

# INFORS

Suomen Operaatiotutkimusseuran jäsenlehti

2/2006

- Teoriasta sovellukseen -



**FORS**

Suomen Operaatiotutkimusseura ry  
Finnish Operations Research Society

**Suomen  
Operaatiotutkimusseura ry:n  
jäsenlehti**

**N:o 2 - 2006**

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

**Vastaava päätoimittaja,  
seuran puheenjohtaja:**

Risto Lahdelma  
Turun Yliopisto  
Informaatioteknologian laitos  
Datacity  
Lemminkäisenkatu 14-18 A  
20520 Turku  
Puh. (02) 333 8784  
Fax (02) 333 8600  
email: [risto.lahdelma@cs.utu.fi](mailto:risto.lahdelma@cs.utu.fi)

**Toimittaja, seuran sihteeri:**

Janne Karelahti  
Teknillinen korkeakoulu  
Systeemianalyysin laboratorio  
PL 1100  
02015 TKK  
Puh. (09) 451 3052  
email: [janne.karelahti@tkk.fi](mailto:janne.karelahti@tkk.fi)

**Jäsenmaksun suuruus:**

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

**Mainoshinnat:**

Sivu 100 euroa  
Sivu / 2 eri numeroa 150 euroa

**SISÄLTÖ**

<i>Puheenjohtajan palsta .....</i>	<i>3</i>
<i>Matkakertomus – Porto ja Larissa ..</i>	<i>6</i>
<i>EURO 2006, Reykjavik, Islanti.....</i>	<i>9</i>
<i>International Summer School on Multiple Criteria Decision Making 2006, Taoyan, Taiwan .....</i>	<i>10</i>
<i>Opinnäytteet.....</i>	<i>12</i>
<i>Tulevia tapahtumia .....</i>	<i>24</i>

## PUHEENJOHTAJAN PALSTA

**Risto Lahdelma**

*risto.lahdelma@cs.utu.fi*

*”Operaatiotutkijoita on 10 eri tyyppiä.*

*Niitä jotka ymmärtävät binäärilukujärjestelmää ja niitä jotka eivät.”*

Vuosi on ollut kiireinen tutkimuksen, opetuksen ja erilaisten ’kolmansien tehtävien’ merkeissä, joita on nyt virallisesti yliopistoille sälytetty. Suomen perustuslain mukaan

*”Tieteen, taiteen ja ylimmän opetuksen vapaus on turvattu”*

ja vastaavasti yliopistolain mukaan *”Yliopistoissa vallitsee tutkimuksen, taiteen ja opetuksen vapaus”*. Kolmas tehtävä on määritelty yliopistolaissa päätehtäville alisteisesti

*”Tehtäviään hoitaessaan yliopistojen tulee toimia vuorovaikutuksessa muun yhteiskunnan kanssa sekä edistää tutkimustulosten ja taiteellisen toiminnan yhteiskunnallista vaikuttavuutta”*.

Siitä, mitä kolmas tehtävä pitää sisällään tuntuu olevan vahvasti erilaisia käsityksiä, eikä kolmannen tehtävän ’vapaudesta’ säädetä mitään. Meille operaatiotutkijoille lienee täysin luonnollista että merkittävä osa tutkimuksestamme ja opetuksestamme on sovellusläheistä. Meidän alallamme hyvä kolmannen tehtävän hoitaminen tarkoittanee täsmälleen sitä, että sovelluksia on sopivassa suhteessa teoreettisempaan tutkimukseen. Näen kuitenkin vaarana sen, että yliopistojen resurssipulassa kolmas tehtävä saa ylivallan, se tulkitaan vain ulkoisen rahan hankkimiseksi, ja sen varjolla ja sitä sopivasti tulkiten luistetaan ensimmäisestä ja toisesta tehtävästä tai aletaan vähätellä teoreettisen tutkimuksen merkitystä. Miten esimerkiksi filosofi toteuttaa kolmatta tehtävää tehokkaasti? Yleisönosastokirjoituksilla, poliittisella aktiivisuudella, osallistumalla TV-visailuihin?

*Mitä eroa on matemaatikolla ja filosofilla? Matemaatikko tarvitsee työskennelläkseen vain kynän, paperia ja roskakorin. Filosofin ei tarvitse roskakoria.*

Vaikuttavuuden lisääminen on kieltämättä myös eräs operaatiotutkimuksen vaikeista haasteista. Meillä on hallussamme laaja arsenaali menetelmiä ja ohjelmistoja mitä erilaisimpien ongelmien ratkaisemiseksi. Toisaalta ympäröivä maailma on pullollaan tärkeitä ongelmia, jotka huutavat ratkaisua. Vaikka menestystarinoitakin on, tuntuu siltä että menetelmät ja todellisen elämän ongelmat eivät kohtaa lainkaan siinä laajuudessa kuin voisi olettaa ja toivoa. Osittain syynä voi olla etäisyys akateemisen ja muun maailman välillä. Tähän voidaan vaikuttaa juuri esimerkiksi sellaisilla yhteiseminaareilla joita seuramme järjestää. Toisaalta, käytännön ongelmissa on usein sellaisia erikois- tai lisäpiirteitä ja heikosti strukturoituja osaongelmia, jotka tekevät vaikeaksi soveltaa olemassaolevia menetelmiä sellaisinaan. Sovelluksissa tarvitaan aina sovelluskohtaista menetelmien sovittamista. Tämä on työlästä ja kallista, ja jos tuloksellisuutta ei voida etukäteen taata, voi olla vaikea perustella hankkeen budjetin suuruutta rahoittajalle. Monesti kehitetty malli tai järjestelmä jää jonkinlaiseksi prototyyppiä, jota ei kehitetä valmiiksi tai oteta käyttöön. Onko hanke silloin epäonnistunut? Ei välttämättä, lisääntynyt ymmärrys järjestelmän toimivuudesta voi itsessään olla ratkaisevan tärkeää.

*Useimmat hyvien OR-selvitysten johtopäätökset ovat ilmeisiä:*

*Maanviljelijä oli huomannut että hänen mustat hevosensa söivät enemmän kuin hänen valkoiset hevosensa. Tutkittuaan asiaa huolellisesti hän huomaa että hänellä on enemmän mustia hevosia kuin valkoisia. – Robert E. Machol*

Silti ei pidä antautua reaali maailman ongelmien edessä. Ongelmien strukturoimattomuus, epämääräisyys, sumeus, ja tietojen puutteellisuus tarkoittaa, että meillä pitää olla valmius soveltaa näihin paremmin sopivia ja monimuotoisempia menetelmiä. Esimerkiksi päätöksenteon tutkimuksessa on käytössä hyvinkin monenlaisia tapoja mallittaa epätarkkaa, epävarmaa, epätäsmällistä ja jopa osittain puuttuvaa tietoa. Haasteena onkin kuinka nämä erilaiset ja osittain epäyhteensopivat menetelmät voidaan yhdistää keskenään ja perinteisten eksaktien mallinnus- ja optimointimenetelmien kanssa.

*”Paras tapa valita sopiva puoliso on laatia huolellisesti lista kaikista hyvistä ominaisuuksista – ja mennä naimisiin ensimmäisen kanssa, joka saa unohtamaan tuon listan” – Don Gross*

Tekoälytutkimus on kiinnostava ja monella tavalla operaatiotutkimukselle läheinen tieteenala. Lähestymistapa on kummallakin alalla sama. Kummallakin alalla mallitetaan ilmiöitä tai järjestelmiä ja sovelletaan erilaisia menetelmiä mallien analysoimiseksi. Myös menetelmissä on paljon yhteistä. Esimerkiksi evolutionääriset ja geneettiset algoritmit sekä neurolaskenta ovat

menetelmiä, joita sekä tekoälytutkija että operaatiotutkija voi kutsua omikseen. Eniten eroa on ehkä mallinnuspuolella, mutta silti esimerkiksi sumeat mallit, sekä logiikka- ja rajoiteohjelmointi ovat kummallakin puolella sovellettuja tekniikoita. Näenkin että tekoälytutkimuksella ja operaatiotutkimuksella on paljon annettavaa toisilleen, ehkä juuri vaikeiden reaalimaailman ongelmien mallinnuksessa ja käsittelyssä.

*Fyysikko, biologi ja matemaatikko istuvat katukahvilassa ja näkevät kahden ihmisen menevän sisälle vastapäiseen taloon. Jonkin ajan kuluttua kolme ihmistä tulee ulos. Seuraa keskustelu:*

*Fyysikko: Mittaukset ovat epätarkkoja.*

*Biologi: He ovat lisääntyneet.*

*Matemaatikko: Jos vielä yksi ihminen menee taloon, on se tyhjä.*

## **FORS-seminaari 2006**

Syksyn seminaarissamme (30.11 Helsingissä Tieteiden talossa) teemana on ”Suomen metsäsektori nyt ja tulevaisuudessa”. Metsäteollisuus on edelleen tärkeimpiä teollisuudenaloja Suomessa. Suuri kysymys on tietysti mikä on Suomen metsäteollisuuden tulevaisuus ja miten voimme vaikuttaa myönteisesti soveltamalla erilaisia kvantitatiivisia ja kvalitatiivisiakin menetelmiä metsäsektorin toimijoiden päätöksenteon tukemiseksi (esim. tuotannonohjaus, logistiikka, ennakointi, markkinointi ja teknologioiden arviointi). Tarkastelun kohteena on koko jalostusketju metsän kasvatuksesta tuotteiksi, ja sen eri osavaiheet.

*Kolme tilastotieteilijää on metsällä. Ensimmäinen ampuu jänistä, mutta vasemmalta ohi. Toinen ampuu, mutta oikealta ohi. Me osuttiin, huutaa kolmas.*

Olemme kutsuneet seminaariin osallistujiksi myös seuramme ulkopuolisia tahoja, kuten alan yrityksiä sekä Metsäekonomistiklubin (<http://www.metla.fi/org/sms/klubit/ekonklubi.htm>). Toivonkin, että seminaari edistää molemminpuolista tiedonvälitystä: metodologista osaamista meiltä operaatiotutkijoilta teollisuudelle ja käytännön ongelmien ymmärrystä alan teollisuudelta meille tutkijoille.

Toivomme seuramme jäseniltä ja muilta laajaa osanottoa. Levittäkää tietoa seminaarista kiinnostuneille. Tervetuloa!

*Miksi kana ylitti Möbiuksen nauhan? Päästäkseen samalle puolelle.*

## MATKAKERTOMUS – PORTO JA LARISSA

### Risto Lahdelma

Turun yliopisto, Informaatioteknologian laitos

*risto.lahdelma@cs.utu.fi*

EURO Working Group – Multicriteria Decision Aiding (EWG-MCDA) on EURO:n työryhmä, joka kokoaa yhteen lähinnä eurooppalaisia monikriteerisen päätöksenteon tukemisesta kiinnostuneita tutkijoita. Ryhmää koordinoi Prof. Bernard Roy LAMSADE:sta, Pariisin Dauphine-yliopistosta. EWG-MCDA järjestää pienimuotoisia (50-100 osallistujaa) 2-3 päivän mittaisia kokouksia kahdesti vuodessa (kevät ja syksy) kiertäen eri maissa ja yliopistoissa. Suomessa kokousta ei ole vielä järjestetty, mutta suunnitteilla on että FORS järjestäisi kokouksen vuoden 2008 keväällä.

Osallistuin kahteen viimeisimpään EWG-MCDA-kokoukseen Portossa ja Larissassa, joista kerron seuraavaksi.

### 63<sup>rd</sup> EWG-MCDA Meeting, March 30-31, Porto, Portugal



Kokouksen pääteemana oli Suorituskyvyn evaluointi (Performance evaluation), ja sivuteemana ”Fundamental issues”. Kokous oli kerännyt 37 hyvää paperia eri maista ja osallistujia oli ehkä kaksi kertaa tämä määrä. Kuten yleensä, isäntämaasta oli enemmän osallistujia kuin muualta. Kokouksen organisointiin kuuluu, että rinnakkaisia sessioita ei juuri harrasteta, jonka seurauksena käytännössä kaikki ovat kuuntelemassa kaikkia esityksiä. Tästä johtuen kaikki paperit eivät kuitenkaan mahdu esitettävien ohjelmaan, vaan osa näistä saa luokituksen ”Paper submitted for discussion”. Jälkimmäisen kategorian paperit jaetaan osallistujille, ja niistä on tarkoitus keskustella epävirallisesti kiinnostuneiden kanssa kokouksen lomassa.

Itse pääsin esittämään P. Salmisen kanssa kirjottamamme artikkelin ”The effect of the shape of the utility/value function in SMAA”. Tämä artikkeli kuuluu lähinnä sivuteeman ”Fundamental issues” alle. Tutkimme siinä kuinka merkittävästi monikriteerianalyysin tuloksiin vaikuttaa hyöty/arvofunktion mahdollinen riskiä karttava (konkaavi) muoto.

Porto on Pohjois-Portugalissa, vanha kulttuurikaupunki ja Portviinin koti. Suomalaiseen tekee vaikutuksen jyrkät maastonmuodot. Kaupunkia halkoo joki, jonka ylittävät useat komeat sillat, eräs niistä on itsensä Eiffelin suunnittelema. Toinen ranta on täynnä Portviinikellareita. Ennen kuin ilmastointi keksittiin, oli viinikellarit sijoitettava sille rannalle, jonne aurinko ei juuri koskaan paista.

## 64th EWG-MCDA Meeting, September 28-30, Larissa, Greece



Kokouksen teemana oli Monikriteeriset päätöksenteon tukijärjestelmät (Multicriteria decision support systems). Kokous oli alunperin kerännyt 40 paperia ja yli 100 ilmoittautunutta. Valitettavasti peruutuksia oli huomattava määrä. Syitä voi arvailla, mutta Larissa ei ole rannikolla, ja sinne on hankalat kulkuyhteydet, lennettävä joko Thessalonikiin kuten minä, tai Ateenaan ja lennon jälkeen on vielä usean tunnin matka junalla tai maanteitse.

Itse esitin P. Salmisen kanssa kirjoittamamme artikkelin ”Modelling incomplete preference information through probability distributios”, joka herätti kiinnostunutta keskustelua. Tieteellinen hyöty tämänkaltaisista kokouksista on kahtalainen. Toisaalta artikkeleihin voi saada arvokkaita kommentteja ja lisäksi kokouksessa voi tavata hyödyllisiä yhteistyökumppaneita.

Lauantaina ohjelmassa oli työkokous ja ekskursio *Meteoraan*, jossa on huikeita Bysanttilaisia luostareita rakennettuna äkkijyrkkien kallioiden päälle. Keskellä Kreikkaa sijaitseva vuorten ympäröimä laakso on entinen järvi, ja kalliomuodostelmat ovat veden muovaamia. Työkokouksemme pidettiin kallioiden alapuoleisen ravintolan terassilla, josta saatoimme seurata kalliokiipeilijöiden hidasta etenemistä pystysuoraa seinää ylös.



## **EURO 2006, REYKJAVIK, ISLANTI**

### **Janne Kettunen**

Teknillinen korkeakoulu, Systemianalyysin laboratorio

*janne.kettunen@tkk.fi*

Vuosittainen EURO:n (The Association of European OR Societies) konferenssi järjestettiin heinäkuussa Islannissa, Reykjavikissa. Konferenssin isäntänä toimi ICORS (Icelandic Operations Research Society) ja teemana oli kestävä kehitys "OR for Better Management of Sustainable Development". Matkaseurueeseeni kuului Teknillisen korkeakoulun Systemianalyysin laboratoriosta professori Ahti Salo sekä tutkijat Ville Brummer ja Erkka Jalonen.

Konferenssin avajaiset olivat sunnuntaina ja sen jälkeiset kolme päivää menivät tiiviisti esitysten parissa. Itse puhuin aiheesta "Dynamic Risk Management in Contingent Portfolio Programming". Muu aika meni seurattessani aihepiiriini liittyviä esityksiä. Konferenssijärjestelyt olivat erinomaisesti toteutettu ja siirtyminen eri rakennuksiin esitysten lomassa ei tuottanut myöskään ongelmia, koska kaikki konferenssirakennukset olivat aivan Reykjavikin keskustan kupeessa viiden minuutin kävelymatkan päässä. Toisinaan sää oli suurimpana esteenä, sillä lähes koko reissun ajan oli noin 10 astetta lämmintä ja satoi ja tuuli napakasti. Suomalaiseen makuun sää tuntui kuitenkin varsin kotoisalta.

Konferenssissa tapasimme myös paljon muita suomalaisia eri yliopistoista ja tutustuimme moniin ulkomaalaisiin kollegoihin. Konferenssiin olikin saatu ennätysmäärä osallistujia, joka varmaan ainakin osin selittyi myös Islannin eksotiikasta tullen ja jään maana. Islannissahan on aktiivisia tulivuoria, useita valtavia jäätiköitä, geisirejä, korkeita vesiputouksia sekä kuumia lähteitä. Konferenssiohjelmassa olikin vierailu ja uinti kuumassa lähteessä Blue Laguunissa. Blue Laguun oli noin tunnin ajomatkan päässä Reykjavikista, jonne konferenssin osallistujille oli järjestetty bussikuljetus. Blue Laguunin vesi oli hohtavan sinistä johtuen mineraaleista, joita kuuma vesi kuljetti mukanaan maanpäälle. Uiminen lähteessä oli mieleenpainuva ja virkistävä kokemus.

Konferenssimatka oli kokonaisuudessaan erittäin onnistunut ja Islanti maana mielenkiintoinen. Uskon, että tullen käymään Islannissa vielä myöhemmin uudestaan ja tutustumaan tarkemmin sen jylhään ja eksoottiseen luontoon. Suosittelen Islannissa vierailua kaikille ja erityisesti niille, jotka nauttivat koskemattoman luonnon kauneudesta.

**INTERNATIONAL SUMMER SCHOOL ON MULTIPLE CRITERIA  
DECISION MAKING 2006, TAOYAN, TAIWAN****Petri Eskelinen**

Helsingin kauppakorkeakoulu

*petri.eskelinen@hse.fi*

Heinäkuussa Taiwanissa järjestettiin 9. kansainvälinen MCDM-kesäkoulu. Tapahtumapaikkana oli Taoyuanin kaupungissa sijaitseva Kainan University kampus. Kesäkoulu kesti kaksi viikkoa, ja järjestävinä osapuolina olivat Kainan University sekä National Chiao Tung University. Järjestelyiden puuhamiehinä olivat professorit Gwo-Hshiung Tzeng ja Po-Lung Yu sekä heidän kollegansa ja oppilaansa.

Taoyuan on noin 1.9 miljoonan asukkaan kaupunki, joka sijaitsee noin 40 minuutin junamatkan päässä Taipeiä etelään. Kesäkoulun ohjelma ja majoittuminen tapahtui kokonaisuudessaan Kainan Universityn kampuksella, joka puolestaan sijaitsee muutaman kilometrin päässä Taoyuanin keskustasta. Koko kesäkoulun ajan ilmasto oli melko armoton. Ensimmäisen viikon aikana oli jatkuvasti paahtava helle eikä lämpötila edes yöllä laskenut juuri alle kolmenkymmenen asteen. Liian kuumen ilmaston vuoksi myös muutama luennoitsija oli perunut tulonsa. Toisella viikolla taifuuni pyyhkäisi Taiwanin yli, ja tästä syystä oli erittäin sateista ja tuulista.

Tapahtuman nimestä huolimatta kansainvälinen osanotto oli kesäkoulussa valitettavasti melko niukkaa. Vaikka osallistujia oli järjestäjien mukaan kaikkiaan noin 70, niin osallistujien joukossa oli vain kuusi Taiwanin ulkopuolelta tullutta opiskelijaa, joista kolme oli Suomesta sekä lisäksi Saksasta, Belgiasta ja Japanista kustakin yksi.

Kansainvälisten opiskelijoiden vähäisyys johtui ainakin osittain siitä, että kesäkoulun mainostaminen ja siitä etukäteen informointi oli alusta alkaen melko niukkaa. Esimerkiksi muutaman saksalaisen opiskelijan tuleminen oli kaatunut siihen, että he eivät liian vähäisen informaation johdosta saaneet rahoitusta järjestymään. Toisaalta kesälle sattui myös muutamia isoja konferensseja, ja moni olikin varmasti joutunut tekemään valinnan siitä mihin osallistuu.

Itsekin koin tiedottamisessa olevat puutteet. Tämä ilmeni esimerkiksi siten, että kun etukäteen yritin kysellä järjestäjiltä lisätietoja majoituksesta sekä muista käytännön järjestelyistä, niin vastaaminen kesti kohtuuttoman kauan, ja lisäksi vastausten tietosisältö oli melko niukkaa. Myös muut kansainväliset opiskelijat sekä muutamit luennoitsijat valittelivat, että ennen kesäkoulun

alkua tieto ei tuntunut kulkevan oikein mihinkään suuntaan. Toisaalta vaikka etukäteisjärjestelyissä sekä niiden informoinnissa olikin toivomisen varaa, niin paikan päällä kuitenkin kaikki toimi koko kesäkoulun ajan moitteettomasti.

Luentojen aikataulu oli ensimmäisellä viikolla melko sopiva, eli aamu yhdeksästä ilta viiteen. Toisella viikolla tahti oli taas liian tiukka, sillä luentoja oli ahdettu aamu yhdeksästä ilta kahdeksaan. Koska luentojen välillä ei juuri ollut pidempiä taukoja, niin viimeisen luennon seuraaminen tuntui olevan kaikille melko raskasta. Varmasti eräs syy epätasapainoiseen aikatauluun oli kesäkoulun ensimmäisen viikon kanssa päällekkäin sattunut EURO 2006 - konferenssi Islannissa, johon monet luennoitsijat osallistuivat.

Yhdelle luennoitsijalle oli varattu aikaa noin kolme tuntia sisältäen lyhyen tauon. Luentoja pitivät Kalyanmoy Deb (Intia), Han-Lin Li (Taiwan), Hirotaka Nakayama (Japani), Carlos Romero (Espanja), Ahti Salo (Suomi), Young Shi (Yhdysvallat), Roman Slowinski (Puola), Jaap Spronk (Hollanti), Ralph E. Steuer (Yhdysvallat), Gwo-Hshiong Tzeng (Taiwan), Hsiao-Fan Wang (Taiwan), Po-Lung Yu (Taiwan), ja Milan Zeleny (Yhdysvallat).

Pääsääntöisesti kaikki luennot olivat hyviä, mutta ehdottomasti parasta antia luennoillaan tarjosivat mielestäni Kalyanmoy Deb (Evolutionary algorithms), Ahti Salo (Preference modelling), Roman Slowinski (Rough set theory), ja Carlos Romero (Goal Programming). Näitä esityksiä oli erityisen mukava seurata, sillä niille kaikille oli yhteistä luennoitsijan järjestelmällinen esitystapa, joka eteni vähitellen perusteista syvällisempiin tuloksiin, menemättä kuitenkaan liian tarkkoihin yksityiskohtiin. Juuri tällaisia esityksiä mielestäni kesäkoulussa pitääkin olla, sillä kesäkouluun eri taustoista tulevilta ihmisiltä ei voi olettaa yksilötasolla huikkeitä taustatietoja jokaisesta mahdollisesta MCDM-kentän osa-alueesta.

Itseni mukaan lukien monet kesäkoulun osallistujista olivat etukäteen odottaneet, että luentojen lisäksi esiteltyjä aiheita työstetään esimerkiksi pienryhmissä. Lisäksi moni toivoi, että jossain vaiheessa olisi ollut mahdollisuus esitellä ja keskustella omasta tutkimusaiheesta erityisesti tähän tarkoitukseen järjestetyissä tilaisuuksissa. Odotusten vastaisesti kesäkoulun ohjelma koostui kuitenkin pelkistä luennoista, ja kesäkoulun ohjattu interaktiivinen osuus jäi siis erittäin vähäiseksi.

Järjestetyn ohjelman puuttuessa sekä kieliongelmiensa vallitessa moniin paikallisiin opiskelijoihin ei oikein tahtonut saada mitään syvällisempää kontaktia. Tämä johti siihen, että kansainväliset opiskelijat muodostivat oman ryhmänsä, ja paikalliset opiskelijat muodostivat omansa. Hyvänä puolena tässä oli kuitenkin se, että ehdin tutustua muihin kansainvälisiin opiskelijoihin todella hyvin, ja sain hyvän kuvan siitä mitä kunkin tutkimusalue tällä hetkellä kattaa. Ryhmän pieni koko

muodostui kuitenkin siinä mielessä ongelmaksi, että huomasimme nykyisten tutkimusalueidemme olevan melko kaukana toisistaan, jolloin mielekkäitä yhteistyömahdollisuuksia ei helposti löytynyt. Muutamia potentiaalisia yhteistyökuvioita saatiin kuitenkin alulle, ja mielenkiinnolla odotankin mihin nämä kontaktit johtavat.

Vaikka kontaktit jäivät odotuksiani vähäisemmiksi, niin kaikkiaan matka oli kuitenkin hyvin opettavainen. Lähes kaikki luennot tarjosivat jotain sellaista, jota en ollut ennen ajatellut, tai josta en ollut aikaisemmin kuullut. Lisäksi oli mukavaa nähdä MCDM-kentällä pitkään työskennelleitä tutkijoita, ja kuulla millaista tutkimusta he ovat viimeaikoina tehneet. Kaiken kaikkiaan matka oli mielestäni erittäin onnistunut.

Kiitokset Helsingin kauppakorkeakoulun tukisäätiölle, jonka myöntämällä apurahalla (nro. 200612068) rahoitin osan matkakuluista. Loput matkasta rahoitettiin Tekes-projektimme ”MASIT01 - Monitavoiteoptimointi ja monitieteellinen päätöksenteon tuki”-rahoista.

Lisää tietoa kesäkoulusta löytyy osoitteesta <http://mcdm.knu.edu.tw>, ja kuvia osanottajista sivulta <http://mcdm.knu.edu.tw/summer/picture.htm>.

## **OPINNÄYTTEET**

### **Väitöskirjatyö: Cogeneration planning under the deregulated power market and emissions trading scheme**

**Aiying Rong (Turun yliopisto, Informaatioteknologian laitos)**

aiyron@utu.fi

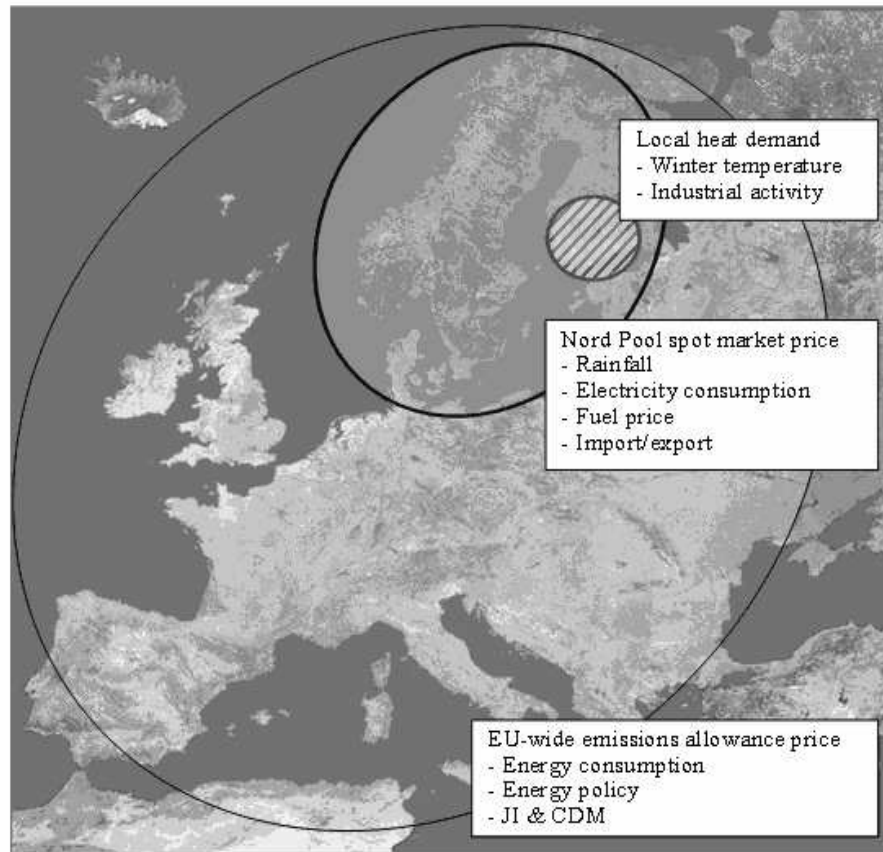
web-page: <http://staff.cs.utu.fi/~aiying>

<http://www.tucs.fi/research/series/serie.php?type=dissertation&year=2006>

Deregulation in energy industries in Europe has created a highly volatile power market, where competition is intense. The growing emphasis on environmental aspects is also changing the face of the energy industry. A European Union (EU)-wide emissions trading scheme (ETS) starting in 2005 urges the energy industry to move into more advanced and environmentally friendly power generation technologies, and also to switch to less harmful primary energy sources. The ETS has created an EU-wide emissions allowance market.

Cogeneration is universally accepted as the most energy-efficient technology to produce energy with lower fuel consumption and fewer emissions. Cogeneration means that two or more energy commodities are generated simultaneously in a single integrated process. Combined heat and power (CHP) production has been used widely and trigeneration is booming. In cogeneration, the production of multiple commodities follows a joint characteristic, which means that the production planning of the multiple commodities should be done in coordination. The joint characteristic of cogeneration production makes the planning problem multi-dimensional, which is naturally more complex than the pure power production planning problem. Cost-efficient operation of a cogeneration energy system can be planned using an optimization model based on hourly forecast for price and demand. A long-term planning model can decompose into thousands of hourly models.

This PhD thesis was motivated by the need of decision-support and production planning for medium-sized energy companies in the new situations. The energy producers are exposed to great risk caused by the volatility of the power prices and emissions allowance prices as well as the energy demand (e.g. heat demand). They must understand the uncertainties associated with new market situations and plan their operations accordingly to make profit. Figure 1 shows the determination of heat demand, power price and allowance prices. Risk analysis and fast re-optimization in the new market situations require that planning tools must be more versatile, accurate and efficient than before.



**Figure 1. Determination of heat demand, power price and allowance price. Heat demand depends on mainly on the local conditions. The spot price for power price is formed on the market as the equilibrium between the power supply and demand. The price of the emissions allowances will be determined by their supply and demand and the individual traders throughout EU.**

One focus of the thesis is efficient solutions to hourly models for different types of cogeneration planning problems. i.e. the efficient solution to production planning models without dynamic constraints. We present a generic hourly cogeneration model as a mixed integer programming (MIP) problem with a special structure by extending the specialized modeling technique for CHP planning problems. Then, we develop for different variants of the problems four efficient algorithms that exploit the special structure of the problem. The algorithms are from a few hundred to about two thousand faster than a general-purpose commercial solver. This will lay foundation for both fast re-optimization and advanced analysis such as risk analysis under changing market situations as well as for the efficient solution to the production planning models with dynamic constraints. The other focus of the thesis is planning under uncertainties including risk analysis and emissions trading planning. We represent the uncertainties based on scenarios. Then we analyze risks using scenario-based planning models. We also develop a stochastic simulation and coordination algorithm for managing emissions trading planning under ETS.

The thesis is the compilation of the following six original publications.

- I. Rong A., Hakonen H., Lahdelma R., 2006. An efficient linear model and optimisation algorithm for multi-site combined heat and power production, *European Journal of Operational Research* 168(2), 612-632.
- II. Rong A. & Lahdelma R., 2005a. An efficient linear programming model and optimization algorithm for trigeneration, *Applied Energy* 82, 43-63.
- III. Rong A. & Lahdelma R., 2005b. Efficient algorithms for combined heat and power production planning under the deregulated electricity market, *European Journal of Operational Research* (article in press), online available at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).
- IV. Rong A. & Lahdelma R., 2005c. An efficient envelope-based Branch and Bound algorithm for non-convex combined heat and power production planning. *European Journal of Operational Research* (accepted).
- V. Rong A. & Lahdelma R., 2005d. CO<sub>2</sub> emissions trading planning in combined heat and power production via multi-period stochastic optimization. *European Journal of Operational Research* (article in press), online available at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).
- VI. Rong A. & Lahdelma R., 2005e. Risk analysis of expansion planning of combined heat and power energy system under emissions trading scheme. In *Proceedings of the IASTED International Conference Energy and Power System*, ed. W. Tayati, April 18-20, 2005, Krabi, Thailand, 70-75.

Keywords: Cogeneration planning, modeling, energy optimization, deregulated power market, emissions trading scheme, risk analysis, linear programming, mixed integer programming.

**Diplomityö: Yhteisvikaparametrien määrittäminen vaikutusvektoreilla Loviisan ydinvoimalaitoksen todennäköisyyspohjaisessa turvallisuusanalyysissä**

**Auli Hämäläinen (Teknillinen korkeakoulu)**

Työn valvoja: Prof. Harri Ehtamo (TKK)

Työn ohjaaja: TkL Kalle Jänkälä, Fortum Nuclear Services Oy

Auli Hämäläinen on tutkinut diplomityössään yhteisvikojen esiintymistäajuuden estimointia ydinvoimalaitoksen vikatiedoista. Työ on tehty Fortumille osana Loviisan ydinvoimalaitoksen

todennäköisyyspohjaista turvallisuusanalyysiä eli PSA:ta. Tavoitteena on ollut määrittää Loviisan 1 voimalaitosyksikön turvajärjestelmien eräiden laiteryhmiä yhteisvikataajuudet käyttämällä hyväksi uusia kansainvälisiä tietolähteitä ja ns. empiiristä Bayesin menetelmää. Lisäksi on haluttu tutkia, miten erilaiset vaikutusvektorien muodostuksessa käytettävät menetelmät ja vektorien muunnossäännöt vaikuttavat yhteisvikaparametrien estimointiin.

Yhteisvialla tarkoitetaan sellaista vikataapahtumaa, jossa rinnakkaisten komponenttien muodostamassa järjestelmässä kaksi tai useampia komponentteja vikaantuu lyhyen aikavälin sisällä samasta syystä. Yhteisviat ovat ydinvoimalaitoksen turvallisuuden kannalta merkittäviä, sillä laitoksen turvajärjestelmien luotettavuutta pyritään usein parantamaan lisäämällä järjestelmän redundanssia eli rinnakkaisten komponenttien tai laitteiden määrää. Tällöin kuitenkin yhteisvikojen todennäköisyys järjestelmässä kasvaa.

Eri laitteiden ja komponenttien vikataajuudet määritetään ydinvoimalaitoksen turvallisuusanalyysissä tavallisesti laitoksella raportoidusta vika historiasta. Yksittäisten komponenttien vikataajuuksien estimointi on yleensä suoraviivaista. Yhteisvikojen käsittely sen sijaan on hankalampaa. Yhteisvikataapahtumaa raportoitaessa voi olla epäselvää, kuinka monta järjestelmän komponenttia on todella ollut vikatilassa. Komponentti voi olla vioittunut, mutta kuitenkin toimintakuntoinen. Vikataapahtuman aiheuttajasta ja ajallisesta kestoista voi olla epäselvyyttä, mikäli komponenttien vikaantuminen havaitaan vasta jälkikäteen. Välttämättä ei voida edes varmasti sanoa, että kyseessä on ollut yhteisvika.

Edellä kuvaillun kaltaisten tulkintaepävarmuuksien vuoksi yhteisvikataapahtumien kuvaamisessa käytetään ns. vaikutusvektoreita. Vaikutusvektorissa havaintoon liittyvien vaihtoehtoisten tulkintojen todennäköisyydet on esitetty vektorin muodossa. Vaikutusvektorien muodostukseen on olemassa erilaisia menetelmiä, joista yleisesti käytetty on U.S. Nuclear Regulatory Commission:in (NUREG:n) ohjeiden mukainen menettely. TkT Jussi Vaurio on kehittänyt Fortumilla vaihtoehtoisen tavan vaikutusvektorien määrittämiseen.

Yhteisvikoja esiintyy tyypillisesti harvoin ydinvoimalaitoksen käyttöänsä aikana. Tämän vuoksi omalta laitokselta kerätty vikadata ei välttämättä riitä yhteisvikojen esiintymistiheyden luotettavaan estimointiin. Yleensä laitospohjaisessa analyysissä joudutaankin käyttämään myös muiden laitosten vikatiietoja. Tähän liittyy kuitenkin paljon ongelmia. Eri laitoksilla järjestelmät ja käyttöolosuhteet ovat yleensä erilaiset eikä yhdellä laitoksella tehtyjä havaintoja voi suoraan hyödyntää toisen laitoksen luotettavuutta arvioitaessa. Erityinen ongelma on tarkasteltavan järjestelmän redundanssi, joka voi vaihdella laitokselta toiselle.

NUREG on kehittänyt ns. mapping up- ja mapping down-muunnossäännöt, joilla eri kokoisten



järjestelmien tiedoista muodostetut vaikutusvektorit voidaan kuvata oman laitoksen järjestelmää vastaaviksi. Muunnossääntöjen toimivuus käytännössä on tutkijoiden piirissä kuitenkin asetettu kyseenalaiseksi. Mapping up ja mapping down perustuvat melko epärealistisiin oletuksiin yhteisvikojen syntymekanismeista ja laitosten välisistä eroista.

Diplomityössä on vertailtu NUREG:n ohjeiden mukaista ja Vaurion kehittämää vaikutusvektorien määrittelyä siten, että Loviisan laiteryhmien yhteisvikaparametrit on laskettu erikseen molemmilla menetelmillä muodostetuista vektoreista. Aineistona on käytetty oman laitoksen vikahistoriaa sekä muiden, samaredundanttisten laitosten vikatietoja. Yhteisvikataajuudet on laskettu Fortumin omalla UPREPA-ohjelmalla, joka käyttää empiiristä Bayesin menetelmää estimoinnissa. UPREPA laskee vikataajuuksien priorijakauman kaikkien laitosten tiedoista ja posteriorijakaumassa otetaan huomioon tarkasteltavan laitoksen data.

Tulosten perusteella menetelmät eivät aiheuta merkittävää eroa yhteisvikataajuuksien arvoihin. Erojen tilastollista testausta kuitenkin vaikeutti yhteisvikatapahtumien vähäinen määrä aineistossa.

Vaikutusvektorien muunnossääntöjen pätevyyttä on tutkittu käyttämällä lähtöaineistona työssä laskettuja kaikkien laitosten yhteisvikojen taajuuksia. Mapping up- ja mapping down-muunnokset perustuvat ns. mapping down-yhtälöön, joka kuvaa eri kertaluvun yhteisvikojen suhdetta. Mapping down-yhtälö ei kuitenkaan toteudu aineistossa. Koska muunnossääntöjen perusoletukset yhteisvikojen jakaumasta eivät näin ollen ole voimassa, ei muunnosten käyttäminen ole suositeltavaa. Yhteisvikaparametrit on syytä laskea käyttämällä aineistona vain samaredundanttisten laitosten tietoja, jolloin muunnossääntöjen käytöltä vältytään.

Yhteisvikataajuuksista koetettiin etsiä myös muita säännönmukaisuuksia, joista voisi olla apua uusien muunnossääntöjen kehittämisessä. Sellaisia ei kuitenkaan löytynyt ainakaan yksinkertaisten eri kertalukujen välisten suhdelukujen muodossa.

## **Diplomityö: Calibration of an Optimisation Model for Short-term Hydropower Production Planning**

**Mikko Kerola (Teknillinen korkeakoulu)**

Työn valvoja: Prof. Ahti Salo (TKK)

Työn ohjaaja: DI Tuomas Pyykkönen, Fortum Power & Heat, Portfolio Management and Trading

Nykyisenkaltaisilla, säännöstelemättömillä sähkömarkkinoilla sähköntuottajan menestys riippuu suurilta osin siitä, kuinka hyvin sen onnistuu optimoida tuotantoaan markkinoilla määräytyvää

sähkön hintaa vastaan. Pohjoismaisten sähkömarkkinoiden vesivoimavaltaisuus kasvattaa erityisesti vesivoimatuotannon suunnittelun merkitystä, kirjoittaa Mikko Kerola Fortumin Portfolio Management and Trading –liiketoimintayksikölle tekemässään diplomityössä. Kerola esittelee työssään lyhyen aikavälin (seuraavasta vuorokaudesta 2-4 viikkoa eteenpäin) vesivoimatuotannon optimointimallin, sekä osoittaa olemassaolevaa jokisysteemiä esimerkkinä käyttäen, että malli on käyttökelpoinen työkalu tuotannosuunnittelun päätöksentekoprosessissa.

Aikaisemmilla, säännöstelyillä sähkömarkkinoilla sähköntuottajan liikkumavara oli rajattu. Sähkön hinta oli etukäteen määrätty, joten tuottajan menestys riippui siitä, kuinka hyvin sen onnistui minimoida kustannuksensa tuottaessaan ennustettua kysyntää vastaavan määrän sähköä. Säännöstelyn purkaminen on tuonut tuottajalle uusia haasteita. Sähkön markkinahinta määräytyy nykyisin päivittäin pohjoismaisessa sähköpörssissä Nord Poolissa sähkön myyjien ja ostajien tekemien tarjousten perusteella. Hinta määritetään erikseen kullekin tulevan vuorokauden 24 tunnille. Sähköntuottajan haasteena on suunnitella tuotantonsa ennustamaansa sähkön hintaa vastaan siten, että tuotannosta saatava odotettu tuotto on mahdollisimman suuri.

Vesivoimatuotannon optimointia suoritetaan eri aikaväleillä. Tuotannosuunnitteluongelma on luonteeltaan dynaaminen, joten eri aikavälien suunnitelmien on oltava sidoksissa toisiinsa. Suunnitelmien kytkeminen tapahtuu pidemmän aikavälin suunnittelun lyhyemmän aikavälin suunnittelulle antamien ohjausten avulla. Esimerkiksi lyhyen aikavälin suunnittelu saa ohjauksen keskipitkältä aikaväliltä, ja antaa eteenpäin oman ohjauksensa tuntitason suunnittelulle. Yksi lyhyen aikavälin suunnittelun tärkeimmistä kysymyksistä on, miten jokisysteemissä oleva ja sinne tulovirtaaman kautta tuleva vesi allokoitetaan suunnittelujaksolle ja tulevaisuuteen. Keskipitkältä aikaväliltä saatava ohjaus käsittää vesiallas- ja laitospöytäisten ajomääräysten lisäksi suunnittelujakson lopussa altaissa olevan veden arvonmääritysfunktion.

Lyhyen aikavälin suunnitteluprosessi voidaan jakaa kahteen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa suunnitellaan sähkön myyntitarjoukset seuraavalle vuorokaudelle optimoimalla tuotantoa erilaisia hintaennusteita vastaan. Toinen vaihe suoritetaan seuraavan vuorokauden markkinahintojen ja tuotettavan määrän määräytyttyä Nord Poolissa. Nyt tehtävänä on aikaansaada paras mahdollinen suunnitelma määrätyn sähkön tuottamiseksi. Haasteena on tuotannon jakaminen jokisysteemissä olevien laitosten välille siten, että suunnitelma tuottaa parhaan mahdollisen odotetun tuloksen yli ajan. Molemmissa vaiheissa varsinaiset päätökset koostuvat juoksutusmääristä generaattoreiden läpi ja mahdollisista ohijuoksutusmääristä. Kaikki päätökset tehdään tuntitasolla.

Optimointimallin ytimessä ovat vesialtaiden taseyhtälöt, joiden myötä kaikki jokisysteemin vesialtaat ja laitokset kytkeytyvät niin toisiinsa, kuin myös ajan yli. Keskipitkän aikavälin

suunnittelun ohjauksen mallintaminen on myös merkittävässä osassa. Malli sisältää lisäksi lukuisia erilaisia rajoituksia, joista osaan on liitetty nk. sakkomuuttujia. Luonteeltaan mallinnettava systeemi on stokastinen ja sisältää lukuisia epälinearisuuksia. Käytettävyyden kannalta systeemiä käsitellään useimmiten kuitenkin deterministisenä. Lisäksi epälinearisuudet yksinkertaistetaan paloittain lineaarisilla funktioilla. Malli sisältää myös kokonaislukumuuttujia, joiden avulla mallinnetaan laitosten generaattoreiden käynnistämisestä aiheutuvia kuluja.

Mallin kalibrointi koostuu kahdesta osasta. Ensin mallin fyysinen tarkkuus varmistetaan ex post – analyysin avulla. Mallia simuloidaan toteutuneilla päätöksillä ja verrataan ulostuloja toteutuneisiin ulostuloihin. Tämän jälkeen tutkitaan mallin kykyä tehdä optimaalisia päätöksiä. Tarkasteltavina kriteereinä ovat mm. tuotanto- ja hintakäyrien suhde, keskipitkän aikavälin suunnittelun ohjauksen vaikutus, generaattoreiden käyttö sekä erilaisten rajoitteiden noudattaminen. Mallin laskenta-aikaan tulee myös kiinnittää erityistä huomiota, sillä mallia optimoidaan jokapäiväisessä käytössä lukuisia kertoja. Mallin kalibrointi on suoritettu yhden olemassaolevan jokisysteemin osalta. Työn tuloksena saatu malli on todettu riittävän hyväksi kuvaukseksi todellisesta systeemistä. Sen on todettu tarjoavan rationaalisia, käyttökelpoisia ja taloudellisesti optimaalisia tuloksia.

## **Diplomityö: Tuotannonohjaustarpeet ja tuotantomäärien ennustaminen informaatiologiikkayrityksessä**

### **Jaakko Lehtinen (Teknillinen korkeakoulu)**

Työn valvoja: Prof. Harri Ehtamo (TKK)

Työn ohjaaja: DI Tuuli Linnakko

Informaatiologiikka on vahvasti kasvava liiketoiminnan ala Euroopassa. Alan toimintoihin ja palveluihin kuuluvat mm. digitaalinen tulostus, skannaus, tiedonlouhinta, tallennus sekä lomakkeiden ja tietojen fyysinen ja sähköinen arkistointi. Informaatiologiikan ala eroaa monilta piirteiltään perinteisistä liiketoiminnan aloista ja tämän seurauksena markkinoilla ei välttämättä ole tarjolla valmiita toimivia tuotannonohjaus tai -suunnitteluratkaisuja. Nopean kasvun seurauksena tarve tuotannonsuunnittelua helpottavalle järjestelmälle on kuitenkin alalla suuri.

Itella Suomi Oy on Pohjois-Euroopan johtava informaatiologiikan osaaja. Diplomityössään Jaakko Lehtinen tutkii mahdollisuuksia ohjata skannaustuotantoa Itellan ECM-liiketoimintayksikössä (Enterprise Content Management, ent. Dokumenttien hallinnan palvelut).

Tietyiltä osiltaan Itella ECM:n tuotanto muistuttaa palvelualoja. Esimerkiksi dokumenttien

hallintansa Itellalle ulkoistaneen yrityksen päivittäinen ostolaskupostiliikenne on käsiteltävä sovitussa ajassa riippumatta siitä, kuinka paljon asiakirjoja Itellaan saapuu. Päivittäiset tuotantovolyymit ja vaihtelu vastaanotettavan postin määrässä ovat suuria ja usein palvelulupaus velvoittaa käsittelemään asiakirjat 24 tunnissa. Lisäksi tuotannonsuunnittelu on ihmispainotteista, sillä suurimman yksittäisen resurssin muodostavat tuotannon työntekijät. Tämä tekijä lisää haasteita entisestään, sillä toisin kuin valmistusteollisuuden tehtaassa, vaihtelee ECM:ssä tietyn asiakirjamäärän tekemiseen kuluva aika satunnaisesti ja on lisäksi tekijästä riippuvaa.

Toisaalta skannaustuotanto muistuttaa monilta osin myös perinteistä valmistustuotantoa. Samoja asioita tehdään samalla tavalla ja samoilla laitteilla päivästä toiseen. Tämä mahdollistaakin perinteisten tuotannonohjausmenetelmien soveltamisen myös informaatiologiikka-alalla, kunhan suurimmat haasteet ylitetään.

Tuotantoa ei voida suunnitella ennen kuin tulevasta tuotantomäärästä on jonkinlaista tietoa. Ennakkotieto on tärkeää, sillä ihmisiä on vaikeaa – ellei mahdotonta – saada yllättäen töihin enää samana päivänä, jos keskimääräistä suurempi postimäärä täysin yllättäen vastaanotetaan aamulla.

Diplomityössä kappalemääriä ennustetaan tuotannon historiatietojen perusteella ja tutkitaan, kuinka ennusteita voidaan hyödyntää tuotannonsuunnittelussa. Ennusteet tehdään kahdessa eri vaiheessa. Ensin laaditaan kuukausiennuste tunnistamalla tuotantomäärien trendi ja kuukausiriippuvainen vaihtelu. Kuukausiennusteet pilkotaan edelleen päiväennusteiksi pyrkimällä selittämään, kuinka monta prosenttia kuukauden laskuista saapuu yksittäisenä päivänä. Esimerkiksi ostolaskuissa merkitseviksi selittäjiksi päivittäiselle vaihtelulle havaitaan työpäivän järjestysnumero kuun alusta laskettuna ja arkipäivien määrä kuukaudessa. Kesäkuukausille tarvitaan lomakauden takia erillistä korjausta, sillä tällöin saapuneen postin määrä ei noudata laadittua mallia.

Päivittäisten tuotantomääräarvioiden ollessa tiedossa hyvissä ajoin on tuotannonsuunnittelu mahdollista. Historiatietojen sekä työntekijöiden tunti-listojen avulla voidaan selvittää tuotannon kapasiteettirakenne, joka kertoo kuinka kauan tietynlaisen asiakirjan käsittelyyn on keskimäärin kulunut aikaa ja millä väleillä ajat vaihtelevat. Tuotantoennusteen ja kapasiteettirakenteen perusteella saadaan edelleen laskettua, kuinka monta henkilötyötuntia tietyssä työvaiheessa tarvitaan seuraavina päivinä.

Diplomityössä todetaan myös, että tuotantoon liittyvät tiedot olisi syytä kerätä yhteen järjestelmään. Yhdistämällä tuotannon historiatiedot, tunti-listat, tuotantoennusteet ja työvuorokalenterit samaan paikkaan tai mahdollistamalla järjestelmän pääsyn kyseisiin tietoihin päästään jo lähemmäs toimivaa tuotannonohjausta. Tällaisen järjestelmän avulla voidaan

esimerkiksi verrata saatavilla olevia resursseja tarvearvioihin ja reagoida mahdollisiin eroavaisuuksiin. Lisäämällä edelleen laskutus ja laadunvalvonta samaan järjestelmään saadaan myös tuotannon kannattavuudesta asiakkaittain tai tuotantotiimeittäin arvokasta tietoa täysin automaattisesti.

Tuotannonohjausjärjestelmän käyttöönotto on työläs projekti, mutta valmistuttuaan toimiva järjestelmä tuottaa yritykselle paljon lisäarvoa.

## **Diplomityö: Methods and Tools for Simulation Assisted Process Automation**

### **Testing**

#### **Topi Tahvonen (Teknillinen korkeakoulu)**

Työn valvoja: Prof. Harri Ehtamo (TKK)

Työn ohjaajat: DI Jorma Kurki ja DI Matti Paljakka

Automaatiojärjestelmän testaaminen on tärkeää ja joillain teollisuuden aloilla jopa pakollista. Testauksen avulla voidaan löytää virheitä järjestelmästä, mutta sen avulla ei voida kuitenkaan todentaa järjestelmän täydellistä toimintaa, koska testien lukumäärä kasvaa helposti niin suureksi, että niitä ei voida käsitellä kohtuullisessa ajassa. Perinteisesti automaatiota testataan pienissä toiminnallisissa lohkoissa, jolloin järjestelmän toiminta kokonaisuutena selviää vasta järjestelmän asennuksen jälkeen laitostesteissä. Prosessisimulointia hyväksikäyttäen voidaan kuitenkin luoda testausympäristö, jossa automaatiojärjestelmä saa todenmukaisen prosessivasteen simulointiohjelmistolta, jolloin automaatiojärjestelmä voi toimia samantyyppisessä ympäristössä kuin se tulee toimimaan oikealla laitoksella. Näin ollen myös järjestelmän osien keskinäiset vuorovaikutukset tulevat huomioiduiksi testeissä.

Nykyaikaiset prosessisimulointiohjelmit tarjoavat työkaluja ja mallikirjastoja, joiden avulla simulointimallien rakentaminen on tehokasta ja nopeaa. Tämä on mahdollistanut kokonaisten laitosten mallintamisen. Lisäksi tänä päivänä automaatiojärjestelmien toiminnallisuus perustuu lähes kokonaan ohjelmistopohjaisiin ratkaisuihin, mikä on mahdollistanut, että automaatiojärjestelmistä voidaan tehdä ns. virtuaalinen versio, joka emuloi oikeaa automaatiojärjestelmää. Virtuaaliautomaatio vastaa toiminnallisuudeltaan täysin oikeaa järjestelmää ja pyörii yleensä tavanomaisessa PC-ympäristössä. Yhdistämällä virtuaaliautomaatio tarkkaan prosessimalliin, saadaan tehokas simulointiavusteinen testausympäristö automaatiojärjestelmälle. Testauksen lisäksi samaa ympäristöä voidaan käyttää laitoksen operaattoreiden koulutukseen ja uusien toimintatapojen kehittämiseen.

Tekn. yo Topi Tahvonen on tehnyt diplomityön, joka liittyy Fortum Nuclear Services:n ja VTT:n kehitys- ja tutkimusprojektiin, jossa kehitetään menetelmiä ja työvälineitä simulointiavusteiseen automaatiotestaukseen. Projektissa on kehitetty Testing Station-ohjelmisto, jonka avulla hallinnoidaan simulointiavusteista testausympäristöä. Lisäksi ohjelmisto tarjoaa työkaluja testien analysointiin, hallinnointiin ja raportointiin. Ohjelmiston avulla voidaan seurata prosessimallin ja automaatiojärjestelmän muuttujia, joiden perusteella voidaan päätellä, toimiiko järjestelmä oikein testin aikana. Lisäksi sekä prosessimalliin että virtuaaliautomaatioon on toteutettu erilaisia vikatilanteita, jotta voidaan testata myös suoja-automaation toimintaa.

Projektin aikana on todettu, että simulointiavusteinen testausympäristö voi paljastaa automaatiojärjestelmästä vikoja ja ei-toivottuja ominaisuuksia, joita ei välttämättä muilla testeillä havaittaisi. Vikojen mahdollisia lähteitä voidaan myös rajata simulointiavusteisessa testausympäristössä, mutta vikojen löytäminen vaatii kuitenkin tarkkaa tietämystä prosessista ja automaatiojärjestelmästä. Lisäksi tarvitaan työkalu, jolla voidaan tarkastella kuinka automaatiojärjestelmän toiminnallisuus on toteutettu.

## **Diplomityö: Optimaalisen hylkäysrajan määrittäminen luottokelpoisuusluokituksessa**

### **Pasi Virtanen (Teknillinen korkeakoulu)**

Työn valvoja: Prof. Ahti Salo (TKK)

Työn ohjaajat: FT Jouni Kallunki

Tekniikan ylioppilas Pasi Virtasen diplomityö Optimaalisen hylkäysrajan määrittäminen luottokelpoisuusluokituksessa käsittelee tilastollisten mallien käyttöä yritysten luottopäätöksen teon tukena. Tilastolliset mallit ovat yleistyneet käytännössä luottopäätösten teossa 1970-luvulta lähtien ja nykyään valtaosa pankkien tekemistä luottopäätöksistä perustuu erilaisten mallien antamiin arvioihin luoton hakijan maksukyvyistä. Tilastolliseen analyysiin perustuva luoton hakijoiden pisteytys yleistyi ensin yksityisasiakkaiden arvioinnissa, erityisesti luottokorttihakemusten yhteydessä. Käytännössä tämä tarkoitti hakemusten käsittelyajan lyhentymistä jopa useista tunneista vain muutamiin minuutteihin. Pistekortteihin perustuva luottopäätösmenettely korvasikin osittain nopeasti pelkkään asiantuntija-arvioon perustuvan perinteisen tavan.

Yritysluottojen tapauksessa tilastollisten mallien käyttö yleistyi hitaammin. Yritysten lainahakemuksia on yhteensä huomattavasti vähemmän kuin yksityisten kuluttajien ja yksittäisten

yritysten välillä erot taloudellisessa tilanteessa ovat usein suurempia kuin yksittäisillä henkilöillä. Lisäksi konkurssiin menevien yritysten pieni määrä on vaikeuttanut tällaisen mallin luomista käytännössä. Yritysluotonannossa luotettiin pitkään asiantuntija-arvioihin. Viimeisen 15 vuoden aikana tilanne on kuitenkin muuttunut ja nykyään suuri osa myös pienten yritysten lainahakemuksista käsitellään pankeissa tilastollisen mallin tuella. Saavutettavat hyödyt ovat pitkälti samat kuin yksityisasiakkaiden tapauksessa. Luottopäätöksen teossa mallin tukemana säästetään aikaa ja lisäksi voidaan välttää turhaa subjektiivisuutta ja tehdä täten luotonannosta tasapuolisempaa ja tehokkaampaa.

Virtasen diplomityö käsittelee yritysluottojen antoa ja erityisesti Suomen Asiakastieto Oy:n kehittämän yritysten luottokelpoisuutta mittaavan Rating Alfa –luokituksen soveltumista luottopäätöksen tueksi. Kiinnostuksen kohteena on erityisesti optimaalisen hylkäysrajan määrittäminen eri tilanteissa. Rating Alfa antaa kullekin yritykselle tilinpäätöstietoihin ja muuhun informaatioon perustuvan luokituksen. Tälle luokitukselle halutaan löytää erilaisten luottopäätösten tapauksessa optimaalinen hylkäysraja, jota paremmille yrityksille haettu luotto myönnetään ja huonommille yrityksille hylätään.

Pankeilla ja muilla rahoitusalan yrityksillä on käytännössä omat mallinsa, joten aihetta käsitellään erityisesti luottomyyntiä harrastavan yrityksen näkökulmasta. Tutkimukseen osallistui rakennusalan tukkumyyntiä harjoittava Starkki, joka käyttää Rating Alfa –luokitusta yrityskaupoissaan luottopäätöksen tukena. Pitkän tähtäimen tavoitteena on siis pystyä tarjoamaan yritysten käyttöön luotettavaa tietoa toisten yritysten luottokelpoisuudesta. Tavallisilla yrityksillä ei ole käytännössä resursseja eikä riittävää aineistoa tällaisen tiedon määrittämiseen itse, joten Suomen Asiakastiedon asiantuntemukselle ja informaatiolle lienee kysyntää.

Rating Alfaa ei ole suunniteltu alunperin luottopäätöksen tekoa silmälläpitäen, joten mallin soveltuvuutta tutkittiin laajasti. Virtasen diplomityössä verrataan Rating Alfaan taustalla olevaa mallia muihin yleisesti käytettyihin vastaaviin malleihin teoriassa ja tarkastellaan toteuttaako Rating Alfa alalla yleisesti hyväksytyt ehdot hyvälle luottokelpoisuusluokitusjärjestelmälle. Lisäksi tarkastellaan mallin toimintaa käytännössä viime vuosina. Rating Alfaan luottopäätöksen tekoon saatavaa hyötyä tutkitaan simuloinnilla. Tulokset ovat suurimmaksi osaksi positiivisia ja Rating Alfaan näyttää olevan saatavissa selkeää hyötyä luottopäätöksen tekoon. Mallissa nykyisellään on havaittu kuitenkin myös puutteita, joiden korjaamiseksi esitetään ideoita ja jatkokehitysmahdollisuuksia.

## TULEVIA TAPAHTUMIA

MARRASKUU 2006

**23.11. FORS:n vaalikokous**

Metla

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

**30.11. FORS-seminaari 2006: Suomen metsäsektori nyt ja tulevaisuudessa**

Tieteiden talo, sali 404, Kirkkokatu 6, Helsinki

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

TAMMIKUU 2007

**27.1.-10.2. EURO Winter Institute on Location and Logistics**

Estoril, Portugal

<http://ewi2007.fc.ul.pt>

HUHTIKUU 2007

**22.-25.4. INOC 2007**

Spa, Belgium

<http://www.poms.ucl.ac.be/inoc2007/>

**29.4-1.5. INFORMS Practice Conference: Applying Science to the Art of Business**

Vancouver, BC, Canada

<http://meetings.informs.org/Practice07/>

TOUKOKUU 2007

**Mathematics and Computation in Music 2007**

Berlin, Germany

<http://www.mcm2007.info/>

KESÄKUU 2007

**27.-29.6. 5th Atlantic Web Intelligence Conference 2007**

Fontainebleau

<http://awic2007.net/>

HEINÄKUU 2007

**8.-11.7. INFORMS Puerto Rico International 2007**

Rio Grande, Puerto Rico

<http://www.informs.org/Conf/PuertoRico2007/>

**8.-11.7. EURO XXII**

Praha

<http://euro2007.vse.cz/>

**9.-11.7. Applied Probability INFORMS Conference**

Eindhoven, The Netherlands

<http://appliedprob.society.informs.org/INFO-RMS2007/Index.html>

SYYSKUU 2007

**5.-7.9. Operations Research 2007**

Saarbrücken, Germany

<http://www.or2007.de>

**25.-28.9. IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)**

Singapore

<http://www.cec2007.org>

LOKAKUU 2007

**18.10. Strategic Roadmapping**

Cambridge, UK

<http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/service/events/info/07roadmapping.html>

MARRASKUU 2007

**4.-7.11. INFORMS Annual Meeting 2007**

Seattle, WA, USA

Lisää tapahtumia:

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

<http://www.ifors.org>

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