

INFORS

Suomen Operaatiotutkimusseuran jäsenlehti

2/2005

- MASI, Elmer ja Mikko-



FORS

Suomen Operaatiotutkimusseura ry
Finnish Operations Research Society

**Suomen
Operaatiotutkimusseura ry:n
jäsenlehti**

N:o 2 - 2005

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

**Vastaava päätoimittaja,
seuran puheenjohtaja:**

Tomi Seppälä
Helsingin kauppakorkeakoulu
Kansantaloustieteen laitos
PL 1210
00101 Helsinki
Puh. (09) 43138 528
Fax (09) 43138 535

Toimittaja, seuran sihteeri:

Janne Karelahti
Teknillinen korkeakoulu
Systeemianalyysin laboratorio
PL 1100
02015 TKK
Puh. (09) 451 3052

Jäsenmaksun suuruus:

25 euroa / vuosi
jatko-opiskelijat 20 euroa/vuosi
perusopiskelijat 5 euroa / vuosi

Mainoshinnat:

Sivu 100 euroa
Sivu / 2 eri numeroa 150 euroa

SISÄLTÖ

<i>Puheenjohtajan palsta</i>	<i>3</i>
<i>Kilpailukykyä mallinnuksesta ja simuloinnista.....</i>	<i>4</i>
<i>Monifysikaalisen mallinnusohjelmiston kehitystarina.</i>	<i>9</i>
<i>Monikriteeriset heikot signaalit innovaatioaihioissa.....</i>	<i>12</i>
<i>Matkakertomus: Wieniläisittäin neuvotellen.....</i>	<i>15</i>
<i>Opinnäytteet.....</i>	<i>17</i>
<i>Tulevia tapahtumia</i>	<i>38</i>

PUHEENJOHTAJAN PALSTA

Tomi Seppälä

tomi.seppala@hkkk.fi

Syksyinen FORS-seminaari on Suomen Operaatiotutkimusseuran vuotuinen päätapahtuma. Se pidetään tänäkin vuonna pikkujoulujen aikaan 1.12. Restaurant Bankissa, Helsingissä. Aiheena on ”Infrastruktuuri ja logistiikka”. Toivottavasti pääsette paikalle kuuntelemaan esitelmiä, tapaamaan tuttuja ja tutustumaan uusiin alanne ihmisiin. Seminaarikutsu on ohessa, ja lisätietoja löytyy seuran nettisivuilta www.optimointi.fi. Mainostanette sitä kaikille potentiaalisille asiasta kiinnostuneille.

FORS-seminaarissa julkistetaan myös vuoden OR-henkilö, joksi pyydämme jäsenistöltä ehdotuksia perusteluineen. Vuoden OR-henkilön valintakriteerinä käytetään seuraavaa luonnehdintaa: "Vuoden OR-henkilön tulisi olla joku, joka käytännön työllään tai tutkimuksellaan on edistänyt merkittävästi operaatiotutkimuksen sovelluksia tai teoriaa".

Tässä lehden numerossa on kerrottaan mallinnus ja simulointi -teknologiaohjelmasta MASIsta. Lisäksi mukana on ELMER-mallinnusohjelmiston kehitystarina ja monikriteeristen heikkojen signaalien tutkimusprojektin esittely sekä juttu seuramme jäsenestä, joka sai arvokkaan väitöskirjapalkinnon kovatasoisessa kansainvälisessä kilpailussa, ja vielä matkakertomus sekä useita opinnäytteiden tiivistelmiä.

Myös johtokunnan toimintavuosi on päättymäisillään. Seuran vaalikokouskutsu on liitteenä: vaalikokous pidetään VTT:llä 24.11. Tervetuloa valitsemaan uutta puheenjohtajaa ja johtokuntaa!

Oma puheenjohtajakauteni päättyy tämän vuoden lopussa. Samalla kun kiitän johtokuntaa, sihteeriä ja taloudenhoitajaa, sekä muita seuran jäseniä yhteistyöstä, toivoisin yhä lisää ihmisiä osallistumaan seuran käytännön toimintaan, ennen kaikkea seminaareihin ja niiden järjestelyihin, samoin kuin juttujen kirjoittamiseen lehteen.

Väistyvä puheenjohtaja

KILPAILUKYKYÄ MALLINNUKSESTA JA SIMULOINNISTA

Eija Alakangas, VTT

eija.alakangas@vtt.fi

Mika Aalto, Tekes

mika.aalto@tekes.fi

Pekka Taskinen, VTT

pekka.taskinen@vttfi

MASI-teknologiaohjelma 2005 – 2009



Tekesin MASI-teknologiaohjelman tavoitteena on tehostaa mallinnus- ja simulointitekniikoiden käyttöä yrityksissä ja vahvistaa suomalaisen teollisuuden ja palveluyritysten kansainvälistä kilpailukykyä. Ohjelma luo edellytyksiä uuden mallinnus- ja simulointiosaamiseen perustuvan liiketoiminnan käynnistämiseen.

Mallinnus ja simulointi laajempaan käyttöön

MASI-teknologiaohjelma tähtää suomalaisen teollisuuden ja palveluelinkeinojen kilpailukyvyyn parantamiseen tuomalla mallinnus- ja simulointityökalujen tehokkaan hyödyntämisen luonnolliseksi osaksi yritysten jokapäiväistä toimintaa. Mallinnuksella ja simuloinnilla saavutettavat hyödyt, kuten esimerkiksi olemassa olevien prosessien optimaalinen toiminta sekä tuotekehityksen merkittävä nopeuttaminen, tarjoavat jatkuvasti kiristyvässä globaalissa kilpailussa edellytyksiä yhä menestyvämpään liiketoimintaan tulevaisuudessa.

Useissa eri teknologiasovelluksissa toistuvat samat fysikaaliset ilmiöt. Myös tietokonemallinnuksen työmenetelmät ovat pitkälle samoja ja sovelluksesta riippumattomia. Toistaiseksi mallinnuksen työvälineitä on kuitenkin kehitetty sovelluslähtöisesti laaja-alaisen tutkimusotteen sijaan. MASI-teknologiaohjelman yhteistyön kautta halutaan saavuttaa synergiahyötyjä ja saada tulokset tehokkaaseen käyttöön suomalaisessa elinkeinoelämässä.

Mallinnuksen ja simuloinnin edellyttämä järjestelmällinen ajattelutapa sekä fysikaalisten, kemiallisten ja biologisten perusilmiöiden tarkastelu johtavat prosessien parempaan ymmärtämiseen ja hallintaan - usein jopa kokonaan uusiin innovaatioihin.

Ohjelman painopisteet

MASI-teknologiaohjelman painopisteitä ovat

- ilmiömallit ja niiden yhdistäminen,
- mallinnuksen menetelmät ja työkalut,
- palveluiden ja liiketoimintaprosessien kehittäminen sekä
- mallinnuksen käyttö ja tuotteistaminen liiketoiminnassa.

Tutkimustulokset hyödyksi yritystoimintaan

Ohjelman keskeisenä pyrkimyksenä on tutkimustulosten tehokas hyödyntäminen liiketoiminnassa. Mallinnuksen ja simuloinnin hyödyntäminen edelläkävijäyrityksissä on jo varsin korkeatasoista, mutta haasteena nähdään nykyistä laajempi hyödyntäminen koko yrityskentässä. Tässä tilanteessa myös pienillä yrityksillä on mahdollisuuksia merkittäviin palvelutuoteinnovaatioihin. Ohjelman tavoitteita ovat:

- osaamisen siirto tutkimuslaitoksista teollisuuteen ja palveluliiketoimintaan
- osaamisen siirto edelläkävijäyrityksiltä muille yrityksille
- monitieteisen osaamisen yhdistämisen kautta syntyvät yleiskäyttöiset ratkaisut, joita voidaan hyödyntää useilla sovellusalueilla
- pk-yritysten mallinnuksen ja simuloinnin käytön edistäminen
- uusien palveluyritysten tai uuden liiketoiminnan synnyttäminen
- kansainvälisten yhteyksien ja liiketoiminnan kehittäminen

Osallistuminen ohjelmaan

MASI-teknologiaohjelmasta voivat hakea rahoitusta yritykset ja tutkimusorganisaatiot. Ohjelman kokonaislaajuudeksi arvioidaan noin 92 miljoonaa euroa. Tästä Tekesin rahoitusosuus on noin 46 miljoonaa euroa.

Mallinnukseen ja simulointiin liittyvä sovelluskohtainen kehittäminen toteutetaan ohjelmaan kuuluvissa yrityshankkeissa. Yrityshankkeiden sisältönä voi olla haasteellinen mallinnus- ja simulointimenetelmien kehittäminen tai tutkimusorganisaatioiden mallinnus- ja

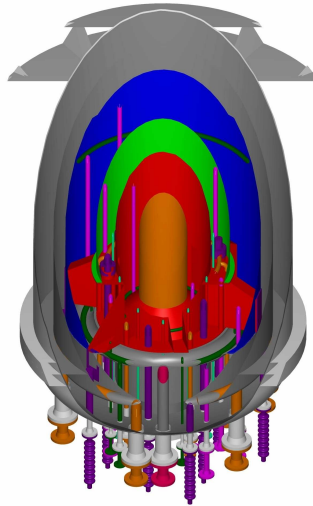
simulointiosaamisen hyödyntäminen yritystoiminnassa. Hankkeilta toivotaan laajaa yhteistyötä tutkimusorganisaatioiden ja/tai alan yksityisten palveluntarjoajien kanssa.

Ohjelmassa rahoitettavat tutkimushankkeet palvelevat yleisen mallinnus- ja simulointiosaamisen kehittämistä, sisältävät merkittävää uutuusarvoa ja niiden tulokset ovat laajasti hyödynnettävissä. Teknologiaohjelman lähestymistapa on monitieteinen ja ohjelmaan valittavilta tutkimushankkeilta edellytetään poikkiteknologista lähestymistapaa. Tutkimushankkeilta edellytetään lisäksi laajaa verkottumista niin yritysten kuin tutkimusorganisaatioiden kesken, korkeaa kansainvälistä tasoa ja pyrkimystä tutkimuskokonaisuuksien hallintaan yksittäisten ongelmanratkaisujen sijasta.

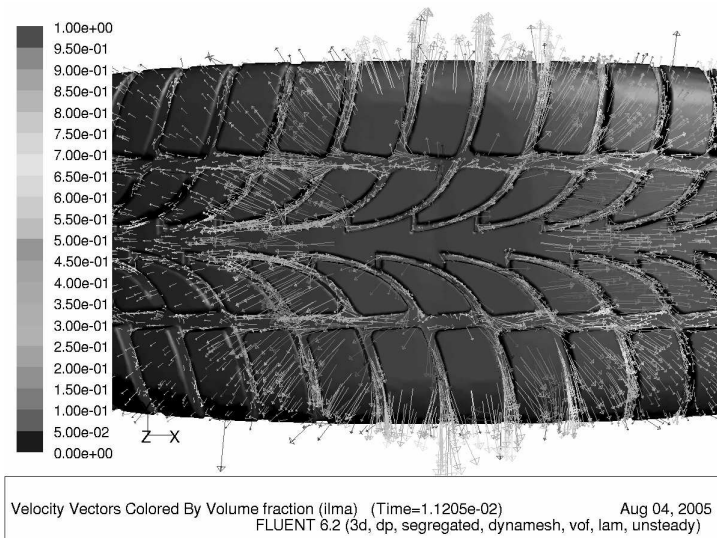
Yritykset voivat hakea rahoitusta MASI-teknologiaohjelmasta jatkuvasti ilman erityisiä hakuaikoja. Tutkimuslaitoksille, korkeakouluille ja yliopistoille tarkoitetut haut ilmoitetaan ohjelman www-sivuilla ja lehti-ilmoituksilla.



Pekka Taskinen, VTT ja Mika Aalto; Tekes ”Monipuolinen mallinnus- ja simulointitekniikoiden hyödyntäminen tarjoaa ratkaisevan kilpailuedun suomalaiselle teollisuudelle ja palveluliiketoiminnalle. Missiona on että suomalaiset yritykset ovat omaksuneet mallinnuksen ja simuloinnin jokapäiväiseksi työkaluksi ja toimivat verkostoituneena keskenään sekä tutkimuslaitosten osajien kanssa”.



Prosessi- ja elektroniikkateollisuudessa on mallinnuksen ja simuloinnin soveltamisen edelläkävijäyrityksiä. Mallinnusta ja simulointia sovelletaan tuotekehityksessä ja tehdassuunnittelussa sekä kemiallisten, metallurgisten että fysikaalisten prosessien mitoituksessa, huollossa, käytön sekä prosessien optimoinnissa. (Neste Oil)



Nopeusvektoreita renkaan alta, kun rengasta pudotetaan vesilätäkköön (Nokian renkaat/Process Flow)



Rakennetun ympäristön visualisointia hyödynnetään kaupunki- ja arkkitehtisuunnittelun sekä uudiskohteiden myynnin ja markkinoinnin aloilla mm. havainnekuvien muodossa. (VTT)



Mallinnusta ja simulointia hyödynnetään laajasti mm. liikennevälineiden ja työkoneneiden käytön koulutuksessa. MASI-teknologiaohjelmassa kehitetään mm. bussisimulaattoria ja tietokoneavusteista itseopiskelutyökalua kuljettajille (STC Simulator Training)

Lisätietoja

Ohjelmaa täydentävä tutkimuslaitoksille suunnattu aihaku on parhaillaan auki ja päättyy 2.12.2005. Lisätietoja Tekesin MASI-sivuilta.

Teknologia-asiantuntija Mika Aalto, Tekes
 puh. 010 605 5886
mika.aalto@tekes.fi

Ohjelmapäällikkö Pekka Taskinen, VTT
 puh. 020 722 2566
pekka.taskinen@vtt.fi

www.tekes.fi/ohjelmat/masi

MONIFYSIKAALISEN MALLINNUSOHJELMISTON KEHITYSTARINA

Peter Råback, CSC

peter.raback@csc.fi

Juha Vierinen, CSC

juha.vierinen@csc.fi

Luonnon lait on kirjoitettu matematiikan kirjaimin. Tämän tiesi jo Galileo Galilei. Arkitodellisuden kuvaukseen usein riittävät klassisen fysiikan lait saatiinkin kirjattua lukuisia falsifioimisyrityksiä kestäneiksi matematiikan yhtälöiksi jo viime vuosisadalle tultaessa. Ilman riittävää laskentakapasiteettiä nämä yhtälöt säilyttivät kuitenkin salaisuutensa varsin pitkään. Laskentakapasiteetin kasvaessa kehittyivät myös ohjelmistot ja klassinen fysiikka koki melkoisen renessanssin.

Aluksi laskentaohjelmistot olivat yhden alueen erikoisohjelmistoja, joilla ratkottiin vaikkapa rakenteiden kestävyyttä, virtausten kulkeutumista tai sähkömagneettisia kenttiä. Kaikkia ilmiöitä ei kuitenkaan voi kuvata toisistaan riippumattomina, vaan ne tapahtuvat yhtäaikaaisesti muiden ilmiöiden kanssa. Useiden ilmiöiden yhtäaikaiseen kuvaukseen soveltuvia ohjelmistoja markkinoimaan kehittyi sanahirviö "Multiphysics" - tähän asti oli sujuvasti pärjätty yhdellä fysiikalla. Ensimmäinen termiä käyttänyt ohjelmisto oli 1990-luvulla Ansys Multiphysics. Nykyään monifysikaalisia ohjelmistoja on suuri joukko.

Monifysikaalisten ohjelmiston tuloa ei ole ohjannut vain tarjonta, vaan myös ohjelmistojen kysyntä on lisääntynyt uusien teknologioiden tulon myötä. Esimerkiksi mikroelektromekaaniset systeemit (MEMS) vaativat jo nimensä mukaisesti ohjelmistoja, jotka kykenevät mallintamaan pieniä antureita, joissa tapahtuu sekä sähköisiä että mekaanisia ilmiöitä. Vastaavanlaisia mallinnustarpeita on luonut mikrofluidistiikka ja enenevässä määrin myös nanoteknologia. Myös vanhojen sovellusalueiden mallinnuksessa hyödynnetään enenevässä määrin monifysikaalisia ohjelmistoja, sillä yhteen ilmiöön keskittyvä osiooptimointi ei useinkaan tuota parasta mahdollista tulosta. Esimerkiksi paperikoneen mallinnus antaa hyvän esimerkin vaadittavasta fysikaalisten ilmiöiden kirjosta.

CSC:n johdolla kehitetty Elmer-ohjelmisto on eräs monifysikaalinen mallinnusohjelmisto. Elmerin kehitys alkoi osana Tekesin virtauslaskennan teknologiaohjelmaa vuonna 1995. Alussa sovellukset löytyivätkin virtauslaskennan puolelta, mutta hiljalleen Elmerin ominaisuuksia laajennettiin kattamaan muita fysiikan osa-alueita. Kehitys on ollut pääosin sovellusvetoista, siten että

tavoitteena on ollut kehittää ohjelmistoa uusille alueille, joilla on avoimia mallinnusongelmia. Ohjelmiston joustavuuden takeena on modulaarinen arkkitehtuuri, joka mahdollistaa uusien mallien joustavan lisäämisen ohjelmistoon. Onkin havaittavissa, että uusia ohjelmistoteknologioita suosivat joustavat ohjelmistot, kuten vaikka Comsol Multiphysics, ovat selvästi etulyöntiasemassa vanhakantaisiin ohjelmistoarkkitehtuuriin perustuviin kilpailijoihinsa nähden.

Monifysikaalisten ongelmien vaikeus tai helppous ei ole itsestään selvä. On suuri joukko tehtäviä, joissa eri ilmiöiden kytkentä on yhdensuuntainen ja ongelman ratkaisu ei ole sen vaikeampaa kuin kahden erillisen ongelman ratkaisu. Tämä pätee vaikkapa Formula 1 auton spoilerin kuormituksen laskemiseen: Ensin lasketaan virtauskenttä ja sen aiheuttamat voimat spoileriin. Toisessa vaiheessa lasketaan tuon kuorman aiheuttama taipuma ja sitä vastaavat jännitykset. Mikäli spoileri ei taivu merkittävästi, voidaan analyysi lopettaa tähän. Esimerkki kaksisuuntaisesta virtauksen ja rakenteen vuorovaikutuksesta on veren virtaus suurissa suonissa. Virtauksia laskettaessa tulee tietää miten suoni liikkuu ja suonien siirtymiä ratkeltaessa, miten virtaus vaikuttaa suoneen. Ongelma on sen verran haastava, että melkoinen joukko matemaatikoita työskentelee ongelman parissa. Yleensä ongelman vaikeudesta kieliinkin ilmiöiden epäselvä kausaliteettisuhde.

Tällä hetkellä Elmer-ohjelmiston sisältää lähes parikymmentä lämmönsiirtoon, virtausmekaniikkaan, sähkömagnetiikkaan, akustiikkaan, rakenneanalyysiin ja jopa kvanttimekaniikkaan liittyvää fysikaalista mallia. Näitä malleja kuvataan osittaisdifferentiaaliyhtälöillä, jotka ratkotaan elementtimenetelmällä. Elementtimenetelmä onkin insinööritieteissä kiistaton valttias. Muita menetelmiä käytetään vain erikoistapauksissa. Elmeriä voidaan käyttää pöytäkoneilla, MPI-pohjaisilla rinnakkaislaskentajärjestelmillä sekä grid-laskenta-alustoilla. Ohjelma tarjoaa käyttäjälle yleisimmät elementtimenetelmään liittyvät peruspalvelut omina kirjastoinaan, jolloin käyttäjän kontolle jää vain ohjelmoida yhtälön heikosta muodostota kumpuavat elementtimenetelmään liittyvät lokaalit matriisit ja vektorit. Elementtimenetelmä johtaa lopulta matriisiyhtälöön, joka voidaan Elmerissä ratkoa monilla eri lineaarialgebran työkalulla. Käytössä on mm. suora monirintamaratkaisija, joukko Krylov-tyyppisiä iteratiivisia menetelmiä sekä eräillä yhtälötyypeillä loistokkaasti toimivat multigrid-ratkaisijat.

Elmerin akilleen kantapäänä on käyttöliittymän vaatimaton taso kuten akateemisilla ohjelmistoilla ylipäänsä. Kaupallisilla ohjelmistoilla hyvinkin 80% työpanoksesta kuluu käyttöliittymän kehittämiseen, mutta CSC:n kaltaisella organisaation tulee keskittyä ongelman numeeriseen ratkaisuun. Tästä syystä myös käyttäjäkunta on pääosin haettava tutkimukselliselta puolelta, jossa liian hieno käyttöliittymä saattaa jopa syödä ohjelmiston uskottavuutta. Toisaalta tälle käyttäjäkunnalle ohjelmiston avoimuus on aivan keskeistä. Niinpä CSC päätti hiljaitain julkaista

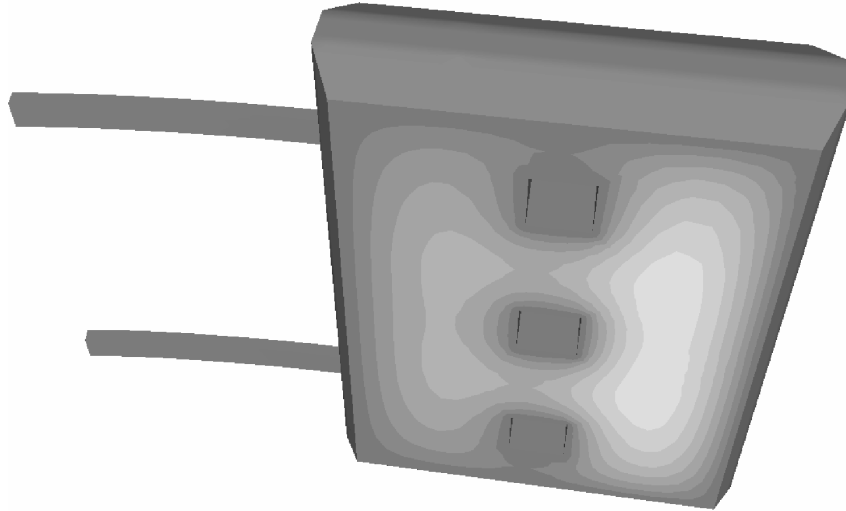
ohjelmiston GPL avoimen koodin lisenssin alla. Julkistuksen tarkoitus on lisätä Elmer:n käyttöä ja helpottaa ohjelmiston kääntämistä. Voidaan myös arvioida että 10-vuotias ohjelmisto olisi ilman koodin avaamista ollut jo elämänsä ehtopuolella.

Avoimen lähdekoodin ohjelmisto

Avoimen lähdekoodin ohjelmistojen tapauksessa yksi tärkeä ominaisuus on helppo käännettävyys. Jos tämä ei vaadi käyttäjältä liikaa päänvaivaa tulee ohjelmistosta hyvä ensivaikutelma ja omien muutosten tekeminen on helpompaa. Elmerin tapauksessa open source julkaisun ensimmäinen osuus oli helppokäyttöisen käännösympäristön luominen usealla eri ohjelmointikielellä toteutetulle ohjelmistolle. Erityisesti Fortran-C rajapinta tuotti hankaluuksia, koska siihen ei ole mitään varsinaista standardia. Käännösympäristö toteutettiin unix-maailmassa yleisesti käytössä olevalla Autoconf+Automake-yhdistelmällä. Autoconf tarjoaa kätevän keinon kääntäjien ja kirjastojen etsimiseen. Automake taas tarjoaa useita kääntämistä ja ohjelmiston julkaisua helpottavia toimintoja. Tällä hetkellä ohjelmisto kääntyy seitsemällä eri kääntäjällä ja kuudella eri käyttöjärjestelmällä käyttäen samaa lähdekoodipakettia.

Hyvän käännösympäristön lisäksi, avoimen lähdekoodin ohjelmistolle on tärkeää sen ympärille muodostuva yhteisö. Toimiva yhteisö motivoi kehittäjiä, luo kansainvälisiä kontakteja ja on lähes ilmaista mainosta osaamisesta. Pelkästään muutaman verkkosivun ja postituslistan avulla pystytään tarjoamaan käyttäjätuki, testaus ja käyttäjäpalaute. Koska hakukoneet indeksoivat postituslistan arkistot, muodostuu keskusteluista myöseräänlainen kysymyspankki, joka vähentää pitkällä tähtäimellä suoran käyttäjätuen määrää ja lisää entisestään ohjelman näkyvyyttä maailmalla. Perinteisten esittelywebisivujen ja postituslistojen lisäksi Elmeriinon tarjolla kattavat manuaalit ja tutoriaalit ohjelmien käytöstä. Elmerin tapauksessa yhteisön rakentaminen on vielä kesken, mutta tällä saralla ollaan edetty nopeasti. Parin ensimmäisen kuukauden aikana listalle on tullut yli 50 viestiä, niiden joukossa paljon hyödyllistä palautetta, virheilmoituksia ja jopa yksi bugikorjaus.

Pari kuukautta sitten tapahtunut open source julkaisu on kaikenkaikkiaan otettu hyvin vastaan. Ohjelmaa on lähinnä mainostettu muutamilla tiedotteilla alan foorumissa ja CSC:n omissa julkaisuissa. Verkkosivujen kävijämäärät ovat kasvaneet parin kuukauden aikana 20 kertaiseksi, joten kasvu on ollut lähes räjähdysmäinen. Ohjelmistoa on ladattu yliopistoista, valtiollisista tutkimuskeskuksista, yrityksistä ja jopa kilpailevia tuotteita valmistavista yrityksistä. Tällä hetkellä on silti vielä vaikea sanoa tuleeko Elmeristä laajasti käytetty ohjelmisto. Mitään suuria esteitä tälle ei pitäisi olla, sillä ohjelma on omassa käytössä todettu hyväksi, käyttöönoton kynnyksestä on madallettu, käyttäjiä on pyritty auttamaan ja ohjelmistoa kehitetään aktiivisesti.



Kiihtyvyyssanturin taipuma. Pinnan väri kuvaa kaasun aiheuttamaa painetta, joka vaimentaa anturin värähtelyä. Anturissa on kolme reikää, joiden vaikutusta anturin käyttäytymiseen tutkittiin.

MONIKRITEERISET HEIKOT SIGNAALIT INNOVAATIOAIHIOISSA

Ville Brummer

Systeemianalyysin laboratorio, TKK

ville.brummer@tkk.fi

Totti Könnölä

Systeemianalyysin laboratorio, TKK

totti.konnola@tkk.fi

Kesällä 2004 käynnistettiin Suomen kauppa- ja teollisuusministeriön asettama vuoden mittainen ennakoitinfoorumien pilotti (www.ennakoitinfoorumi.fi). Foorumin tavoite määriteltiin väljästi siten, että sen tarkoituksena oli koota keskitetysti eri alojen asiantuntijoita yhteen sekä kehittää ennakoititiedon tuottamisen ja hyödyntämisen toimintatapoja ja menetelmiä. Tämä työ keskittyi aktiivisen foorumin www-sivuston lisäksi työpajoihin ja seminaareihin. Pilottivaiheessa työskentely käynnistettiin kolmen aihealueen ympärille. Aluksi aihealueet määriteltiin melko väljästi (ikärakenteet, palveluliiketoiminnot ja biotekniikka) ja loppukesästä aihealueita täsmennettiin siten, että lopullisiksi fokusalueiksi saatiin sosiaali- ja terveydenhuollon palvelukonseptit, henkilökohtaiset elämäspalvelut ja nutrigenomiikka.

Pilotin yhteydessä käynnistettiin yhteistyössä Teknillisen korkeakoulun systeemianalyysin laboratorion kanssa projekti ”Moniulotteiset heikot signaalit”, jonka tarkoituksena oli kehittää verkkopohjainen systemaattinen menetelmä työpajojen ryhmätyöskentelyn tueksi. Prosessin avulla pyrittiin laajentamaan koko foorumin osallistujajoukkoa ja näin oletusarvoisesti saamaan

uusia näkökulmia myös aiheryhmiä paneelityöskentelyyn.

Prosessin lähtökohdaksi oli tunnistaa heikkoja signaaleja, jotka määritelmän mukaan ovat vaikeasti havaittavia enteitä, jotka ennakoivat tulevaa merkittävää muutosta (Ansoff 1975). Tällaisia signaaleja on aiemmin kartoitettu monin eri menetelmin (esim. www.fountainpark.com). Aiemmasta poiketen tässä prosessissa päädyttiin lopulta käsittelemään innovaatioaihiota, joiden ajateltiin heijastelevan myös osaltaan heikkoja signaaleja. Vaikka rajatumpi muoto saattoi jättää joitain ilmiöitä tarkastelun ulkopuolelle, se paransi vertailtavuutta aihoiden välillä. Lisäksi innovaatioiden toimintaorientoitunut ja systeeminen luonne tuki hyvin vastaamista ennakoitifoorumien tavoitteisiin.

Verkkopohjainen prosessi toteutettiin ajalla marraskuu 2004 – tammikuu 2005. Prosessi koostui neljästä eri vaiheesta, joissa i) kartoitettiin, ii) kommentoitiin ja parannettiin, iii) arvioitiin ja iv) analysoitiin innovaatioaihiota. Tätä prosessia varten innovaatioaihiota määriteltiin seuraavasti.

Innovaatioaihiota on ensisijaisesti konkreettinen ja mielellään kontekstissaan kuvattu idea innovaatiosta, joka i) liittyy valittuun aiheeseen, ii) on esittäjälleen uusi, tai riittämättömälle huomiolle jäänyt, iii) saattaa antaa edellytyksiä innovaation (käytäntöön sovellettavan uuden teknologian, konseptin, menetelmän tai toimintatavan ja niiden yhdistelmän) kehittämiseksi maksimissaan seuraavan 10 vuoden aikana ja iv) saattaa edellyttää eri toimijoiden välistä yhteistyötä toteutuakseen.

Prosessia varten jokaisesta aiheryhmästä kutsuttiin noin 50 asiantuntijaa eri aloilta. Lisäksi vastaava prosessi suoritettiin erillisenä kyselynä TKK:n systeemianalyysin laboratorion päätöksenteon kurssin oppilaiden kanssa. Kolme ensimmäistä vaihetta toteutettiin prosessia varten perustetun web-sivuston kautta, jonka kyselyt luotiin Opinions-Online(c)-ohjelmalla. Ensimmäisessä vaiheessa kutsuttuja asiantuntijoita pyydettiin esittämään aiheryhmän kannalta relevantteja innovaatioaihiota. Toisen vaiheen toteutuksessa käytettiin hyväksi kahta web-sivua, joista ensimmäisellä asiantuntijat pystyivät lukemaan ja kommentoimaan muiden innovaatioaihiota ja parantamaan omia, ja toisella he pystyivät katselemaan muiden esittämiä kommentteja. Kolmannessa vaiheessa, asiantuntijat tutustuivat parannettuihin aihioihin ja arvioivat niitä eri kriteerien suhteen.

Kolmannen vaiheen arviointikriteeristö valittiin toisaalta siten, että se vastasi ennakoitifoorumien tavoitteita ja soveltui innovaatioaihioiden arviointiin ja toisaalta siten, ettei arvioinnin työmäärä kasvanut liian suureksi. Näistä lähtökohdista, kolmannen vaiheeseen otettiin mukaan kolme kriteeriä; (1) uutuusarvo, (2) toteuttamiskelpoisuus ja (3) yhteiskunnallinen merkittävyys. Arviot tehtiin Likert-kokonaislukuasteikolla 0-7, ja lisäksi osallistujia kannustettiin esittämään sanallisia

kommentteja innovaatioaihiosta.

Kolmen ensimmäisen vaiheen tuloksena saatiin 166 innovaatioaihiota sekä vastaajien kriteerikohtaiset arviot eri aihioista. Arvioiden avulla ahiomassasta voitiin seuloa esille ne aihiot, jotka oletusarvoisesti olivat vastaajien mielestä mielenkiintoisimpia.

Aihoiden analyysin sovellettiin Robustia Portfoliomallinnusta (Robust Portfolio Modeling, RPM, Liesiö et. al. 2005, www.rpm.tkk.fi). Alunperin RPM kehitettiin resurssirajoitteisten projektiportfolioiden mallintamiseen ja analyysin. Tässä sitä sovellettiin siten, että jokainen innovaatioaihiot ajateltiin projektiksi. Painottamalla eri kriteerejä, RPM:n avulla ahiomassasta voitiin nostaa aihioita, jotka ovat eri tavalla mielenkiintoisia, esimerkiksi uutuusarvo voidaan määrittää tärkeämmäksi kuin toteutettavuus tai merkittävyys.

Toinen prosessissa nostettu näkökulma aihoiden kiinnostavuuteen oli näkemuserot. Ajatus oli, että mielenkiintoiset aihiot eivät välttämättä ole niitä, joita kaikki kannattavat, vaan mielenkiintoisuuden mittarina voidaan käyttää myös mielipide-eroja. Siten tässä prosessissa päädyttiin määrittelemään kaksi eri lähestymistapaa; *konsensushakuinen analyysi* ja *näkemuseropainotteinen analyysi*. Ensimmäisessä kriteerinä oli aihoiden kriteerikohtaisten vastausten keskiarvot. Jälkimmäisessä kriteeristöön lisättiin myös aihoiden kriteerikohtaisten vastausten varianssit.

Analyysin jälkeen ahiota tarkasteltiin vastaavien aiheryhmien työpajoihin. Sekä itse aihiot, että niiden analyysi koettiin hyödyllisenä tukena paneelityöskentelylle. Sosiaali- ja terveydenhuollon palveluista konsensushakuinen analyysi nosti aihioista esille esimerkiksi kolmannen sektorin osuuden lääkkeiden ja tarvikkeiden jakelussa ja näkemuseropainotteinen analyysi kuntarajojen ylittävän yhteistyön terveydenhuoltosektorilta. Henkilökohtaisten elämäspalveluiden osalta näkemuseropainotteinen analyysi nosti opiskelijoiden aihioista esille erilaiset roolileikit ja nutrigenomiikan puolella kiinnostavat aihiot käsittelivät esimerkiksi henkilökohtaista ravintoseurantaa. Aihioita jaettiin edelleen myös esimerkiksi yliopistojen, yritysten ja TE-keskusten käyttöön.

Prosessi on raportoitu kokonaisuudessaan Ville Brummerin diplomityössä (Brummer 2005), ja lisäksi prosessin pohjalta on kirjoitettu tieteellinen artikkeli, joka tarkastelee myös laajemmin useiden eri näkökulmien huomiointia ennakoitavissa (Könnölä et. al. 2005). Prosessi, yhdistettynä työpajatyöskentelyyn, sopii tarkoituksenmukaisesti räätälöitynä erityyppisiin tilanteisiin, joissa on tarpeen osallistaa laajemmin sidosryhmiä ja tunnistaa kiinnostavampia osajoukkoja ideajoukoista. Ennakointifoorumin lisäksi sitä on sovellettu muunmuassa metsäsektorin suomalaisen tutkimusagendan valmisteluun (www.sra.tkk.fi) sekä eurooppalaisen

tutkimusohjelman kansainvälisen tutkimusagendan rakentamiseen (www.woodwisdom.tkk.fi). Lisäksi jatkokehityksen kohteena on ollut ohjelmisto, jonka avulla erityyppisiä analyyseja voidaan interaktiivisesti suorittaa työpajojen yhteydessä (www.rpm.tkk.fi/explorer).

Viitteet

Ansoff, I., (1975): *Managing Strategic Surprise by Response to Weak Signals*, California Management Review, Vol. 18, s. 21-33.

Brummer, V. (2005): *Innovaatioaihioiden verkkopohjainen ideointi ja monikriteerinen seulonta*, Diplomityö, Teknillinen Korkeakoulu, Systemianalyysin laboratorio (ks. <http://www.sal.hut.fi/Publications/pdf-files/TBRU05.pdf>).

Könnölä, T., Brummer, V., Salo, A. & (2005): *Diversity in Foresight: Insights from the Fostering of Innovation Ideas*, Submitted manuscript.

Könnölä, T., Salo, A., Brummer, V. (2005). *Adopting Diverse Perspectives in the Fostering of Innovation Ideas*. Proceedings of New Visions for Sustainability: the 7th Annual International Conference on Foresight Management in Corporations and Public Organisations. June 9-10. Statistics Finland, Helsinki, Finland.

Liesiö, J., Mild, P., Salo, A. (2005): Preference Programming for Robust Portfolio Modeling and Project Selection, Submitted manuscript.

MATKAKERTOMUS: WIENILÄISITTÄIN NEUVOTELLEN

Leena Tanner, Helsingin Kauppakorkeakoulu

leena.tanner@hse.fi

Kansainvälinen ”Group Decision and Negotiation Annual Conference” (GDN 2005) pidettiin tällä kertaa paikassa, jossa yhä edelleen saattaa joutua keskelle kiivasta neuvottelua eri valmistajien Sacher-kakkujen ja Mozart-kuulien aitoudesta. Konferenssipaikkana oli siis Wien, jossa kuitenkin pitäydyimme pääasiassa Wienin yliopiston alueella; siis jonkin matkan päässä kuuluisimmista kahviloista ja konditorioista, joissa näitä suussa sulavia herkkuja voi vertailla aidossa ympäristössä. Osallistuin tähän 10. – 13. heinäkuuta pidettyyn kansainväliseen konferenssiin kahden Helsingin kauppakorkeakoulun kollegani Johanna Braggen ja Hilikka Merisalo-Rantasen kanssa ja esitimme siellä yhteispaperin, jossa neljäntenä kirjoittajana on Antti Nurmi myös HKKK:sta. Suomalaisia osallistujia konferenssissa oli kaikkiaan viisi, sillä Turun yliopistosta Hannu Nurmi ja Tommi Meskanen olivat myös tulleet konferenssiin esittämään paperinsa.

Konferenssi järjestettiin Wienin yliopiston tiloissa ja kokonaisvastuu konferenssista oli professori

Rudolf Vetscheran harteilla. Konferenssin taustaorganisaatioina olivat INFRORMS:n alaosasto ”Informs Section on Group Decision and Negotiation” ja toisaalta EURO:n työryhmä ”Euro Working Group on Group Decision and Negotiation Support”. Kaikkiaan osallistujia oli aika tarkkaan 100 henkilöä 25 eri maasta, monia myös hyvin kaukaa kuten Aasiasta, Australiasta ja Amerikoista asti. Henkilömäärä oli varsin sopiva kontaktien syntymiselle eikä toisaalta konferenssipurukka hajonnut pieniksi kuppikunniksi, vaan tunnelma oli yhteisöllisen lämmin.

Konferenssi alkoi sunnuntaina aamusta rekisteröitymisellä ja tämän jälkeen leppoisasti vapaaehtoisella kierroksella Wienin Oopperassa. Sunnuntaina sää oli sitä edeltävää turistipäiväämme aurinkoisempi ja näin se jatkui koko konferenssin ajan, vaikka päivittäin saimme rivakoitakin sadekuuroja. Ainakaan ei ollut kellään tarvetta päästä pois luentosaleista paistattelemaan aurinkoon, vaan mielellään istuimme sateelta suojassa.

Sunnuntai-iltapäivän Rudolf Vetscheran konferenssin avauspuheenvuoroa seurasivat ensimmäisen plenaryn keynote-puhujat, professorit Colin Eden (University of Strathclyde, Glasgow, UK) ja Gregory Kersten (Concordia University, Montreal, Canada). Colin Eden kritisoi ”problem solving”-näkemystä käytännön neuvotteluja fasilitoitaessa ja esitti sille vastakkaisen näkemyksen ”problem finishing”. Gregory Kersten kertoi e-neuvotteluista: ihmisten ja softwaren vuorovaikutuksesta konfliktien ratkaisussa. Plenary-esityksiä lukuun ottamatta muut konferenssiesitykset toteutettiin kolmessa rinnakkaisessiossa. Sunnuntain alkuillaksi valitsin kuunneltavakseni mielenkiintoisia esityksiä Distributed Collaboration and Decision Making – aihepiiristä.

Maanantaiaamuna sessiot jatkuivat esityksillä ryhmäpäättökentekojärjestelmien (GDSS, Group Decision Support System) käytöstä. Kolmessa esitelmässä esiteltiin rinnakkaistutkimusta informaatioteknologian käytöstä tehtävääorientoituneessa yhteistoiminnassa. Kyseinen tutkimus on toteutettu mm. USA:ssa, Australiassa, Norjassa, Hong Kongissa ja Sveitsissä. Iltapäivällä keskityimme ryhmäpäättökenteko- ja neuvottelusysteemien sovelluksiin. Oma esityksemme ryhmäpäättökentekoavusteisesta Oodi-konsortion strategiaprosessista oli tässä sessiossa. Sessio oli erittäin onnistuneesti koottu ja yleisö keskusteli vilkkaasti kommentoiden ja kysyen. Paperimme sai kiinnostuneen vastaanoton.

Maanantai-illan viimeisessä sessiossa kollegoillani Johanna Braggella ja Hilikka Merisalo-Rantasella oli vielä toinenkin esitys heidän tutkimuksestaan kollaboraatioprosessin kehittämistä ja informaatiojärjestelmän loppukäyttäjän palautteen innovatiivisesta keräämisestä. Tässä sessiossa keskusteltiin kollaboraatioprosessin suunnittelusta ja fasilitoinnista. Esitysten jälkeisen illan vietimme Wienin pormestarin kutsumana tervetuliasvastaanotolla erittäin kauniissa linnamaisessa

ympäristössä Wienin kaupungintalolla.

Tiistai-aamupäivällä kuuntelimme toista plenary-puhujien sarjaa, jossa professorit William Zartman (John Hopkins University, Baltimore, USA), Rudolf Avenhaus (Universität der Bundeswehr, Munich, Germany) ja Guy Olivier Faure (Sorbonne, Paris, France) pohdiskelivat aiheitaan. Erityisen mielenkiintoinen oli itselleni täysin uusi neuvottelumallien tyyppi, hostage negotiation ja tällaisten panttivanki-neuvotteluiden mallintaminen. Aiheesta jatkettiin innolla keskustelua paneelissa professori Mel Shakunin (New York University, USA) johdolla. Panelisteina olivat em. plenary-puhujat.

Tiistai-iltapäivän sekä viimeisen konferenssipäivän eli keskiviikon aamupäivän esitykset koskivat virtuaaliryhmiä, monikulttuurisia neuvottelusysteemejä sekä tutkimuksia ryhmäpäätöksenteko & knowledge management –aihepiiristä. Tiistai-iltana vielä saimme valinnaisesti tutustua joko Klosterneuburgin luostariin tai sen viinikellareihin. Lisäksi pääsimme maistelemaan paikallista luostarin viiniä ja lopuksi istuimme iltaa viettäen rattoisalla konferenssipäivällisellä Heuriger Niershcer'ssä Wienin liepeillä. Mitä Wien olisikaan ilman Heurigeria?

Konferenssi oli antoisa niin tieteelliseltä kuin sosiaaliseltakin tarjonnaltaan. Tapasin tutkijoita, joihin olin toivonut tutustuvani yhteisten tutkimusintressien myötä. Aika moni konferenssiin osallistuja oli minulle myös entuudestaan tuttu aiemmin käymistäni monitavoitteisen päätöksenteon ja operaatiotutkimuksen konferensseista. Vaikka konferenssi olikin keskittynyt ryhmäpäätöksenteko- ja neuvottelusysteemien tutkimukseen, niin tapasin tutkijoita, joiden kiinnostuksen alueet sivusivat myös omaa väitöskirjatyötäni strategisen päätöksenteon tukemisesta. Konferenssiaikataulu oli sen verran tiukka, että valitettavasti en kuitenkaan ehtinyt osallistua neuvotteluihin Sacher-torttujen ja Mozart-kuulien aitoudesta wieniläisissä kahviloissa. Jotain jäi siis ensi kertaan.

OPINNÄYTTEET

Suomen Operaatiotutkimusseura ry:n entiselle varapuheenjohtajalle Mikko Syrjäselle ykkössija EDAMBA:n väitöskirjakilpailussa

Teksti: **Tomi Seppälä ja Anu Bask**

Kuva: **Pekka Korhonen**

Mikko Syrjäsén Helsingin kauppakorkeakoululle vuonna 2003 tekemä väitöskirja "Data Envelopment Analysis in Planning and Heterogeneous Environments" sijoittui ykkössijalle

väitöskirjakilpailussa, jonka järjesti European Doctoral Programmes Association in Management and Business Administration (EDAMBA).

Palkinto tuo välillisesti kunniaa suomalaiselle operaatiotutkimukselle ja myös Suomen operaatiotutkimusseuralle, jonka toimintaan Mikko Syrjänen osallistui varsin aktiivisesti väitöskirjaa tehdessään: hän oli useita vuosia johtokunnassa ja FORS:n varapuheenjohtajana vuosina 2002-2003. Mikko on toiminut myös Euroopan operaatiotutkimusseuran alaisen DEAPM:n (Data Envelopment Analysis and Performance Measurement Working Group) koordinaattorina. Tällä hetkellä hän työskentelee GAIA Group Oy:ssä ympäristö- ja energia-alan konsulttina lähinnä innovaatiokysymysten parissa (mikko.syrjanen@gaia.fi).

EDAMBA:n väitöskirjapalkinnot jaettiin vuosikokouksen yhteydessä Grenoblessa 2.9.2005. Väitöskirjapalkinto jaettiin nyt kolmatta kertaa. KTT Mikko Syrjänen oli henkilökohtaisesti paikalla noutamassa palkintoa korkeatasoisessa väitöskirjakilpailussa ensimmäiselle sijalle sijoittuneelle väitöskirjalleen. Palkintojaan olivat myös noutamassa toiseksi sijoittunut Benjamin Maury Hankenilta ja kolmanneksi sijoittunut Dag Sandbakken Henley Management Collegesta. Kaikki palkitut esittelivät väitöskirjojensa tuloksia noin 60 hengen kokousyleisölle.

"Olen erittäin tyytyväinen tästä saamastani huomionosoituksesta. Voitto konkretisoitui täällä Grenoblessa noutaessani palkintoa ja esitellessäni väitöskirjani tuloksia arvovaltaiselle kuulijakunnalle", Syrjänen kuvasi tunnelmiaan.

EDAMBA:n kokouksessa paikalla oli myös Syrjäsen väitöskirjaa ohjannut prosessori Pekka Korhonen. Hänen mielestään tämän tyyppisellä kansainvälisellä tunnustuspalkinnolla on paitsi suuri merkitys nuorelle tutkijalle itselleen, myös tuottavuuden ja tehokkuuden arvioinnin tutkimusalueelle. Palkinto on myös osoitus HKKK:n tohtorikoulutuksen laadusta ja tekee sitä tunnetuksi eurooppalaisten laatukorkeakoulujen keskuudessa. Lisäksi kun toisen palkinnon sai Hanken, lisää se yleensäkin Suomen väitöstutkimuksen tunnettuutta.

EDAMBAan kuuluu noin 50 jäsentä, joista useat ovat johtavia kauppakorkeakouluja Euroopassa. Seitsemän eri yliopiston edustajaa arvioi kaikki kilpailuun osallistuneet väitöskirjat tiedelehdissä käytössä olevaa anonyymiä arviointimenettelyä soveltaen.

Syrjäsen taloustieteiden kvantitatiivisten menetelmien alaan kuuluvassa artikkelimuotoisessa väitöskirjassa "Data Envelopment Analysis in Planning and Heterogeneous Environments" on kehitetty menetelmiä ja käytäntöjä tehokkuuden arviointiin sekä resurssien allokointiin. Tehokkuuden arviointiprosessin vaiheita eli panos- ja tuotostekijöiden ja mallin spesifikaatioiden

valintaa käsitellään suomalaisten sähköjakeluyhtiöiden tehokkuuden arviointimallin kehitystyön pohjalta.

Väitöskirjan artikkelit on julkaistu seuraavissa tieteellisissä lehdissä: Journal of Productivity Analysis, European Journal of Operational Research, Annals of Operations Research ja Management Science. Artikkeleissa Syrjänen on tehnyt yhteistyötä Pekka Korhosen ja Sari Stenforsin kanssa.

Kilpailun kymmenen parhaan väitöskirjan tulokset kootaan EDAMBA-journaaliin. Tämän vuoden vuosikokouksen yhteydessä jaettiin julkaisu viime vuoden kilpailussa menestyneistä väitöskirjoista. EDAMBA:n vuosikokoukseen Grenoblessa osallistuivat Helsingin kauppakorkeakoulun jatkokoulutusohjelman johtaja Pekka Korhonen, koordinaattori Anu Bask ja KTT Mikko Syrjänen.



EDAMBA-journaalin editori professori Soumitra Sharma (vasemmalla) vierellään voittoisa kolmikko: kolmossijalle yltänyt Dag Sandbakken Henley Management Collegestam, voittaja Mikko Syrjänen HKKK:sta ja toisen palkinnon saanut Benjamin Maury Hankenilta.

Väitöskirjatyö: Decision Modelling Tools for Utilities in the Deregulated Energy Market

Simo Makkonen

Process Vision Oy

simo.makkonen@processvision.fi

Kustos: Prof. Ahti Salo (Teknillinen korkeakoulu)

Vastaväittäjä: Prof. Derek Bunn (London Business School, UK)

Työn ohjaajat: Prof. Ahti Salo ja Risto Lahdelma (Turun yliopisto)

Energiamarkkinoiden vapauttaminen alkoi Suomessa noin 10 vuotta sitten. Tänä aikana suomalainen energiasektori on käynyt läpi murroksen, joka on vaikuttanut koko yhteiskuntaan ja myös herättänyt laajaa keskustelua eri ahoilla. Vastaavanlainen prosessi on käynnissä monissa muissakin Euroopan maissa, joten energiamarkkinat ovat edelleen laajanevan mielenkiinnon ja tutkimuksen kohteena.

Lokakuun 28, 2005 tarkastettu Simo Makkonen väitöskirjatyö käsitteli matemaattisten mallien käyttöä vapautuneilla energiamarkkinoilla toimivien energiayhtiöiden päätöksenteon tukena. Väitöskirjatyö tarkastelee energiayhtiöiden uusia päätöksenteon ja suunnittelun haasteita muutostilanteessa, jossa energiayhtiöt siirtyvät monopoliliiketoiminnasta täysin kilpailtuun markkinaan. Työssä on kehitetty viitekehyksiä, jotka jäsentävät päätöksenteon ongelmia paremmin hallittavaan muotoon, sekä esitelty ratkaisuja päätöksentekotilanteisiin, joissa vaihtoehtojen välistä paremmuutta on arvioitava eri kriteerien valossa.

Työn painopisteenä on keskisuurten energiayhtiöiden ongelmakenttä ja erityisesti se, miten matemaattisten mallien ja päätösanalyttisten menetelmien avulla päätöksentekijöitä voidaan auttaa tekemään parempia ratkaisuja suurta epävarmuutta sisältävissä ongelmissa. Tuloksena on syntynyt uusia optimointi- ja päätösanalyysimenetelmiä, joita on sovellettu energiayrityksen strategiseen, taktiseen ja operatiiviseen johtamiseen. Optimointisovellukset perustuvat sekä Lagrangen dekompositio- että työn aikana kehitettyyn tehokkaaseen Power Simplex- menetelmään ja sen laajennukseen ei-konvekseen tehävään. Monitavoitteisen päätöksenteon mallintamiseen on työssä sovellettu sekä stokastista monikriteeristä arvostusanalyysia (SMAA) että Rank Inclusion in Criteria Hierarchies-menetelmää.

Työssä kehitettyjä uusia mallinnus-, optimointi- ja päätösanalyysimenetelmiä on käytetty

energiayritysten strategisen, taktisen ja operatiivisen johtamisen tukena.

Väitöskirjatyö: Suurten epäsideiden optimointitehtävien numeerinen ratkaiseminen

Marjo Haarala

Jyväskylän yliopisto, Tietotekniikan laboratorio

hamasi@mit.jyu.fi

Kustos: Prof. Kaisa Miettinen (Helsingin kauppakorkeakoulu)

Vastaväittäjä: Prof. Per Olov Lindberg (Linköping University, Ruotsi)

Marjo Haarala kehitti väitöskirjatutkimuksessaan rajoitetun muistin kimppumenetelmän, jota voidaan hyödyntää useilla tieteen ja tekniikan aloilla, kuten muun muassa ultraäänikuvien kuvankäsittelyssä. Uudella menetelmällä voidaan ratkaista suuria epäsideitä optimointitehtäviä ja se soveltuu kuvankäsittelyn lisäksi myös äänenhallintaan liittyvien tehtävien ratkaisemiseen. Näistä esimerkkejä ovat muun muassa tuotantotilojen meluntorjunta sekä konserttisalien akustisten ominaisuuksien parantaminen. Lisäksi menetelmää voidaan hyödyntää laskennallisessa kemiassa: se mahdollistaa esimerkiksi parhaan mahdollisen rakenteen etsimisen, kun suunnitellaan uusia lääkeainemolekyylejä sekä teräksen jatkuvavalun optimoinnin eli jäädytyksen simuloinnin niin, että muodostuva teräs on mahdollisimman tasalaatuista ja kestävä. Menetelmää voidaan käyttää myös silloin, kun etsitään optimaalista muotoa esimerkiksi laivan rungolle tai lentokoneen siivelle. Yhteistä näille tehtäville on se, että niiden ratkaiseminen perinteisillä optimointimenetelmillä on hankalaa, koska niissä esiintyvät funktiot eivät ole siististi käyttäytyviä.

Optimoinnin klassinen teoria edellyttää tarkasteltavilta funktioilta tiettyjä differentioituvuus- ja säännöllisyysoletuksia. Toisin sanoen optimoitavien funktioiden edellytetään olevan kauniisti kaareutuvia. Useissa käytännön sovelluksissa näin ei kuitenkaan ole, vaan niissä esiintyvien funktioiden kuvaajissa voi esiintyä teräviä kärkiä eli ne ovat epäsideitä. Matemaattiselta kannalta katsottuna tämä tarkoittaa, että nämä funktiot eivät ole kaikkialla differentioituvia.

Epäsideiden tehtävien ratkaiseminen perinteisillä gradienttipohjaisilla menetelmillä (ns. sideillä menetelmillä) ei yleensä onnistu, vaan niiden ratkaisemiseksi tarvitaan epäsideitä optimointimenetelmiä. Nykyiset epäsideiden optimoinnin menetelmät eivät kuitenkaan ole tehokkaita, jos muuttujien määrä on suuri (yli 500), kuten käytännön sovelluksissa usein on. Esimerkiksi tyypillinen kaksiulotteinen kuvankäsittelyongelma sisältää yli 60 000 muuttujaa.

Haaralan kehittämä rajoitetun muistin kimppumenetelmä yhdistää hyvät ominaisuudet sekä muuttuvan metriikan kimppumenetelmästä että rajoitetun muistin muuttuvan metriikan menetelmästä. Näistä ensin mainittu on kehitetty pienten epäsideiden tehtävien ratkaisemiseen ja viimeksi mainittu puolestaan suuria sileitä tehtäviä varten. Uusi menetelmä toimii erittäin tehokkaasti, kun muuttujien määrä on suuri. Lisäksi Haaralan työssä on esitetty joitakin muunnelmia uudesta menetelmästä. Näiden tarkoituksena on parantaa perusmenetelmän tarkkuutta ilman, että menetelmän tehokkuus merkittävästi heikkenee.

Uusi menetelmä ja sen erilaiset muunnelmat ovat yleiskäyttöisiä eli riittää, että jokaisessa pisteessä voidaan laskea objektifunktion arvo ja ainakin yksi yleistetty gradientti (ns. aligradiendi). Nämä ovat minimivaatimuksia mille tahansa epäsideän optimoinnin menetelmälle. Koska objektifunktion rakennetta ei siis tarvitse tuntea, menetelmillä voidaan ratkaista hyvin erilaisia optimointitehtäviä.

Lisätietoja

Marjo Haarala, puh. 040 085 9721, hamasi@mit.jyu.fi

Tiedottaja Liisa Harjula, puh. (014) 260 1043, tiedotus@jyu.fi, josta saa myös väittelijän kuvan sähköisessä muodossa.

Marjo Haarala (s. 1971) on kirjoittanut ylioppilaaksi Liperin lukiosta vuonna 1991. Hän on suorittanut filosofian maisterin tutkinnon Jyväskylän yliopistossa orgaanisesta kemiasta vuonna 1998 ja filosofian lisensiaatin tutkinnon tietotekniikasta vuonna 2003 niin ikään Jyväskylän yliopistossa. Tällä hetkellä Marjo Haarala toimii tutkijana Jyväskylän yliopistolla tietotekniikan laitoksella.

Väitöskirja on julkaistu sarjassa Jyväskylä Studies in Computing, no. 40, 107 s., Jyväskylä 2004, ISSN: 1456-5390, ISBN: 951-39-1908-0. Sitä saa Jyväskylän yliopiston kirjaston julkaisuyksiköstä, puh. (014) 260 3487, myynti@library.jyu.fi

Pro Gradu-tutkielma: Valuutta hedging-mallien Excel-pohjainen implementointi

Kari Silvennoinen (Helsingin kauppakorkeakoulu)

Tutkielman tavoitteena oli implementoida valuuttahedging-optimointimalli Microsoft Excelissä. Tarkoituksena oli kehittää työkalu yrityksen valuuttariskien hallinnan tueksi. Päätöksentekijänä tässä tutkielmassa nähdään kansainvälisen yrityksen talousjohtaja. Työkalulla voidaan optimoida yrityksen valuuttahedging-portfoliota valuuttaforwardeilla ja -optioilla 12 kuukauden

sijoitushorisontilla.

Excel-pohjaiseen työkaluun sovellettiin esiteltävää lineaarista optimointimallia. Valuuttakursseja ja yrityksen myyntiä mallinnettiin aikasarjalleilla, joista simuloitiin riittävä määrä skenaarioita optimointia varten. Optimointimallissa käytettiin hedging-instrumentteina, valuuttaforwardeja, bondeja ja valuuttaoptioita.

Työkalun kehittämiseen käytettiin Microsoft Excelin makro-ohjelmointikieltä Visual Basic for Applications (VBA). Excel Solver ei soveltunut implementoitavan mallin ratkaisemiseen, joten työkalussa käytetään sen sijaan GNU Linear Programming Kit-optimointikirjastoa (GLPK).

Kehitettiin työkalu, joka antaa mahdollisuuden kokeilla miten eri lähtötilanteet vaikuttavat yrityksen optimaaliseen hedging-strategiaan. Päätöksenteon tukijärjestelmän kehittäminen Microsoft Excelillä tarjoaa käyttäjälle tutun ympäristön. Etuja työkalun kehittämiseksi käyttäen Exceliä ovat sen tarjoamat ohjelmointikieli ja valmis kehitysalusta. Excel Solverin käyttäminen monimutkaisempien mallien ratkaisuun voi olla hankalaa tai mahdotonta. Tutkielmassa esitetään miten Excelissä voidaan käyttää vaihtoehtoisia ratkaisimia mallein optimointiin.

Pro Gradu-tutkielma: Jalkapallo-ottelun maalimäärien ja lopputuloksen todennäköisyyksien ennustaminen vedonlyönnissä

Johannes Rintaniemi (Helsingin kauppakorkeakoulu)

Tutkimuksen teoreettisessa osassa luodaan katsaus vedonlyönnin peruskäsitteisiin ja alan aiempaan tutkimukseen sekä esitellään lyhyesti käytettyjen tilastollisten menetelmien teoriaa. Empiriaosassa muodostetaan ennustemalli, jonka avulla lasketaan 1X2-vedonlyönnin todennäköisyyksiä eri jalkapallosarjojen otteluihin. Tutkielman tavoitteena on selvittää onko pelkästään tilastolliseen analyysiin perustuvan ennustemallin avulla löydettyjen ylikertoimien avulla mahdollista kyetä voitolliseen tulokseen vedonlyöntimarkkinoilla.

Lähtökohtana työssä on, että ottelun lopputuloksen todennäköisyydet määräytyvät pelaavien joukkueiden aiemmasta menestyksestä. Menestystä voidaan mitata useiden eri muuttujien avulla, joiden taustalla olevia piilorakenteita etsitään faktorianalyysin avulla. Näitä löydettyjä osatekijöitä mittaavien alkuperäisten muuttujien informaatiota tiivistetään pääkomponenttianalyysillä. Käyttämällä saatuja pääkomponenttipisteitä selittävinä muuttujina regressioanalyysissä, voidaan laskea todennäköisyysarviot yksittäisten otteluiden lopputuloksille. Vertaamalla laskettuja todennäköisyyksiä vedonvälittäjän tarjoamiin kertoimiin, voidaan markkinoilta etsiä kannattavia sijoituskohteita ja tutkia sijoitusten menestystä.

Tutkimuksessa käytetään työn tilastollisiin menetelmiin liittyvää koti- ja ulkomaista lähdekirjallisuutta. Lisäksi käytetään tieteellisiä artikkeleita ja kirjallisuutta urheiluedonlyönnin todennäköisyyksien määrittämisestä. Empiriaosassa aineistona käytetään vedonvälittäjän tarjoamia pelikohteita kertoimiseen eri maiden jalkapallosarjoista ajanjaksolta 07/04 – 02/05.

Tutkimus osoittaa, että jo muutamat osatekijät mittaavat kattavasti joukkueiden menestystä. Lisäksi havaitaan, että eri regressiomallien välillä on huomattavia eroja ennusteiden osumatarkkuudessa. Parhaan mallin osalta voidaan todeta, että pelkän tilastollisen analyysin avulla on mahdollista sijoittaa tuottavasti 1X2-vedonlyönnin pelikohteisiin.

Pro Gradu-tutkielma: Valuation of Transferred Technology

Hanna Rusanen (Helsinki School of Economics)

This thesis examines how valuation can be used to guide pricing of transferred technology. Especially the importance of risk and timing of payments in different pricing schemes are emphasized. The aim is to understand how a company can maximize utility from a pricing contract for transferred technology by incorporating the decision maker's risk profile and preferences related to timing of payments received. A model is constructed, through which the decision maker is able to determine the bargaining range and compare contracts with different pricing arrangements.

This paper introduces a real options model based on competing exploitation alternatives of technology and evaluating utility of these competing options. Examining the *utility* created by the cash flows from different options allows one to rank the price contracts based on how attractive a contract is considering the risks and timing of payments, not based on the total expected monetary value it creates.

Two retrospective cases are examined to understand how the constructed model can evaluate the attractiveness of different contracts for a technology owner. The first case relates to licensing technology, and the model aims to find acceptable combinations of royalty and upfront payments. In the second case technology is used as an investment in-kind in a joint venture. The model determines what the optimum share of the technology investment is for the owner at different ownership structures.

The model demonstrates that the timing and risk related to future cash flows generated by a transferable technology on the verge of commercialization are so significant, that especially smaller companies with limited cash reserves should take them into consideration when pricing

technology and evaluating contracts. Two contracts with significantly different NPVs may in fact be equally good, depending on the risk profile and time preferences of the decision maker.

Pro Gradu-tutkielma: Modeling Value Development of Equity Linked Bond

Juha Laitinen (Helsinki School of Economics)

The purpose of this study is to represent an optional method for valuing equity linked bond. This contains examining the processes behind modeling value development and benefiting them. Processes are used in forecasting the value development of the underlying indexes and the method is based on empirical time series analysis. Based on this analysis and modeling the return on equity linked bond which has three years to maturity is approximated.

First, the analysis is based on the history data of the four underlying indexes. By using this history data the possible dependencies of time series are analyzed so that the forecasting of time series' own and other time series' future observations is possible. On basis of the analysis the VAR-model for modeling the indexes is constructed. Next, the GARCH-models for analyzing the time-dependent variance are defined and used in generating value development process. Finally, the value development of indexes is simulated and the return for equity linked bond is calculated.

Investing in the equity linked bond with the given credit terms seems to be a good decision for the investor. According to the sensitivity analysis the investor would gain the maximum return of 21 % from three years investing period with the probability on 95 %.

Pro Gradu-tutkielma: Itseorganisoituvan kartan käyttö asiakassegmentoinnissa

Eeva Ventilä (Helsingin kauppakorkeakoulu)

Tutkielman tavoitteena on selvittää, miten itseorganisoituva kartta soveltuu asiakassegmentointityökaluksi. Tutkielman tavoitteena on myös tutustua neuroverkkoihin ja erityisesti itseorganisoituvaa karttaan yleisemmin.

Soveltuvuutta tutkitaan sekä vertailemalla kirjallisuudessa julkaistuja tutkimuksia että soveltamalla itseorganisoituvaa karttaa empiiriseen dataan. Empiirisessä osassa segmentoidaan erään yrityksen asiakasdataa SAS Institutun Enterprise Miner -ohjelmistolla.

Saatujen tulosten perusteella voidaan suositella itseorganisoituvaa karttaa

segmentointimenetelmäksi. Sekä teoria, kirjallisuudessa esiteltyt tutkimukset että empiirinen tutkimus tukevat tätä.

Pro Gradu-tutkielma: Geneettinen algoritmi kuljetusoptimointiongelmaan

Anna Metsäranta (Helsingin kauppakorkeakoulu)

Tämän tutkielman tavoitteena on optimoida realistinen kuljetusongelma geneettisellä algoritmilla. Esimerkkiongelmana käytetään raakapuun laivausta Itämerellä. Tutkimuksen pääasiallinen tarkoitus on arvioida geneettisen algoritmin soveltuvuutta monimutkaisen kuljetusongelman optimointiin, missä ratkaisuvaihtoehdoille asetetaan useita eri tyyppisiä rajoitteita. Lisäksi tarkoituksena on tutkia operaattoreiden ja parametrien arvojen vaikutusta optimointiin.

Puunlaivausongelmasta muodostetaan matemaattinen malli, jossa minimoidaan kuljetuskustannuksia. Ongelman optimointia varten ohjelmoidaan geneettinen algoritmi C-ohjelmointikielellä. Optimoinnissa kokeillaan useita erilaisia operaattoreita ja parametrien arvoja, joille pyritään löytämään optimaalinen kombinaatio siten, että geneettisellä algoritmilla saadaan mahdollisimman hyvä ratkaisu kohtuullisessa ajassa. Tulosten arviointia varten puunkuljetusongelma ratkaistaan myös GAMS-optimointiohjelmistolla.

Geneettinen algoritmi ei pärjää ratkaisun laadussa ja suoritustehossa GAMS:lle. Algoritmillä saatu tulos on kuitenkin kohtuullinen, ja geneettisen algoritmin etu on mahdollisuus tehdä ongelmasta realistinen. Parametrien arvoilla havaittiin olevan selvä vaikutus algoritmin toimintaan.

Tämän tyyppisessä, separoitumattomassa ongelmassa geneettisen algoritmin toimintaperiaatetta oli vaikea hyödyntää. On kuitenkin syytä uskoa, että geneettinen algoritmi olisi varteenotettava ratkaisukeino suuriinkin separoituviin kuljetusongelmiin.

Diplomityö: Innovaatioaihioiden verkkopohjainen ideointi ja monikriteerinen seulonta

Ville Brummer (Teknillinen korkeakoulu)

Työn valvoja: Prof. Ahti Salo(TKK)

Työn ohjaaja: TkL Totti Könnölä

Keväällä 2004 Suomen kaupp- ja teollisuusministeriö aloitti vuoden mittaisen pilottiprojektin, jonka tavoitteena oli luoda myöhemmin jatkuva foorumi, Ennakointifoorumi, jossa suomalaisen

yhteiskunnan ja talouselämän eri osa-alueet voivat luoda ja jakaa ennakointitietoa vapaasti yli organisaatorajojen. Pilotin aikana työskentely tapahtui työpajojen, seminaarien ja aktiivisen www-sivuston kautta ja lisäksi käynnistettiin erillinen projekti, jonka tavoite oli kehittää uusi ennakointimenetelmä yhdessä Teknillisen Korkeakoulun Systemianalyysin laboratorion kanssa. Tekninen kuvaus menetelmästä ja toteutetusta prosessista on raportoitu Systemianalyysin laboratoriossa työskentelevän tekn. yo. Ville Brummerin kesän loppupuolella julkaistavassa diplomityössä ja lisätietoja voi kysyä joko Systemianalyysin laboratorion tai Ennakointifoorumista.

Menetelmän tarkoituksena oli tukea työpajojen työskentelyä etsimällä uusia mahdollisia heikkoja signaaleja, mutta se suunniteltiin siten, että myös muut organisaatiot voivat hyödyntää samaa metodiikkaa omien ennakointi- ja strategiaprosessien eri vaiheissa. Menetelmässä luodaan, kommentoidaan, arvioidaan ja analysoidaan innovaatioaihiota, joiden ajatellaan ilmentävän erilaisia tulevaisuussignaaleja. Verrattuna aikaisempaan, kyseinen menetelmä liittyy tulevaisuussignaalit yhä vahvemmin suoraan innovaatiojärjestelmään ja aihoiden konkreettisuuden ansiosta menetelmä antaa yhä oleellisempaa ja helposti ymmärrettävämpää tietoa tulevaisuuden mahdollisuuksista ja haasteista.

Aihoiden luonti, kommentointi ja arviointi suoritettiin www-sivuston kautta. Menetelmää testattiin Ennakointifoorumin kolmen aiheryhmän yhteydessä ja www-kyselyyn kutsuttiin yli 200 henkilöä. Tuloksena saatiin 166 innovaatioaihiota, jotka käsittelivät sosiaali- ja terveydenhuollon tulevaisuutta, nutrigenomiikan uusia sovelluksia ja henkilökohtaisten elämyspalveluiden liiketoimintamahdollisuuksia Suomessa.

Osallistujat arvioivat innovaatioaihiot kolmen eri kriteerin, uutuusarvon, toteuttamiskelpoisuuden ja yhteiskunnallisen vaikuttavuuden suhteen, joiden perusteella aihoiden mielenkiintoisuutta arvioitiin matemaattisilla menetelmillä. Analyysi toteutettiin Systemianalyysin laboratoriossa kehitetyn Robust portfolio Modeling - metodologian (RPM) avulla, jossa aihioita analysoitiin portfolioina ja mielenkiintoisuusmittana käytettiin arvioista laskettuja tilastollisia tunnuslukuja.

Kyseinen metodologia mahdollistaa eri kriteerien painottamisen eri tavalla, jolloin samaa metodologiaa voidaan käyttää siten, että se ottaa huomioon monia eri lähestymistapoja ja näkökohtia. Esimerkiksi toisille oleellinen lähtökohta on aihion uutuusarvo, ja toiset taas painottavat yhteiskunnallista vaikuttavuutta ja nämä kummatkin näkökohdat voidaan helposti ottaa huomioon painottamalla eri kriteerejä. Menetelmän kuluessa määriteltiin lisäksi kaksi eri lähestymistapaa; konsensushakuinen ja näkemyspainotteinen analyysi, jossa ensimmäisessä painotetaan suoraan eri kriteerien kannatusta ja jälkimmäisessä etsitään aihioita, joiden arvioissa

on kannatuksen lisäksi myös hajontaa. Puhtaasti kannatusta saavien aihoiden ajatellaan ilmentävän nykyisiä trendejä ja näkemuseropainotteisen analyysin tavoitteena on etsiä heikkoja signaaleja, jotka strategiakirjallisuudessa määritellään heikoiksi, irrallisiksi ja vaikeasti havaittaviksi enteiksi, jotka ennakoivat merkittävää muutosta.

Ennakointifoorumin lisäksi menetelmää on sovellettu jo muihinkin strategia- ja ennakointihankkeisiin ja se on todettu toimivaksi ja adaptiiviseksi menetelmäksi käsitellä monimutkaista ja epävarmaa tietoa.

Diplomityö: Intraday liquidity management in gross settlement system as a coordination game

Matti Hellqvist (Teknillinen korkeakoulu)

Työn valvoja: Prof. Ahti Salo (TKK)

Työn ohjaaja: KTM Kari Korhonen

Maksujärjestelmät ovat rakenteita, jotka mahdollistavat suurten rahasummien turvallisen siirtämisen pankkien ja muiden rahoituslaitosten välillä. Moderneissa länsimaisissa talouksissa maksujärjestelmien kautta välitettävien katesiirtojen summa on vuositasolla tyypillisesti monikymmenkertainen tai jopa yli satakertainen verrattaessa kyseisen maan bruttokansantuotteeseen. Tästä syystä maksujärjestelmien toiminnan tehokkuutta ja luotettavuutta voidaan pitää perustellusti toimivan talousjärjestelmän edellytyksenä.

Yleisin suurten maksujen välittämiseen käytetty järjestelmärakenne on nykyisin keskuspankin ylläpitämä reaaliaikainen bruttomaksujärjestelmä, josta käytetään lyhennettä RTGS-järjestelmä (sanoista Real Time Gross Settlement system). Siinä rahoituslaitosten välisiä katteensiirtoja suoritetaan järjestelmän aukioloaikana jatkuvana prosessina siten, että siirrettävät summa hyvitetään kokonaisuudessaan vastaanottajan tilille keskuspankissa heti kun maksajan keskuspankkitalilla on riittävästi katetta. Tieto saapuvasta maksusta välittyy vastaanottajalle samalla hetkellä, jolla lopullinen ja peruuttamaton katesiirto voidaan suorittaa. Kyseessä on bruttomaksujärjestelmä kun katteensiirrot suoritetaan yksitellen, toisin kuin nettomaksujärjestelmässä, jossa useita vastakkaisiin suuntiin kulkevia maksuja kerätään yhteen ja vain niiden yhteenlaskettu loppusumma siirretään maksujärjestelmässä osapuolten välillä.

RTGS-järjestelmän rakenteesta seuraa, että maksujen viiveettömän välittämisen varmistamiseksi osapuolten keskuspankkitalilla on oltava huomattavan paljon rahaa. Jotta tästä ei aiheutuisi

maksuja välittävälle pankeille suuria kustannuksia, keskuspankit tyypillisesti myöntävät RTGS-järjestelmän osapuolille maksujärjestelmän aukioloajaksi päivänsisäistä luottoa joko erityisellä hyvin matalalla korolla tai täysin ilman korkoa kelvollisia vakuuksia vastaan.

Molemmissa tapauksissa maksujärjestelmän osapuolille kuitenkin aiheutuu päivänsisäisestä luotosta kustannuksia joko luoton eksplisiittisen hinnan tai vakuudeksi sidotun materiaalin vaihtoehtoiskustannusten kautta. Jälkimmäisellä tarkoitetaan sitä, että vakuusmateriaaliksi pantattua omaisuutta ei voida käyttää samanaikaisesti muihin mahdollisesti tuottoisampiin tarkoituksiin. Tämän vuoksi bruttomaksujärjestelmän osapuolille voi olla kannattavampaa viivyttää maksutoimeksiantojen välittämistä maksujärjestelmään ja odottaa, että muilta osapuolilta saapuu katesiirtoja osapuolen omalle tilille, jolloin näiden saapuneiden maksujen tuomaa katetta voidaan hyödyntää edelleen omien viivytettyjen maksujen toteuttamisessa. Maksujen viivyttämisen voidaan puolestaan olettaa aiheuttavan kustannuksia asiakastytyvyyden laskun tai suorien sopimuksiin perustuvien kulujen muodossa sekä maksuja välittävälle pankeille että edelleen niiden asiakkaille eli maksujen alkuperäisille osapuolille. Asetelmassa kokonaisuudessaan on siis kyse mahdollisesta vapaamatkuksesta eli maksujen välityksen kustannuksien siirtämisestä muiden järjestelmäosapuolten kannettavaksi.

Diplomityössään tekn.yo. Matti Hellqvist on tarkastellut bruttomaksujärjestelmää teorettisesti usean osapuolen kaksivaiheisena pelinä, jossa osapuolten kustannukset päivänsisäiselle luotolle ja maksujen viivyttämiseksi voivat poiketa toisistaan. Pelissä osapuolten, eli pankkien päätettävissä on kuinka suuren osan ensimmäisellä jaksolla keräämästään maksujen välityksen kysynnästä ne toteuttavat heti ja kuinka suuri osa viivästetään toiselle jaksolle. Maksujärjestelmässä välitettävien katteensiirtojen summaa kuvataan jakaumiltaan tunnetulla satunnaismuuttujilla ja pankit oletetaan riskineutraaleiksi kulujen odotusarvon minimoijiksi.

Työssä on tutkittu erityisesti sitä, onko mahdollista että bruttomaksujärjestelmästä muodostuu niin sanottu koordinaatiopeli, eli asetelma, jossa peli voi saavuttaa tasapainoaseman monella viivytettyjen maksujen osuuden tasolla. Aikaisemman tutkimuksen perusteella maksujen viivyttämistä voidaan pitää yhteiskunnan kannalta tehottomana, ja siksi koordinaatiopeliin päätyminen merkitsisi sitä, että järjestelmän toiminta voi olla tarpeettomasti tehotonta jos mahdollisten tasapainopisteiden joukosta päädytään enemmän viivytyksiä sisältävään vaihtoehtoon.

Työssä on osoitettu ratkaisemalla peliasetelma numeerisesti, että oletettaessa päivänsisäisen luoton ja maksujen viivästyttämisen yksikkökustannuksille neliöllinen muoto, pelistä voi tulla koordinaatiopeli tietyillä yksikkökustannusten arvojen suhteella. Työn teoreettisen tarkastelun

perusteella bruttomaksujärjestelmän tehokkaan toiminnan varmistamiseksi tulisi estimoida osapuolten aidot vertailukelpoiset kustannukset päivänsisäiselle luotolle sekä maksujen viivästyttämiselle sekä tarvittaessa täydentää bruttomaksujärjestelmää maksujen viiveettömään välittämiseen kannustavilla rakenteilla.

Tutkimus on tehty Suomen Pankissa rahoitusmarkkina- ja tilasto-osaston yleisvalvontatoimistossa. Työssä sekä edellä esitetyt mielipiteet ovat kirjoittajan omia eivätkä edusta Suomen Pankin kantaa.

Diplomityö: Analysis of short-term hydro power production in the Nordic electricity market

Timo Javanainen (Teknillinen korkeakoulu)

Työn valvoja: Prof. Ahti Salo (TKK)

Työn ohjaaja: DI Tomas Qvickström

Vesivoimatuotannon ennustaminen pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla on erittäin haastavaa, selviää tekniikan ylioppilaan Timo Javanaisen elokuussa tarkastettavaksi jätetystä diplomityöstä. Diplomityö on tehty sähkö- ja lämpöyhtiö Fortumin toimeksiannosta ja se tarkastetaan Teknillisen korkeakoulun Systeemianalyysin laboratoriossa.

Vapautetuilla sähkömarkkinoilla tukkusähkön tunnittainen hinta muodostuu osto- ja myyntitarjousten perusteella. Näin tukkusähkön hinnanmuodostukseen vaikuttaa useita tekijöitä sekä tarjonta- että kysyntäpuolella. Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla vesivoima on tarjontapuolella erittäin merkittävä tekijä hinnanmuodostuksessa, sillä keskimäärin hieman yli puolet pohjoismaissa tuotetusta sähköstä tuotetaan vesivoimalla. Vapautetuilla sähkömarkkinoilla toimiville tuotantoyhtiöille tulevan sähkön tukkuhinnan ennustaminen on tärkeää, jotta tuotanto voitaisiin ajoittaa mahdollisimman tuottavasti. Vesivoimatuotannon ennustamista voidaan käyttää hyväksi hinnan ennustamisessa.

Tuotantomuotona vesivoima on erikoinen. Varastoaltaat mahdollistavat veden säästämisen myöhemmäksi ja siten tuotannon hyvän säännöstelyn. Toisaalta varastoaltaiden koko on rajoitettu ja esimerkiksi ympäristösäädökset saattavat rajoittaa altaiden käyttöä. Lisäksi vesivoiman tuotantomahdollisuudet riippuvat hydrologisesta tilanteesta eli sateiden määrästä.

Javanaisen tarkastettavaksi jätetty diplomityö keskittyy Norjan vesivoimatuotantoon. Työstä ilmenee, että Norjan vesivoiman tuotantojärjestelmä on erittäin joustava. Erityisen joustava tuotantojärjestelmä on Norjan vuoristoisissa länsiosissa, joissa suuret korkeuserot ja suuret

varastoaltaat tarjoavat hyvät mahdollisuudet tuotannon säännöstelyyn. Useat varastoaltaat Norjassa soveltuvat tuotannon säännöstelyyn vuosien välillä.

Joustava tuotantojärjestelmä tekee tuotannosta hyvin hintariippuvaista. Tämä tarkoittaa sitä, että tunnittainen tukkusähkön hinta on merkittävässä osassa vesivoimantuottajien tuotantopäätöksessä. Osa tuotannosta pohjautuu varastoveteen ja osa virtaamaan suoraan säännöstelemättömiin vesivoimalaitoksiin. Varastovedellä on lyhyellä aikavälillä todennäköisesti erittäin suuri hintariippuvuus, kun taas virtaama suoraan säännöstelemättömiin vesivoimalaitoksiin on tuotettava hinnasta riippumatta. Se, miten vesivoimantuottajat hinnoittelevat varastovetensä, pohjautuu vesivoimantuottajien olettamuksiin tulevista virtaamista altaisiin sekä tulevasta hintatasosta.

Pääosa Javanaisen työstä keskittyy toteutuneen, julkisen markkinadatan analysointiin. Työn johtopäätös on, että hintariippuvan ja hinnasta riippumattoman tuotannon erottelu ei auta selittämään toteutunutta tuotantoa. Edes tuotannon hinnasta riippumaton osa ei ole selitettävissä altaisiin tulevan veden määrällä. Koska jo toteutuneen tuotannon analysointi on vaikeaa, voidaan vesivoimantuotannon ennustamista pitää erittäin haastavana tehtävänä.

Diplomityö: Taistelun stokastinen mallinnus

Lauri Kangas (Teknillinen korkeakoulu)

Työn valvoja: Prof. Ahti Salo (TKK)

Työn ohjaaja: DI Esa Lappi

Lauri Kangas Teknillisestä Korkeakoulusta on jättänyt sotilaalliseen mallinnukseen liittyvän diplomityönsä tarkastettavaksi tänään Espoossa. Diplomityön otsikko on ”Taistelun stokastinen mallinnus” ja se käsittelee satunnaisuuksien huomioimista taistelun mallintamisessa. Kangas suoritti diplomityönsä Riihimäellä Puolustusvoimien Teknillisessä Tutkimuslaitoksessa, jossa hän osallistui myös muuhun laitoksen tutkimustoimintaan.

Diplomityö liittyy laajempaan kokonaisuuteen, jossa Puolustusvoimissa on kehitteillä yleinen sotilastoiminnan Johtamislaite, jonka tarkoituksena on toimia sotilasjohdon päätöksenteon apuvälineenä. Johtamislaite huomioi taisteluun liittyvät maasto-olosuhteet sekä taisteluun osallistuvien joukkojen määrät, kaluston ja aseistuksen ja se antaa käyttäjälleen ennusteen taistelun kulusta eli taistelun aikana aiheutuvista tappioista ja taistelun lopputuloksesta. Johtamislaitetta voidaan siis käyttää operatiiviseen suunnitteluun, jossa päätetään millaisia sotilasoperaatioita on kannattavaa pyrkiä toteuttaa.

Taisteluiden mallintaminen on tähän asti Puolustusvoimissa tehty ilman taisteluun liittyvien satunnaisuuksien huomioimista. Sotatoiminnassa tapahtumat ovat kuitenkin luonteeltaan hyvin umpimähkäisiä ja jopa kaoottisia. Jos ennalta arvioiden tasaista taistelutilannetta pystyttäisiin toistamaan useita kertoja samoissa olosuhteissa, ei taistelun kulku joka kerralla varmastikaan olisi samanlainen. Taisteluun liittyy siis kiistämättä satunnaisia tekijöitä, minkä vuoksi taistelumallinnuksessa onkin tärkeää tutkia erilaisia mahdollisia lopputulemia ja niiden tapahtumisen todennäköisyyttä.

Kangas on mallintanut taistelua nk. Markovin malleilla, joiden avulla taisteluun liittyvistä tapahtumista saadaan helposti tietoa todennäköisyyksinä. Kangas on työssään esitellyt yleisen tavan muodostaa mistä tahansa perinteisestä satunnaisuuksia huomioimattomasta taistelumallista nk. stokastinen taistelumalli, joka huomioi taistelun satunnaisuuksia ja jonka tulokset voidaan esittää todennäköisyysväittämien muodossa. Diplomityö luo tällä tavoin edellytykset satunnaisuuksien tarkastelun sisällyttämiseen kehitteillä olevaan Johtamislaitteeseen sekä muuhun Puolustusvoimissa tapahtuvaan taistelun mallintamiseen. Diplomityöstä on kaavailtu myös useampia julkaisuja Maanpuolustuskorkeakoulun julkaisusarjaan.

Kangas on heinäkuussa aloittanut myös tarkemman tutustumisen Puolustusvoimien toimintaan ruohonjuuritasolla. Viestirykmentissä Riihimäellä palveleva Kangas kertoo alokaikansa olleen varsin mukava tähän asti, eikä koulutus ennestään tutussa ympäristössä ole ollut kovinkaan raskasta. Tuleva diplomi-insinööri onkin sijoitettu elektronisen sodankäynnin yksikköön, joten ihan hukkaan ei koulutus hänen osaltaan ole mennyt.

Diplomityö: Ilmataistelun simulointimallin peliteoreettinen analyysi

Jirka Poropudas (Teknillinen korkeakoulu)

Työn valvoja: Prof. Raimo P. Hämäläinen (TKK)

Työn ohjaaja: TkT Kai Virtanen (TKK)

Tekniikan ylioppilas Jirka Poropudas on tehnyt Teknillisen korkeakoulun Systemianalyysin laboratoriossa diplomityön otsikolla ”Ilmataistelun simulointimallin peliteoreettinen analyysi” Ilmavoimien toimeksiannosta. Diplomityössä tarkastellaan peliteorian hyödyntämismahdollisuuksia diskreetti- ja jatkuvan tapahtuma-simulointiin perustuvan ilmataistelusimulaattorin toiminnan analysoinnissa. Työn tavoitteena on tutkia, miten erilaisia pelimalleja voidaan muodostaa simulointituloksista, ja toisaalta hyödyntää peliteoriaa

simulointimallin validoinnissa ja simulointitulosten tarkastelussa.

Ilmataistelua mallinnetaan yleensä joko differentiaalipeleillä tai simulaatiomalleilla. Differentiaalipeleissä voidaan ratkaista 1 vs. 1 -ilmataistelun osapuolten optimaaliset strategiat käyttäen ilmataistelun dynamiikkaa kuvaavaa pelimallia, jossa osapuolten kaluston kuvaus on äärimmäisen yksinkertaistettua. Jos tavoitteena on kuvata ilmataistelua, jossa on useampia toimijoita, tai vertailla yksityiskohtaisempia kalustomalleja, toteutetaan ilmataistelun analysointi simuloimalla. Simulointimalleilla voidaan tutkia differentiaalipelejä realistisempia skenaarioita, mutta niiden tuottamat tulokset eivät ole pitkällä tarkasteluvälillä optimaalisia.

Työssä esitellään kaksi uutta lähestymistapaa pelimallien estimointiin simulointituloksista ja menetelmä, jonka avulla voidaan arvioida luotettavien pelimallien estimointiin vaadittavien simulointien lukumäärä. Simulaatiomallin sisäisten jatkuvien muuttujien vaikutusta ilmataistelun lopputulokseen, kuten pudotuksiin tai omiin tappioihin, kuvataan usean muuttujan regressiomalleilla. Ns. regressiopeleissä regressiomallien selittävät muuttujat tulkitaan pelaajien strategioiksi ja mallin ennuste pelin tuottamaksi hyödyksi. Toisaalta simulaatiomallin kvalitatiivisten muuttujien, kuten erilaisten ilmataistelun sitoutumistaktiikoiden, vaikutusta voidaan mallintaa tilastollisesti varianssianalyysin avulla. Tässä työssä varianssianalyysin tulokset kootaan pelimatriisiin, jonka hyötyestimaattien vertailuun käytetään työssä esitettyä tilastollista luokittelumenetelmää.

Pelimalleja käytetään simulointimallin validointiin siten, että niiden ominaisuuksia verrataan todellisen ilmataistelun perusteella pääteltävissä oleviin rakenteisiin. Jos pelimallit vastaavat todelliseen ilmataisteluun perustuvia oletuksia, simulaattorimalli tuottaa realistisia tuloksia. Toisaalta pelimallien avulla voidaan etsiä parhaita strategioita vastustajan eri strategioita vastaan ja simulaatiotulosten peliteoreettinen analyysi on luonteva lähtökohta ilmataistelun strategia- ja kalustoanalyysille.

Diplomityössä osoitetaan, että peliteoria tarjoaa monipuolisia mahdollisuuksia sekä simulointimallin validointiin että optimaalisten ilmataistelustrategioiden määräämiseen. Näin työssä esiteltyjä lähestymistapoja kannattaa soveltaa myös muiden ilmataistelun simulointimallien analysointiin. Peliteoreettista lähestymistapaa voidaan hyödyntää myös muiden sovellusalojen simulointitutkimuksissa, joihin pelitilanne voidaan synnyttää ns. ”worst case”-analyysin avulla.

Diplomityö: Kokonaistuntikatteen maksimointi tuotannosuunnittelun ja tuotesiirtojen avulla hienopaperiteollisuudessa

Antti Soro (Teknillinen korkeakoulu)

Työn valvoja: Prof. Harri Ehtamo (TKK)

Työn ohjaaja: DI Heikki Pankamaa (Ahlstrom Oyj)

Tekniikan ylioppilas Antti Soro on diplomityössään ”Kokonaistuntikatteen maksimointi tuotannosuunnittelun ja tuotesiirtojen avulla” osoittanut mahdolliseksi nostaa hienopaperituotannon kannattavuutta tutkimuksensa kohdeyrityksessä, Ahlstrom Oyj:ssä.

Soron tutkimusongelma kohdeyrityksessä oli huonosti kannattava ja epätehokas hienopaperituotanto kolmella tehtaalla Euroopassa. Tehtailla oli selkeästi nähtävissä, että tilausten tuotantoa optimoimalla olisi mahdollista vähentää hävikkiä ja täten nostaa yksiköiden kannattavuutta. Sen lisäksi, johtuen rahtikustannuksista ja paperikoneiden erilaisuudesta eri paikkakunnilla, nähtiin tuotesiirtojen avulla olevan mahdollista parantaa tehtaiden yhteenlaskettua kannattavuutta.

Tutkimuksen aikana vallitsi hyvä markkinatilanne, tuotantoa ei jouduttu tekemään varastoon vaan tuotanto oli pääosin tilausvetoista. Tällaisessa markkinatilanteessa hienopaperituotannon kannattavuutta voidaan mitata kokonaistuntikatella, jota myös tutkimuksessa optimoitiin. Tuntikate on paperin myymisestä saadun liikevoiton ja paperin tekemiseen kuluneen ajan osamäärä. Jos markkinatilanne on huono, ei tuntikatetarkastelu anna parasta mahdollista tulosta, vaan on seurattava tehtaiden ja koneiden yhteenlaskettua marginaalikatetta.

Tuotannonohjaus jaetaan perinteisesti paperiteollisuudessa neljään eri tasoon aikajänteestä riippuen; myyntisuunnittelu, karkeasuunnittelu, hienosuunnittelu ja prosessin ohjaus. Myyntisuunnitelma tehdään kerran tai kaksi kertaa vuodessa, minkä pohjalta laaditaan karkeasuunnitelma. Karkeasuunnitelmaa päivitetään mahdollisen uuden informaation avulla viikon päähän tilausten tuotannon aloittamisesta, minkä jälkeen karkeasuunnitelman pohjalta laaditaan lopulta hienosuunnitelma. Hienosuunnitelma sisältää leikkausasetteet eli se kertoo lopulta paperikoneen pyörittäjille tehtävät paperilaadut, mitat ja määrät. Prosessionohjaus on tuotannon seuranta ja hienosäätöä, jota tehdään tasaisen laadun varmistamiseksi.

Myyntisuunnitelmat tehdään nykyään tavallisessa paperiteollisuudessa kattamaan monta eri tehdasta ja niissä olevat paperikoneet. Hienopaperiteollisuudessa se ei ole aikaisemmin ollut mahdollista johtuen asiakkaiden laatuvaatimuksista ja tuotteiden erityispiirteistä. Jokaiselle

paperikoneelle on tehty oma myyntisuunnitelmansa, huomioimatta muita koneita ja niille osoitettuja tilauksia.

Soron tutkimuksessaan tekemän matemaattisen tarkastelun perusteella on kuitenkin osoitettu, että myyntisuunnittelua kehittämällä on ainakin teoriassa mahdollista nostaa hienopaperituotannon kannattavuutta. Teoriassa kannattavuus paranee, kun ratkaistavan optimointiongelman, trimmityksen, vapausastetta voidaan kasvattaa valitsemalla tilauksen tuottamiseen konelevydeltyään paras paperikone läheltä asiakasta. Käytännössä parempi kannattavuus johtuu siis pienemmästä hukasta ja rahtikustannusten pienentymisestä.

Diplomityö: Värähtelyherätteen analysointi vasteen perusteella isossa risteilylaivassa

Karno Tenovuo (Teknillinen korkeakoulu)

Työn valvoja: Prof. Harri Ehtamo (TKK)

Työn ohjaaja: TkT Patrik Rautaheimo, Prof. Jerzy Matusiak

Teknillisessä korkeakoulussa tarkastetussa diplomityössä tutkittiin värähtelyherätteiden ja vasteiden välisiä riippuvuussuhteita isossa risteilylaivassa. Työssä kehitettiin menetelmä värähtelyherätteen paikan ja tyyppin arvioimiseen. Lisäksi työssä esitettiin pidemmän aikavälin värähtelytietojen esitystekniikoita. Myös ympäristötekijöiden vaikutuksia värähtelytasoihin pyrittiin selvittämään. Työn suoritti tekniikan yo. Karno Tenovuo Aker Finnyardsin Turun telakalla teoria- ja luokitusosastolla.

Laivojen koot kasvavat vuosi vuodelta ja samalla kasvavat laivoilta vaaditut ominaisuudet. Koon kasvaminen saattaa johtaa värähtelyherätteiden osumiseen lähelle rungon ensimmäisiä ominaistuuksia, joilloin seurauksena voi olla voimakasta värähtelyä. Tämä puolestaan johtaa lisääntyneeseen rungon rasittumiseen ja matkustajien epämukavuuteen. Värähtelyherätteistä tulisi tietää enemmän normaaleissa operointitilanteissa, jotta laivat voitaisiin tulevaisuudessa suunnitella paremmin värähtelyjen kannalta.

Värähtelyherätteen paikka pystyttiin selvittämään eri antureilla mitattujen vasteiden välisten korrelaatiofunktioiden avulla. Työssä värähtelyn etenemisnopeuden oletettiin olevan suoritettun ankkurin pudotuskokeen perusteella vakio (n. 248 m/s). Työssä arvioitiin herätteen tyyppi joko springing-herätteeksi (pitkäaikainen, hitaasti vaimeneva) tai slamming-herätteeksi (transientti, nopeasti vaimeneva) vasteen nousujan perusteella. Herätteen voimakkuus selvitettiin testaamalla

muodostettua simulointimallia erilaisilla herätevoimakkuuksilla ja vertaamalla simuloinnilla saatuja vasteita operointitilanteessa mitattuihin vasteisiin. Työssä käytetyistä värähtelytietojen esitystekniikoista voitiin todeta RMS-arvojen ja spektrogrammin olevan käyttökelpoisia, kun halutaan tunnistaa värähtelyvasteen hetkellinen käyttäytyminen. Pidemmän aikavälin yleiseen värähtelytason kuvaamiseen sopivat VDV-arvot ja pääkomponenttispektraalianalyysi. Ympäristötekijöiden, kuten aallon ja tuulen, vaikutuksia värähtelytasoihin pyrittiin selvittämään mm. lineaarisen regressioanalyysin ja erilaisten tulostusten avulla. Saatujen tulosten perusteella ei voitu kuitenkaan tehdä selkeitä päätelmiä siitä, mitkä tekijät vaikuttavat värähtelytasoihin.

Tutkimuksen perusteella herätteiden voimakkuudet vaihtelivat springing-herätteen tapauksessa lähes nolosta noin 250 kN:iin asti ja slamming-herätteen tapauksessa lähes nolosta noin 3000 kN:iin asti. Herätteitä syntyi pääasiassa laivan vesiviivan tulokulmassa ja lähellä laivan ns. olkapäitä. Myös laivan perässä syntyi herätteitä. Herätteistä noin 80 prosenttia voitiin tunnistaa slamming-tyyppisiksi ja 20 prosenttia springing-tyyppisiksi. Työssä löydetty herätteiden syntypaikat voidaan tulevaisuudessa ottaa jo suunnitteluvaiheessa lähempään tarkasteluun ja pyrkiä esimerkiksi rungon muotoilun avulla minimoimaan erityyppisistä herätteistä aiheutuvat värähtelyt tutkimuksessa löydettyjen herätteiden voimakkuuksien vaihteluvälillä. Aaltotutkan käyttö ympäristötietojen tallennuksessa saattaisi jatkossa parantaa merkittävästi työssä esitettyjä menetelmiä.

Diplomityö: Energiankulutuksen ennustemallien kehittäminen sähkölaitoksessa

Matti Vuorinen (Teknillinen korkeakoulu)

Työn valvoja: Prof. Ahti Salo (TKK)

Työn ohjaaja: DI Jukka Joronen

Nykyaikaiset energianhallintajärjestelmät mahdollistavat sähkölaitoksen vuosibudjetin laskemisen tunnin aikaresoluutiolla. Tyypillisesti energianhallintajärjestelmä tarvitsee budjetoinnin lähtötietoina samalla aika-asteleella olevat ennusteet sähkön pörssihinnasta sekä kaukolämmön ja sähkönkulutuksista. Näiden lähtötietojen avulla voidaan simuloimalla etsiä sopiva tuotantorakenne, suunnitella laitosten huoltoaikataulut ja polttoainetäydennykset.

Matti Vuorisen diplomityö energiankulutuksen ennustusmallien kehittämisestä sähkölaitoksessa esittelee lineaarisiin malleihin perustuvan ennustusmenetelmän, jolla voidaan tehdä 1-3 vuotta

eteenpäin ulottuvia tunneittaisia ennusteita kaukolämmön ja sähkönkulutukselle. Menetelmän lähtöoletuksena on se, että vaikka yksittäisen asiakkaan energiankulutus on satunnaisprosessi, voidaan sähkölaitoksen asiakkaiden kokonaiskulutuksesta löytää vuorokausi- ja viikkorytmit. Näiden rytmien lisäksi energiankulutus riippuu ulkolämpötilasta.

Diplomityössä kehitetyillä ennustumalleilla on kaksi selkeää vahvuutta. Ensiksikin ennusteiden laskeminen on nopeaa ja automatisoitavissa. Toisekseen ennusteiden laskennassa voidaan reunaehtoina käyttää muuta saatavilla olevaa tietoa, kuten asiakasmääriin perustuvia ennusteita kuukausittaisesta energiankulutuksesta.

Mallien sovitustulokset Tampereen sähkölaitoksen tarjoamilla vuosien 2002-2004 kulutustiedoilla ovat erittäin hyviä. Täydellisellä lämpötilatiedolla ja mallinnetulla aineistolla mallien selitysasteet nousevat yli 90% tasolle. Erilaisista viikkoprofiileista parhaat tulokset saavutettiin kaukolämmön osalta mallilla, jossa viikko koostuu kahdesta erilaisesta päivätyypistä. Sähkönkulutuksen lopullisessa mallissa käytetään kolmea päivätyyppiä.

Mallien korkeat selitysasteet johtuvat suurelta osin voimakkaista lämpötilariippuvuuksista. Varsinaisten tulevaisuuteen ulottuvien ennustusteiden kannalta tämä riippuvuus on myös ongelma, sillä luotettavaa lämpötilaennustetta vuosiksi eteenpäin ei ole saatavilla. Sähkönkulutuksen ennusteen osalta ongelma on vähäisempi, sillä keskiarvoistettu lämpötilakin tuottaa hyviä tuloksia. Kaukolämmön kulutuksen kohdalla lämpötilan keskiarvo vääristää tuotantorakennetta talvella. Tämä vääristyminen johtuu kylmien päivien huippukulutusten puuttumisesta, jolloin osa lämmöntarpeesta katetaan erillisillä, ainoastaan lämmöntuotantoon tarkoitetuilla lämpökattiloilla. Kun käytössä on keskiarvoihin perustuva lämpökäyrä, näitä lämpökattiloita ei budjetointisimulaatioissa käynnistetä.

Diplomityössä esitetyt ennustusmallit tuottavat lisäinformaatiota päätöksentekoon. Vapautuneilla energiamarkkinoilla nopeasti muuttuvan markkinatilanteen vaikutusten arvioiminen on olennainen osa sähkölaitoksen toimintaa. Työssä esitetyillä malleilla tuotetaan paitsi vuosibudjetin laskentaan tarvittavat lähtötiedot, mutta niitä voidaan myös käyttää riskien kartoittamiseen liittyvissä herkkyystarkasteluissa. Lineaaristen mallien käyttö ennustuksessa luo tällaisille tarkasteluille loogisen pohjan, jossa syy-seuraussuhteet ovat intuitiivisesti hahmotettavissa.

TULEVIA TAPAHTUMIA

MARRASKUU 2005

24.11. FORS:n vaalikokous
VTT

<http://www.optimointi.fi/>

JOULUKUU 2005

1.12. FORS-seminaari

Restaurant Bank

<http://www.optimointi.fi/>

15.-17.12. International Conference on Operations & Supply Chain Management OSCM 2005

Bali, Indonesia

oscm@oscm2005.org

<http://www.oscm2005.org/>

TAMMIKUU 2006

19.-20.1. ORBEL 20 Conference on Quantitative Methods for Decision Making

Chent, Belgium

orbel20@ugent.be

<http://www.orbel20.ugent.be>

23.-27.1. I FIMA International Conference

Ayas-Champoluc, Italy

infoconf@fimaonline.it

<http://www.fimaonline.it/conference06>

HELMIKUU 2006

22.-23.2. Second International Intelligent Logistics Systems Conference (ILS 2006)

Port of Brisbane, Australia

logisticsresearch@qut.edu.au

<http://www.logisticsresearch.qut.edu.au>

MAALISKUU 2006

30.3.-2.4. The 8th INFORMS Telecommunications Conference

Dallas, Texas

<http://telecom.section.informs.org/conference/>

HUHTIKUU 2006

10.-12.4. Third European Workshop on Evolutionary Computation in Communications, Networks, and Connected Systems

Budapest, Hungary

<http://www.evonet.info/eurogp2006/?page=evo>
comnet

19.-21.4. International Conference on Health and Social Care Modelling and Applications: HSCM2006

Adelaide, Australia

eldarze@westminster.ac.uk

<http://www.psychology.adelaide.edu.au/hscm2006/>

30.4.-2.5. INFORMS Practice Conference 2006: Applying Science to the Art of Business

Miami, FL, USA

<http://www.informs.org/Conf/Practice06/>

TOUKOKUU 2006

8.-10.5. CORS / Optimization Days 2006

Montreal, Canada

scrojopt2006@crt.umontreal.ca

<http://www.crt.umontreal.ca/scrojopt2006/>

10.-12.5. Spring School on Vehicle Routing

Montreal, Canada

gilbert.laporte@hec.ca

http://www.hec.ca/charedistributique/en/school2006_en.shtml

Lisää tapahtumia:

<http://www.informs.org/Conf/Conf.html>

<http://www.ifors.org>

<http://www.euro-online.org/display.php?page=calendar>