

# INFORS

Suomen Operaatiotutkimusseuran jäsenlehti

2/2004

- Mihin matematiikkaa tarvitaan? -



**FORS**

Suomen Operaatiotutkimusseura ry  
Finnish Operations Research Society

**Suomen  
Operaatiotutkimusseura ry:n  
jäsenlehti**

**N:o 2 - 2004**

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:**

Riikka-Leena Leskelä  
Teknillinen korkeakoulu  
Tuotantotalouden osasto  
PL 5500  
02015 TKK  
Puh. (09) 451 3333

**Toimittaja, webmaster:**

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

**Jäsenmaksun suuruus:**

20 euroa / vuosi  
jatko-opiskelijat 15 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>FORS-ILTAPÄIVÄ 2004: OPTIMOINNIN LASKENNALLISET HAASTEET .....</i>	<i>4</i>
<i>OPTIMI VAI KOMPROMISSI – ONKO MATEMATIIKALLA ANNETTAVAA? .....</i>	<i>6</i>
<i>MALLITÖISSÄ MILANOSSA.....</i>	<i>13</i>
<i>RPM – ROBUSTI PORTFOLIOMALLINNUS.....</i>	<i>16</i>
<i>15TH MINI-EURO CONFERENCE: MANAGING UNCERTAINTY IN DECISION SUPPORT MODELS..</i>	<i>20</i>
<i>X ELAVIO, LATIN AMERICAN OPERATIONS RESEARCH SUMMER SCHOOL .....</i>	<i>22</i>
<i>OPINNÄYTTEET .....</i>	<i>23</i>
<i>TAPAHTUMAKALENTERI .....</i>	<i>29</i>

## **PUHEENJOHTAJAN PALSTA**

### **Tomi Seppälä**

Suomen Operaatiotutkimusseuran vuotuinen päätapahtuma, FORS-seminaari (ent. FORS-päivä) on jälleen käsillä: seminaarin aiheena on ”Simulointi työvälineenä”, ja se pidetään torstaina 25. marraskuuta Hotelli Arthurissa, Helsingissä. Kutsu on lähetetty jäsenille tämän lehden ohessa, ja se on avoin kaikille asiasta kiinnostuneille, myös seuran ulkopuolisille; ennen kaikkea johtokunta toivoo laajaa osanottoa myös yritysmaailmassa työskentelevien joukosta. Myös johtokunnan toimintavuosi on nyt päättymäisillään, ja seuran vaalikokouskutsu on liitteenä. Vaalikokouksessahan valitaan uusi ensi vuoden johtokunta.

Tässä lehden numerossa on Kaisa Miettisen professorin virkaanastujaisesityelmä matematiikan roolista sekä artikkeleja matemaattisesta mallintamisesta ja mallin töistä Italiasta, sekä matkakertomuksia ja opinnäytteiden tiivistelmiä.

Matematiikka on nykymaailmassa tullut niin tärkeäksi, että sen tärkeys ja olemassa olo helposti jopa unohtetaan. Esimerkiksi tietokoneita käyttäessään ei useinkaan tule ajatelleeksi millainen matemaattinen kehitys on sen takana. Meille monille niinkin tavanomainen työkalu kuin taulukkolaskentaohjelma vaatii jo käyttäjältään sekä matemaattisia että tietokoneen käytön perusvalmiuksia, joita tulisi opettaa jokaiselle jo koulussa. Vieläkin valitettavan moni korkeakouluihinkin sisään tulleista opiskelijoista ei ole koskaan käyttänyt taulukkolaskentaohjelmaa.

Matematiikkaan sisältyy itsestään selvyytensä melkein kaikkiin tieteenaloihin: niiden teorit ja lainalaisuudet pyritään usein esittämään matemaattisessa muodossa, tai vähintäänkin loogisen päättelyn keinoin, mikä sekkin on pohjimmiltaan matematiikan osa-alue. Meille operaatiotutkimuksen, optimoinnin

ja tilastotieteen piirissä työskenteleville matematiikan hallitseminen on suoranainen välttämättömyys. Nykyisen informaatiotulvan aikana matemaattisten menetelmien, ja niiden soveltamistaidon hallitseminen ovat nousseet yhä tärkeämmiksi. Toki ilman laajaa matematiikan tietämystäkin voi elämässä tulla toimeen, mutta silloin jää käyttämättä monia mahdollisuuksia, optioita, joista voisi koitua elämään paitsi hyötyä, myös rikastetta.

## **FORS-ILTAPÄIVÄ 2004: OPTIMOINNIN LASKENNALLISET HAASTEET**

### **Janne Karelahti**

Kevään 2004 FORS-iltapäivä järjestettiin 18.5. Teknillisen korkeakoulun tietotekniikkatalolla. Esiintyjä oli kutsuttu paikalle sekä akateemiselta että yritysmaailman puolelta, joten seminaarin aihetta, optimoinnin laskennallisia haasteita, käsiteltiin monista näkökulmista.

Iltapäivän ensimmäinen esiintyjä, Pekka Vainiomäki (Accenture), käsitteli optimoinnin hyödyntämistä yrityksen operatiivisen tason suunnittelussa, missä suunnittelun aikajänne on tyypillisesti muutamien päivien luokkaa. Tyypillisinä operatiivisen tason suunnittelun esimerkkeinä Vainiomäki mainitsi teollisuuden tuotannosuunnittelun sekä logistiikan hallinnan. Vainiomäen mukaan laskentakapasiteetin sekä algoritmien kehitys mahdollistaa yhä laajempien suunnittelukokonaisuuksien optimoinnin, missä tavoitteena on yleisesti ottaen kustannusten minimointi. Esityksensä loppuksi Vainiomäki esitteli terästeollisuuden tuotannosuunnitteluun liittyvän ongelman, missä viimeisinä vuosina saavutetut edistysaskeleet kokonaislukuoptimoinnin saralla ovat mahdollistaneet yhä hankalampien ongelmien instanssien ratkaisemisen.

Iltapäivän toisessa esityksessä Petri Kere (CSC) esitteli Grid-laskentaverkon tarjoamia mahdollisuuksia erilaisten rinnakkaislaskentaan soveltuvien tehtävien ratkaisemisessa. Tyypillisinä esimerkkeinä miellyttävästi rinnakkaistuvista

algoritmeista Kere mainitsi geneettiset algoritmit, parametrijout sekä Monte Carlo-simulointiin perustuvat algoritmit. Kere esitteli Grid-laskentaverkon käyttöä komposiittirakenteen optimointitehtävän formuloinnin avulla, missä tehtävänä on maksimoida rakenteen lujuusreservi ja rakenteellinen stabiliteetti pienimmällä mahdollisella kerroslukumäärällä rakenteen pettämättä. Kere esitteli niin ikään tehtävän mallintamisessa hyödynnettävää monifysikaalista mallinnusohjelmistoa, Elmeriä.

Iltapäivän kolmas esiintyjä Jussi Jalkanen (TTY) jatkoi niin ikään rakenteiden analysoinnin ja optimoinnin parissa. Jalkasen aihealue, teknillinen mekaniikka, käsittelee koneiden ja kantavien rakenteiden käyttäytymisen analysointia niin staattisten kuin dynaamisten kuormitusten alaisena. Jalkasen mukaan analysointi tapahtuu nykyään lähinnä numeerisen elementtimenetelmän avulla. Analysoinnin jatkeeksi muodostettavat optimointiongelmat ovat tyypillisesti epälineaarisia ja sisältävät myös diskreettejä muuttujia. Lisäksi optimointimalliin sisältyvä elementtimenetelmämalli saattaa olla laskennallisesti erittäin raskas. Käytännön esimerkkinä Jalkanen esitteli avaruuskehän diskreetin optimoinnin.

Kahvitauon jälkeen siirryttiin rakenteiden optimoinnista rahoituksen suunnittelussa käytettävään stokastiseen numeeriseen optimointiin. Teemu Pennasen (HKKK) mukaan parhaimmat rahoituksen suunnittelussa käytettävät mallit nojautuvat jatkuvajakaumaisiin stokastisiin ekonometrisiin malleihin. Syntyvät optimointitehtävät voidaan usein Pennasen mukaan ratkaista ainoastaan numeerisesti. Pennanen esitteli moderniin numeeriseen integrointiin perustuvia diskreetointimenetelmiä.

Iltapäivän viimeinen esiintyjä Tuomas Pyykkönen (Fortum) perehdytti kuulijat vesiresurssien optimointiin energiantuotannossa, missä ongelmana on vesivirtojen juoksutusten määrien ja ajankohtien valinta patoaltaissa. Ongelma sisältää altaiden fyysisistä mitoista sekä lainsäädännöstä seuraavia rajoitteita ja on luonteeltaan dynaaminen virtauksien viiveiden takia. Ongelma sisältää niin ikään voimaloiden sammuttamiseen ja käynnistämiseen liittyviä diskreettejä muuttujia. Tuotanto oletetaan myytäväksi sähköpörssiin, ja ongelma sisältää myös stokastisia elementtejä, koska tulevaisuuden spot-markkinahintoihin liittyy epävarmuuksia.

Pyykkösen mukaan ongelman matemaattisessa mallintamisessa ja ratkaisemisessa käytetään apuna mm. stokastisen dynaamisen optimoinnin, lineaarisen ja epälineaarisen optimoinnin, sekalukuoptimoinnin sekä aikasarja-analyysin menetelmiä. Esityksensä lopussa Pyykkönen esitteli tyypillisiä optimoinnin apuna käytettäviä aikasarja-aineistoja, kuten sähkön kulutukseen, hintaan sekä vesien valumiin liittyviä aikasarjoja.

Esitysten jälkeen seminaarin yleisö sekä esitelmöijät siirtyivät nauttimaan virvokkeita ja keskustelemaan vapaamuotoisesti esitysten tiimoilta. Seminaari tarjosi kuulijoilleen katsauksen haastaviin teollisuuden, tekniikan ja talouden optimointiongelmiin, joiden ratkaisemiseen alati kehittyvät numeeriset ratkaisumenetelmät sekä lisääntyvät laskentaresurssit tarjoavat käyttökelpoisia työkaluja.

## **OPTIMI VAI KOMPROMISSI – ONKO MATEMATIIKALLA ANNETTAVAA?**

**Professori Kaisa Miettinen, HKKK, virkaanastujaisesitelmä 15.10.2004**

### **Miksi matematiikkaa?**

Miksi kauppakorkeakoulussa tulisi opiskella matematiikkaa? Mihin taloustieteilijä matematiikkaa tarvitsee?

Matematiikka voidaan määritellä oppina suureista ja niiden keskinäisistä suhteista ja sanan kreikankielinen alkuperä tarkoittaa oppimistaitoa. – Siinäpä oiva lähtökohta! Matematiikka voidaan nähdä puhutun ja kirjoitetun kielen laajentumana, jolla on tarkasti määritelty sanasto ja kielioppi. Niiden avulla voidaan kuvata ja tutkia niin fysikaalisia kuin käsitteellisiäkin suhteita. Toisaalta matematiikkaa voidaan luonnehtia asioiden osoittamiseksi tosiksi tai epätosiksi loogisella tavalla.

Kun tarkemmin katsotaan, matematiikkaa on ja sitä tarvitaan lähes kaikkialla. Aina se ei kuitenkaan ole selvästi nähtävissä vaan monesti taustalla. Hyvä

kysymys onkin, kuinka tehdä näkymätön näkyväksi, jotta matematiikan merkitys huomattaisiin.

Capgemini julkaisi tänä syksynä raportin, johon kartoitettiin Ison Britannian suurimmissa organisaatioissa työskentelevien 270 huippujohtajan päätöksiä. Sen mukaan keskimääräinen ylempi yritysjohtaja tekee vuosittain 20 kriittistä liiketoimintapäätöstä. Niistä kukin on arvoltaan yli 160 000 puntaa ja epäonnistumisprosentti on 24. Siis huonojen päätösten kustannukset vuosittain ovat lähes 800 000 puntaa/päätäjää. Huomattava syy epäonnistumisiin on tietämättömyys vaativien päätösten analysointiin kehitetyistä menetelmistä. Ilman hyviä apuneuvoja vaikkapa useiden ristiriitaisten näkökulmien ja epävarmuuden käsitteleminen on vaikeaa. Esimerkki Ison Britannian osalta osoittaa, että opettelemalla tekemään parempia päätöksiä voidaan saada huomattavaa säästöä.

Systemaattisia lähestymistapoja tarvitaan niin tuotannon, markkinoinnin, rahoituksen kuin muissakin liiketoiminnan lukuisissa päätöksissä. Internet ja WWW vaikuttavat liiketoiminnan luonteeseen ja nopeat, globaalit markkinat vaativat asiantuntemusta ammattilaisilta. Heidän tulee osata analysoida ja ennustaa entistä monimutkaisempia ilmiöitä ja hallita kokonaisuuksia. Sähköisillä markkinoilla suuriin voittoihin tai tappioihin johtavia päätöksiä tulee kyetä tekemään sekunnin murto-osissa. Tässä tarvitaan strategioita kaupankäyntiin ja riskien hallintaa. Nämä strategiat ovat entistä kehittyneempiä ja perustuvat matemaattisiin malleihin. Myös mm. rahalaitokset tarvitsevat monipuolisia matematiikan taitoja hallitsevia ihmisiä kehittämään ja soveltamaan malleja taloudelliseen analysointiin ja onnistuneisiin investointeihin. Itse asiassa päätöksiä ja suunnitteluprosesseissa apua tarvitsevat niin yksilöt, ryhmät kuin organisaatiotkin ongelmien hallitsemisessa sekä entistä parempien ratkaisujen löytämisessä. Kaikelle tälle matematiikan soveltaminen tarjoaa keinot, joilla lähestyä vaativiakin ongelmia.

Matematiikan vahvuus on loogisuus ja matemaattisen ajattelun kehittäminen antaa valmiuksia analyttiseen ajatteluun. Tämä on hyvin tärkeää ongelmanratkaisussa. Kun ratkaistavaksi tulee vaativia, monimutkaisia ongelmia, on menestyksellisen ratkaisemisen tärkeä edellytys kyky lähestyä ongelmaa systemaattisesti ja löytää

sen olennaiset piirteet. Ongelmanratkaisutaidoissa matematiikan opit eivät välttämättä ole käytössä sellaisenaan suoraan vaan matematiikan opiskelun kautta kehittyneen analyyttisen ajattelutavan kautta välillisesti.

Taulukkolaskentaohjelmat ovat monelle tuttuja. Miksei riitä, että niitä osataan käyttää? Pelkkä lukujen syöttäminen ja tulosten seuraaminen ei auta, kun tarvitaan syvällisempää analysointia ja ymmärrystä ja erityisesti tulosten tulkintakykyä. Matematiikan lainalaisuuksien tuntemus on edellytys tulosten monipuoliselle käsittelylle ja tällöin on välttämätöntä perehtyä siihen, mitä käytetyt kaavat oikeasti tarkoittavat. Vain siten voidaan taata, että analysointityökaluja käytetään oikein.

Matematiikan opiskelu on erilaista verrattuna moneen muuhun aineeseen. Matematiikkaa ei opita katsomalla ja lukemalla vaan itse tekemällä ja ajattelemalla. "Mathematics is not a spectator sport!" Oppimisprosessien opettelu liittyy yleiseen korkeakoulujen rooliin. Korkeakoulu ei tarjoa suoraan ammattiin johtavaa koulutusta vaan tavoite on nostaa arvoonsa erinäisiä (amatillisiakin) valmiuksia antava ajatteluttaminen. Ajat muuttuvat ja yksittäiset taidot ja työkalut pian vanhentuvat. Laajempi ymmärrys ja nimenomaan valmiudet oppia ja omaksua uutta ovat tärkeimmät korkeakoulun antamat eväät työmaailmaan. Näin syntyy huippuosaajia, joille on työmarkkinoilla kysyntää.

### **Mallinnuksen ja optimoinnin roolista**

Huippuosaajien tulee tuntee erilaisia ongelmanratkaisutapoja. Teoreettisen ja kokeellisen tieteen ohella merkittävä lähestymistapa on laskennallinen tiede. Monimutkaisia ilmiöitä voidaan lähestyä laskennallisesti käyttäen apuna matemaattisia malleja. Mitä erilaisimpia ilmiöitä voidaan tarkastella mallien avulla, mutta mallintaminen vaatii kuitenkin asiantuntemusta sekä matematiikan että tarkasteltavan ilmiön osalta. Laskennallisten mallien ratkaiseminen tekee mahdolliseksi tietokonepohjaisen simuloinnin eli ilmiön matkimisen tietokoneella. Simulointiin voidaan vielä kytkeä optimointi, johon palaan myöhemmin.



Teknologian kehittyessä mallinnuksesta on tullut standardimenetelmä päätöksenteon tukemiseen. Mallien avulla voidaan käsitellä jopa vaikeita tehtäviä, joita muuten ei kyettäisi ratkaisemaan, niin liiketoiminta- kuin teollisten prosessienkin aloilla. Mallinnuksen ja simuloinnin yleisiä etuja ovat rahallinen ja ajallinen säästö: on halvempaa ja turvallisempaa oppia virheistä simuloidun systeemin avulla kuin todellisuudessa. Kulujen ja riskin vähentämisen ohella voidaan myös oppia ymmärtämään itse ilmiötä. Käyttökelpoista on myös yleisyys, kun sama malli voi toimia pienillä muutoksilla eri ilmiöille. Pitkät perinteet ja alati kasvava laskentateho tarjoavat hyvät mahdollisuudet tehdä ja käsitellä realistisia malleja.

Ilmiön simulointi ei kuitenkaan aina riitä. Usein tarvitaan entistä parempia ratkaisuja eikä niiden hakeminen perinteisesti yrityksen ja erehdyksen kautta ole tehokasta. Kun on tärkeää saada paras mahdollinen ratkaisu, optimi, tarvitaan mallien avulla tapahtuvaa optimointia. Optimointi on systemaattinen tapa löytää paras ratkaisu valitun mittarin kuten kustannusten, laadun, ympäristöystävällisyyden tai tuottavuuden suhteen. Optimointitehtävässä minimoidaan tai maksimoidaan tarkasteltavaa suuretta eli tavoitetta. Tehtävän ominaisuuksien mukaan voidaan erotella erilaisia tehtävätyyppejä ja valita parhaiten sopiva ratkaisumenetelmä monien joukosta.

Saul I. Gass on määritellyt ytimekkäästi optimoinnin tieteellisenä lähestymistapana päätöksentekoon. Optimoinnissa siis käytetään matemaattisia ja muita tekniikoita päätösongelmiin kaikilla sovellusaloilla niin liike-elämässä, teollisuudessa kuin hallinnossakin. Kuten edellä mainitsin, mallit antavat mahdollisuudet käsitellä vaativia ja monimutkaisia tehtäviä. Kun malleihin yhdistetään optimointi, saadaan monipuolinen työkalu päätöksenteon tukemiseen. Optimoinnille on kysyntää yrityksen hierarkian eri tasoilla niin strategisena työkaluna johdon päätöksenteossa kuin itse työprosessien suunnittelussa ja tuotannon ohjauksessakin. Optimoinnin hienous on se, että monet työkalut ovat sovellusriippumattomia.

### **Monitavoiteoptimoinnista**

Reaalielämän ongelmissa on monesti yhden tavoitteen sijaan useita ristiriitaisia tavoitteita, joita tulisi optimoida samanaikaisesti. Tällöin tarvitaan monitavoiteoptimointia. Monitavoiteoptimoinnin vahvuus on se, että tehtävää muotoiltaessa voidaan ottaa mukaan erilaiset ristiriitaiset tavoitteet ilman turhia yksinkertaistuksia. Jos tehtävä pakotetaan muotoiluvaiheessa yksitavoitteiseksi, hukataan arvokasta tietoa ongelmasta. Monitavoiteoptimointi sen sijaan tuo esiin todelliset riippuvuussuhteet tavoitteiden välillä sekä ongelman aidon luonteen. Ongelman ratkaisijalle tarjotaan mahdollisuus toisaalta nähdä tavoitteiden ristiriitaisuuden vaikutuksia ja toisaalta saada uutta ymmärrystä vaikeista ilmiöistä. Voidaan siis ratkoa ja hallita vaativia tehtäviä ja saada uusia ratkaisuja, jotka eivät etukäteen olleet edes arvattavia saati ilmeisiä. Tarjolla on ongelmille uusia näkökulmia ja mahdollisuuksia.

Ristiriitaisten tavoitteiden maailmassa optimaalisuuden käsite on erilainen kuin yhden tavoitteen ongelmissa ja optimin tilalla on kompromissien joukko. Kompromissiratkaisuja kutsutaan Pareto-optimaaliksi tai tehokkaiksi. Pareto-optimaalisessa ratkaisussa minkään tavoitteen arvoa ei voida parantaa huonontamatta jonkin toisen tavoitteen arvoa. Ristiriitaisten tavoitteiden vallitessa kaikkea ei siis voida saada.

Eri kompromissit eli Pareto-optimaaliset ratkaisut ovat matemaattisesti yhtä hyviä. Tarkasteltavalle tehtävälle kaivataan kuitenkin yhtä ratkaisua. Parhaan kompromissin valitsemiseksi tarvitaan lisätietoa esimerkiksi paremmuussuhteista eli preferensseistä. Tätä tietoa voi antaa ihminen, päätöksentekijä, joka tuntee tehtävän luonteen ja joka on vastuussa lopullisen ratkaisun hyvyydestä.

Monitavoiteoptimoinnissa tarkastelu tapahtuu niin moniulotteisessa avaruudessa kuin mitä tehtävässä on tavoitteita. Tähän käsittelyyn tarvitaan apuneuvoja. Monitavoiteoptimoinnin menetelmät voidaan jakaa neljään luokkaan päätöksentekijän roolin mukaan. Jos käytössä ei ole päätöksentekijää, valitaan lopulliseksi ratkaisuksi jokin neutraali kompromissi. Toisaalta voidaan tuottaa edustajisto Pareto-optimaalisia ratkaisuja ja pyytää päätöksentekijää valitsemaan niistä mieleisensä. Tähän menetelmäluokkaan kuuluvat mm. nykyisin suosittu evoluutiopohjaiset ratkaisumenetelmät, jotka matkivat luonnossa tapahtuvaa

valintaa, risteytystä ja mutaatiota. Valitettavasti evoluutioalgoritmeilla on samat heikkoudet kuin muillakin tämän menetelmäluokan lähestymistavoilla. Nimittäin ratkaisujen tuottaminen voi vaatia paljon laskentaa ja olla siten kallista ja hidasta ja toisaalta on vaikeaa taata edustajiston kattavuus. Lisäksi päätöksentekijälle voi olla vaikeaa löytää mieleisensä suuresta ratkaisujen joukosta varsinkin, jos tavoitteita on enemmän kuin kaksi. Tällöinhän ratkaisujen graafinen havainnollistaminen ei ole lainkaan suoraviivaista. Kolmas mahdollisuus on etsiä päätöksentekijän etukäteen antamien paremmuussuhteiden mukainen ratkaisu. Päätöksentekijä voi esimerkiksi antaa tavoitteille ehdottoman tärkeysjärjestyksen tai toivottavat arvot. Päätöksentekijä voi kuitenkin pettyä mikäli hän ei tunne tehtävän luonnetta kyllin hyvin etukäteen ja jos hänellä on epärealistiset odotukset. Tai päätöksentekijä voi kokea vaikeaksi muotoilla ehdottomia paremmuussuhteita. Neljäs mahdollisuus on käyttää interaktiivisia menetelmiä, joissa päätöksentekijä osallistuu aktiivisesti ratkaisuprosessiin.

Interaktiivisissa menetelmissä muodostetaan ratkaisumalli, jota toistetaan. Toistojen välillä päätöksentekijälle annetaan tietoa tehtävästä ja häneltä pyydetään tietoa paremmuussuhteista. Eri menetelmissä nämä tiedot voivat olla erilaisia, mutta kaikissa tarvitaan päätöksentekijän aikaa ja kiinnostusta osallistua ratkaisemiseen. Samalla päätöksentekijä kuitenkin oppii tavoitteiden käyttäytymisestä ja voi täsmentää paremmuussuhteitaan ja jopa halutessaan muuttaa mieltään. Oppimisen myötä hän vakuuttuu lopullisen ratkaisun hyvydestä. Päätöksentekijän keskeisen roolin vuoksi menetelmän on oltava ymmärrettävä ja helppokäyttöinen. Esimerkki interaktiivisista menetelmistä on luokittelupohjainen NIMBUS, jota olen ollut aktiivisesti kehittämässä.

NIMBUS-menetelmässä päätöksentekijälle näytetään Pareto-optimaalinen ratkaisu ja häntä pyydetään kertomaan, minkä tavoitteen arvon tulisi parantua ja minkä arvo voisi huonontua, jotta uusi ratkaisu olisi nykyistä parempi. Päätöksentekijä voi myös esittää toiveita muutosten määräksi. Menetelmä tuottaa luokittelua mahdollisimman hyvin noudattavia uusia ratkaisuehdokkaita ja päätöksentekijä näkee, mitä oli mahdollista saavuttaa ja näin oppii tavoitteiden välisistä vaihtosuhteista. Toiveitaan hän voi edelleen säätää seuraavassa

luokittelussa. Hän voi myös tuottaa väliratkaisuja valitsemiensa ratkaisujen väliltä. Näin päätöksentekijä voi joustavasti eri keinoin kartoittaa kiinnostavia kompromisseja ja löytää lopullisen. NIMBUS-menetelmästä tehty ohjelmisto, WWW-NIMBUS, oli ensimmäinen internetissä toimiva interaktiivinen (monitavoite)optimoinnin ohjelmisto, kun se julkaistiin vuonna 1995. Nyt sitä ollaan tuotteistamassa. WWW-NIMBUS perustuu keskitetyn laskennan ja hajautetun käyttöliittymän periaatteisiin. Yksi internet-toteutuksen eduista on se, etteivät versiopäivitykset ole käyttäjän huolena, vaan viimeisin versio on aina käytössä. Globaalissa maailmassa elektronisen bisneksen edelleen kehittyessä internetin rooli entisestään vahvistuu ja pioneeriohjelmistot näyttävät omalta osaltaan tietä.

### **Haasteita**

Monimutkaisia tehtäviä pyritään usein ratkaisemisen helpottamiseksi jakamaan osasiin, joita sitten käsitellään yksitellen. Tällöin saadaan kuitenkin vain ns. osaoptimeja, jotka eivät välttämättä palvele kokonaisuutta parhaalla mahdollisella tavalla. On siis erittäin tärkeää painottaa kokonaisuuksien hallintaa, jotta saadaan kokonaisuuden, ei sen jonkin osan kannalta optimaalisia ratkaisuja. Tähän vaativaan tehtävään monitavoiteoptimointi tarjoaa omat keinonsa.

Yhteiskunnassa on epäilemättä vielä lukuisilla tahoilla piileviä optimointitarpeita osin siksi ettei työkaluista ja niiden mahdollisuuksista tiedetä. Kiristytvä kilpailu tuo kuitenkin painetta panostaa optimointiin, kun tuottavuutta ja laatua maksimoidaan. Kaikkia ongelmia ei tietenkään ole mahdollista ratkoa matematiikan ja optimoinnin keinoin, mutta paljon on silti vielä tehtävää. On tärkeää kouluttaa päätöksenteon ammattilaisia, joilla on monipuoliset matemaattiset valmiudet ja tietoa eri analysointimenetelmistä ja niiden mahdollisuuksista. Heidän tulee ymmärtää, ettei ongelmia aina kannata yksinkertaistaa kaikkein helpoimmin ratkaistavaan muotoon, sillä tuolloin menetetään paljon arvokasta tietoa. Monipuolisia valmiuksia tiedon hallintaan ja analysointiin antaa mm. HKKK:n uusi liikkeenjohdon teknologian maisteriohjelma.

Tarvitaan sekä panostusta tutkimustulosten hyödyntämiseen käytännön ongelmissa että itse tutkimukseen. Tutkimuksen tavoitteena on kehittää entistä parempia menetelmiä, esimerkiksi yhdistämällä eri lähestymistapojen vahvuuksia. Meillä onkin haaste kouluttaa tulevia liikkeenjohtajia arvostamaan pitkäjänteistä tutkimustyötä. Nykyisin valitettavan harvat yritykset panostavat huomattavasti tutkimukseen. Sen ei katsota sopivan yhteen pikaisen hyödyn ja tuotoksen tavoittelun kanssa. Maamme voi kuitenkin menestyä kansainvälisessä kilpailussa vain kehittämällä laatua ja tuotekehitystä, mikä edellyttää panostamista pitkäjänteiseen tutkimukseen.

Korostaessani edellä monitavoiteoptimoinnin mahdollisuuksia yhden tavoitteen optimoinnin sijaan, vastasin otsikon kysymykseen. Siis kompromissi monipuolisuudessaan on optimia parempi lopputulos. Kaiken teknologiapainotteisuuden keskellä on kuitenkin tärkeää muistaa myös luovuus. Entäpä jos aina ei tarvitsisikaan valita tarjolla olevien vaihtoehtojen joukosta? Joskus voi erilaisen, ennakkoluulottoman näkökulman avaaminen tuoda esiin aivan uusia mahdollisuuksia, jolloin eri tavoitteet voidaan saavuttaa ilman tarvetta kompromissien hakemiseen. Niin liukuhihnakin aikanaan mullisti käsityksen siitä, että hyvän on aina oltava kallista.

## **MALLITÖISSÄ MILANOSSA**

### **Hannu Kahra**

Milano on tunnettu muodin pääkaupunki. Maaliskuussa havaitsin Wilmott-lehden ([www.wilmott.com](http://www.wilmott.com)) sivuilla ilmoituksen, jossa haettiin henkilöitä mallitehtäviin Milanoon. Wilmott ei ole kuitenkaan muotilehti, vaan kvantitatiivisen rahoituksen erikoislehti. Kyseiset mallit taas ovat sijoitusten strategisen ja taktisen allokoinnin työkaluja.

Toimenkuva oli kuin minulle sovitettu. Olin kolmen vuoden ajan rakennellut taktisen allokoinnin malleja Kaupthing Sofi –pankkiiriliikkeessä Helsingissä ja väitöskirjani käsitteli strategista allokoointia. Lähetin hakemukseni Monte Paschi

Asset Management –yhtiöön, joka on maailman vanhimman pankin, Monte dei Paschi di Sienan ([www.mps.it](http://www.mps.it)) omaisuudenhoitoyhtiö. Pankki on perustettu jo vuonna 1472! Samana toukokuun päivänä, kun olin työpaikkahaastattelussa Milanossa sain nimityksen kansantaloustieteen yliassistentin virkaan Turun kauppakorkeakoulussa. TUKK myönsi minulle vuoden virkavapauden ja aloitin määräaikaisen työni Milanossa kesäkuun alussa.

Olen konsulttina erityisprojektissa, jonka tehtävänä on toteuttaa internet-pohjainen työkalu yhtiömme salkunhoitajien ja emopankin sijoitusneuvojien käyttöön. Ohjelma on tarkoitettu sekä institutionaalisten sijoittajien että yksityissijoittajien sijoitussalkkujen optimointiin. Taktisen allokoinnin komponentti perustuu Markowitzin keskiarvo-variassi -periaatetta soveltavaan kvadraattiseen optimointiin, jota täydennetään bayesiläisellä elementillä. Strategisen optimoinnin komponentissa sovelletaan dynaamista optimointia, joka voi ottaa myös huomioon sijoittajan tulevat velvoitteet.

Alkuunsa ryhmässä oli kuusi henkilöä, joista kolmen tehtävänä oli optimointien koodaaminen R-kielellä ([www.r-project.org](http://www.r-project.org)). Toiset kolme henkilöä koodasivat käyttöliittymää Javalla. Havaitimme melko nopeasti, että tarvitsemme ryhmään vahvistuksia. Nyt ryhmässämme on 11 työntekijää, joista kaksi, minun lisäksi, on suomalaisia. Kesän aikana värväsimme Suomesta **Janne Gustafssonin** Teknillisestä korkeakoulusta Otaniemestä ja **Lauri Pietarisen** Helsingin kauppakorkeakoulusta. Jannen ja Laurin tehtävänä on R:n ja Javan yhdistäminen toimivaksi kokonaisuudeksi. Tämän lisäksi he koodaavat tarvittavia sovelluksia R:llä.

Monte Paschi on kvantitatiivisesti suuntautunut omaisuudenhoitoyhtiö, jolla on noin 100 sijoitusrahastoa ja oma *hedge fund* -yksikkönsä. Toiminta on ammattimaista, mikä sopii hyvin meille kolmelle, koska olemme itsekin kvantitatiivisesti suuntautuneita. Viimeistään täällä on varmistunut epäilykseni siitä, että sijoitusosalalla Suomi seuraa kansainvälistä kehitystä noin 50 vuoden viiveellä. Suomessa alan käytäntö perustuu vielä ”näkömyksen”, intuition, käyttöön analyysin kustannuksella. Jos vastavalmistuneiden parhaimmisto haluaa sijoitusosalalla kykyjään vastaaviin käytännön töihin, niin heidän olisikin parasta hakeutua töihin esimerkiksi Lontooseen, jossa arvostetaan osaamista.

Koska tämän lehden lukijoiden joukossa on runsaasti rahoitukseen erikoistuneita opiskelijoita, käytän tilaisuutta hyväkseni ja tarjoan heille vihjeitä siitä, mitkä ovat nyt käytännön sijoitustoiminnan kuumia aiheita. **Emmanuel Derman** mainitsee artikkelissaan ”*Finding a job in finance*”, että nykyajan rahoitusammattilaisen pitää tuntea rahoituksen teoria sekä opiskella matematiikkaa ja ohjelmointia. Ymmärrän tässä matematiikan laajana käsitteenä siten, että sillä voidaan tarkoittaa esimerkiksi soveltavaa matematiikkaa, tilastotiedettä tai ekonometriaa. Oma taustani on kansantaloustieteessä, ja lisäänkin listaan vielä makrotaloustieteen osaamisen.

Hyviä erikoistumisaloja ovat strateginen ja taktinen allokointi sekä niin sanottu *asset-liability* –mallitus. Lontoossa on runsaasti tarjolla eksoottisten johdannaisten hinnoitteluun ja riskien hallintaan liittyviä työpaikkoja. Lévy-prosessien soveltaminen johdannaisten hinnoittelussa on erityisen kuuma aihe.

Janne ja Lauri ovat myös väitöskirjan tekijöitä. Janne jättää oman työnsä lähiaikoina esitarkastukseen, ja Lauri omaksuu käytännön työstä hyviä virikkeitä omaan aiheeseensa. Tiedän omasta kokemuksestani, että käytännön työ tarjoaa paljon laajemman näkökulman kuin pelkkä tutkijan työ korkeakoulussa, ilman kosketusta todellisiin ongelmiin. Meidän suomalaismafiassamme onkin syntynyt runsaasti toteuttamisen arvoisia tutkimusideoita.

Vapaa-aikamme Milanossa jää melko vähäiseksi. Täällä työpäivät ovat suomalaisittain pitkiä. Aloitamme yleensä aamulla noin kello 8.30, ja lähdemme kotiin noin kello 19. Italialaiset ovat hyvin sosiaalisia, ja menemmekin isolla ryhmällä lounaalle klo 13 jälkeen. Lounas kestää noin 45 minuuttia: *pannino*, täytetty sämpylä, tai pasta ovat tyypillisiä aterioita. Lounaan lisäksi nautimme yhdessä espressot sekä aamulla että iltapäivällä.

Italiassa on tarjolla runsaasti historiallisia nähtävyyksiä ja monipuolista kulttuuritarjontaa. Pelkästään Milanossa on paljon nähtävää ja kokemisen arvoista. Italiassa on hyvät ja edulliset junayhteydet, joten viikonloppuisin meillä on hyvät mahdollisuudet tutustua myös muihin kaupunkeihin.

Suomessa olemme tottuneet siihen, että voimme yleensä luottaa siihen, että se pitää, mistä on puhuttu tai sovittu ja asiat hoidetaan loppuun saakka. Täällä asiat ovat enemmän tai vähemmän ylimalkaisia ja se mistä on puhuttu, voikin muuttua

joksikin muuksi. Täällä jämäpityteen tottuneelta suomalaiselta vaaditaan runsaasti kärsivällisyyttä ja huumorintajua. Esimerkiksi, odottelin neljä viikkoa rahoja, jotka siirsin omalta suomalaiselta tililtäni italialaiselle tililleni. Italialainen pankkini oli pyytänyt pankiltani jotain selvitystä tilisiirrosta ja suomalainen pankkini olikin antanut sen välittömästi. Asian hoito jäi kuitenkin kesken italialaisessa pankissani, vasta uhkailujen jälkeen sain rahat tililleni pikaisesti.

Italia on tunnettu byrokratiastaan: italialaisten lisäksi jokainen maassa asuva ulkomaalainen joutuu kokemaan sen mielettömyyden. Pahinta on oleskeluluvan hankkiminen *gesturasta*, poliisilaitokselta. Minulta kului jonottamiseen kahtena työpäivänä yhteensä kahdeksan tuntia. Papereita ja allekirjoituksia tarvitaan myös runsaasti. *Codice fiscale*, veronumero, joka vastaa verokorttia, on erittäin tärkeä. Se on kuin Suomen sotu-tunnus. Ilman sitä ei voi avata pankkitiliä eikä tehdä sähkö- tai kaasusopimusta. Kaikki paperit ovat luonnollisesti italiaksi.

Olemme kuitenkin täällä ”maassa maan tavalla” –periaatteella. Loppujen lopuksi kaikki asiat kyllä järjestyvät suotuisasti. Italialaiset ovat poikkeuksetta ystävällisiä ja valmiita auttamaan, vaikka hyvin usein yhteistä kieltä ei löydykään. Meillä on erinomaiset ja persoonalliset työtoverit, jotka ovat ottaneet suomalaismafian hyvin vastaan. Yhteisössämme vallitsee myös hyvä yhteishenki. Miellyttävä työympäristö onkin ehdoton edellytys, jotta saamme haasteellisen ja mielenkiintoisen tehtävän suotuisasti päätökseen. Olemme jo tottuneet siihen, että työtoverien huutaminen toisilleen ei suinkaan merkitse sitä, että he riitelesivät jostain. Se on vain kulttuurille tavanomaista keskustelua.

## **RPM – ROBUSTI PORTFOLIOMALLINNUS**

### **Pekka Mild, Juuso Liesiö ja Ahti Salo**

Projektiportfolion valinta on erikoistapaus yleisestä resurssien allokoinnin ongelmasta: mitkä useista (kymmenistä) projektiehdokkaista tulisi valita resurssirajoitusten puitteissa, jotta toteutettavista projekteista muodostuvan portfolion kokonaisarvo maksimoituisi? Useissa sovelluksissa portfolion arvoa



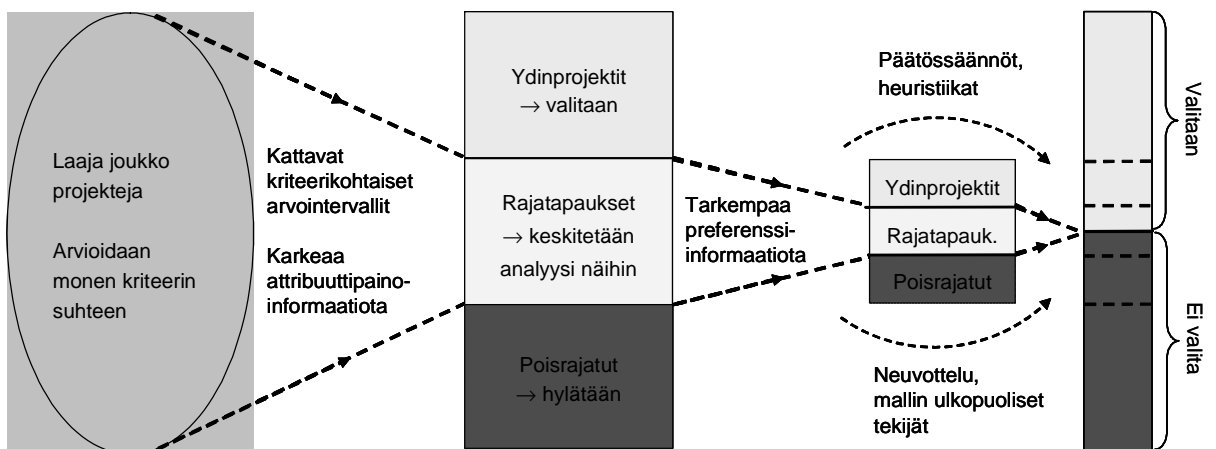
pyritään maksimoimaan monen keskenään ristiriitaisen kriteerin suhteen. Lisäksi kriteerien keskinäistä tärkeyttä ja projektien suoritustasoja kriteerien suhteen ei tyypillisesti osata tai haluta pukea yksikäsitteisten painokerrointen ja arvosanojen tai arvioiden muotoon. TKK:n Systemianalyysin laboratoriossa on meneillään kaksivuotinen Tekes-rahoitteinen MCPA–tutkimusprojekti (Multiple Criteria Portfolio Analysis), jossa kehitetään matemaattisia menetelmiä ja päätöksentekoa tukevia työvälineitä tällaisten laajojen monitavoitteisten projektiportfolioiden valinta- ja arviointitehtäviin. Uusien menetelmien mahdollistama karkean (epätäydellisen) informaation käyttö ja sen valossa johdettujen alustavien tulosten vaiheittainen analysointi on osoittanut hedelmälliseksi etenkin portfoliotehtävissä.

Matemaattisena lähestymistapana projektissa on arvopuuanalyysin tukemiseen kehitettyjen Preference Programming -menetelmien hyödyntäminen ja laajentaminen portfoliotehtäviin. Projektien kokonaisarvo yli kaikkien kriteerien mallinnetaan arvopuuanalyysin tapaan painotettuna keskiarvona kriteerikohtaisista arvoista, ja portfolion kokonaisarvo muodostetaan siihen kuuluvien projektien arvojen summana. Epätäydellisellä informaatiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa mallin parametreille on määritelty käyvät joukot tai vaihteluvälit yksittäisen tarkan arvon sijaan. Näin ollen MCPA-projektissa kehitettyjen menetelmien avulla portfoliovalintatehtävässä voidaan käsitellä

- epätäydellistä informaatiota koskien kriteerien keskinäistä tärkeyttä (esim. tärkeysjärjestys tai painokertoimien vaihteluvälit)
- epätäydellistä informaatiota koskien projektien kriteerikohtaisia arvoja (esim. kassavirta- tai Likert-arviot vaihteluväleinä)
- projektien välisiä vuorovaikutuksia (esim. synergiat)
- erilaisia loogisia ja strategisia rajoitusehtoja (esim. toisensa poissulkevia projekteja tai resurssien tasainen jako projektiluokkien välillä).

Projektissa kehitettävän viitekehyksen nimeksi on vakiinnutettu *Robust Portfolio Modeling* (RPM). Robustisuudella tarkoitetaan pyrkimystä ratkaisuihin, joiden

arvo on mahdollisimman suuri ja vakaa mallinnetut epävarmuudet huomioon ottaen (ts. kaikilla käyvillä parametrisarvoilla). Perusajatuksena on kaikkien epätäydellisen informaation valossa tehokkaiden portfolioiden selvittäminen ja näistä johdettujen projekti- ja portfoliokohtaisten robustisuusmittojen avulla tapahtuva analyysi. Additiivisessa mallissa portfolio on tehokas, jos ei löydy toista resurssirajoitukset täyttävää portfolioa, jonka kokonaisarvo on suurempi kaikilla käyvillä parametrikombinaatioilla. Tehokkaiden portfolioiden (tyypillisesti suuresta) joukosta johdetaan edelleen erilaisia hyvyysmittoja, joista keskeisimpänä on projektikohtainen *ydinluku* (core index). Ydinluku kuvaa kuinka suureen osaan tehokkaista portfolioista kyseinen projekti sisältyy. Erityisesti näin voidaan erottaa ydinprojektit (kuuluvat kaikkiin tehokkaisiin), jotka voidaan kiistatta valita portfolioon, poisrajatut (eivät kuulu yhteenkään tehokkaaseen), jotka voidaan kiistatta jättää pois, ja rajatapaukset (kuuluvat osaan tehokkaista), joihin jatkoanalyysi tai neuvottelupanostukset kannattaa keskittää.



**Kuva 1: Robust Portfolio Modeling (RPM) -lähestymistapa.**

Useilta tahoilta saatujen kommenttien perusteella RPM-lähestymistavan etuina voidaan nähdä etenkin

- parametripävarmuuksien proaktiivinen huomioonottaminen – robustisuus
- kiistatta valittavien ja hylättävien projektien tehokas ja intuitiivinen

erottelu

- tarkentavan analyysin ja/tai neuvottelun kohdistaminen rajatapauksiin
- läpinäkyvyys ja päätösten perusteltavuus yksittäisten projektien suhteen portfolio kontekstissa johdettujen hyvyysmittojen kautta
- alustavia tai osittaisia tuloksia jo valintaprosessin välivaiheissa.

Elokuuhun 2004 mennessä RPM-lähestymistapaa on sovellettu neljässä laajemmassa case-sovelluksessa:

1) Tiestön vuotuisen päällystysohjelman monikriteerinen valintatarkastelu (Inframan Oy / Tiehallinto). Tehtävä perustui todelliseen aineistoon, josta valittavana oli n. 160 hanketta 223:sta kolmella teknisellä kriteerillä kuvatusta ehdokkaasta. Lähestymistapaa havainnollistavan jälkikäteisanalyysin menetelmät ja tulokset esitettiin kommentoitaviksi päätöksentekijöille.

2) Telekommunikaatioalan pk-yrityksen keskipitkän aikavälin strateginen tuoteportfolion valinta, jossa ehdokkaina oli 52 erilaista tuote + asiakassegmentti – yhdistelmää. Prosessi koostui sähköpostitse suoritetusta arviointitiedon keruusta (jossa eri jäsenten eriävät mielipiteet katettiin intervalliarvoilla), RPM-menetelmillä tuotettujen ydinlukujen laskemisesta sekä interaktiivisesta strategiapalaverista, jossa syntyvän strategian toteutuksesta vastaava yrityksen johtoryhmä muodosti portfolion RPM-tuloksiin tukeutuen.

3) TULI (Tutkimuksesta Liiketoimintaa) -ohjelman monikriteerinen kausaalianalyysi, jossa ohjelman seuranta-aineistosta muodostettiin RPM-menetelmien avulla kärjistetyt vertailujoukot ja tarkasteltiin näihin kuuluvien projektien eroja kerätyissä tausta-aineistoissa.

4) Paperikoneen märkäosan toiminnan analysointi (diplomityö, Tommi Välimäki, 2004), jossa RPM-menetelmiä käytettiin yhdessä bayesiläisen muuttujavalinnan ja tilastollisten testien kanssa paperin monikriteerisen laadun selittävien tekijöiden etsinnässä.

Matemaattisina tuloksina projektissa on muun muassa määritelty tehokkaiden portfolioiden laskenta kriteerikohtaisia arvointervalloja sisältävästä projektiaineistosta, kehitetty dynaamiseen ja lineaariseen ohjelmointiin perustuvia algoritmeja näiden etsimiseen sekä määritelty uusia monipuolisia robustisuus- ja hyvyysmittoja. Tehtävien koon kasvaessa myös approksimatiivisten ratkaisumenetelmien tutkimus on keskeistä. Lisäksi on osoitettu esimerkiksi, että tarkennettu paino- ja arvoinformaatio vaikuttaa vain rajatapausprojektien käyttäytymiseen, jolloin ydinprojektit voidaan perustellusti valita portfolioon ja poisrajatut jättää sen ulkopuolelle. Menetelmien hyödyntämiseen on myös rakennettu graafinen tietokoneohjelma, jonka ominaisuuksia kehitetään edelleen uusien sovellusten tarpeiden mukaan.

Tutkimusta jatketaan intensiivisesti sekä laskentamenetelmien että valintaprosessia tukevien robustisuusmittojen kehittämisellä. Uusissa sovelluksissa RPM-menetelmiä tullaan hyödyntämään muun muassa tulevaisuustutkimuksessa heikkojen signaalien analysointiin. Lisäksi neuvotteluasteella oleva laaja metsänsuojelualueiden valinnan tukeminen nähdään potentiaalisena sovelluskohteena RPM-menetelmille.

## **15TH MINI-EURO CONFERENCE: MANAGING UNCERTAINTY IN DECISION SUPPORT MODELS**

22.-24.9.2004, Coimbra, Portugal, <http://www.inescc.fe.uc.pt/mudsm2004/>

### **Juuso Liesiö, Pekka Mild, Antti Punkka**

TKK:n Systeemianalyysin laboratorion kahdesta professorista (Raimo P. Hämäläinen, Ahti Salo) ja neljästä tutkijasta (Jyri Mustajoki, Antti Punkka, Pekka Mild, Juuso Liesiö) koostunut ryhmä osallistui Portugalin Coimbrassa järjestettyyn 15. Mini-EURO-konferenssiin. Suuri miesvahvuus oli perusteltua, sillä konferenssin aiheena oli epävarmuuden hallinta päätöstukimalleissa, ja laboratoriossamme kehitetyt arvopuuanalyysia tukevat *Preference Programming*-menetelmät ovat käsitelleet tällaisia epävarmuuksia jo 90-luvun alusta lähtien.

Odotukset olivat täten korkealla – pienessä noin 80 hengen kokouksessa tutkimustaan on ”helppo” saada näkyviin.

Näkyvyyden varmistamiseksi esitelmämme koottiin yhdeksi sessioksi, jonka järjestäjinä professorimme toimivat. Konferenssin plenary-sessioihin liittyvät epävarmuudet realisoituvat meidän kannaltamme erittäin mieluisasti viisi päivää ennen konferenssin alkua, kun professori Salo kutsuttiin pitämään konferenssin avausesitelmä alkuperäisen esitelmöitsijän jouduttua perumaan tulonsa. Salon esitelmän aiheena oli nimenomaan Preference Programming -menetelmät, mikä takasi täyden salin myös konferenssin toisena päivänä pidettyyn kolmen esitelmän sessioomme. Mustajoki näytti omassa esitelmässään kuinka intervallimenetelmiä voidaan käyttää kokonaisvaltaiseen herkkyyksianalyysiin. Punkka puolestaan esitteli epätäydellistä ordinaalista preferenssi-informaatiota hyödyntävää RICHER-menetelmää. Mild ja Liesiö esittelivät Preference Programming -menetelmien laajentamista monikriteeriseen projektiportfolion valintaan, jossa pyritään valitsemaan paras osajoukko projektiehdokkaista resurssirajoitteiden puitteissa.

Kokouksen suurimpana antina oli Systemianalyysin laboratorion Preference Programming –menetelmien saama näkyvyys. Johtuen koko konferenssiväelle kokouksen alkajaisiksi pidetystä plenary-sessiosta laboratoriomme menetelmiin viitattiin kysymysten muodossa lähes jokaisessa näkemässämme sessiossa. Johtuen vain kahdesta tai kolmesta rinnakkaisesta sessiosta näihin kysymyksiin oli vieläpä usein vastaamassa professori Salo itse.

Esitykset olivat pääosin laadukkaita ja valmisteltuja, joskin joukkoon mahtuu aina myös pienelle marginaaliyleisölle kohdistettuja tai uutuusarvoltaan hieman kyseenalaisia esityksiä. Konferenssipaperien referointiprosessi varmasti nosti esitysten laatua. Odotuksistamme huolimatta omaa tutkimustamme erittäin lähellä olevia esityksiä ei oikeastaan nähty, vaan epätäydellistä preferenssi-informaatiota käyttävistä menetelmistä olivat esillä erityisesti sumeiden joukkojen teoriaa hyödyntävät mallit.

Matkakohteena syyskuinen Portugali on Suomesta katsoen houkutteleva.

Lämpötila oli jopa yli kolmenkymmenen saapuessamme Lissaboniin ja aurinkokin jaksoi paistaa koko reissun ajan. Lisäksi edullinen – joskaan ei muun Etelä-Euroopan tasolle yltävä – ruoka ja juoma lisäävät Portugalin houkuttelevuutta.

## **X ELAVIO, LATIN AMERICAN OPERATIONS RESEARCH SUMMER SCHOOL**

Montevideo, Uruguay, February 16-20, 2004

### **Erkka Näsäkkälä**

Last Christmas I did not get my best present from Santa Claus, but from the EURO office. On 29th of December I received an email stating that I had been selected to represent EURO countries in the Latin American Operations Research Summer School to be held in Uruguay in February 2004. To be honest, I had applied to the summer school purely due to my love of adventure. My prior knowledge about operations research in Latin America consisted of a hydro production planning paper, which used Brazilian hydro reservoirs as an example.

I knew already before the summer school that people in Latin America have very relaxed attitude towards life. It did not take me more than two emails from the conference organizers to learn that relaxed attitude does not mean badly organized. Actually, I might have learned that already after the first email, if I just had taken some more Spanish courses in high school. The first email was about two pages long and written in Spanish. When I replied and apologized that I do not understand Spanish it took less than ten minutes to get all the information in English. After the first contacts I got daily emails giving more information about the conference and Uruguay. Thus, when the date of departure finally came, I really felt that there is someone waiting me in Montevideo.

After about 24 hours and three flight changes, the Scandinavian winter had changed into sunshine. The summer school was organized in Hotel Ibis, where most of the participants also stayed. Officially the summer school started on Monday morning, but I met most of the participants and organizers already in a

cocktail party on Sunday evening. The majority of the 80 participants were from Latin America. Thus, it is no wonder that I had to answer several times the question, why I chose to participate in the X ELAVIO. The other fruitful topics for discussion were the similarities and dissimilarities between Finnish and local, weather, people, sports, politics, education ... You name it.

The program of the summer school consisted of 20 minute student presentations and 4-8 hour lecture series held by invited speakers. My favorite was Professor Gilbert Laporte from HEC Montréal. His compelling lectures on vehicle routing kept most of the students focused, even when he was introducing the, not so common problem in Latin America, snow removal problem. The organizers felt that as I have traveled the longest way to get to the summer school, I need 30 minutes for my presentation. I used the additional ten minutes to give an overview of the OR problems in the Scandinavian electricity markets. The last 20 minutes I used to present my own paper: "Flexibility and Technology Choice in Gas Fired Power Plant Investments".

In addition to the lectures we had a lot of social activities. Every evening we ate dinner together. On Wednesday afternoon we had a really nice and thorough tour around the city of Montevideo. The most memorable moments I spent on Wednesday evening in a tango bar listening to Uruguayan Tango. In addition to the nice memories the X ELAVIO gave me a lot of new friends around the Latin America. I want wholeheartedly thank the organizers about their hospitality and EURO/ IFORS about making the participation financially possible.

## **OPINNÄYTTEET**

### **Diplomityö: Performance Analysis of Paper Machine Wet-End Operations**

**Tommi Välimäki**

Työn valvoja: Prof. Ahti Salo

Työn ohjaaja: M.Sc. Kirsi Hirvonen

## **PAPERIKONEEN MÄRKÄOSAN TEHOKKUUSANALYYSI**

Paperiteollisuus on yksi pääomavalttaisimmista teollisuudenaloista ja investointien takaisinmaksuajat ovat pitkiä. Tämän vuoksi paperikoneen käyttöasteet pyritään pitämään maksimissaan, mikä aiheuttaa tiukkoja vaatimuksia niin käytettävyyden kuin tuotannon laadunkin suhteen. Kannattavuuden takaajana prosessien optimointi ja jatkuva-aikainen tarkkailu nousevat tällöin ratkaisevaan rooliin.

Tommi Välimäki Teknisestä korkeakoulusta on tehnyt M-Realin Kankaan tehtaalle diplomityön, jonka tarkoituksena oli analysoida paperikone PK4:n märkäosan toimintaa. Märkäosan prosessit ovat paperikoneen osaprosesseista vähiten tunnetut, ja analyttisiä malleja niille ei ole laajasta tutkimuksesta huolimatta löydetty. Tämä johtuu suurelta osin siitä, että osaprosessit ovat keskenään linkittyneet useiden takaisinkytkentöjen kautta, mikä hankaloittaa suuresti niiden rakenteen ja kausaalisuussuhteiden määrittämistä. Syy paperikoneen huonosta ajettavuudesta lankeaakin usein märkäosan kemian kontolle vain siksi, että vian alkusyytä ei osata kohdistaa tarkasti.

Lähestymistapana märkäosan mallintamiseen oli määrittää ulostulevaan laatuun merkittävästi vaikuttavat prosessimuuttujat, verrata näiden valossa huonoja ja hyviä tuotantopakkeja ja lopuksi kehittää työkalu prosessiolosuhteiden optimoimiseksi. Laatuksiteereiksi valittiin ratakatkot märkäosalla, reiät paperirainassa, rainan fyysikaalinen koostumus ja poistuneen veden määrä. Koska kriteereille ei osattu antaa täsmällisiä painoja, käytettiin ulostulopakkeiden luokittelussa epätäydelliseen preferenssi-informaatioon perustuvaa Robust Portfolio Modelling –päätöksentekomallia. Sen keskeisenä ideana oli valita parhaat ja huonoimmat tuotantopakot maksimoiden kulloisellakin iteraatiokierroksella asetettua hyötyfunktioita, jota sitten varioitiin halutussa määrin. Lopulliseen portfolioon valikoituivat tällöin ne pakot, jotka olivat useimmiten sisältyneet kierroskohtaisiin optimiportfolioihin. Menetelmällä tuotettuja laatuluokkia verrattiin tämän jälkeen tilastollisin testeillä keskinäisten poikkeavuuksien löytämiseksi.



Merkitsevien prosessimuuttujien määrittämiseen käytettiin bayesiläistä muuttujanvalintaa. Menetelmään päätymistä puolsivat potentiaalisten selittäjien suuri määrä sekä se, että bayesiläiset menetelmät olivat aiemmissa tutkimuksissa osoittautuneet ylivertaisen tehokkaiksi verrattuna moniin muihin mallinvalintamenetelmiin. Erityisenä lisähyötynä perinteiseen regressioanalyysiin nähden bayesiläisessä muuttujanvalinnassa on yksittäisen mallin oikeellisuuteen liittyvän epävarmuuden huomiointi, mikä saadaan aikaan keskiarvottamalla useita maksimaalisen posterioritodennäköisyyden omaavia malleja.

Bayesiläisen muuttujanvalinnan periaate on asettaa aluksi prioritodennäköisyys kullekin mahdolliselle mallille, jotka tässä työssä olivat kaikki lineaarisia. Tämän jälkeen asetetaan vastaavasti prioritodennäköisyys mallin parametreille ehdolla kyseinen malli, ja lasketaan sitten todennäköisyys havaitulle datalle ehdolla malli ja sen parametrit. Tavoitteena on siis löytää malli, joka itseasiassa generoi havaitun datan. Posterioritodennäköisyys mallille ehdolla havaittu data saadaan Bayesin kaavalla. Vertaamalla näin laskettuja posterioritodennäköisyyksiä kaikille mahdollisille malleille saadaan systemaattisesti määritettyä todennäköisimmin oikeat mallit. Teknisenä vaikeutena lähestymistavassa on Bayesin kaavassa esiintyvien integraalien hankaluus sekä termien suuri määrä. Tämän vuoksi posteriorijakaumia approksimoidaankin jollakin otanta-algoritmeilla, jollaiseksi tässä työssä valittiin Metropolis-Hastings-algoritmi.

Heti alkuvaiheessa keskeiseksi tekijäksi työn onnistumismahdollisuuksien kannalta nousi prosessiviiveiden mahdollisimman täsmällinen määrittäminen. Havaintojen mukaan viiveet muuttuvat suuresti prosessiolosuhteiden mukaan, mikä johtuu erityisesti säiliöiden pinnankorkeuksien vaihtelusta. Viiveet laskettiin erikseen kullekin mittaushetkelle havaittujen virtausnopeuksien ja säiliöiden pinnankorkeuksien avulla, millä päästiin työn jatkoon kannalta tyydyttävään tarkkuuteen. Toisena merkillepantavana tekijänä oli eri paperilajien käsitteleminen erillisinä datajoukkoina, mihin päädyttiin johtuen kaikkien prosessimuuttujien vahvasta korrelaatiosta pohjapaperin neliöpainon kanssa.

Työn tuloksena saatiin joukko märkäosan ulostulon laatuun merkitsevästi vaikuttavia muuttujia, joista suuri osa valikoitui merkitseviksi kaikilla

paperilajeilla. Lisäksi huonoja ja hyviä tuotantopakkeja vastaavissa prosessimuuttujien mittausarvoissa havaittiin tilastollisia eroja odotusarvon ja varianssin suhteen. Lopullisena päätelmänä todettiin kuitenkin, että valittujen muuttujien kombinaatio, pikemmin kuin mikään yksittäinen muuttuja, oli vastuussa laadussa tapahtuvista muutoksista.

Tulosten pohjalta laadittiin ehdotus märkäosan laadunhallinnan työkaluksi. Työkalun käytettävyyden arviointia ei ole vielä täydellisesti suoritettu, mutta toimintaperiaatteeltaan se on intuitiivinen, edullinen ja perustuu pelkästään todelliseen havaittuun informaatioon, mikä osaltaan nostaa sen arvoa.

## **Diplomityö: A Model of Monopoly Pricing under Incomplete Information**

**Kimmo Berg**

Työn valvoja: Prof. Harri Ehtamo

Työn ohjaaja: Prof. Harri Ehtamo

## **EPÄTÄYDELLINEN INFORMAATIO MONOPOLISTISESSA KILPAILUSSA**

Teknillisen korkeakoulun systeemanalyysin laboratoriossa kirjoitetussa diplomityössään Kimmo Berg tutkii epätäydellistä informaatiota monopolistisen yrityksen hinnoitteluongelmassa. Epätäydellisen informaation vallitessa monopolistinen yritys ei tiedä tarkalleen asiakkaittensa ominaisuuksia, vaan joutuu turvautumaan asiakasjoukon keskimääräiseen informaatioon. Epätäydellinen informaatio voidaan myös tulkita rajoitukseksi, joka vaatii, että monopolin tulee tarjota kaikille asiakkaille sama hinnasto. Tämän tyypillisen lähestymistavan lisäksi työssä tutkitaan tilannetta, jossa monopoli ei tiedä edes asiakasjoukon keskimääräistä informaatiota. Työssä kuvataan mukautumisprosessi, jossa monopoli oppii asiakkaittensa ominaisuudet myymällä tuotetta useasti. Mukautumisprosessi johtaa lopulta, monopolin kerättyä riittävästi informaatiota, klassiseen tasapainoon. Täten mukautumisprosessi motivoi

klassisen tasapainoteorian, joka olettaa, että monopoli tietää asiakasjoukkonsa ominaisuudet.

Epätäydellisen informaation vallitessa monopoli ei kykene täydelliseen hintadiskriminointiin, jossa siis monopoli palvelee asiakkaitaan tehokkaasti keräten kaiken mahdollisen hyödyn. Monopoli pystyy kuitenkin hintadiskriminoimaan asiakkaansa asettamalla eri hintoja eri määrille tuotetta. Tällöin vähemmän tuotetta arvostavat asiakkaat ostavat tuotetta vähemmän alhaisemmalla hinnalla ja enemmän tuotetta arvostavat asiakkaat ostavat vastaavasti tuotetta enemmän mutta kalliimmalla hinnalla. Monopolin optimointiongelmaksi muodostuu voiton maksimointi seuraavin rajoittein: asiakkaiden tulee saada ei-negatiivinen hyöty tuotteen ostamisesta, ja asiakkaat saavat itse päättää ostamastaan määrästä. Jälkimmäisen rajoitteen seurauksena monopoli pystyy myymään tehokkaan määrän tuotetta vain eniten tuotetta arvostavalle asiakkaalle. Muille asiakkaille myydään tuotetta vähemmän.

Työssä laajennetaan edellä kuvattua epätäydellisen informaation käsitettä ehdottamalla, että monopoli ei tiedä mitään asiakkaitensa ominaisuuksista. Vähäisen informaation vallitessa monopolin tuoton maksimoinnin optimointitehtävä ei ole mielekäs, mutta tällöin voidaan kuitenkin kuvata prosesseja, jotka johtavat tavanomaiseen tasapainoon. Työssä kuvataan yksi tällainen prosessi, jossa monopoli oppii asiakkaitensa ominaisuuksia tarjoamalla yksikköhintoja. Yksikköhinnat riittävät tarvittavan informaation keräämiseen, kun asiakkaat oletetaan myooppisiksi, jolloin asiakkaat maksimoivat hyötynään kullakin myyntihetkellä. Tämä oletus vaatii siis sen, että asiakkaat eivät toimi strategisesti, jolloin he eivät pysty manipuloimaan monopolin mukautumisprosessia. Myymällä tuotetta useasti monopoli kerää riittävästi informaatiota, jolloin yritys pystyy määrittämään optimointitehtävän ratkaisun. Tällöin siis palataan klassiseen tasapainoon, jossa monopoli tuntee asiakasjoukkonsa ominaisuudet.

Mukautumisprosessi motivoi tasapainoteorian. Klassinen tasapainoteoria määrittää kyllä ratkaisun tehtävälle, mutta kuinka monopoli voi tietää asiakasjoukon ominaisuudet, ja kuinka monopolin tulisi hinnoitella tuotteensa, jos

ominaisuuksia ei välttämättä tiedetäkään? Mukautumisprosessi osoittaa, että tällöin monopolin on mahdollista oppia riittävästi informaatiota asiakkaistaan, ja myymällä tuotetta toistetusti monopoli päättyy lopulta tasapainoon.

<b>TAPAHTUMAKALENTERI</b>
---------------------------

MARRASKUU 2004

**24.11. FORS:n vaalikokous**

Kone Oy

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

**25.11. FORS-seminaari**

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

**20.-23.11. Decision Sciences Institute  
Annual Conference**

Boston, USA

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

JOULUKUU 2004

**17.-21.12. 11th International Symposium  
on Dynamic Games and Applications**

Tucson, USA

<http://www.ame.arizona.edu/isdg/>

TAMMIKUU 2005

**16.-21.1. PAREO2005**

Mont-Tremblant (Montreal), Canada

<http://www.prism.uvsq.fr/~blec/PAREO/PAREO2005/>

HELMIKUU 2005

**2.-4.2. Conference on Systems Analysis,  
Data Mining, and Optimization in  
Biomedicine**

Gainesville, Florida, USA

<http://www.ise.ufl.edu/cao/biomedicine2005>

MAALISKUU 2005

**30.3-1.4. EvoCOP 2005, 5th European  
Conference on Evolutionary Computation  
in Combinatorial Optimization**

Lausanne, Switzerland

<http://www.evonet.info/eurogp2005/evocop/>

HUHTIKUU 2005

**4.-6.4. IEEE Symposium on  
Computational Intelligence and Games**

Essex University, Colchester, Essex, UK

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

TOUKOKUU 2005

**International Conference on Industrial  
Engineering and Systems Management –  
IESM 05**

Marrakech, Morocco

<http://www.i4e2.org/iesm/>

KESÄKUU 2005

**Joint Workshop on Decision Support  
Systems, Experimental Economics & e-  
Participation**

Graz, Austria

<http://www.uni-graz.at/soowww/eCube>

HEINÄKUU 2005

**11.-15.7. IFORS Triennial 2005**

Honolulu, Hawaii

<http://www.informs.org/conf/IFORS2005/>

SYYSKUU 2005

**7.-9.9. Operations Research 2005 (OR  
2005)**

Bremen, Germany

<http://www.or2005.uni-bremen.de/>

Ks. myös tapahtumakalenterit:

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

<http://www.ifors.org>

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