

Matemaattinen mallintaminen tulevaisuudentutkimuksessa

Tämä erikoisnumero luo asiantuntijoiden artikkelien kautta katsauksen mallien käyttöön tulevaisuudentutkimuksessa. Toimitusneuvosto kutsui allekirjoittaneet erikoisnumeron toimittajiksi, ja kutsuun oli helppo vastata myöntävästi, sillä ovathan matemaattisen mallintamisen ja tulevaisuudentutkimuksen tieteelliset ja käytännön kysymykset kuuluneet molempien tutkimus- ja virkatehtäviin professorina sekä muuhun asiantuntijatoimintaan usean vuosikymmenen ajan, ja toisaalta alan asiantuntijoiden joukko yliopistoissa on molemmille tuttu. Koimme tehtävän haasteellisena, ajankohtaisen puheenvuoron aikaansaamisena alan eturivin tutkijoiden kanssa.

Erikoisnumeron kirjoittajat ovat lähestyneet teemaa mallisovellusten kautta omista lähtökohdistaan. Kirjoittajien joukko koostuu alansa asiantuntijoista valituilta teema-alueilta yliopistojen ja tutkimuslaitosten piiristä, jotka toimittajat kutsumenettelyllä valitsivat. Mukana on sekä tulevaisuudentutkijoita että substanssialojen asiantuntijoita, joilla on mallintamisessaan tulevaisuusnäkökulma ollut vahvasti esillä. Oma innostumistamme vahvisti vielä se, että yhteinen tutkimushankkeemme tulevaisuudentutkimuksen matemaattis-teoreettisista perusteista oli valmistumisvaiheessa, ja että sen tulokset voitiin laajana versiona julkaista teemanumeron artikkelina.

Teemanumeron sisältöä lähdettiin koostamaan siten, että toimittajat määrittelivät väljätkösti otsikkoteeman osa-alueet, joista artikkeleita toivottiin. Väljätköllä määrittelyllä kirjoittajille tarkoitettiin sitä, että tiukasti matemaattista mallintamista edustavien artikkelien lisäksi mukaan haluttiin kelpuuttaa myös kirjoituksia, joissa mallinnuksen perusajatukset

ongelmanratkaisun menetelmänä ovat tulevaisuudentutkimuksen kannalta kiinnostavasti esillä vaikka vähemmäläkin matematiikalla. Näin uskottiin saatavan mahdollisimman laaja kirjo mallintamista tulevaisuudentutkimuksen näkökulmasta valottavia artikkeleita eri aloilta. Samasta syystä esitettiin toivomus, että kirjoittajat eivät kirjoittaisi vain oman alansa asiantuntijoille kohderyhmänä, vaan lukijalle, joka olematta asiantuntija kyseisellä alalla on kiinnostunut tutustumaan kirjoittajan tapaan ajatella ja tutkia tulevaisuutta.

Sovellutusten kautta aukeavaa ymmärrystä pidettiin ensisijaisena tavoitteena ja sitä varten toivottiin fokusoituja kirjoituksia, joissa matemaattisia malleja on käytetty tulevaisuusorientoituneesti sektorikohtaisesti tai aiheeltaan rajatuissa kysymyksenasetteluissa. Niinpä esimerkiksi ekstrapoloiva ennakointi tai tunnetun mallin sovellus uuteen empiriseen aineistoon katsottiin täyttävän teemanumeron tavoitteet. Odotuksia oli myös tulevaisuudentutkimuksen kannalta kiinnostavista uusista mallintamisen työkaluista ja mallintamisen uusista virikkeistä tulevaisuudentutkijoille.

Julkaistavilla artikkeleilla on kutsu-
mismenettelystä johtuen ”ennakkoon referoidun” leima, kutsuttujen kirjoittajien asiantuntemus ja kokemus ovat laadun takeena. Teemanumeron toimittajat ovat sen lisäksi suorittaneet sisällön ja laadun yleistarkastusta ja kommentoineet ”esilukijoina” kirjoituksia tekijöille. Toiset kirjoittajista lähettivät käsikirjoituksensa niin hyvissä ajoin, että heidän kanssaan on ollut mahdollista käydä perusteellisempaa ajatusten vaihtoa luettavuuden parantamiseksi sekä pohdiskelua artikkelin teemasta ja sen yleisestä mielenkiinnosta. Joidenkin artikkelien kohdalla on turvauduttu myös

ulkopuolisen asiantuntijan referointi-
tiapuun. Artikkeleiden toimittaminen
on ollut mitä antoisinta vuoropuhelua
kirjoittajien kanssa.

Mallintamisen haastetta tulevaisuu-
dentutkimuksessa on yritetty pääkir-
joituksessa hahmottaa myös yleisellä
filosofisemmalla tasolla nostamalla
esille tulevaisuudentutkimuksen aset-
tamia erityisiä vaatimuksia mallinta-
miselle. Kirjoitus edustaa tiivistettyä
synteesiä niistä puheenvuoroista ja
kirjoituksista, joita Pentti Malaska use-
an vuosikymmenen aikana on esittänyt
mallin ja todellisuuden välisistä suh-
teista. Oman erityispiirteensä tämän
suhteen tarkastelulle luo nyt se, että
todellisuuden käsite tulevaisuuden-
tutkimuksessa poikkeaa useimmilla
muilla tieteenaloilla vallitsevasta.

Saatujen ja erikoisnumeroon hyväk-
syttyjen artikkelien ryhmittelyssä on
pyritty noudattamaan seuraavia peria-
atteita. Alkuun on sijoitettu numeron
teemaa yleisellä tasolla tarkastelevat
artikkelit ja näistä edetään kohti spe-
sifisempiä ja eri sovellusalueita kä-
sitteleviä kirjoituksia. Sovellusaloja
käsittelevissä artikkeleissa suunta on
makrotason kirjoituksista kohti mik-
rotasoa ja edelleen sektoriteemoihin
sekä päätöksenteon tukijärjestelmi-
en agenttiohjelmiin. Erikoisnumeron
lopuksi numeron kansikuvataiteilija
Lora-Lee Bell kirjoittaa maalauksensa
tulevaisuudentutkimustakin kosket-
tavista taustoista ja esillä on myös
yksi kirja-arviointi.

Tulevaisuudentutkimuksen filosofi-
s-teoreettisia perusteita käsittele-
vässä artikkelissaan Pentti Malaska
ja Ilkka Virtanen kehittävät tavallisen
maantieteellisen kartan käsitteisiin ja
symboleihin perustuvasta analogiasta
lähtevän ja joukko-opin menetelmiä
hyödyntävän tulevaisuuden moninai-
suuksien rakennelman, jonka avulla
sekä vakiintuneita että esitettyjä uusia
tulevaisuudentutkimuksen käsitteitä
voidaan systemaattisella ja loogisella
tavalla tarkastella. Mahdollisten
tulevaisuuksien joukkoon, tulevai-
suusavaruuteen tai tulevaisuuksien
kaikkeuteen, kuuluvia tulevaisuuksia

voidaan kehitetyllä metodiikalla en-
tistä monipuolisemmin myös verrata:
samanlaisuuden tai erilaisuuden li-
säksi voidaan mitata tulevaisuuksien
erilaisuuden aste, niiden keskinäinen
etäisyys tulevaisuusavaruudessa.

Mika Aaltosen artikkeli on niin ikään
tulevaisuudentutkimuksen metodolo-
giaan liittyvä. Lähtökohtana Aaltosen
artikkelissa on yrityksissä tehtävä
strategiatyö ja tässä työssä käytettävät
tulevaisuudentutkimuksen menetel-
mät. Käytettävät menetelmät luovat
rajoja ja kerrostumia, jotka toisaalta
rajoittavat, toisaalta auttavat strate-
giatyöhön osallistuvien työskentelyä.
Aaltonen käyttää työssään YK:n yli-
opiston koordinoiman Millennium-pro-
jektin Futures Research Methodology
- V2.0 -hankkeen raporttia aineis-
tonaan, analysoi ja arvioi sitä sekä
pyrkii kehittämään sen sisältämää
menetelmätarjotinta entistä paremmin
ja monipuolisemmin tulevaisuudesta
tietämiseen ja tulevaisuuteen varau-
tumiseen sopivaksi.

Ari Lampisen and Pedro J. Apha-
lon artikkeli kiinnittää huomion ai-
van tulevaisuudentutkimuksen syn-
tyaikoihin. Rooman Klubin Kasvun
rajat -raportti on hiljakkoin saanut
30-vuotispäivityksensä. Päivityksen
työkaluna on käytetty graafista Stella
mallintamiskieltä, joka soveltuu hy-
vin systeemidynamiikan periaatteita
noudattavien simulointimallien ra-
kentamiseen. Kirjoittajat tarkastelevat
artikkelissaan Stellan taustalla olevaa
filosofiaa, esittelevät lyhyesti Stellalla
tuotetun World3-mallin ja kommentoi-
vat tällä uudella maailmanmallilla
saatuja tuloksia.

Teemu Haukioja ja Paavo Okko tar-
kastelevat artikkelissaan taloudellisen
kasvun ja luonnonvarojen säilymisen
välistä problematiikkaa. Tutkimuk-
sen teoreettisena viitekehyksenä on
endogeenisen kasvun teoria. Ekologi-
set, luonnonvarojen säilymisen var-
mistavat rajoitteet otetaan huomioon
ohjaamalla osa tuotoksesta kompen-
soimaan tuotoksen aikaansaamisen
seurauksena syntyvää luonnonvarojen
vaurioitumista. Tämä luonnonvarojen

säilymiseen tähtäävä osuus tuotoksesta toimii mallin ohjausmuuttujana.

Ville Brummer, Totti Könnölä ja Ahti Salo esittelevät artikkelissaan Kauppa- ja teollisuusministeriön ennakointifoorumin tarpeisiin suunniteltua verkkopohjaista ideoiden kartoitus-, arviointi- ja analysointimenetelmää. Artikkelissa tarkastellaan muun muassa sitä, miten tulevaisuussuuntautuneita innovaatioaihiota on mielekästä pyytää osallistujilta, jotta ne olisivat mahdollisimman kiinnostavia mutta samalla myös yhdenmukaisesti arvioitavissa ja analysoitavissa. Analysoinnissa sovelletaan ns. robustia portfoliomallinnusta, jonka avulla arvioituja aihiota voidaan tarkastella sekä konsensushakuisesti että näkemuseropainotteisesti.

Erkki K. Laitinen esittelee artikkelissaan lähestymistavan, jonka avulla voidaan arvioida tulevaisuuden yrittystä, sen toimintaympäristöä sekä sen tarvitsemia laskentajärjestelmiä. Lähestymistapa pohjautuu kirjallisuuden ja asiantuntijahaastatteluiden perusteella laadittuihin hypoteeseihin, joita arvioidaan kyselytutkimuksen avulla. Kyselyn tulosten perusteella laaditaan karkea teoria yritystoiminnan tulevaisuudesta valitsemalla sitä kuvaamaan kombinatorisen optimoinnin avulla optimaalinen joukko hypoteeseja. Hypoteesijoukon valinnan perustana on teorian uskottavuuden maksimointi. Teoria on luonteeltaan iteratiivinen ja sitä tarkennetaan jatkuvasti sitä mukaa kun saadaan uutta tietoa yritysten tulevaisuudesta.

Myös Juha Saukkosen artikkeli kuuluu yrityksen strategisen suunnittelun alueelle. Strategisena työkaluna Saukkosella on ns. arvokonstellatiojärjestelmä (Value Constellation System, VCS), jonka teoreettisia perusteita ja kehitystä hän artikkelissaan tarkastelee. Artikkelissa esitetään mm., että tulevaisuudentutkimuksen työkaluna VCS on erityisen käyttökelpoinen, kun tutkimus jäsennetään monivaiheiseksi prosessiksi. Tulevaisuussuuntautuneen VCS-mallinnuksen sovelluksena artikkelissa esitetään sen käyttöä

media-alan strategiatyössä.

Kauko Mikkosen artikkelin aiheena on toiminnallisen aluerakenteen ennustamisen problematiikka. Artikkelin lähtökohtana on kirjoittajan samasta aiheesta 30 vuotta sitten tekemä tutkimus, jonka ennusteajankohta on jo takanapäin. Silloisten ennusteiden osuneisuutta ei ole aiemmin kriittisesti arvioitu. Artikkelin perustana olevassa tutkimuksessa se tehdään ja tulosten perusteella päädytään lopuksi yleisemminkin pohtimaan, mikä on tämänkaltaisen aluerakennetutkimuksen ja -futurologian rooli tämän päivän ja tulevaisuuden kompleksisessä yhteiskunnassa.

Tietoyhteiskunnallistumisen yhtenä keskeisenä indikaattorina pidetään tieto- ja viestintäteknisten uutuuksien yleistymistä kotitalouksissa. Tilastokeskus on kerännyt otantatutkimuksilla tietoa eri laitteiden yleistymisestä kotitalouksissa useiden vuosien ajan. Juha Nurmelan ja Timo Sirkiän artikkelissa kuvataan lyhyesti logistisen kasvukäyrämallin perusoleukset ja sovitetaan yhtä sen variaatiota kotitalouksien tieto- ja viestintäteknikan yleistymiseen sekä arvioidaan tulevaa yleistymistä erilaisissa talouksissa mallien avulla.

Kuten viime viikot ja kuukaudet ovat osoittaneet, energia on yksi yhteiskunnan strategisimmista raaka-aineista. Energiaan liittyviä suuria kysymyksiä tulevaisuudessa ovat sen, erityisesti öljyn, saatavuus ja ilmastomuutoksen torjunta. Energian tuottamisessa syntyvien CO₂-päästöjen vähentäminen tulee muodostamaan hyvin haasteellisen tehtävän. Energiatulevaisuuden mallintamisen merkitys korostuu tässä tilanteessa vaihtoehtoisten kehityspolkujen selvittämiseksi. Peter Lundin kirjoittamassa artikkelissa esitellään keskeisiä energiamalleja ja uusia energiaskenaarioita lähinnä globaalilla tasolla. Artikkelissa käsitellään edelleen uusia mallintamissuuntauksia ja pohdiskellaan mallien avulla vaihtoehtoisia tulevaisuuden energiapolkuja.

Energiaratkaisut ja niiden vaikutukset elinolosuhteisiin maapallolla ovat

aiheena myös Jyrki Luukkasen, Jarmo Vehmaksen ja Jari Kaivo-ojan artikkelissa. Kirjoittajat käyttävät dekompositionemetelmää analysoidessaan energian käytön ja siihen liittyvien CO₂-päästöjen pitkän aikavälin trendejä maailmantaloudessa. Keskeisellä sijalla tarkasteltaessa energian käyttöä ja öljyperäisiä päästöjä ovat vertailut OECD-maiden ja OECD:n ulkopuolisten maiden välillä. Analyysin tuloksia käytetään arvioitaessa energiatehokkuudessa tarvittavia parannuksia, jotta Kioton sopimuksen mukaisiin tavoitteisiin voitaisiin päästä.

Christer Carlssonin päätöksenteon tukijärjestelmien alueelle sijoittuvassa artikkelissa tarkastellaan innovatiivisiin tekoälyyn perustuviin systeemiin liittyviä ”inhimillisiä ongelmia”: kehittyneiden järjestelmien käytössä ilmenevät ongelmat eivät niinkään aiheudu järjestelmästä sinänsä, vaan siitä, että käyttäjillä on rajoitteita mm. järjestelmien ja niiden perustana olevien teorioiden ymmärtämisessä, uusien järjestelmien käyttöön oton hyväksymisessä ja järjestelmien sisältämien tietomäärien käsittelyssä; he pitävät usein myös perinteisiä ihmisten välisiä keskusteluja ja neuvotteluja moderneja työkaluja turvallisempina. Kirjoittaja esittää artikkelissaan tietojohtamisen alueella kehitetyn skenaarioagenttien lähestymistavan, jolla näihin päätöksenteon ihmislähtöisiin ongelmiin voidaan etsiä ratkaisuja.

Tämän numeron kansilehden kuvituksenä on yhdysvaltalaisen taiteilijan Lora-Lee Bellin maalaus ”Confuzzled by the Puzzle”, joka on taiteilijan leh-

den ilmestymisaikaan New Havenissa Connecticutissa Yhdysvalloissa esillä olevan näyttelyn nimiteos. Taiteilija on toimittajien pyynnöstä laatinut kirjoituksen, missä hän selostaa sekä maalauksensa aiheena olevaa arvoituksellista Arkimedeen rasiaa että kokemaansa palapelin ratkaisun ongelmallisuuden yhteyttä ihmiskunnan tulevaisuuteen liittyviin ongelmiin: väkivaltaan, terrorismiin, nälänhätään, sairauksiin ja yleiseen köyhyyteen.

Erikoisnumeron kirjaesittelyssä on yhdysvaltalaisen Rand-tutkimuslaitoksen tutkijoiden kirjoittama ja heidän kokemuksiansa perustuva teos uudesta foresight-työtavasta pitkän aikavälin politiikka-analyysien suorittamiseksi.

Futuran matemaattista mallintamista tulevaisuuden tutkimuksen työkaluna käsittelevän teemanumeron toimittaminen on ollut erityisen haasteellinen, mielenkiintoinen ja antoisa tehtävä. Toimittajat haluavatkin lausua parhaat kiitoksensa lehden toimituskunnalle mahdollisuudesta suorittaa tämä työ. Haluamme myös lausua kiitoksemme kaikille kirjoittajille, jotka vastasivat myönteisesti kutsuumme ja suoriutuivat vastaanottamastaan haasteesta annettuja määräaikoja varsin hyvin noudattaen. Kuten aiemmin on käynyt ilmi, eräät artikkelit ovat läpikäyneet myös ulkopuolisen asiantuntija-arvioinnin. Lausumme kiitoksemme asiantuntijoina toimineille: professori Fabrice Roubelat, University of Poitiers sekä emeritusprofessori Martti Luoma, Vaasan yliopisto.

Pentti Malaska

Ilkka Virtanen