

# INFORS

Suomen Operaatiotutkimusseuran jäsenlehti

1/99

- Jatkuva oppiminen -

---



Suomen Operaatiotutkimusseura ry  
Finnish Operations Research Society

**Suomen  
Operaatiotutkimusseura ry:n  
jäsenlehti**

**N:o 1 - 1999**

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

**Vastaava päätoimittaja,  
seuran puheenjohtaja:**

Ahti Salo  
Teknillinen korkeakoulu  
Systeemianalyysin laboratorio  
PL 1100  
02015 TKK  
Puh. (09) 451 3055, 040 540 9916  
Fax (09) 451 3096  
E-mail: [ahti.salo@hut.fi](mailto:ahti.salo@hut.fi)

**Toimituspäällikkö,  
seuran sihteeri:**

Janica Ylikarjula  
Teknillinen korkeakoulu  
Systeemianalyysin laboratorio  
PL 1100  
02015 TKK  
Puh. (09) 451 3060  
Fax (09) 451 3096  
E-mail: [janica.ylikarjula@hut.fi](mailto:janica.ylikarjula@hut.fi)

**Jäsenmaksun suuruus:**

100 mk / vuosi  
perusopiskelijat 50 mk / vuosi

**Mainoshinnat:**

Sivu 500 mk  
Sivu / 2 eri numeroa 800 mk

**Pankkiyhteys:**

Leonia 800014-70360372

**Painopaikka:**

Picaset Oy

FORS-iltapäivä 1999 6

Teaching OR in Business School:  
the need for a pedagogical change 7

Pierre-Olivier Pineau

Tieteellisten seurain valtuuskunnan  
juhlamitali 10

Jatkuvaa oppimista Alankomaissa 11  
Mari Pöyhönen

NOAK'99 13

Olisiko HW-324 päässyt kentälle –  
operaatiotutkimus onnettomuustutkinnan apuna 14

Tuomas Raivio

EURO Winter Institute: Metaheuristics  
in Combinatorial Optimisation 19

Opinnäytetyöt 20

Tapahtumakalenteri 25

SISÄLTÖ

Puheenjohtajan palsta 3  
Ahti Salo

Sihteerin palsta 5  
Janica Ylikarjula

# PUHEENJOHTAJAN PALSTA

## Ahti Salo

### Jatkuva oppiminen

Tässä FORS-lehdessä on joitakin puheenvuoroja, jotka käsittelevät jatkuvan oppimisen haasteita operaatiotutkimuksen kentällä. Mari Pöyhönen arvioi suomalaisen ja hollantilaisen operaatiotutkimuksen opetuksen eroja sekä kertoo hankkeistaan RAND Euroopassa. Pierre-Olivier Pineau puolestaan pohtii sitä, miksi kiinnostus operaatiotutkimukseen on pohjoisamerikkalaisissa kauppakorkeakouluissa ollut viime vuosina ajoittain laimeaa. Hän päätyy havainnoistaan konkreettisiin ehdotuksiin, jotka koskevat operaatiotutkimuksen koulutuksen kehittämistä yleisimminkin. Ehdotukset ovat varsin varteenotettavia, etenkin kun samansuuntaisia linjauksia on tuotu esille muissakin yhteyksissä, kuten esimerkiksi Francis Claussin artikkelissa OR/MS Today'n helmikuun 1997 numerossa.

Yhteiskunnallisessa keskustelussa jatkuva oppiminen on viime vuosina ollut vahvasti esillä. Euroopan Unioni julisti vuoden 1996 kansainvälisen oppimisen vuodeksi, ja samoihin aikoihin Pohjoismainen ministerineuvosto korosti elinikäisen oppimisen tärkeyttä omassa raportissaan. Monet maat, kuten Iso-Britannia ja Japani, ovat laatineet elinikäisen oppimisen strategioita. Meillä Suomessa SITRA laati viime vuonna laajan selvityksen elinikäisen oppimisen ja opetuksen kehittämisestä.

Jatkuvan oppimisen tärkeys pohjautuu siihen tosiasiaan, että tekniikan kehittymisen, kansainvälistymisen, uusien liiketoiminta-alueiden syntymisen ja laajemminkin yhteiskunnallisen muutoksen myötä kyky rakentaa uusia valmiuksia on keskeistä yksilöiden ja organisaatioiden uudistumisen kannalta. Niinpä esimerkiksi ajatus siitä, että korkeakouluopintojen tehtävänä olisi antaa ne valmiudet, joiden soveltamiseen koko työura pohjautuisi, on jo lähtökohdiltaan naiivi. Perusvalmiudet ovat kyllä tärkeitä, mutta pikemminkin niiden tehtävänä on muodostaa se osaamisen ydin, jonka ympärille myöhempi ammatillinen kasvu rakentuu.

Uusia tilaisuuksia operaatiotutkimukselle luo etenkin tietotekniikan kehittyminen, jota operaatiotutkimuksessa on aina sovellettu laajasti. Samalla kun tietokoneiden suorituskyky on parantunut, mallien koot ovat kasvaneet ja operaatiotutkimuksen menetelmillä on pystytty tukemaan yhä monimuotoisempien ilmiöiden ymmärtämistä. Toisaalta tietojärjestelmien avulla tietoa pystytään hankkimaan aiempaa enemmän. Esimerkkinä mainittakoon vaikkapa kauppaketjujen kanta-asiakaskorttien yleistymisen, minkä johdosta kulutustottumuksistamme kerätään valtavia tietomääriä markkinointikampanjoiden suunnittelun tueksi.

Kaiken kaikkiaan laajamittainen tiedon hankinta ja käyttö onkin vahvistuva kehitystrendi. Esimerkiksi asiakaskohtaista tuotteiden räätälöintiä tukeva "mass customisation" edellyttää monimutkaisten tuotanto- ja logistiikkaoperaatioiden hallintaa siten, että eri kuluttajaryhmien mieltymyksiä vastaavia tuotteita pystytään tuottamaan kustannustehokkaasti. Tietoyhteiskuntaan on itse asiassa syntymässä monenlaisia uusia palveluja ja toimintoja, jotka ovat operaatiotutkimuksen kannalta otollisia. Jos vaikka tuoretuotteiden sähköinen kaupankäynti internetissä yleistyy, niin miten kauppaketjut organisoivat kotiinkuljetukset siten, että asiakkaat saavat tilaukset kotiinsa ajallaan, mutta kuitenkin mahdollisimman edullisesti?

Internet ei pelkästään luo uusia sovellusalueita. Se on myös juoheva kanava tiedon jakamiseksi, parhaimmillaan toimiva foorumi ajatusten ja kokemusten vaihtamiseksi. Internetin kautta opiskelijat voivat perehtyä oman ja muiden maiden korkeakoulujen antamaan opetukseen, hankkia taustatietoja, pitää keskenään yhteyttä ja antaa kurseista palautetta. Myös opettajat voivat hyötyä internetistä monin eri tavoin, tukevathan vertailut ulko maisten kollegoiden kurssimateriaaliin uusien opintojaksojen rakentamista samalla kun on-line tietokannat ovat merkittävä apu tutkimuksen tekemisessä.

On kuitenkin hyvä todeta, että osaamisen kehittymistä tutkineet tutkijat – etunenässä japanilainen Nonaka – ovat havainneet, että merkittävä osa ammatillisesta osaamisesta on kokemuseräistä, kontekstisidonnaista ja vain pitkällisten prosessien kautta muille siirrettävissä ("tacit knowledge"). Ammatillisessa oppimisessa monet piirteet ovat samanluontoisia kuin pyörällä ajamisen opettelussa: teorian ja periaatteiden tunteminen ei riitä, on pakko tehdä asioita käytännössä, yrittää yhä uudelleen ja uudelleen, välillä ehkä erehtyenkin, koska näin kasvaa se osaaminen, jota voidaan pitää todellisena asiantuntemuksena.

Yksioikoisena tulemana tästä voisi päätyä siihen, että jos tiedolliset tiedot (ahtaasti ymmärrettynä) ovat vaikkapa internetissä itse kunkin luettavissa, niin korkeakouluopetukseen olisi hyvä sisällyttää enemmän niitä soveltavia aineksia, joihin myös Pierre-Olivier kirjoituksessaan viittaa. Pakottavathan sovellukset hahmottamaan ongelma-alueita, ja niiden kautta OR:n menetelmien vahvuudet ja heikkoudet tulevat parhaiten esille. Sovelluksiin

pureutuminen antaa lisäksi tilaisuuksia ryhmätöiden tekemiselle ja antaa realistisen kuvan siitä, miten ja millä rajoituksilla OR:n menetelmiä voidaan soveltaa.

Samalla on kuitenkin oivallettava, että kaikki soveltaminen pohjautuu teoreettisten perusteiden ymmärtämiselle. Etenkin tietotekniikan puolella on esitetty huolestuneita äänenpainoja siitä, että jos korkeakouluopiskelijat siirtyvät jo toisen vuosikurssin jälkeen verraten tiiviisti työelämään, niin mahdollisuudet paneutua syventäviin opintoihin heikkenevät. Jatkuvassa työ- ja opintokiireessä aikaa kriittiseen pohdiskeluun saattaa jäädä vain vähän, vaikka juuri tällainen pohdiskelu on jatkuvan oppimisen keskeinen kulmakivi ja samalla yksi niistä peruspilareista, johon tukeutuminen antaa rohkeutta muuttaa suuntaa niin ammatillisesti kuin ehkä muutenkin. Missään tapauksessa asiat eivät ole yksioikoisia.

Mielenkiintoista on myös se, että jatkuvan oppimisen näkökulmasta osaamis pääoman ("knowledge capital") rinnalla aivan yhtä keskeiseksi on nähty sosiaalinen pääoma ("social capital"). Tämä sosiaalinen pääoma liittyy niihin kontakteihin, yhteistyösuhteisiin ja -verkostoihin, joihin tukeutumalla organisaatiot pystyvät koostamaan käyttöönsä ongelmien ratkaisemisessa tarvittavaa osaamista: kun oma osaaminen ei riitä, niin olennaista on tietää, kenen puoleen kannattaa kääntyä. Tässä valossa nähtynä OR-kentän eri tapahtumat lisäävät alamme sosiaalista pääomaa, tarjoavathan ne tilaisuuksia uusien kontaktien luomiseen ja kokemusten vaihtoon.

### **Fors-iltapäivä**

Tämän vuotisen FORS-iltapäivän teemana on "riskien hallinnan mallit", jota tarkastellaan 25. toukokuuta Teknillisessä korkeakoulussa kuuden mielenkiintoisen esityksen puitteissa. Teemaa valottavat esitykset ovat aiheiltaan varsin erilaisia, ne käsittelevät muun muassa luonnonvarojen hyödyntämistä, sijoitustoimintaa ja teknologisten riskien hallintaa (ks. esite). Samalla ne havainnollistavat niitä eri lähestymistapoja, joita riskien mallintamisessa ja hallinnassa voidaan soveltaa.

Ja lopuksi vielä pari huomiota FORS-lehdestä. Pyrkimyksenämme on vastedes koota FORS-lehteen tiivistelmät kaikista Suomessa tehtävistä opinnäytetöistä operaatiotutkimuksen alalla, ja Janica on jo ottanut yhteyttä alamme koulutusyksiköihin tämän tavoitteen saavuttamiseksi. Niin ikään toivomme lehteen lisää puheenvuoroja myös pääkaupunkiseudun ulkopuolelta, tällä kertaa näitä edustavat muun muassa Marin ja Pierre-Olivierin kirjoitukset.

Ahti Salo

## **SIHTEERIN PALSTA**

### **Janica Ylikarjula**

Kuten tarkkaavaisimmat lukijat ovat jo huomanneet, lehden toimituskunnassa on tapahtunut suuria muutoksia. Vastaavan päätoimittajan tehtävät ovat siirtyneet Tomi Seppälältä Ahti Salolle. Lisäksi allekirjoittanut on saanut lehden toimituspäällikön ja seuramme sihteerin tehtävät Tarja Jorolta. Lämpimät kiitokset sekä Tomille että Tarjalle suoritetusta urakasta.

Kuten uusi puheenjohtajamme kertoo palstallaan, jonka pituudesta toimituspäällikkönä olen erittäin iloinen, jatkuva oppiminen on numeron eräänä teemana. Toivottavasti kirjoitukset herättävät ajatuksia ja kommentteja. Otamme tähän aiheeseen liittyviä kirjoituksia vastaan mielellämme, ovathan opiskelun ja käytännön väliset kysymykset aina herättäneet keskustelua. Kerrotaanhan jo filosofi Senecan valitelleen sitä, että hänen aikanaan opiskeltiin enemmän koulua kuin elämää varten. Hänen ajatukseensa pohjautuva lentävä lause kehottaa: Non scholae, sed vitae discimus. Myös muitakin aiheita koskevat kirjoituksivat ovat tietenkin tervetulleita.

Janica Ylikarjula

**FORS-ILTAPÄIVÄ 1999:  
RISKIEN HALLINNAN MALLIT  
25.5.1999  
Kutsu**

Nyt kolmannen kerran järjestettävä FORS-iltapäivä 1999 pidetään Teknillisen korkeakoulun tiloissa (Tietotekniikan talo, Konemiehentie 2, sali T2) tiistaina 25.5.1999 kello 14.00 alkaen. Esitykset keskusteluineen kestävät puoli tuntia ja jatkuvat noin kello 17.00 saakka, minkä jälkeen on juusto ja viini -tilaisuus. Tämän vuoden aiheena on Riskien hallinnan mallit. Iltapäivän osallistumismaksu on 100 mk, perusopiskelijat puoleen hintaan.

Alustava ohjelma:

TkT Osmo Jauri Vakuutusosakeyhtiö Garantia	Potentiaalisen luottoriskin mittaaminen pitkäaikaisissa valuutta- ja koronvaihtosopimuksissa
TkT Olli-Pekka Piirilä Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö	Henkivakuutusyhtiön riskit valvojan viranomaisen näkökulmasta
Prof. Ahti Salo TKK	Epävarmuus ja teknologisten riskien hallinta
Erikoistutkija, TkT Urho Pulkkinen VTT	Riskitietoinen päätöksenteko
DI Matti Johansson Suomen ympäristökeskus	Happamoittavien päästöjen vähentämistarpeiden mallintaminen
PhD Suzanne Touzeau, / KTM Marko Lindroos, TKK, HKKK	Risk in fisheries management

Ilmoittautumiset 20.5.1999 mennessä Janica Ylikarjulle, puh. (09) 451 3060, fax (09) 451 3096, e-mail: janica.ylikarjula@hut.fi.

Tervetuloa!

# TEACHING OR IN BUSINESS SCHOOL: THE NEED FOR A PEDAGOGICAL CHANGE

Pierre-Olivier Pineau

*What's the use?* is the recurrent question in quantitative courses in all business schools. If the answer becomes obvious for students in the case of statistics (we are surrounded by surveys, data reports and probability of all kinds), the task is much more complex for OR courses. Simple compelling examples are hard to find, especially when you want to use them in class for pedagogical purposes, for mathematics-averse students. The situation in Canada is probably not so different than in other countries. But as I got my education and teaching experiences in OR methods in HEC, a leading French-speaking business school in Canada (9,000 students, 175 professors), the point of view expressed here stems from a Canadian context.

The point is that optimization techniques are hard to sell to students. Eager future businessmen and managers prefer 5-steps solutions with 3-points reports, for quick results and easy communication. Teaching in-depth OR methods in such context is therefore difficult, but the understanding of these techniques by the business community is essential. If it is not there, we cannot expect a wider use of OR to solve different real-world problems, even if the potential for it exists.

## **The hybrid nature of OR**

One of the obstacles to overcome for OR is its hybrid nature. Developing OR skills demands a variety of different interests, related to many fields. Consequently, operation researchers are not only found in mathematics departments, but also in computer science units or engineering laboratory. Indeed, original concepts come from mathematics, and their implementation needs adequate programming and hardware capacities, calling for many computational devices. Also, problem modeling often requires the technical expertise held by engineers. Thus, not only OR involves different formal and technical skills, but it needs them simultaneously. These abilities, tied together by a global understanding, constitute a precondition for conceiving how OR techniques can be used profitably. Needless to say that such global OR competence is not the usual strength of managers.

## **The hybrid nature of Business Schools**

Business schools, visited by most managers for a bachelor or a MBA degree, are also hybrid in their nature. They teach management, with its many different aspects, including accounting, marketing, finance, economics, human resources, to name only the most important areas. They compete with universities in many respects and present their activities as scientific. They have to include many dimensions in their research because they are concerned by "real" problems (i.e. with direct impact on organizations and business results). These problems need to be solved in an efficient and sustainable way. Disgust for OR seems therefore surprising, as OR tools could be used in many management and decisions problems. Furthermore, when it is realized that one of the top OR journals is named *Management Science*, then it should seem natural to see business schools and OR going hand in hand. It is however not the case, and students are reluctant to take these courses. Many of their suppliers (the business schools) then consider the option of reducing or eliminating these courses from the program. With the increasing competition between business schools to attract more students, the temptation is strong to alleviate the OR requirements. But why should it be so important to maintain these courses? The following example will help to assess the links between business/management and OR.

In its keynote in the 1998 *CORS/INFORMS* meeting in Montreal (see the text "SABRE soars American Airlines", *OR/MS Today*, 26-31, June 1998) Thomas M. Cook, a senior vice-president of the SABRE Group, explained how OR techniques have changed and improved the business practices of American Airlines. Optimization of the scheduling and booking systems allowed drastic reductions of total operating costs. Furthermore, new market segments could be developed in light of the newly apparent opportunity costs, more easily visible with the developed OR tools. In turn, the whole airline industry was transformed by the new possibilities yielded by OR decision support systems. This example shows how OR techniques could be implemented in a company, to improve planning and operations. But as mentioned explicitly in this keynote, the solution could be developed only because the top managers were particularly aware of OR possibilities. Without this OR thinking in the mind of managers, OR

solutions wouldn't have been fully used and accepted, or they simply wouldn't have been developed.

Drawing from the conclusion of this example, it becomes clear that to develop a managerial sensibility to OR at the decision-making level, and to ease its acceptance at the managerial level, teaching OR in business schools is essential. Then we come back to our first question, how to "sell" OR in business schools?

### **Frustrated students, bad advertising for OR**

The problem of teaching OR to students in business school lies in both sides. On one hand, as discussed previously, OR has a formal and technical aspect that does not help to make it attractive. In addition, experts and professors of the field, emanating from the same academic spheres as OR, do not always have the right skills to communicate their topic in the best possible way to this kind of audience. And on the other hand, these students usually lack the mathematical background and interest needed to master OR principles. The usual situation is therefore a sincere but ineffective attempt to explain OR basis to bored students, who are mostly interested in one sole optimization problem: the minimization of time and effort to get through the course. As a direct result, students wouldn't be able to even think of their own situation in such terms.

The global outcome of actual OR teaching in business schools has therefore a mitigate effect. It definitely informs the students of the existence of OR and to some extent make its possibilities known. But it also develops a psychological link between "suffering" and the topic, without any satisfactory compensation for the pain. Some marketing experts advocate that making a product or service known is the unique goal of advertising, whatever is the perception developed towards the product or service. On this ground, OR teaching could be seen as a success. However, by taking a broader view, we should recognize that the real knowledge of OR developed in these courses is somehow limited. In the long run, this harms the whole field because less applications are implemented and research becomes harder to finance.

### **Some ideas to improve the future**

A straight answer to the problem could simply be to say that OR solutions will appear attractive by themselves, in the face of large-scale problems. In such case, the business community will progressively recognize the need for a stronger OR background for business school graduates. The teaching situation will improve accordingly, at least one side, with more motivated students. Indeed, if really the problems at hand call for OR solutions, OR relevance should become obvious to everyone. Sticking to this answer would however solve only half of the problem, in the better case where students really get motivated. The teaching challenges would still remain, and the students wouldn't gain the preliminary mathematical and formal thinking skills in the process. As business schools can hardly influence the initial level of mathematics of their new students, they have to teach OR in a more adequate way.

Without lowering the scientific rigor of the presentation, OR has to be taught to decision-makers, managers and users in a different manner than for developers and modelers. The following points give some directions that could be followed to start a redirection of OR teaching in business schools.

- ?? **Field overview.** To give an idea of the scope of OR practices, some courses should be developed only to cover the range of OR techniques and their applications in actual problems. Too often, a course on linear programming starts without explaining when linear programming is suitable, how it relates to other techniques, and in which kind of applications it is useful.
- ?? **Active solution search.** Once a global picture of the field is offered to the students, some specialization courses on specific techniques should be offered. Instead of teaching formally a theory and ask the students to perform some related exercises, a *case based approach* could be used. The advantage is to make the student directly aware of a problem, and to motivate the learning by a strong empirical basis. This technique is already commonly applied in medical schools, where first and second year students are directly confronted with real case medical problems, and have to perform a search in their books to react to the problem. Active learning is substituted to a more passive one.
- ?? **Implementation.** Too often, OR courses in business schools tend to limit their requirements to solutions "on paper". Real implementation should give the students a deeper vision of the possibilities and limits of OR methods, and also strengthen their knowledge of them. This work would moreover create links with information technologies, which are now a critical companion of OR solutions.



?? **Human dimension.** In the scientific world, researchers tend to oppose "hard" or "exact" sciences to "soft" or "social" sciences, with the word "science" not even always accepted for the latter ones. OR, by its theoretical roots tend to be part of the first category. But in real life problems, technical knowledge alone could prevent successful solutions to work effectively. As managers cannot eliminate the human dimension in their decisions, and have to adapt tools to human, some basic psychological notions of technological change resistance should always be taught. This would insure that the right approaches are used when implementing OR solutions, and would also soften the perception that some have that technique is "against" human.

These four points would represent a small revolution in the business school approach of teaching OR. However, it would be necessary if a real development of OR within the business community is wanted. Given the importance of business schools nowadays and the potential of OR to offer effective solutions to managerial problems, it would probably be sub-optimal from a society point of view if the two continued to coexist as in the present situation. To realize this transition, not only business schools have to change. All OR researchers, in their usual workplace, have to open their interests to other fields and integrate new dimensions in their approaches. In such context, valuable OR techniques will more easily fully achieve their potential in the many sectors of the society where they can be used.

Pierre-Olivier Pineau

Researcher at the Systems Analysis Laboratory, Helsinki University of Technology, Espoo, Finland and Ph.D student at École des Hautes Études Commerciales, Montréal (Québec), Canada pierre-olivier.pineau@hut.fi

## TIETEELLISTEN SEURAIN VALTUUSKUNNAN JUHLAMITALI

Tieteellisten seurain vastuuskunnan perustamisesta tulee vuonna 1999 kuluneeksi sata vuotta. Tämän johdosta kuvanveistäjä Toivo Jaatinen on tehnyt juhlamitalin, josta on lyötetty halkaisijaltaan sekä 80 mm:n että myyntiin tarkoitettu 40 mm:n versio.

Mitali on saatavilla Tiedekirjasta (Kirkkokatu 14, 00170 Helsinki) sen aukioloaikana maanantaista perjantaihin klo 10-16.30. Puh. 09 - 635 177 ja fax 09 - 635 017. Mitalin hinta on 70 markkaa.

## JATKUVAA OPPIMISTA ALANKOMAISSA

Mari Pöyhönen

Syksyllä 1997 aloitin työni Hollannissa RAND Europe:ssa, minne siirryin TKK:n systeemianalyysin laboratorion oltuani siellä töissä tutkijana kuusi vuotta. Olen taustaltani operaatiotutkimuksen sekatyöhenkilö harrastettuani ”kovan” optimoinnin, mallintamisen ja tilastomatematiikan lisäksi myös pehmeämpiä aiheita kuten päätöksenteon tukimenetelmiä, ryhmäpäätöksentekoa ja hieman liannut pikkusormeja myös psykologisen tutkimuksen kentällä. Ahtin ja Janican pyynnöstä ja sitä ennen useasti Tarjalle luvattuani kirjoitan nyt muutaman sanan työkokemuksistani Alankomaissa ja siitä miten olen kokenut oman koulutukseni vastaavan työssä eteen tulevia haasteita.

## RAND Europe

Aluksi muutama sana nykyisen työpaikkani luonteesta ja haasteista. RAND Europe on RAND Corporationin Euroopan toimisto, joka toimii itsenäisenä Hollannin lain alaisena säätiönä Leidenissä lähellä Haagin ministeriöitä ja Rotterdamin suursatamaa. RAND corporation on OR kentällä kunniakas tutkimusinsituutti. ”Think tank”:in 50-vuotiseen historiaan mahtuu suuria nimiä kuten von Neumann, Bellman ja Krantzig. Alunperin insituutti perustettiin U.S.A.:n ilmavoimien rahoituksella ratkomaan puolustusvoimien resurssien allokointiin ja strategisen pitkän aikavälin kysymyksiin liittyviä ongelmia. Ongelmien ratkaisemiseksi kehitettiin operaatiotutkimuksen työkaluja, kuten lineaarinen ohjelmointi. Tällä hetkellä RAND:in toiminta keskittyy edelleen suurelta osin puolustusvoimien rahoittamaan tutkimukseen, mutta sen lisäksi vahvoja alueita ovat terveydenhuoltoon ja koulutukseen liittyvät kysymykset. Lisää RAND:ista voi lukea osoitteesta [www.rand.org](http://www.rand.org).

Vuonna 1992 RAND aloitti maailmanvalloituksen ja perusti Euroopan toimiston, jonka tarkoituksena on tehdä itsenäistä tutkimusta ja myös rahoittaa itse toimintansa. RAND:in tutkijoilla oli jo entuudestaan yhteyksiä Hollantiin nimenomaan liikenteeseen ja infrastruktuuriin liittyvien kysymysten parissa ja tälle kentällä sijoittuu edelleen suurin osa projekteistamme. Erityisesti ilmailuliikenne on meille suuri työllistäjä, sillä vuosi sitten RAND Europe osti 8 hengen konsulttiyrityksen, jonka asiantuntemus on keskittynyt ilmailuun liittyvään mallittamiseen, liikenneennusteisiin ja strategiseen päätöksentekoon. Muita RAND Europan päätoiminta-alueita ovat terveydenhuolto- ja ympäristökysymykset. Tänä päivänä RAND Europe työllistää suoranaisesti 25 tutkijaa. Suurin osa projekteista tehdään kuitenkin yhteistyössä muiden yritysten kanssa ja tarvittaessa tietotaitoa tuodaan Atlantin ylitse U.S.A.:n toimistoista.

## Oma toimenkuvani

Sopimukseni perusteella olen operaatiotutkimusspesialisti. RAND:in tutkimukselle on tyypillistä synergian löytyminen eri alueiden asiantuntijoiden tietämyksen yhdistämisestä. Jokaista uutta projektia mietittäessä pyritään löytämään mielenkiintoinen yhdistelmä erilaisia ihmisiä. Tällä hetkellä RAND Europan henkilöstöstä noin 40% on taustaltaan joko tilastotieteilijä, ekonomisti tai operaatiotutkija. Loppu tutkijoista on sekalaisista porukkaa talousmaantieteilijästä politiikan tutkijaan. Matematiikkaa ymmärtävät ihmiset liikkuvat tyypillisesti projektista toiseen hyödyntäen mallintamistaitojaan eri tilanteissa. Jonkinlaista kuvaa työstäni antaa ehkä alla oleva lista, joka sisältää esimerkkejä suoranaisesti koulutukseen liittyvistä työtehtävistä, joihin olen törmännyt puolentoista vuoden aikana:

- ?? Kyselytutkimuksen suunnittelu ja analysointi liittyen ihmisten suhtautumiseen ammatillisen meriliikenteen riskeihin
- ?? Pohjanmeren meriliikenteen turvallisuuden vaikuttavien toimenpiteiden kustannusanalyysi
- ?? Yksinkertaisen logistiikkamallin kehittäminen matkapuhelinliittymien tarjoajalle
- ?? Yksinkertaisen jonomallin kehittäminen sydäntautipotilaille alueellisella tasolla eri hoidon tarjoajien välillä.
- ?? Päätöspuumalli depression hoidolle.
- ?? Inventaario Hollannissa käytettävissä olevista tavaraliikenteen ennustemalleista

Nämä työtehtävät liittyvät suoraan mallintamiseen, mutta työajasta noin 70% kuluu kommunikointiin. Suuri osa projekteistamme ei mallinna mitään, mutta operaatiotutkijaa tarvitaan ymmärtämään kokonaisuuksia ja numeroita. Hyvänä esimerkkinä on yllä olevan listan viimeinen työ, missä tutkimuskysymyksenä oli: ”Mitä liikenneministeriön virkamies tekee tavaraliikennemalleilla?” (eli ”Meneekö mallikehitykseen uhrattu raha kankkulan kaivoon?”). Tutkimus toteutettiin haastattelujen ja seminaarien kautta puhumalla virkamiesten kanssa heidän informaatiotarpeistaan ja puhumalla mallintajien kanssa siitä mitä heidän mallinsa pystyvät tekemään ja mikä on mallintajan käsitys virkamielen eli asiakkaan tarpeista. Ilman matemaattista koulutusta olisi ollut mahdoton

ymmärtää erilaisten laajojen mallin toimintaperiaatteita, arvoida niiden käyttökelpoisuutta ja ylipäättänsä puhua mallittajien kanssa. Toisaalta koko projekti toteutettiin haastattelujen kautta, joiden suunnittelemisessa koulutuksesta ei juurikaan ole apua. Projektissa tarvittiin operaatiotutkijan tietoutta, mutta yhtäkään laskutomitusta en projektin aikana tehnyt.

### Jatkuva oppiminen

Omaan peruskoulutukseeni olen ollut hyvin tyytyväinen ja olen kokenut Teknillisessä korkeakoulussa ja erityisesti Systeemanalyysin laboratoriossa saadun pohjatiedon olevan hyvin laaja-alainen verrattuna muiden maiden OR-koulutukseen (verrattuna työpaikkani OR-kollegoihin U.S.A.:sta ja Hollannista). Toisalta oma koulutukseni on vahvasti lipsahnut myös päätöksenteon menetelmien puolelle, mikä on antanut arvokasta laajuutta pohjakoulutukseen. Tätä tietoa minulla ei olisi ollut hallussani, jos olisin aloittanut nykyisessä työssäni heti diplomi-insinöörin tutkinnon jälkeen.

Suurin aukko peruskoulutuksessa on ollut kommunikaatio- ja esiintymistaitojen alueella. Jokainen tiedon hippu, mikä minulla on hallussani mallien tai matematiikan alueella on täysin hyödytyn, jos en pysty 1) perustelevaan kollegoilleni ja asiakkaalle mitä olen tekemässä, 2) keskustelemaan muiden kanssa mitä tietoa tarvitsen mallintamiseen ja 3) kommunikoidaan tuloksiani kollegoilleni ja asiakkaalle. Kommunikointia voi oppia ja tällä alueella oppiminen tulee taatusti jatkumaan läpi elämän. Pelkän esitelmöinnin ja kirjoittamisen lisäksi erityisesti Hollannissa korostuvat haastattelutekniikka, kokoustekniikka ja erilaiset ryhmätyöskentelyn muodot. Hollantilainen mentaliteetti on kuuluisa äärimmilleen viedystä konsensuksen löytymisestä, mikä käytännössä tarkoittaa sitä, että jokainen asianosainen varmasti sanoo mielipiteensä ja moneen kertaan. Oman työni ollessa luonteeltaan tilaustutkimusta on uutena kommunikointialueena itselleni tullut vastaan markkinointi ja siihen liittyvä oppiminen.

Operaatiotutkimuksen työn luonnetta on viimeisen kymmenen vuoden aikana muokannut valtavasti tietokoneiden ja ohjelmien kehittyminen. Jokaisen uuden matemaattisen ohjelman käyttöönoton kynnyks on ehkä alempi kuin koskaan aikaisemmin. Jatkuva haaste on parhaiden työkalujen löytyminen kunkin mallinnus ongelman ratkaisemiseen. Suurin osa käytännön mallintamisesta tulee tehtyä taulukkolaskentaohjelmistoilla, mutta muiden työkalujen olemassaolosta tietäminen on tärkeää ja pitkälti oman uteliaisuuden varassa. Itse koen tällä alueella olevan tällä hetkellä vaikeaa itse pysyä kärryillä verrattuna yliopistoympäristöön, missä tietokoneohjelmistojen saatavuus ja ajantasalla pitäminen on ollut itsestäänselvyys. Tilaustutkimusta tehdessä ei ole itsestäänselvää jokaisen uudentyökalun ostaminen pelkästään oppimisen takia. Tehokkaampaa on myös tämän tiedon löytyminen seminaarien ja konferenssien kautta.

Terveisiä Hollannin keväästä!

Mari Pöyhönen  
m.poyhonen@randeurope.org

## NOAK'99

Nordic International Operational Research Conference on

ABC Coming Together

Östersund, Sweden  
September 27-29, 1999

<http://www.itk.mh.se/~stihol/soaf/noak99/>

The main objective of the conference is to melt together, or to integrate, experiences from Academic research, Business practice and Consultant knowledge and technology transfer.  
Hence the acronym, ABC coming together.

# OLISIKO HW-324 PÄÄSSYT KENTÄLLE - OPERAATIOTUTKIMUS ONNETTOMUUSTUTKINNAN APUNA

Tuomas Raivio

Vuoden 1998 kesällä Ilmavoimien Hawk-harjoitushävittäjän moottori sammui koelennolla. Moottorin sammumishetkellä kone oli runsaan kilometrin korkeudella ja sen lentonopeus oli varsin suuri. Koska uudelleenkäynnistysyritykset epäonnistuivat, koneessa olivat hyppäsivät onnistuneesti heittoistuinilla. Lentokone tuhoutui, mistä aiheutui valtiolle useiden kymmenien miljoonien markkojen kustannus. Onnettomuustutkinnan aikana nousi esiin kysymys siitä, olisiko kone sopivalla lentotavalla päässyt liitämään lähimmälle lentokentälle, vaikka voimassa olleet lentäjän toimintaohjeet eivät sellaista yritystä edellyttäneetkään. Tutkijalautakunta selvitti asiaa pitkään erilaisilla koelennoilla ja simulaatioilla, mutta ei saanut kysymykseen lopullista vastausta. Seuraavassa esittelen lyhyesti, miten kysymykseen haettiin vastaus dynaamisen optimoinnin avulla.

Optimisäätö- tai dynaamisessa optimointitehtävässä haetaan annetulle systeemille sellaista ohjausta, joka saa sen siirtymään alkutilasta lopputilaan annetun kriteerin mielessä parhaalla mahdollisella tavalla siten, että annetut rajoitukset toteutuvat. Loppuaika voi olla kiinteä tai vapaa. Optimisäätöongelmat ovat periaatteessa variaatiolaskennan tehtäviä, joissa haetaan annetun funktionaalien ekstremaaleja. Variaatiolaskenta sinänsä juontaa jo 1700-luvulta, mutta varsinaisesti moderni teoria esitettiin vasta 1950- ja 60-lukujen taitteessa. Kuriositeettina mainittakoon, että jo toisen maailmansodan loppuvaiheissa Saksassa optimoitiin maailman ensimmäisen suihkühävittäjän, Me-262:n lentoa variaatiolaskennan avulla.

## **Lentokoneen optimointimalli**

Simulointitarkasteluissa käytetään usein viiden, jopa kuuden vapausasteen malleja, joissa sekä lentokoneen pyöriminen että liike on mallinnettu. Tällainen malli on kuitenkin optimointitarkasteluun turhan monimutkainen, sillä lentokoneen asennonmuutokset tapahtuvat kertaluokkaa nopeammin kuin paikan muutokset. Optimointimallia yksinkertaistetaan olettamalla lentokoneen hitausmomentit nolliksi, jolloin saadaan kolmen vapausasteen pistemassamalli. Kun sille kirjoitetaan voimayhtälöt, saadaan lentokoneen malliksi kuuden epälineaarisen 1. kertaluvun differentiaaliyhtälön muodostama systeemi. Se kuvaa koneen paikkakoordinaatteja, korkeutta, nopeutta, ratakulmaa ja lentosuuntaa. Mallissa lentokonetta ohjataan valitsemalla lentokoneen kallistuskulma ja kuormitusmonikerta eli kansanomaisemmin gvoima. Usemman vapausasteen mallin tai todellisen lentokoneen optimirataa vastaavat ohjainpoikkeutukset voidaan laskea jälkikäteen esimerkiksi käänteissimuloinnin avulla tai kokeilemalla. Saatu lentorata on tällöin lähes optimaalinen.

Lentokoneen ilmanvastus riippuu voimakkaasti Machin luvusta eli äänennopeuden ja lentonopeuden suhteesta vallitsevalla lentokorkeudella, sekä valitusta gvoimasta. Tämä ns. vastuspolaari perustuu virtauslaskentaan ja koelentoihin ja se tunnetaan yleensä vain diskreeteillä Machinluvun ja gvoiman arvoilla. Optimointia varten taulukkomuotoista dataa interpoloidaan kaksiulotteisilla kuutio splineillä.

Sammunut moottori aiheuttaa vastuspolaarin mallintamisen kannalta hankalia muutoksia virtauksiin lentokoneen ympärillä. Esimerkiksi moottorin imuaukot on suunniteltu sillä oletuksella, että suihkumoottori imee voimakkaasti ilmaa. Kun moottori on sammuksissa, ilmavirta käy kääntymässä imuaukossa, mutta osa ilmasta palaa takaisin. Ymmärrettävistä syistä moottori sammutettuna lennettyjä koelentotuloksia on saatavilla erittäin vähän, ja pahaksi onneksi ne poikkeavat esimerkiksi lentotyhjäkäynnillä lennetyistä tuloksista. Olemassaolevista tuloksista pystyttiin kuitenkin Teknillisen korkeakoulun Aerodynamiikan laboratorioissa konstruoimaan järjeväoloinen polaarimalli.

### **Optimisäätötehtävä**

Onnettomuuskoneen pääsy lentokentälle riippuu siitä, onko sillä kenttää riittävällä nopeudella sopivassa asennossa lähestyttäessä riittävästi korkeutta laskun aloittamiseksi. Varsinainen laskeutuminen jätetään tämän tarkastelun ulkopuolelle. Arvioitiin, että onnettomuuskoneen lasku olisi onnistunut, jos sillä olisi ollut kolme kilometriä ennen kiitotien alkua nokka kohti kiitotietä, nopeutta 300 km/h, 3 asteen liukukulma, ja korkeutta olisi yli 300 m maanpinnasta. Luonteva optimoitava suure on siis onnettomuuskoneen korkeus laskun alussa annetuilla loppuehdoilla. Lopputilarajoituksen lisäksi vaaditaan, että kallistuskulman itseisarvo on kaikilla ajanhetkillä alle 180 astetta ja suurin kuormitusmonikerta 7. Mikäli laskettu suurin mahdollinen loppukorkeus on alle 300 m maanpinnasta, voidaan päätellä, ettei lentokone pääse laskuun, valitsipa lentäjä ohjaukset miten tahansa.

Lentokoneen alkutila vaikuttaa luonnollisesti suurimpaan mahdolliseen loppukorkeuteen, mutta tässä tapauksessa alkutila on monistakin syistä varsin epäselvä. Tämän vuoksi tulososuudessa käsitellään muutamaa alkutilaa, ja myöhemmin muotoillaan käänteinen ongelma sen selvittämiseksi, mistä alkutiloista lentokoneen ylipäättään on mahdollista päästä kentälle.

### **Numeerinen ratkaisumenetelmä**

Viime aikoina optimisäätötehtäviä on enenevässä määrin alettu ratkaista diskretoimalla systeemin dynamiikka ajan suhteen. Optimisäätötehtävä muuntuu tällöin suurehkoksi epälineaariseksi optimointitehtäväksi, joka approksimoi alkuperäistä optimisäätötehtävää. Approksimaation tarkkuus riippuu diskreetointivälien pituuden ja tilan muutosnopeuden tulosta ja käytettävän diskreetointimenetelmän kertaluvusta.

Tässä työssä optimisäätötehtävä diskretoitiin käyttäen suoraa kollokaatiomenetelmää. Siinä tilatrajektoreita arvioidaan paloittaisilla kolmannen asteen polynomeilla ja ohjausfunktioita paloittain lineaarisesti. Tilatrajektoreiden approksimaation vaaditaan toteuttavan tilayhtälö kunkin diskreetointivälin keskipisteessä. Lisäksi sen vaaditaan olevan jatkuva ja sileä sekä toteuttavan annetut alku- ja loppu- sekä mahdolliset muut tilarajoitukset. Ohjausten approksimaation on toteutettava annetut ohjausrajoitukset.

Koska oli odotettavissa, että lentokoneen tila muuttuu optimiradan alussa nopeasti mutta pysyy myöhemmin paikkaan ja korkeutta lukuunottamatta lähes vakiona, päädyttiin käyttämään ei-tasavälistä diskreetointia. Alun transiitti diskretoitiin 1.3 sekunnin välein ja radan loppupää vapaasta loppuajasta riippuvalla välillä, joka on luokkaa 10 sekuntia. Näin diskreetoinnin tuloksena syntyvän epälineaarisen optimointitehtävän kokoa saadaan pienennettyä ilman, että tulosten tarkkuus oleellisesti heikkenee. Optimointitehtävä ratkaistiin NAG-aliohjelmakirjaston rutiinilla E02UEF, joka käyttää toistetun neliöllisen ohjelmoinnin menetelmää rajoitettujen epälineaaristen optimointitehtävien ratkaisemiseen.

### **Optimointitulokset**

#### *Alkutila arvioidussa moottorin sammumispisteessä*

Onnettomuusutkintaraportin sekä muiden tietojen perusteella voidaan jonkinlaisella tarkkuudella selvittää lentokoneen nopeus, suunta ja sijainti lentokenttään nähden moottorin sammumishetkellä. Kun tehtävä ratkaistaan tästä alkutilasta, saadaan kuvassa 1 esitetty optimilentorata. Lento kestää kokonaisuudessaan 6 minuuttia. Optimiradalla lentokone vetää ensin ylös lyhytaikaisella n. 6 g:n maksimikuormitusmonikerralla. Nousun loppuvaiheessa lentokone kääntyy kohti kenttää ja aloittaa liidon ns. optimiliitoluvun nopeudella kohti kiitoradan päätä, jossa lentosuunta muuttuu lopuksi kiitoradan suuntaiseksi. Lentoradan maksimikorkeus on n. 3080 m. Optimaalinen loppukorkeus on 561 metriä eli selvästi yli vaaditun 300 metrin.

```
Title: onnettomuusrata.eps
Creator: MATLAB, The Mathworks, Inc.
CreationDate: 04/19/99 15:23:10
```

Kuva 1. Optimaalinen lentorata.

#### *Alkutila toteutuneella radalla myöhemmin*

Oletetaan, että ohjaaja olisi aloittanut optimaalisen kentälle pyrkimisen vasta n. 10 sekunnin kuluttua. Onnettomuustutkimintaraportin mukaan lentokone kulki tässä ajassa n. 2100 m, vajosi n. 200 metriä, muutti lentosuuntaa 50 astetta itään, oikaisi liu'un ja hidastui hieman. Tästä alkutilasta laskettu optimaalinen loppukorkeus on jo varsin tarkkaan nollassa, eli lentokone ei pääse kentälle. Moottori on sammunut varsin ääri rajoilla, sillä jos arvioidaan, että optimikorkeus lopussa vähenee lineaarisesti kun lentokone liikkuu toteutunutta lentorataa, olisi ohjaajan kentälle päästäkseen tullut aloittaa optimimanoöveri n. viiden sekunnin kuluessa moottorihäiriöstä.

#### **Maksimiliitoetäisyys annetulla asennolla, korkeudella ja nopeudella**

Kuten aiemmin todettiin, onnettomuuskoneen alkutilan vaikutus optimaaliseen loppukorkeuteen on suurehko, mutta itse alkutila on epäselvä.

Loppukorkeuden maksimoinnin sijaan tehtävä voidaan muotoilla myös käänteisesti. Liito-osuudella lentokoneen korkeus vähenee monotonisesti. Näinollen on selvää, että jos tiettyä liitomatkaa vastaa suurin mahdollinen loppukorkeus, vastaa tiettyä loppukorkeutta suurin mahdollinen liitomatka, edellyttäen, että alku- ja loppupaikkojen etäisyys on niin suuri, että lopputilaa ei saavuteta alkunousun aikana.

Kun loppukorkeus kiinnitetään pienimmäksi mahdolliseksi, voidaan annetuilla lentokoneen korkeudella, nopeudella, ratakulmalla, lentosuunnalla ja suuntimalla kiitoradan päästä katsoen hakea suurin mahdollinen etäisyys, jolta lentokone vielä pääsee laskuun. Kun suuntimaa ja korkeutta vaihdellaan, saadaan  $(x,y,h)$ -koordinaatistoon muodostettua pinta, jonka toiselta puolelta lasku on mahdollinen ja toiselta ei. Vaihtelemalla alkunopeudeutta, -ratakulmaa ja -suuntakulmaa voidaan arvioida niiden vaikutusta pisimpään mahdolliseen liitomatkaan.

```
Title: optimipinnat.eps
Creator: MATLAB, The Mathworks, Inc.
CreationDate: 04/20/99 12:20:17
```

Kuva 2. Alkunopeuden vaikutus suurimpaan mahdolliseen liitomatkaan.

Kuvassa 2 on esitetty kolme pintaa, joissa lentokone on alussa loivassa liu'ussa, lentosuunta alussa on suoraan etelään ja nopeus on 240, 250 ja 260 m/s. Liidon loppupiste on origossa. Tässä toimintapisteessä alkunopeuden muutos 10 m/s vaikuttaa siis suurimpaan mahdolliseen liitomatkaan noin 2 kilometriä.

### **Optimiratkaisun toteuttamisesta**

Optimiradat validoitiin Aerodynamiikan laboratorion 5 vapausasteen simulaattorilla, jolla haettiin kokeilemalla optimirataa vastaava lentorata. Parhaimmillaan simulaattorilla saavutettu korkeusero optimiradan ylösvedossa oli n.4% pienempi kuin optimointimallilla laskettu. Suurin osa erosta selittyy sillä, että onnettomuuskuone oli moottorin sammumishetkellä optimiradan kannalta ei-optimaalisessa asennossa, jota ei pistemassamallilla ole kuvattu ja jonka korjaaminen nolasta poikkeavilla hitausmomenteilla vie aikaa. Pienempi osa selittyy suoran kollokaatoratkaisun epätarkkuudella sekä sillä, että simulaattorin ohjauksia ei haettu systemaattisesti.

Laskettu optimirata on kuitenkin lentäjän kannalta hankala toteuttaa, sillä siinä useat asiat muuttuvat yhtäaikaan. Tämän vuoksi tutkittiin lopuksi erilaisia optimaalisia ohjauksia yksinkertaistaen jäljitteleviä ohjauksia. Osoittautui, että optimaalinen loppukorkeus ei ole herkkä pienille ohjausstrategian muutoksille, joten periaatteessa nyt ratkaistujen optimiratojen pohjalta pystytään ilmeisesti johtamaan toteutettavissa olevia toimintaohjeita myös tuleviin tilanteisiin.

Tuomas Raivio  
Teknillinen korkeakoulu, Systeemianalyysin laboratorio, PL 1100, 02015 TKK  
tuomas.raivio @hut.fi

## EURO WINTER INSTITUTE: METAHEURISTICS IN COMBINATORIAL OPTIMISATION 4.-18.3.2000

4.-18.3. järjestetään EURO talvi-instituutti aineesta "Metaheuristics in Combinatorial Optimisation" Sveitsissä. Talvi-instituuttiin haetaan Suomen Operaatiotutkimusseuran kautta. Osallistumisesta kiinnostuneiden tulee lähettää talvi-instituutin aiheeseen liittyvä paperi Suomen Operaatiotutkimusseuran hallitukselle 31.8.1999 mennessä.

In recent years, several metaheuristics have proved highly efficient for the solution of combinatorial optimisation problems. The EURO Winter Institute will focus on this topic, more particularly on the development and the use of local search techniques (e.g., tabu search, simulated annealing), evolutionary algorithms (e.g., genetic algorithms, scatter search) and neural networks. Applications of these metaheuristics on academic or real life problems are welcome.

EURO Summer and Winter Institutes (ESWI) are organised to encourage good social and working relationships among promising young OR scientists in Europe. The participation is limited to a group of about 25. Participation is an honour and a person can be a participant in an ESWI only once in her/his career. Applicants should submit an unpublished paper within the theme of the Institute together with their curriculum vitae to their National OR Society. Each National Society of EURO will then select one (eventually two) candidate(s) and submit the information to the chairperson of EWI XVIII. The scientific committee will make the final choice of the participants.

At the Institute there will be lectures given by invited speakers, but the main emphasis will be on the participants' presentations and on the discussion about the papers. A special issue of EJOR (European Journal of Operational Research) will be prepared based on papers presented at the Institute. EURO considers the social activities to be most important for the success of the EWI, since it is through these activities that friendships can develop and a scientific network can be established for cooperation in the future. For this purpose, the organisers of this Swiss EWI will prepare a varied social program.

EWI XVIII will take place in Lac Noir (Schwarzsee), a lovely village of the Swiss Alps situated just near a mountain lake, in a middle of a fantastic snow landscape. The cost of stay at the EWI (scientific programme, accommodation, meals, and social activities) is covered by EURO, the Swiss OR Society, the "3e cycle romand de recherche opérationnelle" and other sponsors. The participants will have to cover the costs of travel expenses to Lac Noir. However, EURO encourages the National OR Societies to give support to their participants to cover these costs.



Schedule:

- 31.8.1999: Deadline for submission of short paper (2,000 words) to National Society
- 30.10.1999: Deadline for submission of short papers by national OR Societies to ESI
- 30.11.1999: Announcement of selected participants by the Scientific Committee of the ESI
- 4.-18.3.2000: EWI "Metaheuristics in Combinatorial Optimisation "

# OPINNÄYTETYÖT

## koonnut Janica Ylikarjula

### Tuotannosuunnittelijan laiskat päivät

Tekn. yo. Esa Ek, Teknillinen korkeakoulu, Systeemianalyysin laboratorio  
Diplomityö: Töidenjärjestely ja -ajoitusalgoritmin suunnittelu ja toteutus

Miksi Konepaja & Komponentti -yrityksen tuotannosuunnittelija Tuppurainen on alkanut pelata työajallaan pasianssia? Miksi toimihenkilöjärjestöt puuhaavat tukilakkoa Tuppuraisen ammattiveljiä kohdanneen lomautusvyöryn vuoksi? Vastaukset näihin kysymyksiin löytyvät Dialogos Teamin Lean Systemin uudesta ajoitusalgoritmista.

Vaikka yllä mainittu tilanne on kuvitteellinen ja kärjistetty, helpottuu Lean Systemiä käyttävän tuotannosuunnittelijan työ varmasti tulevaisuudessa. Lean System on usean suomalaisen yrityksen käyttämä toiminnanohjausjärjestelmä. Diplomityössäni olen suunnitellut ja toteuttanut sen tuotannosuunnitteluohjelmaan ajoitusalgoritmin, joka tehostaa ja nopeuttaa tuotannosuunnittelua.

Ajoitusalgoritmin tarkoituksena on suorittaa yrityksen saamista tilauksista syntyvän tuotanto-ohjelman järjestäminen ja ajoittaminen siten, että yrityksen toiminta olisi tuotantotoiminnan osalta mahdollisimman kannattavaa. Tämä tarkoittaa, että yrityksen resursseja, kuten koneita ja työvoimaa, pyritään hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti. Näin tuotannon nopeus kasvaa, jolloin sen herkkyys muutoksille vähenee ja yrityksen kyky täyttää asiakkaiden vaatimukset paranee.

Miten yllä kuvattu tuotannon tehostaminen on mahdollista matemaattista menetelmää käyttäen? Jos yritykselle tulevien tilausten määrä on suuri, on tuotantoa suunnittelevan henkilön lähes mahdotonta suunnitella niistä parhaalla mahdollisella tavalla tuotanto-ohjelma. Ajoitusalgoritmia ja tietokoneiden laskentatehoa hyödyntäen voidaan tuottaa mahdollisesti useita tuhansia erilaisia tuotanto-ohjelmia samassa ajassa, mikä ihmisellä kuluisi yhden tuotanto-ohjelman luomiseen. Algoritmin tuottamista vaihtoehtoista parhaat voidaan antaa edelleen suunnittelijan tarkastettavaksi ja hyväksyttäväksi. Samalla ohjelmaan voidaan tehdä tarvittaessa suunnittelijan kokemukseen perustuvan tiedon perusteella muutoksia.

Dialogos Team on Tieto Corporation Oyj:n teollisuusryhmän osatulosyksikkö. Lean System on Dialogoksen tärkein tuote, joka on myös Dialogoksen omin voimin toteutettu ja markkinoitu. Dialogos Team työllistää noin 100 työntekijää Espoossa, Tampereella ja Turussa.

### Vakuutusyhtiöille uusi tapa suojautua

Tekn. yo. Ari Tapio Kiviluoma, Teknillinen korkeakoulu, Systeemianalyysin laboratorio  
Diplomityö: Suojautuminen keskisuurten vahinkojen kasaumalta jälleenvakuutuksella

Ari Kiviluoma on tutkinut diplomityössään, kuinka vakuutusyhtiö voi suojata itseään keskisuurten vahinkojen lukumäärän kasvua vastaan. Tutkimuksessa keskityttiin aggregaatti-jälleenvakuutukseen (eng. Excess of loss cover with annual aggregate deductible). Aggregaatti toimii siten, että vahinkojen omavastuut kerätään yhteen ja vasta sovitun rajan ylittyttyä jälleenvakuutus osallistuu korvausten maksuun. Vastaavasti sopimuksen antaman suojan määrä koostuu useiden vahinkojen korvausten yhteismäärästä. Aggregaattiin otetaan mukaan ainoastaan sovituntuypiset vahingot. Aggregaatin toimintaa tarkasteltiin palovakuutuksen kannalta. Diplomityön nimi on

Suojautuminen keskisuurten vahinkojen kasaumalta jälleenvakuutuksella.

Tutkimuksessa havaittiin aggregaatin suojaavan tehokkaasti vakuutusyhtiötä sellaisilta vuosilta, jolloin sattuu keskiarvoon verrattuna normaalia paljon enemmän keskisuuria vahinkoja. Tämä onkin merkittävää, sillä jälleenvakuutusmarkkinoilla ei ole vastaavaan tarkoitukseen ollut tarjolla käyttökelpoisia menetelmiä. Ainoastaan stop loss-jälleenvakuutus on antanut vakuutusyhtiölle suojaa vahinkomenon kertymää vastaan, mutta stop loss:ia on käytetty ainoastaan eräissä pienissä vakuutuslajeissa. Keskisuuret palovahingot voivat kuitenkin aiheuttaa vakuutusyhtiöiden vakavaraisuuteen ja tulokseen suuren loven. Aggregaattia käyttäen, vakuutusyhtiö saa haluamansa omavastuun matalaan hintaan, mutta on kuitenkin suojassa omavastuiden kasautumia vastaan. Tämä on myös kansantaloudellisesti merkittävää, sillä tällöin vakuutusyhtiöiden ei tarvitse maksaa suuria summia jälleenvakuutuksesta ulkomaille.

Tutkimuksessa havaittiin aggregaatin riskimaksun olevan erittäin herkkä ulkoisille muutoksille. Tämä antaa kuvaa myös aggregaatin tehokkuudesta vaihteluiden tasaajana. Esimerkiksi jo matalankin inflaation todettiin vaikuttavan odotettavissa olevaan korvausmenoon voimakkaasti. Tämä tarkoittaa myös sitä, että aggregaatti suojaa tehokkaasti vakuutettavaa myös yllättävältä inflaation kasvulta. Muita korvausmenoja kasvattavia tilanteita voi syntyä esimerkiksi vuosituhannen vaihteen takia aiheutuvista vahingoista.

Aggregaattia varten mallinnettiin vakuutusyhtiölle sattuvien vahinkojen lukumäärät ja suuruudet. Tämän havaittiin olevan hankalaa ja vaikuttavan voimakkaasti saatuihin lopputuloksiin. Hinnoittelussa ensivakuutusyhtiöillä onkin etulyöntiasema, sillä ne tuntevat vakuutuskantansa ja vahinkoihin vaikuttavat tekijät paremmin kuin jälleenvakuuttajat.

## **Epävarmuuden vaikutuksia päätöksenteossa tutkittu**

Tekn. yo. Matti Lehtonen, Teknillinen korkeakoulu, Systeemianalyysin laboratorio  
Diplomityö: Preferenssien epävarmuusanalyysi AHP -päättösmalleissa

Teknillisen korkeakoulun Systeemianalyysin laboratoriossa julkaistussa diplomityössä tutkitaan epävarmuuden vaikutusta matemaattisten AHP -päättösentekomallien tuloksiin. Nämä vaikutukset havaitaan merkittäviksi ainakin joissakin tapauksissa. Koska vaikutusta päätösongelman ratkaisuun ei etukäteen tunneta, on asia tarkistettava käytännön sovelluksissa tapauskohtaisesti.

Tuloksien tarkkuuden ilmoittaminen virhearvion avulla on esimerkiksi fysiikassa itsestään selvää rutiinia. Nyt tutkitussa AHP -menetelmässä tavallisesti kuitenkin uskotaan, että päätökseen vaikuttavat tekijät tunnetaan virheettömästi ja myös lopputulos on absoluuttisen tarkka. Todellisuudessa tilanne on harvoin näin yksinkertainen.

Matemaattiset päätöksentekoteoriat pyrkivät helpottamaan monimutkaisten päätösongelmien ratkaisemista. Eri toimintavaihtoehtoilta lasketaan "arvosanat", joita yleisesti kutsutaan painoiksi. Päätöstilanteeseen liittyvien epävarmuuksien huomioiminen on tarpeen, jotta painojen luotettavuus saadaan selville. Valitettavasti asian teoreettinen käsittely on vaikeaa. Diplomityössä turvaututaankin tietokonesimulointiin, jolla voidaan kiertää teoriaan liittyviä vaikeuksia. Tulokset ovat osittain varsin yllättäviä: useat aiemmista tutkimuksista perustuvat virheellisiin oletuksiin päätösvaihtoehtojen painojen matemaattisista ominaisuuksista.

Diplomityö on luonteeltaan perustutkimusta, mutta siinä käytetyt simulointimentelmät soveltuvat yksinkertaisuutensa ja joustavuutensa ansiosta myös käytännön päätösongelmien käsittelyyn.

Yksi AHP -menetelmän suosion perusteista on sen yksinkertaisuus, josta valitettavasti joudutaan osittain luopumaan, kun huomioidaan myös epävarmuuden vaikutukset. Vastineena saavutetaan kuitenkin huomattavia hyötyjä. Huomioimalla epävarmuus päätöksentekoprosessissa saadaan toimintavaihtoehtojen paremmuusjärjestyksen lisäksi

selville myös tämän paremmuusjärjestyksen luotettavuus. Arvio lopputuloksen tarkkuudesta voi käytännössä olla lähes yhtä tärkeä kuin itse tulos.

## **Nouto- ja jakelukuljetusten optimointia huutokauppaamalla**

Tekn. yo. Greig Spankie, Teknillinen korkeakoulu, Systeemianalyysin laboratorio  
Diplomityö: Nouto- ja jakelukuljetusten optimointi

Diplomityössä kehitetty menetelmä perustuu ajatukseen, että pienin kuljetuskustannus saavutetaan monissa tapauksissa silloin, kun sama ajoneuvo sekä noutaa että purkaa kuormia yhden ajolenkin aikana. Maantiekuljetusten hallinta on viime vuosikymmeninä perustunut pitkälti terminaalien verkostoon. Kun asiakas antaa yrittäjälle kuljetustilauksen, tullaan tilaus noutamaan lähimpään terminaaliin. Tavallisesti sama auto keräilee useita lähetyksiä yhden noutolenkin aikana. Terminaalissa lähetykset lajitellaan ajoneuvoihin, jotka suuntaavat toisiin terminaaleihin tai suoraan jakeluun lähialueella. Terminaalien välillä ajetaan säännöllistä runkoliikennettä. Vastaanottavassa terminaalissa on jälleen edessä lajittelu. Lopulta tilaus päättyy vastaanottajalle kuljettuaan yhden tai useamman terminaalin kautta.

Ongelmana tässä järjestelyssä on se, että vaikka tilauksen lähtö- ja määräpaikka olisivat hyvin lähellä toisiaan, joudutaan kuljetus aina hoitamaan terminaalin kautta. Tämä kasvattaa ajettujen kilometrien kokonaismäärää, joka puolestaan aiheuttaa mm. rahallisia kustannuksia ja ympäristöhaittoja. Vaikka kuljetusten optimointi on operaatiotutkimuksen klassisia tutkimuskohteita, suurin osa ratkaisumenetelmistä keskittyy tapauksiin, joissa ajoneuvo pelkästään noutaa tai jakelee. Kaikki tunnetut menetelmät, jotka kykenevät joustavampaan yhdistelyyn teoriassa, asettavat käytännössä kohtuuttomia rajoituksia esimerkiksi tilauksien määrälle tai tilauksen koolle.

Uudella menetelmällä voidaan optimoida aika- ja kapasiteettirajoitettuja kuljetustilauksia. Menetelmä perustuu kuljetustilausten huutokauppaamiseen. Koska tilausten tarjoamisjärjestys vaikuttaa tulokseen, pyritään järjestys saamaan edulliseksi käyttämällä hyväksi kokemuseräistä tietoa. Tämä tieto välittyy laskentaan linjojen avulla. Linja on hyväksi havaittu paikkakuntien järjestys auton ajoreitillä.

Menetelmän pohjalta laaditun ohjelmiston toimintaa tutkittiin suomalaisen kuljetusyrityksen aineistolla. Normaaleissa tapauksissa ohjelmiston löytämän ratkaisun kokonaiskustannus oli korkeintaan 7 % kalliimpi kuin kokeellisen optimin. Menetelmä toimi vielä kohtuullisen hyvin 150 tilauksen aineistolla, jota voidaan pitää riittävänä useissa käytännön tilanteissa. Linja kuljetusten osuuden kasvattaminen linjoja lisäämällä nopeuttaa laskentaa, mutta loitontaa tulosta optimista.

Ohjelmistoa ollaan ottamassa varsinaiseen tuotantokäyttöön elintarvikkeiden tukku- ja jakelutoimintaa harjoittavassa yrityksessä. Käyttökokemuksen kertyessä saataneen tietoa tarvittavista parannuksista. Tällä hetkellä tiedostettu tarve on laskenta-aikaa voimakkaasti kasvattavien tapausten tunnistaminen ja käsittely.

## **Skenaariomenetelmää tutkitaan TKK:n Systeemianalyysin laboratoriossa** Matemaattinen mallintaminen tukee skenaariotyöskentelyä

Tekn. yo. Anu Vasama, Teknillinen korkeakoulu, Systeemianalyysin laboratorio  
Diplomityö: Skenaariomenetelmän käyttö yrityksen strategisessa suunnittelussa

Skenaariomenetelmän käyttöä yrityksen strategisessa suunnittelussa tutkitaan Teknillisen korkeakoulun Systeemianalyysin laboratoriossa. Lisäksi laboratoriossa kartoitetaan mahdollisuuksia käyttää dynaamista skenaario-optimointia (dynamic scenario optimization eli DYSCO) skenaariotyöskentelyn tukena.

Systeemianalyysin laboratoriossa tehdyssä diplomityössä on tutkittu skenaariomenetelmiä ja niiden käyttöä eräässä suomalaisessa yrityksessä. Skenaariomenetelmiä on käytetty yrityksessä rajoitetusti jo usean vuoden ajan ja niiden käyttö lisääntyy koko ajan. Skenaariomenetelmiä pidetään erittäin tarpeellisena osana yrityksen strategista suunnittelua. Tutkimuksessa havaittiin, että skenaariomenetelmien käyttö lisää henkilöstön herkkyyttä ennakoita ympäristössä tapahtuvia muutoksia sekä parantaa tiedonkulkua ja edistää henkilöstön sitoutumista yrityksessä tehtäviin strategisiin päätöksiin. Lisäksi skenaariomenetelmä on käyttökelpoinen tapa hyödyntää totuttua useamman henkilön tietoja ja näkemyksiä strategisessa suunnittelussa.

Diplomityössä selvitettiin myös mahdollisuuksia käyttää matemaattista mallintamista skenaariotyöskentelyn tukena. Selvityksessä todettiin, että dynaamista skenaario-optimointia voidaan käyttää esimerkiksi investointien jaksotuksen, hinnoittelun tai asiakkaille tarjottavan tuotevalikoiman optimointiin. Työssä laadittiin yksinkertainen DYSCO-malli tutkimuksen tilanteen yrityksen yhden liiketoimintayksikön päätöstilanteesta.

Skenaariomenetelmällä tarkoitetaan työskentelymallia, jonka tavoitteena on laatia skenaarioita eli kuvauksia erilaisista mahdollisista tulevaisuuksista sekä määritellä yrityksen strategia skenaarioiden perusteella. Skenaarioiden avulla on voidaan ennakoita tulevaisuuden kehityksen vaihtoehtoja ja varautua erilaisiin tilanteisiin.

Dynaaminen skenaario-optimointi on mallintamistekniikka, jossa yhdistetään monitavoiteoptimointi ja skenaariomenetelmä. Dynaamista skenaario-optimointia on aiemmin käytetty liikepankin rahoituksen strategisessa suunnittelussa.

Diplomityö on osa vuoden 1999 alussa käynnistettyä Teknillisen korkeakoulun ja Helsingin kauppakorkeakoulun yhteishanketta.

<p><b>TAPAHTUMAKALENTERI</b> Konferenssit Kongressit Seminaarit Workshopit</p>
--

Ks. myös tapahtumakalenterit:

<http://www.informs.org/Conf/Conf.html>  
<http://www.ifors.org>  
[http://www.ulb.ac.be/euro/euro\\_welcome.html](http://www.ulb.ac.be/euro/euro_welcome.html)

## TOUKOKUU

**2.-5.5. INFORMS**, Cincinnati, OH, USA

<http://www.informs.org/Conf/Cincinnati99/>

**2.-5.5. Fourth INFORMS Conference on Information Systems and Technology**, Cincinnati, OH, USA

<http://www.cob.ohio-state.edu/~rolland/cist99.htm>

**10.-12.5. Sixth SIAM Conference on Optimization**, Atlanta GA, USA

<http://www.siam.org/meetings/op99/>

**12.-15.5. SIAM Annual Meeting**, Atlanta GA, USA

<http://www.siam.org/meetings/an99/>

**20.-23.5. Marketing Science Conference**, Syracuse NY, USA

<http://www.som.syr.edu/informs/>

**24.-28.5. NSF/CBMS Regional Conference in the Mathematical Sciences ("Combinatorial Optimization: Packing and Covering")**, Lexington, Kentucky, USA

<http://www.ms.uky.edu/~jlee/cbms.html>

## KESÄKUU

**19.-23.6. MIC'99 III Metaheuristics International Conference**, Angra dos Reis, Brazil

<http://www.inf.puc-rio.br/cgilua/cgi-bin/cgilua/~mic99/>

**26.-29.6. 2nd Annual Summer Workshop on Teaching Management Science: Cases, Projects, Games and Other Interactive Methods**, Richard Ivey School of Business, in London, Ontario, Canada.

Program Co-Chairs: Peter Bell ([pbell@ivey.uwo.ca](mailto:pbell@ivey.uwo.ca)) and Tom Grossman ([grossman@mgmt.ucalgary.ca](mailto:grossman@mgmt.ucalgary.ca)).  
<http://www.bus.ualberta.ca/informed/2ndconf.htm>  
<http://www.ivey.uwo.ca/conferences/tms2/>

## HEINÄKUU

**4.-7.7. 5<sup>th</sup> International Conference of the Decision Sciences Institute**, Athens, Greece

Program Chair and Conference Co-Chair Professor Stelios H. Zanakis, Florida International University, College of Business Administration, Decision Science & Info. Syst. Dept., DSI-Athens, BA-252 A Miami, Florida 33199, USA, Tel. (305) 348-2830 or 348-3559, Fax (305) 348-4126, Email [dsi\\_athens@fiu.edu](mailto:dsi_athens@fiu.edu), <http://www.dsi99.athens.aueb.gr/>

**6.-8.7. 2nd International Conference on Information Fusion**, Silicon Valley CA, USA

<http://www.inforfusion.org/fusion99/>

**12.-16.7. 19th IFIP TC7 Conference on System Modelling and Optimization**, Cambridge, England

<http://www.damtp.cam.ac.uk/user/na/tc7con/>

**26.-28.7. 10th INFORMS Applied Probability Conference**, Ulm, Germany

<http://www.mathematik.uni-ulm.de/ap99/>

## ELOKUU

**10.-18.8. The 52nd Session of the ISI (International Statistical Institute)**, Helsinki, Finland

Executive Secretariat, Statistics Finland, FIN-00022 Statistics Finland, Finland, Tel. + 358 9 17341, Fax + 358 9 1734 2970, Email [isi99@stat.fi](mailto:isi99@stat.fi), <http://www.stat.fi/isi99/>

**16.-20.8.1999 The 15th IFORS Triennial Conference - OR - PARALLEL ROADS TO PROSPERITY IN THE 21ST CENTURY**, Beijing, CHINA

Info: IFORS'99 Program Committee, D.E.I.S. - University of Bologna, Viale Risorgimento, 2, 40136 Bologna (Italy), Fax +39 - 51 - 644 3073  
 E-mail [ifors99\\_pc@deis.unibo.it](mailto:ifors99_pc@deis.unibo.it) (Program Committee), [orschina@public.east.cn.net](mailto:orschina@public.east.cn.net) (Organizing Committee)  
<http://www.ifors.org/leaflet/triennial.html>

## SYYSKUU

**11.-14.9. EURO PRIME I Warsaw 1999**, Warsaw,

Poland

Email EURO\_PRIME\_WARSAW\_1999  
@ibspan.waw.pl,

[http://www.ibspan.waw.pl/EURO\\_PRIME\\_1999/](http://www.ibspan.waw.pl/EURO_PRIME_1999/)

**14.-16.9. Annual conference, OR 41, of UK  
Operational Research Society (ORS), Edinburgh,  
UK**

Tel. 0121 233 9300, Fax 0121 233 0321. Email  
barrett@orsoc.org.uk  
[http://www.orsoc.org.uk/conf/index\\_f.html](http://www.orsoc.org.uk/conf/index_f.html)

**27.- 29.9. NOAK'99 Nordic International  
Operational Research Conference on ABC  
Coming Together, Östersund, Sweden**

Tel. +46 63 165385, Fax +46 63 165505  
E-mail shbg@ieee.org,  
<http://www.itk.mh.se/~stihol/soaf/noak99>

LOKAKUU

**2.-5.10 Society for Medical Decision Making  
(SMDM), Reno, NV, USA**

<http://www.gwu.edu/~smdm/>

MARRASKUU

**7.-10.11. INFORMS, Philadelphia, PA, USA**

<http://www.informs.org/Conf/Philadelphia99>

**28.-30.11. Conference on Computational  
Intelligence for Financial Engineering (CIFER),  
New York, USA**

<http://www.iafe.org/conferen/cifer99/>

VUOSI 2000

**5.-7.1.2000 7th INFORMS Computing Society  
Conference on Computing and Optimization Tools  
for the New Millennium, Cancun, Mexico**

[http://www-bus.colorado.edu/  
Faculty/Laguna/cancun2000.html](http://www-bus.colorado.edu/Faculty/Laguna/cancun2000.html)

**4.-18.3.2000 EURO Winter Institute (EWI) XVIII,  
Lac Noir, Switzerland**

<http://www.ulb.ac.be/euro/bulletin/idx73-4.html>

**28.3.-30.3.2000 The Eleventh Young Operational  
Research Conference, Cambridge, UK**

[http://www.orsoc.org.uk/conf/index\\_f.html](http://www.orsoc.org.uk/conf/index_f.html)

**Summer 2000, INFORMS/KORS, Seoul, Korea**

**12.-14.9.2000 Annual conference, OR 42, of UK  
Operational Research Society (ORS), Swansea, UK**

Tel. 0121 233 9300, Fax 0121 233 0321. Email  
barrett@orsoc.org.uk  
[http://www.orsoc.org.uk/conf/index\\_f.html](http://www.orsoc.org.uk/conf/index_f.html)