

Teuvo Kohonen

* 11.7.1934 † 13.12.2021



Akateemikko Teuvo Kalevi Kohonen kuoli 13. joulukuuta 2021 Jorvin sairaalassa Espoossa leikkauksen jälkeisiin komplikaatioihin. Hän oli 87-vuotias, syntynyt Lauritsalassa 11.7.1934. Hän toimi Teknillisen korkeakoulun teknillisen fysiikan (elektroniikan) professorina vuodesta 1965 ja vuodesta 1993 pysyvänä akatemiaprofessorina eläkkeelle jäämiseensä asti vuonna 1999. Tasavallan presidentti nimitti hänet tieteen akateemikoksi vuonna 2000.

Kohonen oli maailman tunnetuimpia koneoppimisen, neurolaskennan ja ”älykäden” tietokonejärjestelmien tutkijoita. Kohonen liittyi tähän uuteen tutkimusalaan jo alan ottaessa haparoivia ensiaskeleitaan 1960-luvulla, jolloin ensimmäiset digitaaliset tietokoneet olivat tulleet käyttöön. Hän eli mukana tämän ristiriitojakin synnyttäneen tutkimussuuntauksen kaikki nousut ja laskut aivan viime päiviin asti. Nykyäänhän tekoälystä ja neuroverkoista saa lukea jopa päivälehdistä, kun menetelmät ovat vihdoin murtautuneet teoriasta yleiseen käyttöön ja kaupallisiin sovelluksiin muun muassa sosiaalisen median tai lääketieteellisen diagnostiikan sovelluksissa. Näin ei suinkaan aina ollut, ja alan harvalukuiset pioneerit meillä ja muualla

joutuivat raivaamaan tietään tieteellisen vastustuksen ja oikullisen rahoituksen keskellä.

Kohosen tausta oli alkeishiukkasfysiikassa, josta hän valmistui diplomi-insinööriksi Teknillisestä korkeakoulusta vuonna 1957 ja väitteli tekniikan tohtoriksi 1962. Väitöskirjaansa *Contributions to the study of lifetimes of positrons in solids* varten hän perehtyi syvällisesti elektroniikkaan ja digitaalitekniikkaan. Työn ohjaaja oli professori, sittemmin akateemikko Pekka Jauho. Kohonen aloitti tietokonetekniikan opetuksen ja tutkimuksen TKK:ssa 1960-luvulla, ensin apulaisprofessorina 1963–1965 ja sitten teknillisen fysiikan professorina. Hän oli tietokonetekniikan pioneeri Suomessa. Hänen johdolla muun muassa rakennettiin ensimmäinen kotimaassa kokonaan suunniteltu tietokone Reflac (Reflex Arithmetic Computer). Kone oli osa laajempaa tutkimusohjelmaa, jossa selvitettiin teollisuusprosessin suoran tietokonesäädön ongelmia ja mahdollisuuksia. Reflacissa oli kaikkiaan noin 1.200 transistoria ja se on nykyään nähtävissä Tekniikan museon tietokonetekniikan osastolla.

Kohonen kuitenkin kiinnostui jo varhain paljon syvällisemmästä tieteellisestä

ongelmasta, nimittäin koneiden oppimiskyvystä. Tätä aihepiiriä hän alkoi pohtia toimiessaan vierailevana professorina Washingtonin yliopistossa Seattlessa vuosina 1968–1969 ja kuultuaan siellä yhdysvaltalaisesta tekoälytutkimuksesta. Perinpohjin tietokonetekniikkaan perehtyneenä Kohonen tiesi hyvin, kuinka yksinkertainen laskentalaitte tietokone (computer) pohjimmiltaan on. Olihan hän itse rakentanut sellaisen. Voisiko sille jonkinlaisella ohjelmoinnilla saada ominaisuuksia, jotka muistuttaisivat älykkyyttä? Kohonen oivalsi, että jotakin aivan uutta tarvitaan, jotta tietokone ohjelmistoinen lähestyisi ihmiselle ja eläimille ominaista oppimis- ja päättelykykyä. Tästä alkoi hänen uransa eräänä maailman johtavista neurolaskennan ja tekoälyn tutkijoista.

Kohosen ensimmäinen aluevaltaus neurolaskennan alalla oli hänen teoriansa assosiaatiomuistista. Sitä kehittäessään hän joutui perehtymään myös aivan uuteen aihepiiriin, aivojen toimintaan. Noihin aikoihin kiisteltiin siitä, onko ihmisen tai eläinten aivoissa erityisiä muistijälkiä tallentavia hermosoluja, jotka muistavat tietyn hyvin kapean osan ulkomaailmaa, esimerkiksi henkilön isoäidin ("grandmother cells"), vai ovatko muistijäljet hajautuneet rinnakkaiseen hermoverkkoon. Kohonen innostui jälkimmäisestä mahdollisuudesta, ja kehitti sille matemaattisen teorian, jota pystyttiin myös tietokonesimulaatioilla kokeilemaan. Tätä mallia koskevat teoriansa hän julkaisi ensimmäisessä monografiikirjassaan *Associative Memory. A System-Theoretical Approach* (Springer, 1977).

Neurolaskenta tai neuromallitus oli vielä 1970-luvulla hyvin pieni ja erityinen, monitieteinen ala. Vaikka varsinaiset aivotutkijat vaikuttivat itseorganisaation yleisistä periaatteista, useimmat heistä hylkä-

sivät teoreettiset neuroverkkomallit liian karkeina yksinkertaisuuksina eivätkä kyenneet syventymään niissä esiintyvään kohtalaisen vaatimaan matematiikkaan. Tietojenkäsittelyalan tutkijoille neuroverkkomallit olivat taas usein liiankin yksinkertaisia, sillä niillä ei pystytty ratkaisemaan joitakin aivan yksinkertaisia tietojenkäsittelytieteen perusongelmia. Ala kuitenkin kasvoi hiljalleen, kunnes 1980-luvun tieteelliset läpimurrot saivat myös laajemmat tutkijapiirit ja rahoittajat kiinnostumaan.

Yksi näistä läpimurroista oli Teuvo Kohosen uusi keksintö, neuroverkk- ja laskenta-algoritmi "Self-organizing map" (SOM) eli itseorganisoiva kartta. Se on keskeinen työkalu suurten tietomassojen organisointiin ja visualisointiin. Vaikka SOMin inspiraatio pohjautui eläinaivojen sensorisiin karttoihin, sen merkittävin vaikutus on ollut käytännöllisenä tietojenkäsittelymenetelmänä. SOMilla on kaksi tärkeää ominaisuutta: ensinnäkin mahdollisuus käyttää lähes mitä tahansa suuria datajoukkoja sovelluskohteena, ja toiseksi, Kohosen algoritmina tunnettu koneoppimismenetelmä, joka vaatii dataalta hyvin vähän edeltävää esikäsitteilyä ja on siten lähes täysin automaattinen. Vaaditaan vain paljon laskentatehoa. SOM-menetelmää on maailmalla sovellettu tuhansissa tieteellisissä ja soveltavissa tutkimuksissa. Kohosen artikkeleihin ja kirjaan *Self-Organizing Maps* (1995) on Google Scholarissa kymmeniätuhansia viittauksia. Sovelluksissa käytetään erilaisia datajoukkoja, kuten tilastoja, kuvia, puhetta, videoita, tekstiaineistoja, signaaleja ja mittauksia esim. kemian ja fysiikan ilmiöistä, liikenteestä, tietoliikenteestä tai teollisuusprosesseista, finanssidataa tai lääketieteellistä dataa. Tarkoituksena on ymmärtää dataan sisältyviä riippuvuuksia ja lainalaisuuksia, kun

dataa visualisoidaan, ennustetaan, ryhmitellään ja profiloidaan.

Kohonenkin keskittyi TKK:n tutkimusryhmänsä kanssa useisiin sovelluksiin. Vaikka hän teki teoreettista algoritmitutkimusta, hänen tiukkana periaatteenaan oli, että menetelmien toimivuutta on testattava nimenomaan oikealla reaali maailmasta peräisin olevalla datalla. SOM-menetelmän ja yleensäkin neurolaskennan sekä hyvänä että huonona puolena on, että ne vaativat todella isoja datajoukkoja algoritmien opetukseen ja viritykseen. Kun 1980-luvulla ei ollut Internetiä siinä muodossa kuin sen nykyään tunnemme, ei sosiaalista mediaa eikä Big Data-ilmiötä, Kohonen valitsi sovelluskohteekseen puheentunnistuksen; puhedataahan on kohtalaisen helppo kerätä digitoituna hyvinkin suuria määriä. Toinen sovellus oli tekstimuotoinen data, jota myös oli paljon saatavilla. Useista Kohosen tuon ajan oppilaista, joita olivat muun muassa professorit Mikko Kurimo, Krista Lagus ja edesmennyt professori Timo Honkela, tuli johtavia tutkijoita Suomessa kieliteknologian alalla. Kun Suomen Akatemian huippuyksikköohjelma käynnistyi vuonna 1994, Kohonen sai johdettavakseen yhden ensimmäisistä viisivuotisista huippuyksiköistä, nimeltään Neuroverkkojen tutkimusyksikkö. Eläköityminen vuonna 1999 pakotti hänet luopumaan sen johtamisesta, mutta yksikkö jatkoi TKK:lla vielä yli 15 vuotta eri nimisenä. Kohosen jälkeen yksikköä johti professori Erkki Oja ja hänen eläköidyttyään professori Samuel Kaski.

Kohosen johtavaa kansainvälistä asemaa neurolaskennan alalla kuvastavat lukuisat palkinnot, joista ehkä mieluisin oli maailman suurimman insinöörijärjestön IEEE:n myöntämä neuroverkkoalan pioneeripalkinto vuonna 1991. Kohonen oli

ensimmäinen tutkija maailmassa, jolle palkinto myönnettiin. Muita merkittäviä palkintoja olivat vuonna 1992 INNS Lifetime Achievement Award, vuonna 1996 IAPR King-Sun Fu Prize, 1998 SEFI Leonardo da Vinci Medal, vuonna 2000 IEEE 3rd Millennium Medal ja vuonna 2008 IEEE Frank Rosenblatt Award. Suomessa Kohonen palkittiin muun muassa vuonna 1994 Suomen Kulttuurirahaston palkinnolla, vuonna 1997 Teknillisten Tieteiden Akatemian mitalilla ja vuonna 1999 Tekniikan edistämissäätiön juhlapalkinnolla. Hänellä oli monia luottamustehtäviä, muun muassa European Neural Network Society'n ensimmäinen presidenttiys vuonna 1991 ja ensimmäisten suurten neuroverkkokonferenssien puheenjohtajuus 1980-luvun lopulla. Suomalaisen Tiedeakatemian jäseneksi Kohonen kutsuttiin vuonna 1974.

Teuvo Kohonen oli leimallisesti yksilötutkija. Hän työskenteli kammiossaan, mietti algoritmiensa yksityiskohtia ja taitavana ohjelmoijana teki paljon pienimuotoisia kokeita. Ryhmää ympärilleen hän tarvitsi lähinnä laajoihin kokeisiin suurilla datajoukoilla ja menetelmien, esim. puheentunnistusalgoritmien, lopulliseen hiomiseen aina vain parempia tunnistusprosentteja kohti. Tutkimusryhmän johtajana hän oli erittäin vaativa aina kärsimättömyyteen asti, mutta kaikkein eniten hän vaati itseltään ja oli joskus lähes tuskainen, kun uusia ideoita ei aina tullut. Kohonen oli vahvasti sitä mieltä, että suuret tutkimusyksiköt eivät välttämättä edistä luovuutta. Hänen mielestään ainakin perustutkimuksessa ideat syntyvät pienissä yksiköissä, joille pitäisi antaa aika suuri vapaus toimia. Todellista uutta luova tutkija ei voi kovin tarkasti tietää, mitä aikoo löytää tai keksiä. Hänelle on annettava aikaa keskittyä. Hänen on myös voitava lähteä oikealla

hetkellä uuteen lupaavaan suuntaan, joka voi olla vaikeaa, jos noudatetaan lukkoon lyötyä projektisuunnitelmaa.

Kohonen korosti, että maailmanluokkaan päästäkseen tutkijan on esitettävä tietty ajatus tai tulos ensimmäisenä ja ehkä tämän vuoksi hän ei mielellään keskustellut keskeneräisistä ajatuksistaan. Hän ei myöskään mielellään liittynyt muiden tutkijoiden ehdottamiin yhteistyöhankkeisiin vaan halusi keskittyä itse valitsemaansa linjaan.

Sosiaalisissa suhteissaan Kohonen oli valikoiva ja muodollinen, mutta ystävien kesken hauska ja monipuolinen keskustelukumppani, jonka kekseliäisyys erilaisissa arkipäivän haasteissa oli vertaansa vailla. Hän korjasi taitavasti vanhoja sähköisiä ja mekaanisia laitteita ja rakensi muun muassa silmän maculareiän asentohoitoa varten hartioiden varassa kulkevan periskooppilaatikon. Lastenlasten jouluiloksi syntyi ihmisen kokoinen peileihin perustuva illuusio. Haikujakin Kohonen kirjoitti. Eräs rakas harrastus oli sahansoitto, jonka Kohonen oli opetellut jo nuorena poikana. Saatuaan tutkimusryhmältään lahjaksi oikean soittosahan hän innostui kovasti ja alkoi uudelleen harjoitella, esiintyen lopulta jopa alansa kansainvälisen konferenssin bankeissa. Hänen bravuurinumeronsa oli

Camille Saint-Saënsin ”Joutsen”, jonka unenomaista melodiaa ja tahtilajia hän piti sahainstrumentille erityisen sopivana. Sahansoittoa varten Kohonen luonteensa mukaisesti koosti täyden pakillisen erilaisia kikkoja yhden käden nahkahansikkaasta viiksivahaan ja oikeisiin soittohousuihin asti.

Muutenkin musisointi oli lähellä Kohosen sydäntä ja viime vuosina hän soitti sähköuruilla ja poikansa kitarasäestyksellä lukuisia vanhoja populaarikappaleita, joita hän äänitti lähipiirille jaettavaksi. Viimeiseksi jäi isänpäivänä 2021 äänitetty 1940-luvun jazz-hitti ”How high the moon”. Soittoharjoituskerroistaan Kohonen piti tarkkaa kirjaa vanhalla hyväksi koetulla tekniikalla-helmitaululla.

Akateemikko Teuvo Kohosen merkitystä suomalaiselle informaatiotekniikalle on vaikea yliarvioida. Nykyään neuroverkkoihin pohjautuva tekoäly alkaa olla Suomessakin yhä enemmän käytetty tekniikka muun muassa lääketieteen analytiikassa, teollisuudessa ja taloudessa. Suomen vahva asema tällä alalla juontuu pitkälle Teuvo Kohosen urauurtavasta työstä, joka sai paljon seuraajia ja vaikutti tietotekniikan tutkimuksen ja koulutuksen painotuksiin maamme korkeakouluissa.

Erkki Oja, Riitta Hari