millainen hänen teorioidensa merkitys on ollut tietojenkäsittelytieteessä? On selvää, että sellaisilla tietojenkäsittelytieteen suuntauksilla, joissa hyödynnetään luonnollista kieltä ja kielitieteen saavutuksia, Chomskyn teoriat väistämättä tulevat eteen. Yksi tällaisista suuntauksista on tekoäly.

Termin 'tekoäly' (*artificial intelligence*) keksijänä pidetään John McCarthy, joka käytti termiä ensi kerran vuonna 1956. McCarthy esitteli kaksi vuotta myöhemmin LISP-ohjelmointikielen, joka on edelleen käytössä ja on nimenomaan tekoälykieli.²⁴ Tekoälyn alkuvaiheet sijoittuvat siis samoihin aikoihin, kun Chomsky kirjoitti *Syntactic Structures* -teoksensa.

Jotkut tutkijat ovat ehdottaneet, että lauseiden ymmärtäminen on samankaltaista kuin tietokoneohjelmien ajaminen: ihminen kääntää

²¹ Chomsky 1965, s.141.

²² Robins 1990, s. 251-252.

²³ Karlsson 1998, s. 42.

²⁴ Simons 1988, *Evolution of the Intelligent Machine*, s. 97 ja 103.

luonnollisen kielen mentaalisiksi käskyiksi kuten tietokoneohjelma käännetään ja sitten päättää reaktioistaan kuten ohjelma reagoi ajonaikaiseen dataan.²⁵ Itse asiassa jo Alan Turing esitti vuonna 1950 julkaistussa artikkelissaan *Computing machinery and intelligence*, että ihmisaivoja tulisi tarkastella erillistilakoneena, jollaisia myös digitaaliset tietokoneet ovat. (Samassa artikkelissa Turing esitteli ns. Turingin testin, jossa ihmiskyselijä esittää kysymyksiä ihmiselle ja koneelle tietämättä kumpi on kumpi. Jos kyselijää ei pysty erottamaan koneen ja ihmisen vastauksia, on Turingin mukaan myönnettävä, että koneella on ihmisäly.)²⁶ Ajatusta ihmismielen ja tietokoneohjelmien samankaltaisuudesta on käytetty pohjana luonnollista kieltä tuottavissa ja kieltä tutkivissa ohjelmissa. Chomskyn kielioppisääntöjä on hyödynnetty erityisesti kielen jäsentämisessä (*parsing*).²⁷

5 Yhteenveto

Tässä esityksessä on tarkasteltu kielitieteilijä Noam Chomskyn generatiivisen syntaksin teoriaa, sen merkitystä kielitieteelle sekä hieman pohdittu teorian vaikutusta tietojenkäsittelyssä. Tarkoituksena on ollut osoittaa, että eri tieteenalat voivat saada vaikutteita toisistaan, vaikka alat saattaisivat tuntua kaukaisilta toisilleen. Tieteenalojen väliset rajat ovatkin usein häilyviä. Huolimatta siitä, että esityksessä on keskitytty vain Chomskyyn, ei tarkoituksena ole ollut väittää, että Chomsky yksin olisi edesauttanut luonnollisen kielen käsittelyä tietojenkäsittelyssä. Chomsky on toki itse saanut vaikutteita muilta kielitieteilijöiltä ja eri tieteenaloilta, ja hänen aloittamaansa generatiivisen kielitieteen suuntausta ovat kehittäneet monet muutkin kielitieteilijät.

²⁵ Simons 1988, s. 146.

²⁶ Hodges 1997, *Turing*, s. 47-51.

²⁷ Simons 1988, s. 155.

Lähteet

- Brasky, Robert F. 1997. *Noam Chomsky: A Life of Dissent*. M.I.T. Press, electronic version: <http://cognet.mit.edu/Books/chomsky/> [16.2.2003]
- Chomsky, Noam 1957. *Syntactic Structures*, Mouton, The Hague.
- Chomsky, Noam 1965. *Aspects of the Theory of Syntax*, M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts.
- Hodges, Andrew 1997. *Turing. Luonnonfilosofi*, Otava, Helsinki.
- Karlsson, Fred 1998. *Yleinen kielitiede*, uudistettu laitos, Yliopistopaino, Helsinki.
- MIT 2003. Noam Chomskyn kotisivu. (MIT Linguistics) <http://web.mit.edu/linguistics/www/biography/noambio.html> [17.2.2003]
- Robins, R. H. 1990. *A Short History of Linguistics*. Third Edition, Longman, London and New York.
- Simons, Geoff 1988. *Evolution of the Intelligent Machine. A Popular History of AI*. National Computing Centre, Manchester.