

# INFORS

---

Suomen Operaatiotutkimusseuran jäsenlehti

**2 / 2013**



**FORS, Suomen Operaatiotutkimusseura ry**

**Finnish Operations Research Society**

**[www.operaatiotutkimus.fi](http://www.operaatiotutkimus.fi)**

**Suomen Operaatiotutkimusseura ry:n  
jäsenlehti INFORS  
N:o 2 – 2013**

Suomen Operaatiotutkimusseura ry  
PL 702, 00101 Helsinki  
<http://www.operaatiotutkimus.fi/>

**Vastaava päätoimittaja, seuran puheenjohtaja:**

Timo Kuosmanen  
Aalto-yliopiston kauppakorkeakoulu  
Tieto- ja palvelutalouden laitos  
PL 21220 00076 AALTO  
email: timo.kuosmanen@aalto.fi

**Toimittaja, seuran sihteeri:**

Tuomas Lahtinen  
Aalto-yliopiston perustieteiden korkeakoulu  
Matematiikan ja systeemianalyysin laitos  
PL 11100, 00076 Aalto  
email: tuomas.j.lahtinen @aalto.fi

**Jäsenmaksun suuruus:**

25 euroa / vuosi  
jatko-opiskelijat 20 euroa/vuosi  
perusopiskelijat 0 euroa / vuosi

**Mainoshinnat:**

Sivu 150 euroa  
½ Sivua 100 euroa  
Takakansi 300 euroa  
Sama ilmoitus seuraavissa numeroissa 50%  
alennuksella

## SISÄLTÖ

Puheenjohtajan palsta	3
Professori Jyrki Walleniukselta seuran kunniapuheenjohtaja	4
Prof. Ahti Salolle, Prof. Jeffrey Keislerille ja Dr. Alec Mortonille INFORMS Decision Analysis Publication Award	5
FORS40 – Suomen Operaatiotutkimusseuran 40-vuotis juhlaworkshop Lappeenrannassa	6
Matkakertomus: IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics 2013	8
Aalto Systems Forum 25.10.2013: Value-Focused Thinking and Decision-Making	10
Ilmoitus: Faculty Position in Operations Research and Statistics – MIT Sloan School of Management	12
Opinnäytetöitä	13
Tapahtumakalenteri	takakansi

## Puheenjohtajan palsta

*Timo Kuosmanen*

timo.kuosmanen@aalto.fi

### **40-vuotisesta taipaleesta uutta virtaa tulevaisuuteen**

Näinä syksyisinä ja sateisina syyspäivinä tätä kirjoitettaessa on paikallaan muistella elokuun lopulla seuramme 40-vuotisen taipaleen kunniaksi järjestettyä juhlaworkshopia, joka järjestettiin Lappeenrannassa 20. – 21.8. teemana ”Optimointi ja päätöksenteko”. Workshop oli erittäin hyvin järjestetty, ohjelma oli kiinnostava ja tapahtuma houkutteli paikalle seuramme aktiivijäsenten lisäksi myös mukavan määrän ulkomaisia osallistujia. Esitän seuran puolesta suuret kiitokset Mikael Collanille, Jari Hämäläiselle, Pasi Luukalle ja muille FORS40-juhlaworkshopin järjestelyihin osallistuneille. Lisää tietoja workshopista löytyy tämän lehden sivulta 6 Mikael Collanin kirjoittamasta artikkelista.

Eräs juhlaworkshopin kohokohdista oli paneelikeskustelu, jossa muisteltiin seuramme ansiokasta 40-vuotista taivalta ja pohdittiin alan kansainvälisiä ja kotimaisia tulevaisuuden näkymiä. Panelistit Christer Carlsson, Raimo Hämäläinen, Jyrki Wallenius ja Ahti Salo toivat kukin esiin mielenkiintoisia näkökulmia. Erityisesti uudenlaisen digitaalisen informaation (ns. Big Data) tehokkaampi hyödyntäminen nousi useiden panelistien kommentteissa esiin niin haasteena kuin myös mahdollisuutena.

Yksi juhlavuosien arvokkaista perinteistä on kunniapuheenjohtajan valinta. FORS:n kunniapuheenjohtajuus on seuramme korkein tunnustus, joka myönnetään poikkeuksellisen ansiokkaasta ja pitkäaikaisesta toiminnasta operaatiotutkimuksen alalla. FORS:n kunniapuheenjohtajiksi on aikaisemmin valittu professorit Olli Lokki, Christer Carlsson, Pekka Korhonen ja Raimo Hämäläinen. Tähän ansioituneeseen joukkoon liittyi professori Jyrki Wallenius, jonka valinta julkistettiin FORS40-juhlaworkshopin yhteydessä Lappeenrannassa 20.8. Professori Walleniuksen tutkimustoiminta monikriteerisen päätöksenteon alalla on ollut erittäin aktiivista ja vaikuttavaa, ja hän on toiminut mm. European Journal of Operational Research–lehden päätoimittajana (1999 – 2005) sekä Aalto yliopiston kauppakorkeakoulu dekaanina. Parhaimmat onnittelet Jyrkille!

FORS40-workshop oli mielestäni erityisen tärkeä tapahtuma myös siitä syystä, että kaikilla seuramme jäsenillä ja muillakin operaatiotutkimuksesta kiinnostuneilla oli mahdollisuus kontribuoida ohjelmaan omia alustuksia ja luonnollisesti osallistua niiden pohjalta käytyyn keskusteluun. Mielestäni seuran tulisi jatkossakin pyrkiä kehittämään jäsenilleen mahdollisuuksia kontribuoida, osallistua ja vaikuttaa seuran toimintaan ja sitä kautta aktivoida seuran jäsenkuntaa. Yksi mahdollisuus on pyrkiä kehittämään juhlaworkshopin tyyppisestä kotimaisesta mini-workshopista jokavuotinen perinne.

Syksyisin terveisin,

Timo Kuosmanen

## Professori Jyrki Walleniuksesta seuran kunniapuheenjohtaja

Suomen Operaatiotutkimusseura on myöntänyt Aalto-yliopiston Kauppakorkeakoulun professori Jyrki Walleniukselle kunniapuheenjohtajan arvon. Arvonimi myönnettiin seuran 40-vuotis workshopin yhteydessä Lappeenrannan yliopistolla 20.8.2013. Kunniapuheenjohtajuus myönnettiin erittäin ansiokkaasta ja pitkäaikaisesta toiminnasta operaatiotutkimuksen alalla.



Professori, KTT Jyrki Wallenius on toiminut vuodesta 2005 lähtien Kauppakorkeakoulun Tieto- ja palvelutalouden laitoksen (entinen liiketoiminnan teknologian laitos) professorina erityisalueenaan liikkeenjohdon systeemit. Vuodesta 2008 alkaen hän on ollut laitoksen johtaja. Lisäksi Professori Wallenius toimi Kauppakorkeakoulun määräaikaisena dekaanina vuonna 2011. Vuosina 1998–2005 Wallenius toimi Kansainvälisen koulutuskeskuksen johtajana sekä vuosina 1999–2004 Helsingin kauppakorkeakoulun vararehtorina. Professori Walleniuksen erikoisaloja ovat päätöksenteko, erityisesti päätöksenteon tuki, sekä neuvottelujen mallintaminen. Wallenius on alansa johtavia tutkijoita. Hän toimi vuosina 2008-2011 Kansainvälisen monitavoitetutkijoiden seuran (International Society on Multiple Criteria Decision Making) presidenttinä, ja on edelleen aktiivisesti mukana seuran toiminnassa. Lisäksi Jyrki Wallenius toimi European Journal of Operational Research - lehden päätoimittajana vuosina 1999-2004 ja oli lehden toimituskunnassa vuosina 1981-1998.



**Professori Wallenius (oikealla) vastaanottaa palkinnon seuran vuoden 2013 puheenjohtaja Professori Timo Kuosmaselta (vasemmalla).**

Seuran ensimmäinen kunniapuheenjohtaja vuonna 1983 oli seuran perustaja, Teknillisen korkeakoulun sovelletun matematiikan professori Olli Lokki. Muita kunniapuheenjohtajia ovat olleet professori Christer Carlsson Åbo Akademiä vuonna 1993, emeritusprofessori Pekka Korhonen Aalto-yliopiston kauppakorkeakoulusta vuonna 2003, ja professori Raimo P. Hämmäläinen Aalto-yliopiston Matematiikan ja systeemianalyysin laitoksen Systeemianalyysin laboratorion vuonna 2008.

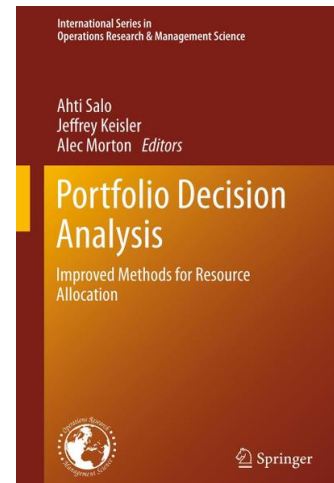
## Prof. Ahti Salolle, Prof. Jeffrey Keislerille ja Dr. Alec Mortonille INFORMS Decision Analysis Publication Award

Prof. Ahti Salo on saanut yhdessä kollegoidensa Prof. Jeffrey Keislerin ja Dr. Alec Mortonin kanssa Yhdysvaltojen operaatiotutkimusseura INFORMS:n Decision Analysis Society:n myöntämän palkinnon parhaasta vuonna 2011 ilmestyneestä päätösanalyysiä käsittelevästä julkaisusta.



Palkinto myönnettiin kirjasta "Portfolio Decision Analysis: Improved Methods for Resource Allocation", jonka Salo, Keisler ja Morton toimittivat Springerin kirjasarjaan "International Series in Operations Research & Management Science". Palkinto annettiin Minneapoliksessa 7. lokakuuta INFORMS:n vuosikokouksessa.

Kirjassa esitetyt menetelmät tukevat sellaisten hankekokonaisuuksien eli -portfolioiden valintaa, joilla päätöksentekijä voi parhaiten päästä tavoitteisiin, kun valinnassa on otettava huomioon erilaiset resurssirajoitteet, epävarmuudet ja hankkeiden väliset mahdolliset riippuvuudet. Kirjan viisitoista lukua kuvaavat teoreettisia ja menetelmällisiä edistysaskeleita sekä sovelluksia esimerkiksi teknologiajohtamisesta, terveydenhuollosta ja maanpuolustuksesta.



Päätösanalyttistä mallintamista tarvitaan varsinkin monitahoisissa ja laajakantoisissa ongelmissa, joihin liittyy merkittäviä panostuksia ja monenlaisia tulosodotuksia. Hyvä mallintaminen parantaa päätösprosessien laatua siten, että eri näkökohdat tulevat kattavasti ja tasavertaisesti käsiteltyä.

Palkinto on operaatiotutkimuksen kentällä arvostettu ja lisää portfoliopäätösanalyysiin kohdistuvaa kiinnostusta. Aikaisemmin palkinnon on saanut muun muassa taloustieteen nobelisti Daniel Kahneman.

Salo, Keisler ja Morton ovat kirjoittaneet seuran uutislehteen 2/2011 aihepiiriin liittyvän artikkelin nimellä "Improving Resource Allocation with Portfolio Decision Analysis". Vanhoihin lehden numeroihin voit tutustua seuran verkkosivuilta osoitteessa <http://www.operatiotutkimus.fi/infors.html>.

Professori Ahti Salolla on lukuisia tieteellisiä asiantuntijatehtäviä. Hän toimii maanpuolustuksen tieteellisen neuvottelukunnan (MATINE) systeemianalyyysijaoston puheenjohtajana sekä hallituksen jäsenenä tutkijoiden ja kansanedustajien seurassa (Tutkas) ja suomalais-ranskalaisessa teknillistieteellisessä seuran (AFFRST). Vuosina 2010-2011 hän toimi Euroopan ja Lähi-Idän edustajana INFORMS:n kansainvälisten aktiviteettien komiteassa. Hän on EURO Journal on Decision Processes-lehden päätoimittaja. Vuodesta 2010 alkaen hän on ollut jäsenenä Euroopan parasta operaatiotutkimuksen väitöskirjaa valitsevassa juryssä, jonka puheenjohtajana hän on vuonna 2016.

## FORS40 – Suomen Operaatiotutkimusseuran 40-vuotis juhlaworkshop Lappeenrannassa



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology



**Professori, KTT Mikael Collan**

**Lappeenrannan teknillinen yliopisto,**

**Kauppätieteiden tiedekunta**

**[mikael.collan@lut.fi](mailto:mikael.collan@lut.fi)**

Seuran 40-vuotis juhlaworkshop järjestettiin Lappeenrannassa, Lappeenrannan Teknillisen Yliopiston ylioppilaskunnan talolla 20.-21.8.2013. Aiheeksi oli valittu ”optimointi ja päätöksenteko” laajasti. Workshopista muodostui kansainvälinen tapahtuma, jossa kahden päivän aikana nähtiin kolmisenkymmentä esitystä, viisi keynote-puhetta ja seuran toimintaa ja operaatiotutkimuksen tulevaisuutta pohtiva paneelikeskustelu. Osallistujia workshopissa oli noin viidestätoista maasta ja yhteensä noin 80 henkeä, joista kolmasosa ulkomailta, kaukaisimmat vieraat olivat saapuneet Malesiasta ja Kanadasta saakka. Erytisen ilahduttavaa oli nähdä kiinnostavia esityksiä suomalaisista yrityksistä. Workshop nautti Tieteellisten Seurain Valtuuskunnalta saatavaa tukea.



**Paneelikeskustelu (kuva Mikael Collan)**

Workshopissa esitetyistä papereista koottiin proceedings, joka on vapaasti ladattavissa Internetistä workshopin verkkosivuilta [www.fors40.org](http://www.fors40.org) vuoden 2014 tammikun puoleen väliin saakka, ja sen jälkeen seuran verkkosivuilta löytyvästä linkistä. Paperiversio on myöskin saatavilla mm. Amazon-verkkokaupasta. Workshopin dinner järjestettiin Lappeenrannan Kasinolla ja tervetuliaispuheen piti Lappeenrannan kaupunginjohtaja Kimmo Jarva.

Workshopiin liittyvä tohtorikoulutustilaisuus järjestettiin ennen workshopin alkua 19.8. ja siihen osallistui parikymmentä tohtoriopiskelijaa, joista puolet ulkomailta. Tohtorikonsortiossa osallistujina oli myös ruotsalaisia tohtoriopiskelijoita pohjoismaisesta operaatiotutkimuksen tohtorikoulusta. Puhujiksi oli saatu neljä kokenutta tutkijaa: Seuramme kunniapuheenjohtaja professori Christer Carlsson Åbo Akademiilta, kanadalaiset professorit Julian Yeomans York-yliopistosta Torontosta ja Yuri Lawryshyn Toronton yliopistosta sekä Tri. Gabor Janiga Otto von Guericke-yliopistosta Magdeburgista, Saksasta. Euroopan Operaatiotutkimusseurojen Yhdistys EURO sponsoroiti tohtorikonsortiota rahallisesti.



**Neljä kunniapuheenjohtajaa, vasemmalta oikealle: Christer Carlsson, Pekka Korhonen, Raimo Härmäläinen ja Jyrki Wallenius (kuva Mikael Collan)**

Workshopin paneelikeskustelun lopuksi paljastettiin, että seuran viidenneksi kunniapuheenjohtajaksi on valittu professori Jyrki Wallenius ja seuran puheenjohtaja Timo Kuosmanen luovutti asiaankuuluvan kunniakirjan. Tilaisuuden yhteydessä otettiin myös oheinen kuva seuramme kunniapuheenjohtajista, paikalla ei ollut joukostamme jo poistunut Olli Lokki.

Allekirjoittanut toimi FORS40 workshopin järjestelytoimikunnan puheenjohtajana. Kiitokset järjestelyistä kuuluvat myös professori Jari Härmäläiselle ja Pasi Luukalle sekä kaikille kansainvälisen tieteellisen komitean jäsenille. Kiitos myös kaikille osallistujille!

Mikael Collan

# Matkakertomus: IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics 2013

Professori, KTT Mikael Collan

Lappeenrannan teknillinen yliopisto,

Kauppatieteiden tiedekunta

mikael.collan@lut.fi

Manchester on puolen miljoonan ihmisen kaupunki Englannin Luoteisosassa, lähellä Brittein saarten keskikohtaa. Suur-Manchesterin alue on maan toiseksi suurin väestökeskittymä. Kaupunki koki tähänastisen historiansa suurimman kehityspyrähdyksen teollistumisen aikakautena 1800-luvulla, jolloin kaupunki oli mailman johtava puuvillakankaan tuotantopaikka; parhaimmillaan 70% mailman puuvillasta tuotettiin Manchesterissa. Tänäpäin kaupunki tunnetaan kahden Premier-liigan jalkapallojoukkueensa lisäksi museoistaan, ravintoloistaan ja yöelämästään. Erityisesti maininnan ansaitsee "Museum of Science and Engineering", joka ilmaisine sisäänpääsyineen, käyvine höyrykoneineen ja live-kankaanvalmistusesityksineen teki vaikutuksen kirjoittajaan. Museossa on lisäksi erityisesti panostettu lapsiin, ja lapsia paikalla olikin paljon, erilaisten aktiviteettien parissa.



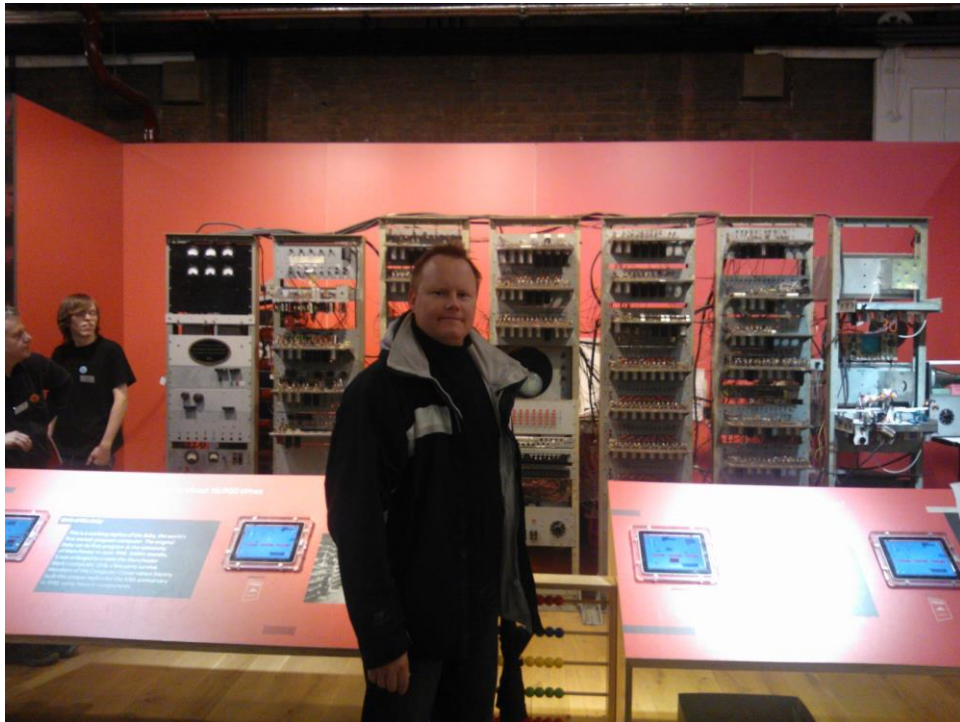
**Kongressi järjestettiin Midland Hotellissa, aivan Manchesterin keskustassa**

Itse kongressi oli IEEE:n järjestämä, useiden samanaikaisten streamien ja kymmenien special sessioiden tapahtuma, jonka aikatauluorganisaation musta hetki, ikävä kyllä, osui juuri allekirjoittaneen kohdalle: esityksemme oli ilman erillistä ilmoitusta aikataulutettu uudelleen alkavaksi puolitoista tuntia ohjelmassa ilmoitettua aikaisemmin. Onnetar oli tällä kertaa matkassa, sillä sattuman kaupalla huomasimme asian mennessämme kuuntelemaan viereisessä huoneessa olevia esityksiä; mm. session puheenjohtaja ei ollut yhtä onnekas.



Kuten suurissa kongresseissa yleensä, oli aiheiden kirjo valtava; kybernetiikasta päätöksentekomenetelmiin, teoriaa ja käytäntöä, parissakymmenessä huoneessa samanaikaisesti. Meidän (Pasi Luukka, LUT ja allekirjoittanut) paperimme käsitteli sumeaa monikriteeripäätöksentekomallia liittyen henkilöstövalintoihin.

Hinta-laatu suhde tässä kongressissa oli tavallista huonompi; vaikka esitysten taso oli ok, oli ohjelma järjestetty erittäin tiukaksi ja siihen tehtiin muutoksia ilman tiedotusta. Illallinen oli lähes täydellinen pannukakku: Ateriaan kuului yksi lasillinen viiniä ja taustalla soi musiikki niin kovaa, että omaa ääntään ei kuullut. Allekirjoittanut lähti ennen jälkiruokaa yhdessä muiden pöydässään istuneiden kanssa lähimpään publiin nauttimaan rauhasta ja juttelemaan, eli tekemään sitä, mitä illallisella olisi pitänyt voida tehdä.



**Kirjoittaja alunperin vuonna 1948 rakennetun, ensimmäisen omaan muistiinsa tallentavan tietokoneen replican edessä.**

## Aalto Systems Forum 25.10.2013: Value-Focused Thinking and Decision-Making

Professori Ralph L. Keeney piti Aalto-yliopiston päärakennuksella 25.10.2013 avoimen luennon otsikolla "Value-Focused Thinking and Decision-Making". Luento järjestettiin osana Aalto Systems Forumia, joka on Matematiikan ja systeemianalyysin laitoksen Systeemianalyysin laboratorion järjestämä avoin luento- ja keskustelutilaisuuksien sarja, missä valotetaan Systeemitieteiden alan uusimpia tuloksia kansainvälisten huippututkijoiden vierailuilla.

Luennossaan Prof. Keeney esitteli kuuluisaa Value Focused Thinking-menetelmää. Menetelmässä lähdetään liikkeelle päätöksentekijän arvoista (values), joiden perusteella muodostetut tavoitteet rajaavat päätöksenteon viitekehyksen, auttavat päätösvaihtoehtojen tuottamisessa ja päätöksentekoon tarvittavan tiedon hankkimisessa. Menetelmän avulla päätöksentekijä voi arvioida päätösvaihtoehtojensa hyvyden, jolloin hän päätyy lopputulokseen joka on sopusoinnussa sekä omien arvojensa että saatavilla olevan päätöksentekotilanteeseen liittyvän tiedon kanssa. Luennolla menetelmää esiteltiin sekä käytännön näkökulmasta omassa elämässä tehtävien päätösten jäsentämiseksi että suuremmissa mittakaavassa tehtäessä päätöksiä, jotka liittyvät teknisten, taloudellisten ja yhteiskunnallisten järjestelmien toimintaan.



**Professori Keeney pitämässä luentoa.**

Menetelmän näennäisestä yksinkertaisuudesta huolimatta on käytännössä havaittu, että päätöksentekijät eivät usein kuitenkaan pysty edes tuottamaan kaikkia itselleen tärkeitä arvoja. Tämän takia menetelmässä onkin kehitetty päätöksentekijöiden tueksi erilaisia apukeinoja arvojen tunnistamiseen, joiden käyttöä luennolla esiteltiin usein eri käytännön esimerkein. Myös arvojen perusteella tehtävää päätösvaihtoehtojen tuottamista sekä päätöksentekoprosessia esiteltiin kattavasti.

Luennolle osallistui noin 30 henkeä, ja se oli myös reaaliaikaisesti seurattavissa Internetissä. Videotallenne luennosta kalvoineen on saatavilla osoitteesta

<http://sal.aalto.fi/en/aaltosystemsforum/valuefocusedthinking/>

Tulevia ja menneitä Aalto Systems Forum-luentoja voit tarkastella osoitteessa

<http://sal.aalto.fi/fi/aaltosystemsforum/>

Ralph L. Keeney toimii professorina Duke-yliopistolla, Fuqua School of Business-koulussa. Keeney on tehnyt kandidaatintutkintonsa University of Southern Californiassa (UCLA) ja väitöskirjansa operaatiotutkimuksen alalta Massachusetts Institute of Technology:ssa (MIT). Professori Keeneyn tutkimus liittyy päätöksentekoon ja riskianalyysiin, jota hän on soveltanut tärkeissä taloudellisissa ja yhteiskunnallisissa päätöksentekotilanteissa toimiessaan konsulttina useille erilaisille yksityisille ja julkisille organisaatioille. Työssään hän on soveltanut osaamistaan päätöksentekotilanteisiin jotka liittyvät yhtiöiden johtamiseen, ympäristöriskeihin sekä ihmisten turvallisuuteen. Ennen professuuriaan Duke-yliopistossa Prof. Keeney on työskennellyt MIT:n Management and Engineering-laitoksella sekä UCLA:lla. Prof. Keeney on kirjoittanut useita kirjoja ja artikkeleita, joista eräinä tunnetuimpina ”Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decisionmaking”, ”Decisions with Multiple Objectives” yhdessä Howard Raiffan kanssa sekä ”Smart Choices: A Practical Guide to Making Better Decisions” yhdessä John S. Hammondin ja Howard Raiffan kanssa. Hänen kirjansa ovat voittaneet useita arvostettuja tieteellisiä palkintoja, ja niitä on myös käännetty eri kielille.

## **Ilmoitus: Faculty Position in Operations Research and Statistics – MIT Sloan School of Management**

**Massachusetts Institute of Technology**

**MIT Sloan School of Management**

**100 Main Street**

**Cambridge, Massachusetts 02142**



The MIT Sloan School of Management invites applications for a tenure-track faculty position in the area of Operations Research and Statistics beginning July, 2014 or as soon thereafter as possible. Strong applicants will demonstrate the potential for research and for teaching excellence in the area of Operations Research, Statistics, Analytics or Data Sciences; duties will include teaching undergraduate and graduate level courses in the areas listed above. We are especially interested in candidates who can build a strong methodological research base, contribute to application areas of high impact, and be a successful teacher for the undergraduate, MBA, and PhD programs.

Applicants should possess or be close to completion of a PhD in relevant fields by start of employment. Applications must include an up-to-date curriculum vitae; three letters of recommendation; a personal statement describing research and teaching experience, if any, and aspirations in research and education; papers, if available. Please submit your application by December 1, 2013 at

<http://sloanfacultysearches.mit.edu/or-stat>.

MIT is an equal opportunity employer committed to building a culturally diverse intellectual community and strongly encourages applications from women and minorities.

### Väitös (Tekniikan tohtori): Suomen tuotannon ja kulutuksen aiheuttamien ympäristövaikutusten panos-tuotos analyysi

Tekijä: Tuomas J. Mattila

Ohjaajat: Professor Raimo P. Hämäläinen  
Department of Mathematics and Systems Analysis  
Aalto University School of Science, Finland

Professor Jyri Seppälä  
Finnish Environment Institute SYKE

Esitarkastajat: Professor Manfred Lenzen  
University of Sydney  
Australia

Professor Shinichiro Nakamura  
Waseda University  
Japan

Vastaväittäjä: PhD Gregory A. Norris  
Harvard University  
USA



#### Tiivistelmä:

Nykyinen tuotannon ja kulutuksen järjestelmä on globaali ja monimutkainen. Suomessa kulutettujen tuotteiden hankintaketjut ulottuvat eri mantereille, aiheuttaen vaikutuksia esimerkiksi Etelä-Amerikan ja Kaakkois-Aasian maankäytölle. Panos-tuotos analyysi kehitettiin alun perin yksittäisen valtion talouden tuotannon rakenteiden tarkasteluun, mutta sitä on viime aikoina laajennettu käsittämään useampia alueita ja myös ympäristövaikutuksia. Nykyaikaiset ympäristölaajennetut panos-tuotos mallit (environmentally extended input-output, EEIO) kytkevät toisiinsa kulutuksen, tuotannon ja ympäristövaikutukset läpinäkyväksi mallikehikoksi, jolloin tätä kokonaisuutta voidaan analysoida systemaattisesti. Eri taloudellisten toimintojen suoria ja epäsuoria vaikutuksia voidaan tarkastella samalla läpinäkyvällä kehikolla. Viime aikoina ympäristölaajennettuja panos-tuotosmalleja on kytketty elinkaariarvioinnin vaikutusarviointimenetelmiin (life cycle assessment, LCA). Aikaansaaduilla teollisen ekologian malleilla on tarkasteltu laajasti vaikutuksia erilaisiin ympäristövaikutuksiin. Yleensä tarkastelu on kuitenkin rajoittunut erilaisiin jalanjälkilaskelmiin (hiili-, vesi- ja ekologinen jalanjälki). Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli laajentaa näkökulmaa kattamaan myös harvemmin tutkittuja, mutta tärkeitä koettuja vaikutuksia, kuten biodiversiteettivahingot, maankäyttö ja haitallisten aineiden vaikutukset. Työssä kytkettiin vaikutusarviointimalleja panos-tuotos malliin ja tulosten avulla purettiin kunkin vaikutusluokan kannalta keskeisimmät taloudelliset prosessit ja tuoteketjut. Näitä keskeisiksi tunnistettuja tekijöitä voidaan hyödyntää, kun haetaan systeemitason keinoja ympäristön ja talouden kehityksen ohjaamiseksi.

# Väitös (Tekniikan tohtori): Riskit, kustannukset ja tasapuolisuus. Tehokkaiden strategioiden mallinnus ilmasto- ja energiapolitiikkaa varten

Tekijä: Tommi Ekholm

Ohjaajat: Professor Ahti Salo  
Department of Mathematics and Systems Analysis  
Aalto University School of Science, Finland

Research Professor Ilkka Savolainen  
VTT Technical Research Centre of Finland

Esitarkastajat: Professor Mark Howells  
Department of Energy Technology  
KTH Royal Institute of Technology  
Stockholm, Sweden

Dr. Bas van Ruijven  
Climate and Global Dynamics Division  
National Center for Atmospheric Research  
Boulder, Colorado

Vastaväittäjä: Professor Erin Baker  
Department of Mechanical and Industrial Engineering  
University of Massachusetts  
Amherst, Massachusetts



## Tiivistelmä:

Ilmastonmuutoksen hillintä on monisyinen yhteiskunnallinen ongelma. Koska siihen käytettävät resurssit ovat rajalliset, ilmaston lämpenemistä aiheuttavia päästöjä tulisi vähentää mahdollisimman pienin kustannuksin. Tarvittavien päästövähennysten määrä on kuitenkin epävarma, koska ilmastonmuutoksen kehitystä ja voimakkuutta ei vielä tunneta tarkasti. Päästövähennysten kustannukset saattavat jakautua epätasaisesti eri maiden välille, eivätkä kehittyvät maat välttämättä pysty rahoittamaan energiajärjestelmänsä uusimista. Ilmasto- ja energiapolitiikan päätöksiä tehdään useilla yhteiskunnan tasoilla, ja ne vaikuttavat vuosikymmeniä.

Väitöskirjassa esitetään pitkän aikavälin skenaariotarkasteluita, jotka tukevat ilmasto- ja energiapolitiikan päätöksentekoa. Väitöskirjassa tarkastellaan eritoten kustannustehokkaita päästövähennyspolkuja, kun ilmaston lämpenemisen herkkyyttä ei tunneta tarkasti. Mikäli ilmasto lämpenee nykyistä arviota hitaammin, hillintätoimia voidaan vähentää myöhemmin; mutta jos lämpeneminen onkin nopeampaa, aikainen varautuminen on ainoa tapa välttää liiallinen lämpötilan nousu.

Kun globaali päästötavoite jaetaan maakohtaisiksi tavoitteiksi, päästöjen vähentämisestä aiheutuvat kustannukset saattavat jakautua epätasaisesti maiden kesken. Väitöstutkimuksessa arvioidaan, miten päästövähennysten taakanjakovaihtoehdot vaikuttavat talouden erilaisessa kehitysvaiheessa oleviin maihin sekä esitetään, miten päästökaupan tuloilla voidaan rahoittaa energiajärjestelmän investointeja kehittyvissä maissa. Väitöskirjassa tarkastellaan myös kustannustehokkaita tekniikoita päästöjen vähentämiseksi sekä kehittyvien maiden energiankulutuksen erityispiirteitä.

# Diplomityö: Automated Construction of Dynamic Bayesian Networks in Simulation Metamodeling

Tekijä: TkK Mikko Harju, Aalto-yliopisto

Työn ohjaaja: TkT Kai Virtanen

Työn valvoja: Prof. Raimo P. Hämmäläinen

## Uusi työkalu helpottaa simulointimetamallinnusta

TkK Mikko Harju on diplomityössään ”Automated Construction of Dynamic Bayesian Networks in Simulation Metamodeling” Aalto-yliopiston matematiikan ja systeemianalyysin laitoksella luonut ohjelmistotyökalun simulointimetamallien konstruointiin. Työkalun avulla rakennetaan dynaamisiin Bayes-verkkoihin (dynamic Bayesian networks, DBN) perustuvia metamalleja simulointimallien analysointia varten. Työkalu helpottaa merkittävästi DBN-metamallien konstruointia ja hyödyntämistä. Tämä tekee DBN-metamalleista käytännöllisen vaihtoehdon erilaisten simulointianalyysien yhteydessä.

DBN-metamallinnus on TkT Jirka Poroputaan ja TkT Kai Virtasen Aalto-yliopistolla luoma metamallinnusmenetelmä. Sen avulla voidaan mallintaa stokastisen simulointimallin muuttujien yhteisjakauma Bayes-verkkona. Diplomityössään Harju on tutkinut DBN-metamallin konstruointia, kehittäen samalla uusia algoritmeja tämän tehostamiseksi. Hän on lisäksi luonut työkalun joka myös soveltaa kyseisiä algoritmeja. Työkalun avulla voidaan konstruoida mahdollisimman tarkkoja metamalleja nopeasti tuntematta menetelmän teoreettista perustaa.

Dynaaminen Bayes-verkko koostuu graafista, jossa solmut vastaavat muuttujia tiettyinä ajanhetkinä, sekä kaikki ehdolliset todennäköisyysjakaumat määräävistä taulukoista. Solmujen ajanhetkien valinnalla on suuri merkitys DBN-metamallinnuksessa. Diplomityössä on esitetty tätä varten uusi dynaamiseen ohjelmointiin pohjaava valinta-algoritmi. Myös jatkuva-arvoisten muuttujien diskretointiin on esitetty uusi algoritmi.

DBN-metamalli konstruoidaan simulointidataan perustuen. Työkalu diskretoi jatkuva-arvoiset muuttujat, valitsee solmujen ajanhetket ja estimoi Bayes-verkon automaattisesti. Kuhunkin vaiheeseen voidaan vaikuttaa graafisen käyttöliittymän avulla. Taustatieto mallinnettavasta ilmiöstä voidaan näin ollen myös ottaa huomioon metamallia konstruoidessa. Työkalua voi myös hyödyntää valmiiden metamallien käytössä.

# Diplomityö: A short-term electricity forecast model for the Nordic markets

Tekijä: TkK Juha Kännö, Aalto-yliopisto

Työn ohjaaja: KTM Henri Äijö

Työn valvoja: Prof. Ahti Salo

## Tarjonnan kuvaaminen tuo läpinäkyvyyttä sähkön hinnan ennustamiseen

Tekniikan kandidaatti Juha Kännö esittää Aalto-yliopiston perustieteiden korkeakoulussa tekemässään diplomityössä kysynnän ja tarjonnan kuvaamiseen perustuvaa mallia sähkön hinnan ennustamiseen pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla. Työn nimi on "A short-term electricity forecast model for the Nordic markets". Viikon päähän ulottuvissa ennusteissa käytetään usein tilastollisia malleja, jotka eivät kuvasta markkinoiden rakennetta. Kännö toteaa, että sähkön kysynnän ja tarjonnan liittäminen malliin parantaa ennusteiden uskottavuutta ja mahdollistaa erilaisten skenaarioiden analysoinnin.

Pohjoismailla on yhteiset sähkön tukkumarkkinat, joilla hinta määräytyy kysynnän ja tarjonnan mukaan. Sähköporssi Nord Pool Spot laskee päivittäin sähköntuottajien ja -kuluttajien tekemien tarjousten perusteella markkinahinnat seuraavan vuorokauden jokaiselle tunnille. Markkinatoimijat tarvitsevat hintaennusteita operatiivisen suunnittelun sekä sähkökaupan päätöksiensä tueksi.

Kännön mallissa hinta määräytyy tarjontakäyrän ja ulkoisen kysyntäennusteen leikkauskohdassa. Koska sähkön kulutus on melko joustamatonta, hinta määräytyy pitkälti tarjonnan perusteella. Työssä tunnistetaan keskeisimmät sähkön hintaan lyhyellä aikavälillä vaikuttavat tekijät. Kännö mukaan haastellisinta on mallintaa vesivoimalla tuotetun sähkön tarjontaa, koska sen hinnoittelu riippuu vaikeasti ennustettavista säätekijöistä. Koska vesivoimalla tuotetaan tavallisesti yli 50 % pohjoismaisesta sähköstä, sillä on erittäin suuri vaikutus sähkön hintaan.

Kännö laati malliin perustuvan sovelluksen hintaennusteiden tekemiseen. Sovellus havainnollistaa tarjontakäyrien muutoksia ajan suhteen. Käyttäjä voi määrittellä erilaisia säätilanteita kuvastavia hintaskenaarioita ja laskea niihin perustuvat hintaennusteet.

Diplomityössä tarkasteltiin niin sanottua systeemihintaa, joka ei ota huomioon pullonkauloja sähkönsiirtoyhteyksissä. Siirtorajoituksista johtuen sähkön hinta Suomessa voi poiketa Ruotsin hinnasta. Aluehintojen mallintaminen on kiinnostava jatkotutkimusaihe.



# Diplomityö: Modeling Seaborne Forward Freight Rates

Tekijä: TkK Ville Viitasaari, Aalto-yliopisto

Työn ohjaaja: TkL Henri Hytönen

Työn valvoja: Professori Ahti Salo

## **GARCH-malleista on hyötyä portfolion optimoinnissa**

Ville Viitasaari tutkii Aalto-yliopiston Perustieteiden korkeakouluun tekemässään diplomityössä ” Modeling Seaborne Forward Freight Rates” merirahtimarkkinan spot-hintojen vuoden sisäistä kausivaihtelua ja kausivaihtelun vaikutusta forward-käyrien muotoon. Lisäksi hän vertailee eri tapoja laskea suojaussuhteita lineaarisen rahtiportfolion lyhyen aikavälin varianssin minimoimiseksi. Työ on tehty Nordea Oyj:ssä.

Rahtimarkkina on selvästi kausiluonteinen: Hinnoilla on taipumus nousta voimakkaasti tiettyyn aikaan vuodesta ja vastaavasti laskea laskukaudella. Kausivaihtelun voimakkuus kussakin rahti-indeksissä riippuu muun muassa laivan koosta: suurten laivojen vuokraushinnat vaihtelevat voimakkaammin kuin pienten. Kausivaihtelua tutkittaessa erityisen mielenkiintoista on lyhyen aikavälin hintavaihteluiden voimakkuus suhteessa kausittaisten ilmiöiden voimakkuuteen. Lyhyen aikavälin hinnanvaihtelut ovatkin varsin voimakkaita, minkä vuoksi sopivat aikasarjojen suodatustekniikat, kuten wavelet-suodatus, ovat avuksi varsinaisten kausivaihtelukomponenttien etsimisessä.

Lineaarisen rahtiportfolion suojaamiseksi Viitasaari vertailee GARCH-malleja, PCA-pohjaista suojausta sekä niin sanottua tavallista optimaalista suojausuhdetta, joka olettaa forward-käyrän kunkin maturiteetin volatiliteetin vakioksi. Suojaamisessa parhaan tuloksen antaa dynaaminen korrelaatiomalli, jossa aikasarjan tuottosihiin sovitetaan ensin GARCH-malli ja tämän jälkeen suurimman uskottavuuden menetelmää käytetään mallin suodatettujen residuaalien välisen korrelaatiomatriisin kalibrointiin. Toiseksi parhaan tuloksen antaa niin sanottu vakiokorrelaatiomalli, joka on dynaamisen korrelaatiomallin kanssa samanlainen, mutta olettaa suodatettujen residuaalien välisen korrelaatiomatriisin vakioksi. Näiden kahden mallin antamat tulokset ovat miltei yhtä hyviä, joten käytännön sovelluksissa vakiokorrelaatiomalli voi osoittautua paremmaksi vaihtoehdoksi sen laskennallisesti kevyemmän kalibrointiprosessin ansiosta.

# Diplomityö: Path Dependency in the Even Swaps Method

Tekijä: TkK Tuomas Lahtinen, Aalto-yliopisto

Työn ohjaaja: Professori Raimo P. Hämäläinen

Työn valvoja: Professori Raimo P. Hämäläinen

## Even Swaps -pääöstukimenetelmässä prosessin polku vaikuttaa lopputulokseen

TkK Tuomas Lahtinen Aalto-yliopiston perustieteiden korkeakoulusta on diplomityössään ”Path Dependency in the Even Swaps Method” tutkinut päätöksenteon tukimenetelmä Even Swapsin polkuriippuvuutta. Menetelmä perustuu päätösvaihtoehtojen eliminointiin dominanssien avulla. Vaihtoehto dominoi toista, jos se on parempi tai yhtä hyvä jokaisen kriteerin suhteen. Menetelmässä päätöksentekijä tekee sarjan trade-off -arvioita, joiden avulla vaihtoehtoja korvataan kuvitteellisilla yhtä hyvillä vaihtoehtoilla. Korvaavien vaihtojen sarja johtaa vaihtoehtojen eliminointiin yksitellen, kunnes paras vaihtoehto löytyy. Diplomityössä sarjaa kutsutaan Even Swaps-prosessin poluksi.

Even Swaps-prosessin voi käydä läpi usealla eri polulla. Teoriassa jokaisen tulisi johtaa samaan valintaan. Lahtinen tutki tätä kokeellisesti. Kokeissa Aalto-yliopiston opiskelijat käyttivät menetelmää kuvitteellisissa päätöksentekotilanteissa, joissa he valitsivat joko asuntoa tai kesätyöpaikkaa. Tulokset osoittavat, että eräät polut suosivat tiettyjä vaihtoehtoja. Yhdellä polulla koehenkilöt muokkasivat vaihtoehtoja niin, että ne eroavat toisistaan vain rahakriteerin suhteen. Seurauksena halvat asunnot ja hyväpalkkaiset työpaikat tulivat useimmin valituksi kuin toisilla poluilla.

Lahtisen mukaan menetelmän polkuriippuvuus kytkeytyy päätöksenteon psykologisiin harhoihin, asteikkoriippuvuuteen ja menetyksen karttamiseen. Jos päätöksenteossa käyttää rahaa mittatikkuna, niin rahan suhteen hyvät vaihtoehdot saavat etua. Kun vaihtoehdon jokin ominaisuus huononee, niin ihmiset antavat huonontuvalle ominaisuudelle lisää painoarvoa.

Toisessa kokeessa Lahtinen tutki vähenevätkö päätöksenteon harhat, jos koehenkilöt ohjeistetaan ajattelemaan jokaista trade-off -arviota kahdesta näkökulmasta. Ohjeistus kadottaa menetyksen karttamisen vaikutuksen, mutta asteikkoriippuvuus ei katoa.

Lahtinen toteaa, että on tärkeää ymmärtää inhimillisiä ilmiöitä, jotka vaikuttavat päätöstukimenetelmien soveltamiseen. Tämä auttaa parempien ja luotettavampien menetelmien suunnittelemisessa sekä tulosten kommunikoinnissa.

# Diplomityö: Peliongelman havaitseminen pelikäyttäytymisestä

Tekijä: Tkk Perttu Punakallio, Aalto-yliopisto

Työn ohjaaja: DI Juha Saloheimo

Työn valvoja: Prof. Harri Ehtamo

## Vastuullisempaa rahapelaamista tilastollisten mallien avulla

Tkk Perttu Punakallio Aalto-yliopiston Perustieteiden korkeakoulusta on tehnyt diplomityön aiheesta ”Peliongelman havaitseminen pelikäyttäytymisestä”. Työssään Punakallio rakentaa tilastollisen mallin mahdollisten peliongelmaisten tunnistamiseksi pelikäyttäytymisen perusteella. Työ on tehty Veikkaus Oy:n toimeksiannosta tukemaan sen yhteiskunnallista tehtävää pelihaittojen ehkäisemisessä. Tuloksena syntynyt malli otetaan Veikkauksella käyttöön lähitulevaisuudessa.

Punakallion työssä rakennettu malli pohjautuu peliongelman teoriaan ja aiheesta aikaisemmin tehtyyn tutkimukseen. Mallissa hyödynnetään Veikkauksella jo olemassa olevia työkaluja ja tietovarastoja. Sen avulla voidaan tunnistaa mahdolliset peliongelmaiset tai riskiryhmään kuuluvat pelaajat heidän pelikäyttäytymisensä pohjalta. Mallia rakentaessaan Punakallio etenee mallinvalinnan eri vaiheesta toiseen, perustellen kaikki tekemänsä ratkaisut.

Vertailtavinaan Punakalliolla on kolme erilaista mallia: päätöspuu, logistinen regressio ja neuroverkot. Mallien selittäjiksi Punakallio ottaa muuttujia, jotka ovat saatavilla Veikkauksen olemassa olevasta tietovarastosta, ja jotka teorian mukaan ovat yhteyksissä peliongelmaan. Punakallio päätyy valitsemaan, ennustuskyky ja mallin käyttötarkoitus huomioon ottaen, parhaaksi malliksi logistisen regressio. Lopulliseen malliin valitut selittäjät liittyvät muun muassa pelaajien panoskokoon ja pelikertojen määrään, sekä näiden vaihteluihin.

Punakallion rakentamaa mallia käyttämällä voidaan selvästi edistää vastuullista rahapelaamista. Peliongelmaan liittyvän tutkimustiedon ja pelikäyttäytymisdatan lisääntyminen tulevaisuudessa tarjoaa kuitenkin hyvät mahdollisuudet kehittää mallia vielä entisestään.

# Diplomityö: Predicting Complex Events in Sensor Data

Tekijä: TkK Jussi Kolehmainen, Aalto-yliopisto

Työn ohjaaja: DI Antti Aalto

Työn valvoja: Prof. Ahti Salo

## Ennustava sisäilmajärjestelmä toimii älytalojen tukena

Aalto-yliopiston perustieteiden korkeakoulun diplomityössä ”Predicting Complex Events in Sensor Data” systeemitieteiden tekniikan kandidaatti Jussi Kolehmainen käsittelee monimutkaisten tapahtumien ennustamiseen käytettäviä matemaattisia työkaluja ja esittelee kuinka ennustamiseen kykenevä järjestelmä voidaan rakentaa. Kolehmainen esittää mahdollisena sovellusalana taloautomaation ja pyrkii ennustamaan sisäilmamuuttujille kriittisten rajojen ylityksiä. Työn tulokset osoittavat, että tapahtumia ennustava järjestelmä on melko helppo rakentaa valmiista sovelluskomponenteista, mutta toimiva järjestelmä vaatii huolellista konfigurointia. Kolehmaisen käyttämät matemaattiset mallit yltyivät noin 75 %:n tarkkuuteen helpommalla testiaineistolla, mutta epäonnistuivat vaikeammalla aineistolla, jossa ennustettavia tapahtumia esiintyy harvemmin.

Kolehmaisen työ on osa MMEA-tutkimushanketta, jossa rakennetaan alustaa ympäristödatan välittämiseen eri yritysten ja osapuolten välillä. Kolehmaisen työnantaja HiQ Finland oy on yksi tutkimushankkeeseen osallistuvista yrityksistä. Työssään Kolehmainen käyttää toisen MMEA-hankkeen osallistujan, Itä-Suomen yliopiston ympäristöinformatiikan tutkimusryhmän tarjoamaa aineistoa Kuopiossa sijaitsevasta koetalosta, johon on asennettu suuri määrä erilaisia sisäilmaan ja kulutukseen liittyviä sensoreita. Koeasetelmassaan Kolehmainen esittelee sisäilmayhdistyksen suositusrajat, joiden ylityksiä koetalossa hän pyrkii ennustamaan.

Monimutkaisilla tapahtumilla (complex events) tarkoitetaan abstraktiotasoa, joka koostuu joko yksinkertaisista tapahtumista tai muista monimutkaisista tapahtumista. Yksinkertaiset tapahtumat ovat alkeistapahtumia, kuten sensorin antamia mittausarvoja, kun taas muuttujan arvon pysyminen tietyn rajan yläpuolella yli tunnin ajan on esimerkki monimutkaisista tapahtumista. Monimutkaisten tapahtumien tunnistamiseen Kolehmainen käyttää avoimen lähdekoodin Esper-kirjastoa. Kirjoittamalla monimutkaisia lausekkeita Kolehmainen soveltaa kyseistä teknologiaa myös sensoridatan esikäsittelyyn ja ennustevektoreiden luomiseen. Tätä lähestymistapaa ei löydy aikaisemmasta kirjallisuudesta.

Kolehmainen määrittelee kirjallisuuden pohjalta monimutkaisten tapahtumien ennustusongelman, joka koostuu käytettävissä olevasta historiasta, varoitusajasta ja ennustehorisontista. Näiden pohjalta hän rakentaa järjestelmän, jossa mittausarvot pilkotaan positiivisiin ja negatiivisiin ikkunoihin eli lyhyisiin aikasarjoihin. Positiivisten aikasarjojen jälkeen monimutkainen tapahtuma esiintyy ennustehorisontin sisällä, kun taas negatiivisten aikasarjojen jälkeen sitä ei esiinny. Kolehmainen soveltaa koneoppivia malleja, joiden avulla hän luokittelee uutta mittausdataa positiivisiin ja negatiivisiin aikasarjoihin. Positiivisen luokittelun tapahtuessa järjestelmä antaa varoituksen, että monimutkainen tapahtuma tulee tapahtumaan pian.

Työssään Kolehmainen käyttää kahta erilaista koneoppivaa mallia. Ensimmäinen malli analysoi kahden aikasarjan samankaltaisuutta laskemalla niille dynaamisen aikapolun (dynamic time warping path). Samankaltaisuusmitan avulla Kolehmainen luokittelee uudet aikasarjat käyttäen k:n lähimmän naapurin

algoritmia (k-nearest neighbor), joka etsii opetusjoukosta samankaltaisimmat yksilöt. Toisessa mallissa Kolehmainen käyttää diskreettiä Haarin aallokemuunnosta (discrete Haar wavelet transform) tiiviimpien piirrevektoreiden louhimiseen aikasarjoista. Nämä piirrevektorit Kolehmainen luokittelee tukivektorikoneilla (support vector machines), jotka muodostavat piirreavaruuteen epälineaarisen positiivisen ja negatiivisen luokan jakavan tason.

Kokeissaan Kolehmainen pyrkii ennustamaan makuuhuoneen hiilidioksiditason nousun sisäilmayhdistyksen suositusarvojen yläpuolelle tietyn mittaiseksi ajaksi. Tapahtuma toistuu melko säännöllisesti päivittäin, joten molemmat Kolehmaisen käyttämät mallit yltyvät noin 75 %:n varoitustarkkuuteen. Toisessa kokeessaan hän ennustaa ilman pienhiukkastason nousua, joka on huomattavasti harvinaisempi tapahtuma. Tässä tapauksessa mallit antavat liikaa väärää hälytyksiä, mikä olisi kuitenkin Kolehmaisen mukaan estettävissä mallien tarkemmalla säätämällä. Kolehmainen toteaa vuodenajan ja ilmastointijärjestelmän muutosten vaikuttavan huomattavasti tuloksiin ja ehdottaa mallien opettamista uudelleen aina, kun tällaisia muutoksia tapahtuu. Lopuksi Kolehmainen esittää jatkotutkimuksen aiheiksi tarkempaa tutustumista ennustettavaan ilmiöön, mikä auttaisi määrittelemään merkitsevämät ennustettavat tapahtumat. Myös järjestelmän sisältämien aikaparametrien säätäminen parantaisi Kolehmaisen mukaan järjestelmän suorituskykyä.

## **Pro gradu -tutkielma: Supplier Evaluation with Multi-Criteria Decision Making Using Fuzzy Ordered Weighted Averaging Operators and Fuzzy Score Card**

Tekijä: Margaret Kwawaho Barasa, Faculty of Technology,  
Department of Mathematics and Physics, Laboratory of Applied Mathematics

Työn ohjaaja: D.Sc. Pasi Luukka

Työn valvoja: Prof. D.Sc. Mikael Collan

Owing to the problems of vague and imprecise representation of data during decision making especially in the business sector today, a fuzzy approach has been adopted. Since peoples' judgements can not be easily expressed as exact numerical values, in this case they can be estimated as fuzzy numbers using the fuzzy set theory. In this thesis a fuzzy multi-criteria decision making approach for solving a supplier evaluation problem is proposed. The approach uses fuzzy score cards as a measure of importance of the suppliers with respect to the available criteria. The ratings and weights of each supplier with respect to the criterion are expressed in triangular fuzzy numbers. These fuzzy numbers are aggregated using fuzzy ordered weighted averaging operator. A method for ranking fuzzy numbers is applied to determine the ranks of the fuzzy numbers before aggregation. This method consists of three criteria applied one after the other. Two numerical examples are presented in the end to illustrate the performance of the overall model. The model is innovative according to the test and fulfills the goal of the thesis. It was tested by comparing its results with the results obtained by other authors solving the same problem with other methods. According to the comparisons, the results are promising hence validating the model.

# Diplomityö: The effect of experience on knowledge axtraction from accident reports

Tekijä: TkK Noora Hyttinen, Aalto-yliopisto

Työn ohjaaja: MSM Arsham Mazaheri

Työn valvoja: Prof. Ahti Salo

## Kokemus vaikuttaa onnettomuusmallien rakentamisessa

Noora Hyttinen on tutkinut diplomityössään asiantuntijoiden taustan vaikutusta onnettomuustutkimuksessa matemaattisten mallien rakentamisessa. Työ on tehty osana EU:n rahoittamaa MIMIC-hanketta (<http://www.merikotka.fi/mimic>). Työssä selvitetään, onko koulutus- ja työtaustalla vaikutusta, kun onnettomuusraporteista saatavien tietojen avulla rakennetaan matemaattisia malleja. Työssä käytettiin karilleajo-onnettomuuksien onnettomuusraportteja ja koeryhmiä oli kaksi, tutkijat ja merenkulun ammattilaiset. Koeryhmien mallien välillä havaittiin muutamia selkeitä eroja.

Karilleajojen onnettomuussyiden tutkimisessa käytetään usein vanhoista onnettomuusraporteista rakennettuja tietokantoja. Tutkimusta varten raportit luetaan ja raporteista löytyvät onnettomuuksien syyt kasataan Bayes-verkoiksi, joita käytetään onnettomuussyiden analysoimiseen. Bayes-verkot kuvaavat graafisesti eri muuttujien välisiä riippuvuussuhteita ja niitä käytetään usein monimutkaisempien systeemien kuvaamiseen. Bayes-verkot sopivat hyvin onnettomuusmalleihin, joissa onnettomuussyitä on useita ja syyt ovat toisistaan riippuvaisia. Syntyvä malli riippuu verkon rakentajan mielipiteestä ja kokemuksesta.

Hyttisen työssä molemmat koeryhmät lukivat samat onnettomuusraportit ja kukin osallistuja rakensi omat Bayes-verkkonsa jokaisesta onnettomuusraportista keräämistään onnettomuussyistä. Osallistujien mielipiteitä selvitettiin kolmella eri kyselylomakkeen osalla. Ensimmäisessä osassa kysyttiin onnettomuussyiden kausaaliketjuja, joiden avulla syyt jaettiin yleisempiin kategorioihin. Toisessa osassa osallistujat muodostivat kategorioiden avulla Bayes-verkot onnettomuuksien syistä. Kolmatta osaa tarvittiin ratkaisemaan erimielisyyksiä riippuvuuksista ryhmien sisällä.

Bayes-verkkojen eroja tutkittiin pääasiassa syiden erojen kautta, mutta myös vaikutussuhteiden kautta. Työssä selvisi, että ryhmien välillä on eroja, mutta malleissa on myös yhtäläisyyksiä. Toisaalta myös yksittäisten ryhmien jäsenten tulokset vaihtelivat suuresti. Joidenkin onnettomuussyiden kohdalla työssä havaittiin tutkijoiden ja merenkulkijoiden mallien välillä selvä ero. Merenkulkijat löysivät raporteista useammin erityisesti navigointiin liittyviä syitä onnettomuuksille, kuten väärä ohjaus, puutteellinen reittisuunnitelma ja huono automaatio. Tutkijat pitivät onnettomuuksien syinä useammin ulkoisia tekijöitä, kuten huonoa näkyvyyttä ja tuulta. Ongelmallista mallien vertailemisessa on se, että mallin oikeaa rakennetta ei tiedetä. On siis mahdotonta tietää, kumman ryhmän mallit ovat lähempänä totuutta.

Työn tulosten perusteella myöhemmissä tutkimuksissa olisi syytä kiinnittää huomiota erityisesti siihen, kenen mielipiteen mukaan laajempia onnettomuusmalleja rakennetaan. Tutkijoiden olisi hyvä kysyä myös merenkulkijoiden mielipiteitä kuhunkin onnettomuusraporttiin liittyen, ettei jokin kriittinen onnettomuussy jää mallin ulkopuolelle.

# Diplomityö: Telekommunikaatiobisnestä kuvaavan mallin Nashin tasapainojen laskeminen erilaisissa kognitiivisen radion skenaarioissa

Tekijä: Tkk Erno Niemenmaa, Aalto-yliopisto

Työn ohjaaja: Tkt Kimmo Berg

Työn valvoja: Prof. Harri Ehtamo

## Telekommunikaatiobisnestä kuvaavan mallin Nashin tasapainojen laskeminen erilaisissa kognitiivisen radion skenaarioissa

Aalto-yliopiston Perustieteiden korkeakoulun systeemianalyysin laboratorioon tehdyssä diplomityössään Erno Niemenmaa laskee telekommunikaatiobisnestä kuvaavasta markkinamallista laaditun pelin Nashin tasapainoja erilaisissa kognitiivisen radion skenaarioissa. Työssä verrataan kahta vaihtoehtoa nykyiseen taajuusalueiden käytön jakamisessa sovellettavaan sääntöön ja tutkitaan näiden vaihtoehtojen vaikutuksia operaattoreiden saamaan voittoon, kysyntään, sekä lisensioidun taajuusspektrin käyttöasteeseen. Diplomityön tulosten perusteella siirtyminen toiseen vaihtoehtoiseen sääntöön olisi perusteltua, sillä kysyntä ja spektrin käyttöaste kohoaisi, ja silti operaattoreiden voitot eivät laskisi.

Telekommunikaatioalalla ollaan kehitelty uutta kognitiivisen radion teknologiaa, joka mahdollistaa laitteiden dynaamisesti vaihtaa käyttämiään radiotaajuuksia. Tästä uudesta teknologiasta hyötyminen vaatii sen, että operaattoreilla on olemassa vaihtoehtoisia taajuusalueita, kun ensisijainen taajuusalue täyttyy. Uuden teknologian hyödyntämiseksi on diplomityössä esitetty kaksi vaihtoehtoista tapaa taajuusalueiden käyttösäännöiksi. Ensimmäisessä säännössä operaattoreiden lisensioimien taajuusalueiden lisäksi on myös yhteiskäytössä oleva taajuusalue, jota saa käyttää siinä tapauksessa, että oma taajuusalue on täysi. Toisessa säännössä operaattorit ovat velvoitettuja lainaamaan omia taajuuksiaan muiden käyttöön, sikäli kun niitä on vapaana.

Markkinamalli muodostaa kaksivaiheisen pelin, jossa ensimmäisessä vaiheessa operaattorit päättävät taajuusalueisiin kohdistuvan investoinnin suuruuden. Toisessa vaiheessa operaattorit hinnoitelevat palvelunsa. Pelin ratkaisemisessa analyttisesti päädytään hyvin nopeasti liian monimutkaisiin yhtälöryhmiin. Tästä syystä diplomityössä on kehitetty algoritmi, joka etsii pelin Nashin tasapainoa best response -dynamiikasta hieman parannetulla versiolla. Myös hinnoittelupeliä ratkotaan osapelinä samalla algoritmilla. Ongelmaksi kuitenkin muodostuu se, ettei puhtaiden strategioiden Nashin tasapainoa ole aina olemassa. Tämän ongelman ratkaisemiseksi muodostetaan algoritmin kiertämän alueen ympäristöön matriisipeli. Tämän matriisipelin sekastrategiatasapaino ratkaistaan Porterin, Nudelmanin ja Shohamin esittelemällä algoritmilla.

# Diplomityö: Lyhyen aikajänteen myyntiennusteen rakentaminen ja viestintä

Tekijä: TkK Tony Nysten, Aalto-yliopisto

Työn ohjaaja: DI Jari Lappalainen

Työn valvoja: Prof. Ahti Salo

## **Yritysten julkiset myyntiennusteet vaikuttavat markkinoiden odotuksiin**

Tony Nystenin diplomityö ”Lyhyen aikajänteen myyntiennusteen rakentaminen ja viestintä” käsittelee kuluttajatuotteita valmistavien yritysten myyntiennusteita ja näiden julkista viestintää. Työ tehtiin Nokia Oyj:n talousosaston toimeksiannosta.

Diplomityön päätavoitteena oli selvittää lyhyen aikajänteen myyntiennusteen viestinnän vaikutus markkinoiden odotuksiin sekä osakekurssiin. Yritysten sijoittajasuhdeosastot julkaisevat ennusteita varmistaakseen, että yrityksen odotukset ovat linjassa markkinoiden odotusten kanssa. Mikäli markkinoiden odotukset ajautuvat liian kauaksi yrityksen odotuksista, joutuu yritys antamaan tulosvaroituksen, mikä vahingoittaa yrityksen julkisuuskuvaa. Lisäksi julkisilla ennusteilla pyritään vähentämään osakkeen volatiliteettia, eli osakurssin hajontaa.

Aineisto osoitti, että yritysten julkiset myyntiennusteet ovat keskimäärin pessimistisiä, eli todellinen myynti osoittautuu korkeammaksi kuin kolme kuukautta aikaisemmin julkaistu ennuste. Tämä johtuu siitä että yritykset haluavat tulosjulkistuksensa olevan myönteinen yllätys.

Työssä havaittiin, että julkisilla myyntiennusteilla on tilastollisesti merkitsevä vaikutus markkinoiden odotuksiin, kun markkinoiden odotuksia kuvattiin sijoitusanalyttikoiden myyntiennusteiden keskiarvolla. Julkisten myyntiennusteiden ja osakekurssien välillä ei kuitenkaan pystytty havaitsemaan tilastollisesti merkitsevää yhteyttä.



# Diplomityö: Improving the Use of Ranked Nodes in the Elicitation of Conditional Probabilities for Bayesian Networks

Tekijä: TkK Pekka Laitila, Aalto-yliopisto

Työn ohjaaja: TkT Kai Virtanen

Työn valvoja: Prof. Raimo P. Hämmäläinen

## Helpotusta todennäköisyyksien arviointiin parametrisesta menetelmästä

Pekka Laitila on kirjoittanut Aalto-yliopiston Perustieteiden korkeakoulun Systeemianalyysin laboratoriossa diplomityön nimeltä ”Improving the Use of Ranked Nodes in the Elicitation of Conditional Probabilities for Bayesian Networks”. Työ käsittelee menetelmää, jolla tuetaan satunnaismuuttujien välisiä riippuvuussuhteita kuvaavien todennäköisyyksien arviointia. Todennäköisyydet muodostetaan menetelmässä asiantuntijan arvioimien parametrien pohjalta. Laitila täsmentää ja tulkitsee menetelmän toimintaperiaatetta sekä kehittää sitä alkuperäisistä sovelluksista poikkeaviin tilanteisiin. Laitilan työssään suorittamat laskennalliset kokeet osoittavat menetelmän tuottavan nopeasti karkeita todennäköisyysarvioita, joita voidaan käyttää lähtöpisteenä todennäköisyysarviointiin vaiheittaiselle tarkentamiselle.

Laitilan tutkima menetelmä liittyy Bayes-verkkoihin, jotka kuvaavat satunnaismuuttujien välisiä riippuvuussuhteita graafisesti ja matemaattisesti. Bayes-verkkoja sovelletaan muun muassa laitteistojen vianmäärityksessä, lääketieteellisessä diagnostiikassa, sekä sotilaallisissa sovelluksissa. Bayes-verkoissa satunnaismuuttujien väliset riippuvudet määritellään todennäköisyyksiä sisältävissä taulukoissa. Joissain tapauksissa taulukoiden määrittämiseksi ei ole tarpeeksi tilastollista aineistoa. Tällöin todennäköisyyksiä voidaan määrittellä taulukoihin esimerkiksi asiantuntija-arvioiden perusteella. Arvioitavia todennäköisyyksiä voi kuitenkin olla sadoittain tai tuhansittain, mikä asettaa haasteita sekä asiantuntijan kognitiivisen rasituksen, että arviointiin käytössä olevan ajan suhteen. Laitilan tutkiman menetelmän perusajatus on, että satunnaismuuttujien välistä vuorovaikutusta voidaan luonnehtia valittavissa olevalla matemaattisella funktiolla ja siihen liittyvillä parametreilla. Menetelmää käytettäessä asiantuntija valitsee sopivan funktion ja määrittää siihen liittyville parametreille arvon. Todennäköisyystaulukko lasketaan tämän jälkeen automaattisesti. Parametrien lukumäärä on pieni verrattuna arvioitavien todennäköisyyksien lukumäärään, mikä vähentää asiantuntijalta vaadittavaa arviointityötä.

Laitilan diplomityössä menetelmään liittyvät laskuoperaatiot esitetään ensimmäistä kertaa niin täsmällisesti, että ne voidaan ohjelmoida tietokoneella. Laitila myös johtaa menetelmässä esiintyvillä parametreille tulkinnat, jotka helpottavat niiden johdonmukaista arvioimista.

Diplomityössä tutkittu menetelmä on alunperin kehitetty käsittelemään satunnaismuuttujia, joiden tilat ovat määritelty subjektiivisella ordinaalisella asteikolla. Muuttujan tila voi olla esimerkiksi huono, hyväksyttävä tai hyvä. Työssään Laitila esittää myös, kuinka menetelmää ja hänen johtamiaan parametri-tulkintoja voidaan soveltaa tilanteissa, joissa satunnaismuuttujien tilat ovat välimatka- tai suhdeasteikon peräkkäisiä osavälejä, esimerkiksi 0-100 €. Tämä laajentaa menetelmän sovellusmahdollisuuksia.

Laitila tutkii menetelmää diplomityössään myös kahden laskennallisen kokeen kautta. Ensimmäisessä kokeessa Laitila selvittää menetelmän käyttönopeuden rajoitteita mittaamalla erikokoisten todennäköisyystaulukoiden laskemiseen kuluvaan aikaan. Kokeen tulokset osoittavat, että tyyppillisen kokoisia todennäköisyystaulukoita saadaan laskettua sekunnissa tavanomaisella pöytätietokoneella. Tämä tarkoittaa, että taulukoiden laskeminen ei rajoita menetelmän käyttönopeutta. Toisessa kokeessa Laitila tutkii menetelmän mallinnustarkkuutta sovittamalla sen tuottamia todennäköisyystaulukoita erilaisista Bayes-verkkojen sovelluksista löytyviin todennäköisyystaulukoihin. Menetelmän mallinnuskyvyn todetaan olevan yleisesti heikompi kuin toisella todennäköisyystaulukoita parametrien pohjalta laskevalla menetelmällä. Laitila tulkitsee tämän tarkoittavan, että hänen tutkimansa menetelmän oletusten kanssa yhteensopivat riippuvuustyytit ovat suhteellisen harvinaisia Bayes-verkkojen sovelluksissa. Toisaalta Laitila selittää tulosta sillä, että menetelmässä arvioitavien parametrien lukumäärä on pienempi kuin vertailuun käytetyssä. Laskennallisten kokeiden tulosten perusteella Laitila toteaa, että diplomityössä tutkitulla menetelmällä voidaan nopeasti muodostaa karkeita todennäköisyystaulukoita, joissa esiintyviä lukuarvoja voidaan tarvittaessa tarkentaa Bayes-verkolle suoritettavan analyysin perusteella.

# Diplomityö: Military Aircraft Routing with Multi-Objective Network Optimization and Simulation

Tekijä: TkK Heikki Puustinen, Aalto-yliopisto

Työn ohjaaja: TkT Kai Virtanen

Työn valvoja: Prof. Raimo P. Hämmäläinen

## Reittioptimointi parantaa hävittäjien ilmasta maahan -kykyä

Monitavoitteiseen verkko-optimointiin ja simulointiin perustuvalla hävittäjän lentoreitin suunnittelulla voidaan saavuttaa merkittävää etua ilmaoperaation suunnittelussa. Tähän johtopäätökseen tullaan Aalto-yliopiston Perustieteiden korkeakoulun opiskelija Heikki Puustisen diplomityössä ”Military Aircraft Routing with Multi-Objective Network Optimization and Simulation”, joka käsittelee ilmasta maahan –tehtävää toteuttavan hävittäjän lentoreitin optimointia. Työssään Puustinen esittelee automatisoidun lähestymistavan ilmasta maahan –tehtävän optimaalisen lentoreitin ratkaisemiseksi, mikä helpottaa ja nopeuttaa lentoreitin suunnittelua.

Ilmasta maahan –tehtävät ovat ilmapuolustuksen ohella modernin hävittäjän tärkeimpiä käyttökohteita. Ilmasta maahan –tehtävän tarkoituksena on tuhota maassa sijaitsevia kohteita, kuten strategisia rakennuksia ja kalustoa, ja näin heikentää vihollisen johtamis- ja taistelukykyä. Kohteen suojana on usein hävittäjiä sekä ilmatorjunta-aseita. Nämä uhkat aiheuttavat riskin sille, että hävittäjä ei saavuta ilmasta maahan –aseen laukaisupistettä ja tehtävä epäonnistuu. Lentoreitin tulisikin välttää näitä uhkia ja minimoida tehtävään liittyvät riskit. Toisaalta lentoreitin tulisi olla mahdollisimman lyhyt ja kuluttaa mahdollisimman vähän polttoainetta. Ilmasta maahan –tehtävän lentoreitin optimointi onkin siten monitavoitteinen optimointitehtävä, jolle harvoin löytyy yksikäsitteistä ratkaisua.

Puustisen esittelemässä lähestymistavassa määrätään optimaalinen reitti ilmapuolustuksen läpi ilmasta maahan –tehtävää toteuttavalla hävittäjälle käyttämällä verkko-optimointia ja simulointia. Reitin optimoinnissa otetaan huomioon neljä kriteeriä: lentomatka, polttoaineenkulutus sekä lentomatkat ilmasta ilmaan ja maasta ilmaan –uhkien vaikutusten alla. Reitin optimointiin sisältyy myös optimaalisen ilmasta maahan –aseen laukaisupisteen sekä optimaalisten lähtö- ja paluutukikohtien valinta. Saadun optimireitin käyttökelpoisuus arvioidaan simuloimalla optimireittiä lentävään hävittäjään kohdistuvia uhkia. Jos simulointitulokset tukevat optimointituloksia, saatu reitti hyväksytään lopulliseksi ratkaisuksi. Muussa tapauksessa uhkamalleja päivitetään simulointitulosten pohjalta ja optimointi sekä simulointi toteutetaan uudelleen, kunnes optimaalinen ja käypä ratkaisu löydetään.

Diplomityössä esiteltyä lähestymistapaa voidaan soveltaa myös muiden monitavoitteisten epälineaaristen optimointitehtävien ratkaisemiseen. Tällöin simulointia käytetään alkuperäistä ongelmaa approksimoivan optimointitehtävän käypyyden arviointiin. Approksimoitua tehtävää tarkennetaan simulointitulosten perusteella, kunnes optimaalinen ja käypä ratkaisu löydetään

# Tapahtumakalenteri

## **Marraskuu 2013**

27.11. Seuran vaalikokous

## **Joulukuu 2013**

1.12. – 6.12. 20th International Congress on Modelling and Simulation (MODSIM2013)

Adelaide, Australia

<http://www.mssanz.org.au/modsim2013/>

## **Helmikuu 2014**

17.2. – 28.2. 1st EURO PhD School on MCDM

Madrid, Espanja

[http://www.mat.ucm.es/imeio/cursos/EPS\\_MCDM/](http://www.mat.ucm.es/imeio/cursos/EPS_MCDM/)

## **Toukokuu 2014**

19.5. – 22.5. SIAM Conference on Optimization

San Diego, Kalifornia

<http://www.siam.org/meetings/op14/>

## **Heinäkuu 2014**

13.7. – 18.7. IFORS 2014 Conference

Barcelona, Espanja

<http://www.ifors2014.org>

## **Marraskuu 2014**

9.11. – 12.11. INFORMS Annual Meeting

San Francisco, Kalifornia

<http://meetings2.informs.org/sanfrancisco2014/>

## **Joulukuu 2014**

7.12. – 10.12. Winter Simulation Conference 2014

Savannah, Georgia

<http://www.wintersim.org>

## **Elokuu 2015**

3.8. – 7.8. 23rd International Conference on Multiple Criteria Decision Making, MCDM 2015

Hampuri, Saksa

<http://www2.hsu-hh.de/logistik/MCDM-2015/>

Lisää tapahtumia:

<http://meetings.informs.org/>

<http://www.ifors.org>

<http://www.euro-online.org/>