

INFORS

Suomen Operaatiotutkimusseuran jäsenlehti

1/2004

- Operaatiotutkimus eilen, tänään, huomenna -



FORS

Suomen Operaatiotutkimusseura ry
Finnish Operations Research Society

**Suomen
Operaatiotutkimusseura ry:n
jäsenlehti**

N:o 1 - 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 Karelaiti
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> _____	3
<i>Sihteerin palsta</i> _____	4
<i>Vuoden 2004 johtokunnan esittely</i> ____	5
<i>30-vuotisjuhla syksyn piristyksenä</i> ____	9
<i>Mutkamäkeä, puskahiihtoa ja vähän stokastiikkaa</i> _____	10
<i>Tavoitteena optimaalinen rakenne</i> ____	13
<i>Poikkitieteellisyys ja informaatiotulvan haasteet</i> _____	14
<i>Opinnäytteet</i> _____	17
<i>Tapahumakalenteri</i> _____	30

PUHEENJOHTAJAN PALSTA

Mikä on operaatiotutkimuksen tulevaisuus?

Tomi Seppälä

Suomen operaatiotutkimusseura täytti viime vuonna 30 vuotta, ja asiaa juhlistettiin hienosti Finlandia-talolla seminaarin ja juhlaillallisen merkeissä. Onnistuneesta juhlasta huolimatta esille nousi keskusteluissa kysymys siitä, millainen rooli ehkäpä Suomen tuntemattomimmalla seuralla (kuten eräässä vanhassa lehtijutussa seuraamme mainostettiin) tulisi olla seuraavan 30 vuoden aikana, ja ennen kaikkea ihan lähitulevaisuudessa.

Operaatiotutkimuksella on ollut oma tärkeä roolinsa tieteen sodanjälkeisessä historiassa, mutta ajat ovat muuttuneet, ja harva maallikko tunnistaa edes sanaa ”operaatiotutkimus”. Vaikka operaatiotutkimuksen menetelmiä käytetään yhä laajemmin ja yhä useammilla tieteen alueilla, niin niitä ei useinkaan enää mielletä operaatiotutkimukseksi. Menetelmät ovat taustalla, ja huomio kiinnittyy esim. tieto- tai informaatioteknologiaan tai vaikkapa bioinformatiikkaan. Perinteisessä operaatiotutkimuksessa kyse on useimmiten matemaattisten menetelmien käytöstä tuotannollisiin ongelmiin, joita tarkastellaan liiketaloudellisesta näkökulmasta laskennallisin keinoin. Nimen operaatiotutkimus rinnalla käytetään usein myös termiä *management science*, erityisesti silloin kun sitä sovelletaan kauppakorkeakouluissa ja kaupallisissa tiedekunnissa.

Operaatiotutkimuksen menetelmät ovat kehittyneet sitä mukaa, kun uusia sovellusalueita on tullut lisää, siis varsin usein käytännön ongelmista lähtien – toisin kuin esimerkiksi matematiikan tai fysiikan teorit, jotka ovat usein kehittyneet hyvin itsenäisesti, käytännön sovelluksista riippumatta. Mutta matematiikkakin on viime aikoina lähentynyt käytäntöä, ja muuttunut yhä soveltavammaksi, ainakin siitä lähtien kun tietokoneet ja informaatiotekniikka ovat nousseet osaksi aikakautemme ihmisten jokapäiväistä elämää. Samalla matematiikka, erityisesti ns. sovellettu matematiikka, on lähestynyt operaatiotutkimuksen alkuperäistä luonnetta, ongelmalähtöisyyttä, jossa ongelmat kumpuavat ihmisten käytännön tarpeista.

Perinteisen operaatiotutkimuksen rinnalle ovat nousseet ns. pehmeän operaatiotutkimuksen menetelmät, joihin laajasti ottaen voidaan lukea vaikkapa kaikki liikkeenjohdon päätöksentekoa tukevat menetelmät ja niihin liittyvät sovellukset. Niiden osuus nykyaikaisen liikkeenjohdon apuvälineinä onkin huomattavasti suurempi kuin perinteisten OR-menetelmien.

Kun operaatiotutkimusta ei enää julkisesti tunnusteta terminä, olisi syytä myös seuramme piirissä viritellä keskustelua siitä, mitä asialle voitaisiin tehdä. Olisiko esimerkiksi syytä muuttaa nimeämme sellaiseen suuntaan, joka paremmin kuvaisi alamme roolia nyky-yhteisteiskunnassa? Ja millä muilla keinoin voisimme saada itsemme näkyviin ja kuuluviin tämän hetken tiedekeskustelussa?

Keskustelua voimme viritellä jo kevään vuosikokouksessa 29.4. ja FORS-iltapäiväseminaarissa 18.5., joiden kutsut ovat lehden liitteenä. Kannattaa myös seurata uutta verkkosivua osoitteessa www.optimointi.fi.

Pyytäisin kaikkia jäseniä myös maksamaan liitteenä seuraavat jäsenmaksunsa ja ilmoittamaan ajantasaiset sähköpostiosoitteensa suoraan sihteerillemme tai verkkosivujen kautta, jotta voimme tiedottaa ajankohtaisista tapahtumista myös sähköisesti.

SIHTEERIN PALSTA

Keväällä päivien pidentyessä ja auringon sulattaessa viimeisetkin lumikasat minusta tuntuu aina siltä, että saisin lisää energiaa. Viime viikonloppuna suunnittelin suursiivousta ja multien vaihtoa kukkaruukkuihin. Keväthuumassa päätin myös ottaa vastaan FORS:n sihteerin tehtävät. Olen ollut FORS:n jäsen jo muutaman vuoden ajan, joten järjestön toiminta on minulle tuttua. Valmistun tässä kuussa diplomi-insinööriksi TKK:lta tuotantotalouden osastolta, ja ajattelin jäädä Otaniemeen jatkamaan opintojani. Olen lukenut pääaineenani kansantaloustiedettä ja sivuaineena systeemi- ja

operaatiotutkimusta. Tällä hetkellä tutkin elektronisia huutokauppoja. Suurin osa vapaa-ajastani kuluu uuden asuntoni remontoimiseen, mutta onneksi aikaa jää myös ystävien tapaamiseen ja harrastuksiin. Tällä hetkellä laulan kuorossa ja pelaan tennistä – tai vaihtoehtoisesti katson sitä televisiosta.

Tavataan FORS:n merkeissä,

Riikka

VUODEN 2004 JOHTOKUNNAN ESITTELY

Tomi Seppälä, seuran puheenjohtaja



Dosentti, Ph. D. Seuran puheenjohtajana myös v. 1997-98. Hoitanut matematiikan, tilastotieteen, rahoituksen ja systeemien tutkijan, lehtorin ja professorin virkoja Helsingin ja Turun kauppakorkeakoulussa sekä Helsingin ja Purduen yliopistoissa, josta hän on väitellyt v. 1994. Toimii myös kvantitatiivisten menetelmien dosenttina Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa. Kiinnostuksen kohteita ovat kvantitatiiviset menetelmät rahoituksessa, laatujohtamisessa ja päätöksenteossa sekä ympäristotaloudessa ja lääketieteessä.

Juha Haataja, seuran varapuheenjohtaja



Työskennellyt supertietokoneiden parissa vuodesta 1988 lähtien. Toimii kehityspäällikkönä opetusministeriön omistamassa tieteen tietotekniikan keskuksessa CSC:ssä. Hänen ryhmänsä vastuulla on auttaa tutkijoita käyttämään matemaattisia ohjelmistoja, numeerisia menetelmiä, rinnakkaislaskentaa ja grid-tekniikkaa. Julkaissut parikymmentä kirjaa sekä satoja lehtijuttuja, esseitä ja kirja-arvioita. Harrastaa paljastavaa journalismia MikroPC-lehden kolumnistina.

Leena Tanner, taloudenhoitaja, seuran kunniajäsen

KTM Leena Tanner tekee väitöskirjaa strategisen päätöksenteon tukemisesta apurahatutkijana Helsingin kauppakorkeakoulussa sekä opettaa osa-aikaisena lehtorina liikkeenjohdon systeemien aineessa.

Petri Kere

TkT Petri Kere toimii Suomen Akatemian tutkijatohtorina tieteen tietotekniikan keskus CSC:ssä. Hänen tutkimuskenttensä liittyy komposiittirakenteiden lujuuden monitavoitteiseen optimointiin.

Antti Korhonen

Dos. Antti Korhosen erikoisalana ovat rahoitusalan kvantitatiiviset sovellukset ja hän toimii pääsihteerinä Eurobanking-ryhmässä (European Working Group on Operational Research in Banking).

Erkka Näsäkkälä

DI Erkka Näsäkkälä toimii tohtoriopiskelijana Teknillisen korkeakoulun Systemianalyysin laboratoriossa. Tutkimuskenttä liittyy rahoitusriskien hallintaan, reaaliopioihin sekä stokastiikkaan.

Janne Karelahti, webmaster



DI Janne Karelahti on tohtoriopiskelijana Teknillisen korkeakoulun Systeemianalyysin laboratoriossa. Tutkimuskenttä liittyy dynaamisten systeemien mallintamiseen ja optimointiin.

Tuula Kinnunen



KTL Tuula Kinnunen toimii Suomen Posti Oyj:n Logistiikka-liiketoimintaryhmän laatupäällikkönä. Toiminut FORSissa johtokunnan jäsenenä, puheenjohtajana ja seuran EURO-edustajana. Vuosina 1993-96 Euroopan operaatiotutkimusseurojen liiton toinen varapuheenjohtaja. Pitkä korkeakoulu-ura Turun kauppakorkeakoulussa (1982 - 2000). Tieteelliset kiinnostuksen kohteet liittyvät logistiikkaan, yritysten johtamiseen, laatuun ja prosesseihin.

Riikka-Leena Leskelä, seuran sihteeri



Valmistunut huhtikuussa diplomi-insinööriksi tuotantotalouden osastolta TKK:lta. Pääaineena kansantaloustiede ja sivuaineena systeemi- ja operaatiotutkimus. Diplomityön aiheena päätöksenteon tukeminen kombinatorisissa huutokaupoissa. Tekee väitöskirjaa päätöksenteon ja operaatiotutkimuksen alalla.

Kaisa Miettinen



Professori Kaisa Miettinen hoitaa talousmatematiikan professuuria Helsingin kauppakorkeakoulussa. Hänen päätutkimusalaansa on monitavoiteoptimointi. Hän johtaa myös Jyväskylän yliopiston optimointiryhmää. Seuran puheenjohtajana v. 2002-03.

Ahti Salo



Professori Ahti Salo toimii Teknillisen korkeakoulun Systemianalyysin laboratoriossa. Hänen päätutkimusalaansa ovat päätöksenteko, riskienhallinta sekä teknologian ennakointi ja arviointi. Seuran puheenjohtajana v. 1999-2000.

Antti Tanskanen

Toimii tutkijana Kansanterveyslaitoksen mielenterveys- ja alkoholitutkimuksen osastolla. Yksityisyrittäjä, koulutukseltaan matemaatikko, tietojenkäsittelijä: mallinnusta, tiedonhallintaa ja tutkimussuunnittelua erilaisissa lääketieteellisissä ja luonnontieteellisissä tutkimusprojekteissa. Jatko-opiskelija Jyväskylän yliopistossa.

30-VUOTISJUHLA SYKSYN PIRISTYKSENÄ

Kaisa Miettinen

Suomen Operaatiotutkimusseura ry:n 30-vuotisjuhla pidettiin Finlandia-talossa 13.11.2004. Vaikka seuran oikea syntymäpäivä oli jo keväällä, päätettiin korvata seuran ohjelmassa perinteisesti syksyisin oleva FORS-päivä tällä juhlalla. Juhlaa vietettiin koko päivä, sillä ohjelmassa oli sekä päiväseminaari että juhlailallinen. Seminaarin aamupäiväistuntoon oli seuran kunniapuheenjohtaja Christer Carlsson kutsunut ansioituneita operaatiotutkimuksen tutkijoita ja soveltajia antamaan katsauksen alan historiaan ja nykytilaan sekä esittämään näkemyksiään tulevaisuuden haasteista. Esiintyjä olivat Christer Carlssonin (Åbo Akademi) lisäksi Reino Hjerppe (Valtion taloudellinen tutkimuskeskus), Ilkka Virtanen (Vaasan yliopisto), Jukka K. Nurminen (Nokia Research Center), Jyrki Wallenius (Helsingin kauppakorkeakoulu), Istvan Maros (Imperial College) ja Kari Neilimo (SOK). Heidän persoonalliset muistelmansa olivat harvinaista kuultavaa ja ainutlaatuisuudessaan erityisesti seminaarin nuorempien osanottajien mieleen. Toki oli myös erittäin mielenkiintoista kuulla näkemyksiä siitä, mihin operaatiotutkimus ja optimointi ovat menossa - eli mitä tulevaisuus tuo tullessaan ja mihin tutkijoiden ja soveltajien tulisi varautua.

Iltapäivällä seminaarin osallistujat jakautuivat rinnakkaisistuntoihin, joissa käsiteltiin monia operaatiotutkimuksen sovellusaloja ja niiden haasteita. Ahti Salo (Teknillinen korkeakoulu), Markku Kallio (Helsingin kauppakorkeakoulu), Jarmo Söderman (Åbo Akademi), Raimo P. Hämäläinen (Teknillinen korkeakoulu), Anita Lukka (Lappeenrannan teknillinen yliopisto) ja Jukka K. Nurminen (Nokia) olivat koonneet kuusi istuntoa, joiden teemat vaihtelivat julkisen päätöksenteon tukemisesta metsäsektorille ja prosessi-integraatioon sekä energiasektorilta ja logistiikasta verkon ja reitin optimointiin. Mainittakoon, että yksi iltapäivän esiintyjistä oli Mari Hjelt (Gaia Group Oy), joka valittiin vuoden 2003 OR-henkilöksi ja sai asianmukaisen kunniakirjan ennen esitelmäänsä. Työmatkan vuoksi hän oli estynyt saapumaan juhlailalliselle, jonka yhteydessä muut kunniakirjat jaettiin.

Seminaarissa oli noin 80 osallistujaa. He saivat tilaisuudesta muistoksi seuran juhla- ja julkaisukirjan, johon oli koottu Mikko Syrjäsen laatima seuran historiikki, alan konkareiden mielenkiintoisia muistelmia sekä iltapäivän esitysten abstraktit. Lisäksi osa seminaaripäivän aikana pidetyistä esitelmistä on saatavissa sähköisessä muodossa seuran kotisivulta.

Juhlailallisten ohjelmassa oli hyvän ruuan ja juoman lisäksi monenlaisia puheita ja muisteloita. Seuran kunniapuheenjohtajaksi valittu Pekka Korhonen (Helsingin kauppakorkeakoulu) piti puheen, samoin vuoden 2002 OR-henkilö Jukka Ruusunen (Fortum Portfolio Management and Trading). Heidän lisäksi juhlassa saivat kunniakirjat seuran kunniajäseniksi valitut Leena Tanner (Helsingin kauppakorkeakoulu) ja Tuula Kinnunen (Suomen Posti Oy). Ihastuttavan moni seuran entisistä puheenjohtajista oli läsnä ja lämminhenkisen illan kruunasivat heidän muistelonsa. Tältä pohjalta seuran on hyvä jatkaa matkaa!

Sydämelliset kiitokset vielä kerran 30-vuotisjuhlan osallistujille, niin esiintyjille kuin kuulijoillekin - unohtamatta juhla- ja julkaisukirjan kirjoittajia ja taloudellisia tukijoita! Juhlan järjestelyihin liittyi monenlaista puuhaa ja haluan vielä kiittää kaikkia, jotka niihin osallistuivat ja minua tavalla tai toisella auttoivat.

MUTKAMÄKEÄ, PUSKAHIHTOA JA VÄHÄN STOKASTIIKKA

Erkka Näsäkkälä

Vuosituhanen alussa Nokian pörssikurssin hipoessa yhä korkeammalla leijuvia kumpupilviä ja Soneran ottaessa määrätietoisia askeleitaan maailman valloituksessaan ei vastavalmistuneen diplomi-insinöörin heittäytyminen pohjoismaisen energiatutkimusohjelman rahoittamaksi tutkijaksi kuulostanut järin mediaseksikkäältä mobiiliteollisuuden luvatussa maassa.

Vaikkakin jatko-opintojeni aikana peruskännykät ilman uuden sukupolven multimediaominaisuuksia ovat siirtyneet Teollisuuskadun telemuseon lasivitriineihin, muistuttamaan tulevia sukupolvia siitä millaista elämä vuosituhanen vaihteessa ennen

kameralla ja pelikonsolilla varustettujen kannettavien mobiilikeskukset oli, ei mobiiliteollisuus ole pystynyt odotettuun menestykseen. Kun vielä samanaikaisesti ennätysellisen vähäinen lumikerros on useana talvena peittänyt norjalaisten vuorten rinteitä, ovat positiiviset tulosvaroitukset kajahtaneet suomalaisen liike-elämän korviin useammin Keilaniemen pienempää ikkunakokoa käyttävistä rakennuksista. Aihevalintaani minun ei siis ole, ainakaan vielä, tarvinnut katua.

Yksi stipendini ehdoista oli, että edistäisin omalta osaltani pohjoismaista yhteistyötä viettämällä neljänneksen jatko-opiskeluajastani jossakin skandinaavisessa maassa. Tämä mahdollisuus palautti mieliini ylä-asteen ruotsinkirjassa seikkailleen tarunhoitoisen Bosse Björkin tokaisun: ”Nordmenn er ryggsekkfolk!” Mikä muu olisi parempi tapa rentoutua raskaan väitöskirjatyön lomassa kuin pakata reppuun voileipiä ja kuumaa mehua sekä suunnata jonkin mutkikkaan tien päässä olevalle koskemattomalle kevätauringon pehmittämälle etelärinteelle. Kyllä siinä suksia kantilta kantille siirtäessä ja edessä kiiltävän vuonon syvänsinistä vettä ihastellessa Itön lemmit unohtuisivat.

Väitöskirjani onneksi Norjassa on jo maailmankuulun matemaatikon Abelin ajoista panostettu luonnosta nauttimisen lisäksi matemaattisen mallintamiseen. Kun vielä energiantuotanto on norjalaisen teollisuuden kivijalka, ei varmaankaan kenellekään ystäväistäni jäänyt epäselväksi, että tämä mustalla kullalla rikastunut talviurheilumaa tulisi olemaan minun vierailukohteeni. Vierailukutsun saamiseksi valitsin keinoista halpamaisimman: julkaisuja tutkimalla valitsin kohteen, jota lähestyä konferenssin cocktail-tilaisuudessa yhteistyön ehdottamisen merkeissä.

Taktiikkani toimi kuin junan vessa, ja ensimmäisen kerran astelin sisään NTNU:n (Norwegian University of Science and Technology) ovista apulaisprofessori Stein-Erik Fletenin vieraana tammikuussa 2003. Yhteistyömme osoittautui niin hedelmälliseksi, että päätin keväällä 2004 kirjoittaa vielä toisen jakson seikkailuihini viikinkikuningas Olav Tryggvasonin vuonna 997 perustamassa Norjan ensimmäisessä pääkaupungissa, Trondheimissa.

Siinä missä Suomessa on perustettu jokaiseen niemeen ja notkoon yliopisto, joskus jopa kaksi, ovat viikinkien jälkeläiset Norjassa valinneet täysin päinvastaisen taktiikan kansan sivistämiseen. Maassa on edelleen vain neljä yliopistoa. Operaatiotutkimukseen liittyvää

tutkimusta tehdään insinööritieteisiin keskittyvässä Trondheimissä ja Bergenissä sijaitsevassa kauppakorkeakoulussa. NTNU:n 20 000 opiskelijaa, joista suurin osa on muuttanut Trondheimiin opiskelujen takia, tekevät tästä Trondheimin vuoron rinteille, pääosin puusta rakennetusta 150 000 asukkaan kaupungista kokoonsa nähden aktiivisen kulttuuri- ja urheilukaupungin. Kun kaupungissa vielä sijaitsee sellainen työnantaja kuin SINTEF, pohjoismaiden suurin itsenäinen tutkimusinstituutti, jonka siipien suojissa suurin osa vastavalmistuneista norjalaisista insinööreistä ottaa ensiaskeleensa työelämässä, ei ole vaikea uskoa, että tämä itseään Norjan teknologiseksi pääkaupungiksi kutsuva kylä muistuttaa ilmapiiriltään amerikkalaisia yliopistokampuksia.

Ajan hengen mukaisesti NTNU pyrkii houkuttelemaan siipiensä suojiin lahjakkaita ja motivoituneita nuoria tutkijoita kieleen tai kotimaahan katsomatta, kuitenkin norjalaisille tyypillistä isänmaallista kiihkoa unohtamatta. Tästä on hyvänä esimerkkinä yliopiston luentokieli. Mikäli kurssilla on opiskelijoita, jotka ovat viettäneet Norjassa alle vuoden, tapahtuu opetus englanniksi. Ensimmäisen pimeän talven ja yöttömän kesän jälkeen on kieliopintojen oltava siinä vaiheessa, että luentojen seuraaminen onnistuu myös luennoitsijan omalla murteella.

Oma kouluruotsini on muutaman kuukauden totuttelujakson jälkeen ruvennut venymään liitoksistaan sen verran, että Englantiin turvaudun perin harvoin, mutta samanlaisesta edusta eivät nauti ne lukuisat saksalaiset ja italialaiset jatko-opiskelijat, jotka käyttävät useita iltoja viikossa kieliopintoihin. Kansainvälisyyteen pyritään myös edellyttämällä kaikilta jatko-opiskelijoilta yhden lukuvuoden viettämistä ulkomailla ja sillä, että professoreilla joka seitsemäs vuosi on ulkomaisessa yliopistossa vietettävä välivuosi.

Toinen ajankohtainen, erityisesti operaatiotutkimusta koskeva pyrkimys on parantaa yliopistoissa työskentelevien tutkijoiden yhteistyötä teollisuuden kanssa. NTNU:ssa tähän huutoon on vastattu siten, että useat jatko-opiskelijat ja professoritkin viettävät osan ajastaan SINTEF:in leivissä. Esimerkiksi tšekäläinen ohjaajani viettää miltei jokaisen perjantapäivän yliopistorakennuksen vieressä sijaitsevassa SINTEF:ssä auttaen heitä sähköntuotantomallien implementoinnissa. Mieleeni onkin juolahtanut pyytää tšekäläisiltä konsultointia suomalaisen yliopiston rakenneuudistukseen vastalahjana sille, että suomalainen Mika Kojonkoski on nostanut norjalaisen mäkihypyn maailmanmaineeseen.

Jottei kenellekään jäisi liian ruusuista kuvaa yliopistosta, jossa puolen päivän aikaan nautittavan valtion tukeman alkusalaatilla höystetyn herkkulounaan sijasta jäsittää kotona aamulla reppuun pakattuja kuivia leivänkannikoita, joudun kertomaan, että aika usein toivon jonkun hiihtokuninkaan vierailevan jossakin tuon tuhansien järvien maan tuhansista yliopistoista ja kertovan, kuinka se metsäinen kansa on rakentanut sellaisen koulutusjärjestelmän, että ison veden takanakin tiedetään Suomesta muutakin kuin sisu, sauna ja Sibelius.

TAVOITTEENA OPTIMAALINEN RAKENNE

Petri Kere ja Juhani Koski

Tampereen teknillinen yliopisto

Teknillisen mekaniikan ja optimoinnin laitos

Lujuusopillista suunnittelua on harjoitettu jo uuden ajan alusta alkaen. Analyyttisiä menetelmiä rakenteiden mitoittamiseksi sekä järjestelmällistä optimointia on kehitetty eri tieteenoilla siitä saakka kun todellista ongelmaa kuvaavat mallit ovat olleet saatavilla. Nykyajan rakenteiden optimoinnin haastavia ongelmia ovat muun muassa mahdollisimman tehokkaiden ja keveiden rakenteiden kehittäminen ilmailu- ja avaruusteollisuuden tarpeisiin komposiittirakenteita optimoimalla tai vaikkapa muodon optimointi virtaus-rakennevuorovaikutuksen suhteen monifysikaalisten mallien avulla.

International Society for Structural and Multidisciplinary Optimization (ISSMO) on kansainvälinen tieteellinen yhdistys, jonka tarkoituksena on edistää ja tukea lujuusopillisesti ja monifysikaalisesti rakenteiden optimointiin keskittyvien alojen tutkimusta ja tietojen välitystä sekä koota alasta kiinnostuneet henkilöt ja yhteisöt yhdistyksen piiriin.

Yhdistyksen perusti ryhmä "NATO Advanced Study Institute: Optimization of Large Structural Systems"-kokouksen osanottajia Berchtesgadenissa Saksassa lokakuussa 1991. Kokous äänesti johtokunnan, joka luonnosteli yhdistyksen tavoitteet ja järjestäytymisen yhdistykseksi. Nimi muutettiin vuonna 1993 ISSMO:ksi. Yhdistyksen ensimmäinen virallinen kokous "The 5th Symposium on Multidisciplinary Analysis and Optimization"

pidettiin yhteistyössä ilmailualan järjestöjen AIAA (American Institute of Aeronautics and Astronautics), NASA sekä US Air Force kanssa Panama Cityssä Floridassa syyskuussa 1994. Jäsenet vauhdittivat yhdistyksen perustamista aktiivisella osallistumisella kokoukseen, osallistujia kirjattiin ennätysmäiset 370 henkeä. Yleinen kokous vahvisti yhdistyksen johtokunnan ja hyväksyi perustamiskirjan. Tuolloin yhdeksi yhdistyksen tavoitteeksi kirjattiin koota yhteen lujuusopillisesti ja monifysikaalisesti rakenteiden optimointiin keskittyvien alojen tutkijat ja soveltajat järjestämällä korkeatasoisia tieteellisiä konferensseja kohtuullisin kustannuksin yhdistyksen jäsenille.

Nykyään yhdistykseen kuuluu noin 500 jäsentä 35 eri maasta. Yhdistys järjestää korkeatasoisen kansainvälisen konferenssin *World Congress of Structural and Multidisciplinary Optimization* (WCSMO) normaalisti joka toinen vuosi. Ensimmäinen konferenssi WCSMO-1 pidettiin Goslarissa Saksassa vuonna 1995 ja viimeisin WCSMO-5 Lido di Jesolo-Venetsiassa Italiassa vuonna 2003. Lisäksi Springer-Verlag Heidelberg julkaisee yhdistyksen tieteellistä lehteä *Structural and Multidisciplinary Optimization* noin neljä kertaa vuodessa, kuluvana vuonna on menossa lehden 26. nide.

Yksityishenkilö tai yhdistys voi liittyä ISSMO:n jäseneksi yhdistyksen järjestämässä tilaisuuksissa tai www-sivuilla esitettyjen ohjeiden mukaan. Tarkempia tietoja yhdistyksestä ja sen toiminnasta saa ISSMO:n www-sivuilta (<http://www.issmo.org>).

POIKKITIETEELLISYYS JA INFORMAATIO TULVAN HAASTEET

Juha Haataja

Olen opettanut Fortran 90/95 -ohjelmointia yliopistojen tutkijoille vuodesta 1995 lähtien. Fortranin opettaminen on tavattoman rentouttavaa, sillä vaikeisiinkin kysymyksiin löytyy vastaus ohjelmointikielen standardista. Tulkinnan varaa ei juuri ole.

Reaalimaailman ongelmien selvittäminen ei ole yhtä helppoa. Ei ole olemassa standardia, josta voisi tarkistaa vastauksen kulloiseenkin ongelmaan. Törmäämme ristiriitaiseen tietoon jatkuvasti. Mihin tietoon voi ylipäänsä luottaa? Informaatiota on tarjolla paljon, mutta todellista tietämystä liian vähän. Tutkimusmaailmassa tilanne on vielä pahempi

kuin arkipäiväisessä elämässä. Informaatiotulva vie tutkijoita koko ajan kauemmas toisistaan. Tutkijoista on tullut ikään kuin kelluvia saaria tiedon valtameressä. On vaikeaa pitää yllä yhteyksiä muiden alojen osaajiin.

Juuri tähän haasteeseen yritämme tarjota apua tieteen tietotekniikan keskuksessa CSC:ssä. Tehtävämme on tehostaa tutkijoiden työskentelyä henkilökohtaisen auttamisen ja tietotekniikan avulla. CSC:n omistaa opetusministeriö. Asiantuntijapalvelumme ovat yliopistojen tutkijoille pääosin maksuttomia. CSC:ssä työskentelee kymmeniä eri tiedealojen asiantuntijoita, jotka ovat valmiita auttamaan tutkimusongelmien ratkaisemisessa. Osaamisalueemme vaihtelevat kielitieteestä materiaalfysiikkaan ja laskennallisesta lääketieteestä jäätikkömallinnukseen. Erityisesti panostamme poikkitieteellisiin alueisiin, kuten monifysikaaliseen mallintamiseen.

CSC:n asiantuntijat toimivat lautureina tietämyksen siirtämisessä saarekkeiden välillä. Voimme edistää tutkimusta myös tietotekniikan avulla, esimerkiksi kehittämällä mallinnusohjelmistoja, joihin on sisällytetty menetelmäkehityksen uusin osaaminen. Henkilökohtainen vuorovaikutus on olennaista tietämyksen kehittämisessä. Siksi järjestämme kurseja ja tarjoamme henkilökohtaista asiantuntija-apua tutkijoille. Pyrimme näin auttamaan tutkijoita tieteen tietotekniikan hyödyntämisessä. Lisäksi julkaisemme kirjallista materiaalia.

Vuonna 2003 järjestimme 72 tapahtumaa, joissa oli yhteensä 1564 osanottajaa, pääosin yliopistojen tutkijoita. Tilaisuuksissa käsiteltiin muun muassa matemaattista mallintamista, ohjelmointia ja eri tieteenalojen tutkimusmenetelmiä.

Toukokuussa 2004 järjestämme teollisuusmatematiikan työpajan yhdessä yliopistojen matematiikan laitosten kanssa. Työpajassa matemaatikot, opiskelijat ja teollisuuden edustajat ratkovat ongelmia viikon ajan yhteistyössä. Tämä on tietämyksen kehittämistä parhaimmillaan.

CSC:n julkaisemaa kirjallista materiaalia hyödynnetään ahkerasti. CSC:n [www](#)-sivuilta voi hakea käyttöönsä useita kymmeniä kirjoja Adobe Acrobatin PDF-muodossa. Painettuja oppaita voi tilata [www](#):stä löytyvällä lomakkeella. Kirjojen aihepiirit liittyvät CSC:n asiantuntijoiden erityisosaamiseen. Seuraavassa on muutama esimerkki. Kaikki

nämä kirjat ovat saatavissa PDF-muodossa verkosta.

Teos *Optimointitehtävien ratkaiseminen* (3. painos, 2004) esittelee numeerisia menetelmiä optimointitehtävien luotettavaan ja tehokkaaseen ratkaisemiseen. Teosta täydentävät oppaat *Matemaattiset ohjelmistot* (4. painos, 2004), *Numeeriset menetelmät käytännössä* (2. painos, 2002) ja *Fortran 90/95* (3. painos, 2001). Lisäksi olemme kirjoittaneet muun muassa rinnakkaisohjelmoinnista MPI:llä ja optimointitehtävien ratkaisemisesta GAMS-ohjelmistolla.

CSC tekee selvityksiä ajankohtaisista tutkimusalueista. Vuonna 2003 ilmestyivät selvitykset kontinuumimekaniikan ja sähkömagneetiikan laskennallisista haasteista. Vuonna 2002 selvitimme laskennallisen lääketieteen näkymiä Suomessa.

Poikkitieteelliset ilmiöt vaativat huippuosaamista mallintajilta. Nopeasti kehittyviä matemaattista mallinnusta soveltavia alueita ovat muun muassa ympäristötieteet ja terveydenhuolto. CSC:ssä on kehitetty monifysikaalisiin mallinnustehtäviin soveltuvaa Elmer-ohjelmistoa kymmenen vuoden ajan. Vuonna 2003 Elmerillä tutkittiin muun muassa radiohologrammeja, ydinjätteen loppusijoitusta ja akustisia komponentteja. Lisätietoa sovelluksista voi kysyä Mikko Lylyltä CSC:stä.

CSC:ssä vieraileva tutkijatohtori Petri Kere mallintaa Elmerin avulla komposiittirakenteita. Hän pyrkii löytämään optimointimenetelmien avulla ratkaisuja komposiittirakenteita käyttävien yritysten suunnitteluongelmiin.

Keväällä 2004 lähdemme kehittämään simulointityökalua piiteollisuuden tarpeisiin. Mallinnuskohteet alkavat puolijohdeteollisuuden raaka-aineesta eli piikiekkojen tuotannosta ja päättyvät esimerkiksi "lab-on-the-chip" tuotteisiin, jossa vaikkapa kemian analytiikka ja tiedon prosessointi integroidaan samalle piilastulle. Projektipäällikkö Antti Pursula kertoo mielellään lisää tavoitteistamme.

Kuten edellisistä esimerkeistä käy ilmi, CSC haluaa olla kumppanina ratkomassa poikkitieteellisiä haasteita. Pohdimme mielellämme yhdessä tutkijoiden kanssa, miten voimme tehostaa mallintamista ja ongelmanratkaisua.

Mistä löytyy lisätietoa CSC:n palveluista? Koulutuskalenterimme on [www-osoitteessa](#)

<http://www.csc.fi/suomi/koulutus/>. CSC:n julkaisuista löytyy tietoa osoitteesta <http://www.csc.fi/lehdet/>. Elmer-ohjelmisto on saatavilla ilmaiseksi akateemiseen käyttöön osoitteesta <http://www.csc.fi/elmer/>.

OPIINNÄYTTEET

VÄITÖSKIRJA

Työkaluja tehokkuuden arviointiin ja resurssien allokointiin

Mikko Syrjäsen taloustieteiden kvantitatiivisten menetelmien alaan kuuluva väitöskirja "Data Envelopment Analysis in Planning and Heterogeneous Environments"

Vastaväittäjä: professori **Peter Bogetoft** (The Royal Veterinary and Agricultural University, Tanska)

Tarkastettavassa väitöskirjassa on kehitetty menetelmiä ja käytäntöjä tehokkuuden arviointiin sekä resurssien allokointiin. Väitöksessä on käsitelty niihin liittyviä teoreettisia kysymyksiä sekä tarkasteltu käytännöllisestä näkökulmasta toiminnan kuvaamisessa käytettävien panosten ja tuotosten sekä erityisesti toimintaympäristöä kuvaavien tekijöiden valintaa. Neljästä itsenäisestä artikkelista koostuvan työn perustana on tehokkuuden ja tuottavuuden arviointisovelluksissa laajan suosion saavuttanut Data Envelopment Analysis (DEA) -menetelmä. Sen perusajatuksena on mallintaa tuotantomahdollisuuksia ja arvioida niiden tehokkuutta vertaamalla keskenään useita samankaltaisia yksiköitä numeeristen panos- ja tuotostietojen perusteella.

Väitöksessä vertaillaan toimintaympäristön erojen huomioimiseen esitettyjä mallintamistapoja ja osoitetaan niiden taustaoletukset erilaisiksi. Lähestymistavat ovat toisiaan täydentäviä, ja ne on yhdistetty uuteen mallikehikkoon. Se helpottaa DEA-mallien hyödyntämistä tilanteissa, joissa on käytettävissä erityyppisiä toimintaympäristöä kuvaavia indikaattoreita. Väitöksessä myös analysoidaan ensimmäistä kertaa preferenssi-informaation huomioimisen tärkeyttä ja käytännön vaikutuksia tilanteessa, jossa DEA-

menetelmän pohjalta asetetaan toiminnalle tavoitteita. Opiskelijakokeen pohjalta voidaan päätellä, että preferenssi-informaation huomioiminen vaikuttaa selvästi asetettuihin tavoitteisiin. Preferenssit tulisikin ottaa huomioon tavoitteita asetettaessa aina, kun se on mahdollista.

Väitös laajentaa aiemmin ehdotettuja malleja, joilla resursseja tai tuotoksia allokoidaan useiden yksöiden välillä. Työssä esitetään uudenlainen viitekehys, jossa on erotettu toisistaan yleiset tuotantomahdollisuudet ja yksiköiden mahdollisuudet muuttaa omaa toimintaansa lyhyellä aikavälillä. Tämä helpottaa mallien soveltamista, kun toiminnan muuttamiselle on käytännöllisiä rajoitteita. Lisäksi ehdotetaan monitavoitteisen lineaarisen optimoinnin menetelmien käyttämistä ongelman ratkaisemisessa. Tämä auttaa vertailemaan vaihtoehtoisten päätösten seurauksia. Tehokkuuden arviointiprosessin vaiheita eli panos- ja tuotostekijöiden ja mallin spesifikaatioiden valintaa käsitellään suomalaisten sähköjakeluyhtiöiden tehokkuuden arviointimallin kehitystyön pohjalta. Tulokset korostavat toimintaan vaikuttavien tekijöiden sekä panosten ja tuotosten välisten riippuvuussuhteiden ymmärtämisen tärkeyttä.

KATKOJEN MYSTEERIÄ RATKOMASSA – DIPLOMITYÖ

PAPERIKONEEN MÄRKÄOSAN TEHOKKUUSANALYYSISTÄ

Satu Vapaakallio

*Kirjoittaja valmistui diplomi-insinööriksi tammikuussa 2004 TKK:n tuotantotalouden osastolta. Diplomityö *Efficiency Analysis for Paper Machine Wet End Performance* kuuluu systeemi- ja operaatiotutkimuksen alaan ja tehtiin M-Real oy:n toimeksiannosta.*

Koko paperinvalmistusprosessin tehokkuutta seurataan vakiintuneilla hyötysuhdeajatteluun perustuvilla tunnusluvuilla. Jatkuvassa prosessituotannossa systeemin kokonaistehokkuus riippuu sen heikoimmasta osasta, joten on olennaista etsiä kytkentöjä prosessin eri osien ja tehokkuushävikin välillä.

Tässä diplomityössä selvitettiin paperikoneen märkäosan roolia tehokkuushävikissä. Märkäosalla käsitetään valmistusprosessin alkuosaa, jossa veden osuus massasta on

huomattava ja jossa massaan vielä lisätään prosessikemikaaleja. Kuivaosassa kulkeva raina näyttää jo paperilta ja sen ominaisuudet eivät enää merkittävästi muutu.

Märkäosan mallinnusproblematiikka

Paperikoneen märkäosan tapahtumat määräävät suurelta osin lopputuotteen ominaisuudet, joten sen syy-seuraussuhteiden tunteminen on tärkeää. Märkäosan hallinta on ollut kuivaosaa heikompi johtuen esimerkiksi monimutkaisia kemiallisia ominaisuuksia luotettavasti ja reaaliaikaisesti käsittelevän mittausteknologian kehityshaasteista. Problematiikassa on kiinnostavaa, että heti annostelun jälkeen kemikaalit ja muut raaka-aineet kadottavat identiteettinsä ja sulautuvat massan osiksi. Vuorovaikutusmekanismit ovat monimutkaisia, koska kemikaaleja annostellaan prosessin eri kohdissa ja perusmuuttujatkin, kuten lämpötila sekä sellun ja kemikaalien ominaisuudet, vaihtelevat. Märkäosan käyttäytymisen ennustettavuuden parantamiseksi olisi siis löydettävä mittareita, jotka liittäisivät nykyisin mitattavia suureita prosessin myöhemmissä vaiheissa esiintyviin toivottuihin tai ei-toivottuihin ominaisuuksiin, tarkkoja aiheutumismekanismeja tuntematta.

Katko tuotannossa heikentää kokonaistehokkuutta. Aikaa, raaka-aineita ja työtunteja menee hukkaan ja kestää aikansa, ennen kuin uudelleen käynnistetty tuotantoprosessi kemikaalipitoisuksineen stabiloituu. Reikien paperirainassa on ajateltu ennakoivan katkoa ja reikäinen raina itsessään on huono asia korkealaatuisen lopputuotteen kannalta.

Datan kimppuun

Märkäosan yhteyttä ratakatkoihin ja reikiin paperirainassa tutkittiin aluksi varianssien F-testillä sekä kahden otoksen t-testillä. Testeillä selvitettiin, onko märkäosan muuttujien variansseissa ja odotusarvoissa eroja katkotilanteen ja normaalin käyntiajan välillä, ja toisaalta sitä, eroaako märkäosan kemiallinen tila tavanomaisesta täysin reiättömän tuotannon aikana.

Tutkittuja muuttujia oli 95, joista muutamaa mitattiin säännöllisesti laboratoriokokein, loput olivat jatkuvamittauksisia. Mittausdatan puhdistamisen jälkeen arvoja oli kullekin muuttujalle 667. Data jaettiin kahtia: toista puolikasta käytettiin mallin tai testin

tekemiseen ja toista oikeellisuuden tarkistamiseen.

Työssä löydettiin kolme jatkuvamittauksista muuttujaa, joiden odotusarvot poikkesivat ratakatkotilanteessa häiriöttömän käyntiajan odotusarvoista molemmissa datapuoliskoissa. Märkäosan kemiallisessa tilassa oli joidenkin muuttujien osalta eroja reiättömän konerullan aikana verrattuna keskivertotuotantoon. Hyvin pieniä reikiä tutkittaessa eroavia muuttujia löytyi runsaasti, suurempien reikien osalta vain muutama.

Suurin osa variansseista pysyi muuttumattomana katkon tai reiän aikana. Näyttäisi siis siltä, että *itse muutos* tai äkillinen, yllättävä poikkeama *ei* aiheuta katkoa tai reikää. Vaikuttaa pikemminkin siltä, että kyse on hitaammasta, vaikeammin havainnoitavasta ilmiöstä.

Mallinvalintaa ja syy-seuraussuhteita

Kemiallista systeemiä tutkittaessa on yksittäisten mittauksien lisäksi tutkittava eri muuttujien yhteisvaikutusta. Tässä muuttujien yhteisvaikutusta ratakatkojen syntyyn tutkittiin logistisella regressiolla. Muuttujanvalintaan käytettiin Efrogmsonin askellusalgoritmia. Paras muuttujayhdistelmä selitti 88 prosenttia ja ennusti 53 prosenttia ratakatkoista. Datassa esiintyi paljon multikollineaarisuutta, mikä saattaa kertoa taustalla vaikuttavasta makrotason ilmiöstä.

Regressiomallin rakentamista hankaloitti syy-seuraussuhteiden ongelmallisuus: esimerkiksi hyllyn lisäämisen massaan uskotaan kasvattavan katkon todennäköisyyttä, mutta katkon syntyessä syntyy myös hylkyä, jota lisätään massaan säiliöiden täytyessä. Moni muuttuja on siis samalla ilmiön potentiaalinen *syy* ja *seuraus*. Tämä karikko pyrittiin kiertämään sovittamalla data siten, että katko- tai reikätilannetta vastaavat muuttujat edelsivät ajallisesti tilannetta.

Kun mallinnetaan regressiolla systeemiä, johon liittyy paljon muuttujia, törmätään aina muuttujanvalintaongelmaan. Eri muuttujanvalinta-algoritmit saattavat tuottaa täysin eri malleja. Ongelma ei tässä työssä ollut kriittinen, koska tarkoituksena ei ollut löytää tarkkaa parametrissa ennustemallia, vaan eksploratiivisesti etsiä muuttujayhdistelmiä, jolla saattaisi olla vaikutusta häiriötilanteiden syntyyn. Monimuuttujamenetelmiä, jotka laskennallisesti sopivat yleistettyä lineaarista regressiota paremmin suurien

muuttujamäärien käsittelyyn, on käytetty joissakin aiemmissa paperikoneen märkäosaa käsittelevissä diplomitöissä. Hankaluutena näissä menetelmissä, ainakin teollisuudessa käytettäessä, on heikko intuitiivisuus. Faktoreita ja komponentteja on tyypillisesti vaikea tulkita. Logistisen regressiomallin muuttujien vastetodennäköisyyttä kasvattava tai pienentävä vaikutus taas on helposti ymmärrettävissä.

Viime aikoina on kehitetty esimerkiksi bayesilaiseen logiikkaan ja neuraaliverkkoihin perustuvia menetelmiä ratkomaan muuttujanvalintaongelmaa. Nämä menetelmät vaikuttavat lupaavilta myös paperinvalmistusprosessin näkökulmasta. Teollisuuden käyttöön menetelmät rantautunevat vasta myöhemmin, koska niiden soveltaminen vaatii perehtyneisyyttä ja teollisuuskäyttöön sopivia ohjelmistoja ei ole kaupallisesti saatavilla.

Eroon parametrimalleista: DEA

Erilaiset ei-parametriset menetelmät sopivat hyvin paperikoneen märkäosan tehokkuusanalyysiin, koska yleisesti pätevää reikien ja katkojen syntymekanismia ei ole tiedossa. Tässä työssä käytettiin lineaariseen ohjelmointiin perustuvaa Data Envelopment Analysis -menetelmää. DEA:ssa etsitään vertailtavien yksiköiden panoksille ja tuotoksille painokertoimet, joilla kunkin yksikön tuotos-panossuhde on mahdollisimman suuri. Tarkkaa tietä, jota pitkin panokset muuttuvat tuotoksiksi, ei siis tarvitse tietää, mutta tuotoksien tulisi aiheutua juuri valitusta panosjoukosta. DEA:n epäkohtia ovat datassa mahdollisesti esiintyvän kohinan käsitteleminen todellisena signaalina ja vaatimus vertailtavien yksiköiden suurehkosta määrästä suhteessa muuttujien määrään.

DEA:n panoksiksi valittiin veden, höyryn, täyteaineen ja prosessikemikaalien kulutus sekä kuituhäviö. Prosessikemikaalien hintatietoja käytettiin kustannustehokkuuden laskemiseen. Tuotoksina tarkasteltiin reikien ja katkojen määrää sekä katkojen kestoa. Alun perin oli tarkoitus vertailla eri tuotantoyksiköitä keskenään. Tämä suunnitelma osoittautui epärealistiseksi, koska yksiköt erosivat toisistaan monessa suhteessa, esimerkiksi paperikoneen teknisissä ominaisuuksissa ja raaka-ainereseptissä. Tärkein ero oli kuitenkin se, että eri yksiköt käyttivät erilaisia tietojärjestelmiä. Datan määrä, laatu ja formaatti vaihtelivat paljon; eri yksiköistä oli saatavilla eri muuttujia ja eri tavalla mitattuna. Yksiköt olivat siis periaatteessa keskenään vertailukelpoisia, koska ne suorittivat selvästi samaa perustehtävää, mutta niistä saatava *data* oli ei ollut

yhteismitallista. Työssä päädyttiin vertailemaan yksiköitä ”itseään vastaan”: tutkittiin tehokkuuseroja eri ajanjaksojen välillä.

DEA märkäosan tehokkuusanalyysissä nyt ja tulevaisuudessa

Tämän analyysin perusteella tutkitut koneet toimivat tehokkaammin teknisesti kuin kustannusmielessä. Kiinnitetystä raaka-aineyhdistelmästä siis osattiin tehokkaasti tuottaa reiätöntä ja katkotonta paperirainaa, mutta juuri nämä raaka-aineyhdistelmät eivät välttämättä olleet optimaalisia. Tutkittujen jaksojen tehokkuuserot olivat suuria, mutta tuloksiin on suhtauduttava varauksin, koska riittävästi dataa analyysin perusteelliseen validoimiseen ei ollut saatavilla. Jatkossa tehokkuusanalyysin kannalta olisi olennaista kartoittaa yksiköiden tietojärjestelmät ja selvittää niistä saatavien arvojen vertailtavuus. Pidemmällä aikavälillä tehokkuusanalyysiä voisi helpottaa automatisoimalla datan keruun siten, että eri yksiköistä saataisiin dataa yhteen tietokantaan.

DEA:ta on tähän mennessä käytetty lähinnä koulujen, sairaaloiden, pankkien, kansantalouksien ja kappaletavaratuotannon tehokkuusanalyysiin. Jatkuvassa prosessituotannossa DEA-analyysin kohteeksi on otettava enemmän tai vähemmän keinotekoisesti rajattu ”tuokiokuva”, koska esimerkiksi paperinvalmistuksessa ei ole mitään luontaisia tarkastelujaksoja tai sisäänrakennettua syklisyyttä. Osaprosessin tehokkuusanalyysin ongelmana taas on se, että lopputuote ei ole mitenkään yksiselitteinen. Paperikoneen märkäosassa raaka-aineet kulkevat välivarastottoman prosessin läpi ja jatkavat saumattomasti kuivaosaan, joten ei ole mielekäästä vertailla, *kuinka paljon* lopputuotetta saatiin tuotettua. Kiinnostavampaa on tutkia, *kuinka laadukkaasti ja häiriöttömästi* juuri näistä raaka-aineista tuotettiin paperia, tai kääntäen, *millä eri raaka-aineiden määrällä* päästiin tähän laatutasoon.

Diplomityö: Mittauksiin ja ennusteisiin perustuvien sähkötaseen laskentamallien kustannustehokkuuden vertailu

Mika Gillberg

Työn valvoja: Prof. Raimo P. Hämäläinen

Työn ohjaaja: DI Heikki Kosonen, Fortum Power and Heat Oy

UUSI SÄHKÖTASEEN LASKENTAMALLI TEHOSTAA SÄHKÖYHTIÖN TOIMINTAA

Mika Gillbergin diplomityössä on suunniteltu ja toteutettu uusi reaaliaikainen sähkötaseen laskentamalli sähkömarkkinoilla toimivalle yritykselle. Malli tehostaa yrityksen toimintaa parantamalla sähkötoimitusten ennustetarkkuutta sekä mahdollistamalla taseen laskennan ilman raskasta energiamittausjärjestelyä. Ennustetarkkuuden parantuminen tuottaa välitöntä taloudellista hyötyä pienentyneinä sähkönhankinnan kustannuksina. Mittausjärjestelystä luopuminen vapauttaa valvontaresursseja muihin tehtäviin sekä säästää merkittävästi yrityksen tietoliikenne- ja palvelumaksuja.

Laskentamalli on toteutettu osaksi Fortum Power and Heat Oy:n energianhallintajärjestelmää. Mallia käytetään päivittäisen toiminnan tukena sähkötaseen valvonnassa sekä asiakkaille myytävän sähkön hankinnassa. Mallilla ennustettava sähkönkulutus vastaa noin kymmenen prosentin osuutta koko Suomen sähkönkulutuksesta.

Sähkömarkkinoiden vapauduttua vaiheittain 1990-luvun puolivälin jälkeen markkinoilla toimivat yritykset ovat joutuneet sovittamaan toimintatapojaan uusiin olosuhteisiin. Eräs uusi vaatimus on ollut sähkötaseen eli sähkön hetkellisen tuotannon ja toimituksen välisen tasapainon jatkuva valvonta ja ylläpito (tasehallinta). Tasehallinnan toteutus on yleensä perustunut sähkötoimituksen ja –tuotannon reaaliaikaiseen mittaamiseen. Sähkömarkkinoiden sääntöjen vakiinnuttua uusiin olosuhteisiin sopivien mallien kehittäminen on tullut mahdolliseksi. Tämä on tarkoittanut markkinoiden vapautumisen

yhteydessä nopeasti syntyneiden toimintamallien analysointia ja kriittistä arviointia.

Toimituksen ja tuotannon välisen epätasapainon kustannus määräytyy tasesähkömarkkinoilla. Kustannukseen vaikuttaa epätasapainon suuruus ja sen hinta. Hinta määräytyy koko maan vastaavan tasapainon sekä sen korjaamiseksi tehtyjen toimenpiteiden kustannusten perusteella. Toteutuneilla hinnoilla ja simuloidulla epätasapainolla voidaan arvioida epätasapainon kustannuksia.

Taseen reaaliaikainen laskenta perustuu joko mittauksiin tai ennusteisiin. Mittauksissa on aina viivettä, joten niistä tunnin aikana laskettu tase-estimaatti sisältää epävarmuutta. Ennustevirhe aiheuttaa epävarmuutta ennusteisiin perustuvaan tase-estimaattiin. Epävarmuus tarkoittaa, että reaaliaikainen tasehallinta tehdään aina ilman tarkkaa tietoa taseen hetkellisestä arvosta. Taseen arvo poikkeaa siten nollost, joten toimitus ja kulutus jäävät epätasapainoon. Epätasapainon suuruus riippuu käytetyn estimaatin epävarmuudesta. Työssä on laskettu epävarmuuden kustannus ja verrattu sitä lähtötietojen hankintaan kohdistuvaan kustannukseen. Lopputulos oli, että hyvillä ennusteilla päästään mittauksiin verrattuna riittävän pieneen lisäepävarmuuteen. Suuremman epävarmuuden lisäkustannus on huomattavasti pienempi kuin mittausjärjestelyn hankinnan ja ylläpidon aiheuttama kustannus.

Toteutettu taselaskentamalli perustuu uuteen sähkötoimituksen ennustemalliin, jossa on huomioitu vapautuneiden sähkömarkkinoiden asettamat vaatimukset. Ennuste kohdistuu suoraan suurasiakkaisiin, jolloin kokonaisuus voidaan hallita myös muutostilanteissa. Tarkastelutaso on huomattavasti aikaisempaa yksityiskohtaisempi. Sähkönkulutukseen merkittävästi vaikuttava ulkolämpötila on paikallinen suure. Lämpötilaa voidaan hyödyntää ennustamisessa sitä tarkemmin, mitä paremmin ennustettavien kohteiden maantieteellinen sijainti on tiedossa. Uusi ennustemalli mahdollistaa myös asiakaskohtaisen ennustettavuuden hyödyntämisen sähkötoimitusten hinnoittelussa.

Diplomityö: Sekundäärienergian hyödyntäminen, hallinta ja raportointi hiomopaperikone-integraatissa

Ari Maarni

Työn valvoja: Prof. Harri Ehtamo

Työn ohjaaja: DI Teppo Mattsson

HIOMON LÄMPÖTILOJEN HALLINNALLA ENERGIAKUSTANNUS-SÄÄSTÖJÄ JA LAADUKKAAMPAA PAPERIA

Paperikoneen yhteydessä toimivan, mekaanista massaa tuottavan, hiomon kiertovesiin hiontaprosessissa sitoutunutta ylimäärälämpöä, voidaan hyödyntää tehokkaasti perälaatikolle ajettavan massaseoksen lämmityksessä. Hiomon kiertovesiin sitoutunut ylimäärälämpö siirretään erillisillä, tarkkaan mitoitetuilla, lämmönvaihtimilla paperikoneen nollavesikiertoon. Siirretty lämpö korvaa paperikoneen viirakaivon suoraan hyörylämmitykseen käytettävää tuorehöyryä ja johtaa täten paperikoneen energiakustannusten pienentymiseen. Raumalla UPM-Kymmene Paperikone 2-Hiomo2 välisen lämmönvaihdinlaitosuusinnan yhteydessä tehdyn diplomityön tuloksena saavutettiin n. 1 MW:n ympärivuotuisen säästö energian kulutuksessa. Jos tarkastellaan ainoastaan saavutettuja energiakustannussäästöjä, niin rahaksi muutettuna lämmönvaihdinlaitosinvestointi johtaa nettonykyarvoltaan 155 000 euron säästöön.

Hiomon ja paperikoneen välisen lämmönvaihdinlaitoksen toteutuksessa on otettava huomioon useita eri tekijöitä, koska sekä hiomon että paperikoneen vesikiertojen lämpötilat ovat erittäin herkkiä prosessimuutoksille. Diplomityössä kiinnitettiin saavutettavien energiakustannussäästöjen ohella huomiota lämmönvaihdinlaitoksen järkevään toteutukseen myös säädöllisestä näkökulmasta katsottuna. Diplomityön haasteellisimmaksi tavoitteeksi asetettiin lämmönvaihdinlaitoksen säädön toteutus siten, että hiomon nollavesisäiliön lämpötila saataisiin stabiloitumaan empiirisesti optimaaliseksi havaittuun 68 °C:seen. Nollavesisäiliöstä otettavan hiomokoneiden suihkuveden optimaalinen ja tasainen lämpötila on avainasemassa tuottaessa homogeenista ja vaaleustasoltoon riittävän korkeaa hioketta. Suihkuveden liian korkea lämpötila johtaa pahimmassa tapauksessa massan palamiseen ja äkilliset lämpötilan

vaihtelut johtavat hiomakivien ennenaikaiseen kulumiseen.

Diplomityössä kehitetyllä dynaamisella mallilla tutkittiin lämmönvaihdinlaitoksen säätömahdollisuuksia. Parhaaksi vaihtoehdoksi havaittiin nollavesisäiliön taselaskentaan perustuva säiliön lämpötilan kaskadisäätö. Kaskadisäädön periaate on asettaa nollavesisäiliöön päätyvien virtauksien keskimääräinen lämpötila 68 °C:seen, jolloin myös pitkällä aikavälillä säiliön keskimääräinen lämpötila on 68 °C. Kaskadisäädön toteutuksessa jouduttiin tekemään useita oletuksia vajaan prosessimittausten vuoksi. Haastetta aiheutti myös se, että säätöön oli mahdollista käyttää vain yhtä lämmönvaihdinta, koska muiden lämmönvaihtimien säätäminen olisi aiheuttanut liian nopeita muutoksia paperikoneen perälaatikkomassan lämpötilassa.

Kaskadisäädöllä saavutetut tulokset olivat hyviä ja rohkaisevia. Tutkitulla aikajaksolla sekä nollavesisäiliön että suihkuveden keskimääräinen lämpötila oli lähellä 68 °C:n tavoitetta. Nollavesisäiliön lämpötilan keskihajonta pieneni tutkitulla aikajaksolla 50 % ja suihkuveden 80 %. Nollavesisäiliön lämpötilan kaskadisäädöllä saavutettavan tuotannollisen edun rahallinen arvionti on mahdotonta, mutta selvää on, että hiokkeen tasaisempi laatu johtaa myös parantuneeseen paperin laatuun ja tätä kautta kilpailulliseen etuun.

Diplomityö: Systematic Management of Technical Intelligence in a Small High-Tech Company

Max Mether

Työn valvoja: Prof. Ahti Salo

Työn ohjaaja: DI Janne Mettovaara

BUSINESS INTELLIGENCE PASSAR ÄVEN FÖR SMÅ TEKNISKA FÖRETAG

I ett inom kort utkommande diplomarbete utreder Max Mether hur Business Intelligence kan anpassas till företag som avviker från det normala. I arbetet undersöks ett litet företag i telekombranschen och implementeringen av ett Business Intelligence system i företaget beskrivs.

Business Intelligence är en systematisk process som strävar till att förbättra beslutsfattandet i företaget. För att uppnå detta måste information organiseras och analyseras. Detta sker vanligen i en cyklisk process bestående av fem steg. Först måste själva processen planeras och målet för processen fastställas. Därefter samlas data från diverse olika källor, som sedan organiseras och behandlas. Denna organiserade information kan sedan användas för analyser av diverse olika sort, som till sist presenteras för beslutsfattarna. Om processen lyckas så medför analyserna information (s.k. intelligence) till beslutsfattarna så att deras beslutsprocess förbättras. Processen blir cyklisk i och med att respons från beslutsfattarna utnyttjas i följande planeringsskede till att förbättra processen.

För att kunna implementera en sådan process i ett företag krävs det en hel del resurser. Det behöves någon som ansvarar för processen och övervakar den, datasamlare som samlar data, informationsbehandlare som organiserar och lagrar informationen, analytiker som analyserar informationen osv. Oftast tillsätts en s.k. intelligence-enhet i företaget som ansvarar för processen. För ett litet företag kan det vara svårt att finna de önskade resurserna. Därför kan små företag ofta inte implementera ett Business Intelligence system i sin helhet utan måste ty sig till kompromisslösningar.

Företaget som undersöks i diplomarbetet har också andra särdrag. Företaget är ett rent F&U företag där ingen egentlig produktion sker. Enda produktionen som sker är tillverkningen av demonstratorer. Detta i sin tur leder till att marknadsinformation inte är lika viktigt för företaget, utan istället krävs det mera teknisk information. Information om pågående forskningsprojekt i andra företag och i universitet är information som är viktig för företaget. Också information om patenter och nya produkter inom branschen är viktigare än sedvanlig Business Intelligence.

Trots dessa särdrag visar diplomarbetet att det går att implementera ett Business Intelligence system i företaget. Arbetet beskriver hur denna process går till, och hur de små resurserna kan användas. I företaget finns det ingen möjlighet att skapa en egen enhet för systemet, och ingen i företaget har heller möjlighet att spendera mycket tid på systemet. Genom att inte tillämpa Business Intelligence alltför bokstavligt utan istället införa en viss smidighet i processen lyckas man dock skapa ett fungerande system. I detta system medverkar alla i företaget och uppgifterna i systemet varierar från fall till fall.

Någon kan alltså fungera som analytiker i ett fall för att sedan fungera som informationskälla i nästa.

Arbetet visar alltså att Business Intelligence också passar för små företag och företag som har andra särdrag. Det krävs dock att processen utvecklas så att företagets små resurser kan utnyttjas maximalt och dess särdrag tas i beaktande.

Diplomityö: Optimoiva selvitysalgoritmi arvopapereiden selvitysjärjestelmässä

Teemu Nyholm

Työn valvoja: Prof. Ahti Salo

Työn ohjaaja: KTM Tero Bister

OPTIMOIMALLA TEHOKKUUTTA ARVOPAPERIKAUPPOJEN SELVITTÄMISEEN

Nykyaikaisilla arvopaperimarkkinoilla arvopaperikauppaa käydään pääsääntöisesti sähköisillä arvo-osuuksilla arvopaperipörssien kaupankäyntijärjestelmissä. Arvopapereiden selvitystoiminnalla tarkoitetaan arvopaperikaupassa kaupan osapuolille muodostuvien velvoitteiden määrittämistä sekä kauppojen toteuttamista. Arvopaperiselvityksen seurauksena toteutetaan arvo-osuuksien tilisiirrot arvopapereiden säilytysjärjestelmässä sekä maksut kaupan osapuolten välillä. Suomessa arvopaperikaupan eri toiminnoista vastaa keskitetysti Helsingin pörssi eli HEX Oyj.

Arvopapereiden selvitystoiminnassa toimituspuutteet ovat jokapäiväisiä: kaupan selvityspäivänä myyjäosapuolella ei ole myytyjä arvo-osuuksia saatavilla tai ostajalla ei ole rahaa varattuna selvitysjärjestelmään. Tällöin kaupan selvittäminen lykkääntyy. Selvittämättömät kaupat aiheuttavat ketjureaktioita arvopaperiselvityksessä: toteutumattomien tilisiirtojen takia yhä useammissa kaupoissa esiintyy toimituspuutteita. Kun kaikkia kauppvoja ei voida selvittää, joudutaan suorittamaan valintoja selvitettävien kauppojen välillä. Teknillisen korkeakoulun Systemianalyysin laboratoriossa 24.2.2004 tarkastettavassa diplomityössä Teemu Nyholm esittää, kuinka arvopaperiselvityksessä selvitettävien kauppojen valintaa voidaan tarkastella matemaattisena optimointitehtävänä,

jossa pyritään maksimoimaan selvityspäivänä kokonaisuudessaan selviävien arvo-osuuksien lukumäärää ja näin tehostamaan arvopapereiden selvitystoimintaa.

Diplomityössä Nyholm esittää matemaattisen mallin selvitettävien arvopaperikauppojen valinnan ongelmalle ja muotoilee mallin pohjalta lineaarisen sekalukuoptimointitehtävän, jonka perusteella selvitettävien kauppojen ongelma voidaan ratkaista. Nyholm osoittaa laskennallisen kompleksisuuden teoriaan nojautuen, että arvopaperiselvityksen tehtävien suurista mittasuhteista johtuen esitettyä optimointitehtävää ei voida selvitysjärjestelmässä ratkaista tarkasti vaan joudutaan tyytymään approksimatiivisiin ratkaisuihin. Diplomityössä analysoidaan arvopaperiselvityksessä kohdattavia kauppa-aineistoja ja esitetään analyysin perusteella laskennallisesti riittävän tehokas heuristinen optimointialgoritmi. Nyholm testaa esitetyn algoritmin erilaisia toteutusvaihtoehtoja ja ominaisuuksia Helsingin pörssin kaupankäyntijärjestelmästä poimitulla todellisella kauppa-aineistolla ja valitsee testien sekä kvalitatiivisen analyysin perusteella parhaan toteutusvaihtoehdon selvitysalgoritmille. Valintakriteereissä painotetaan erityisesti algoritmin luotettavuutta, laskennallista tehokkutta ja riittävää yksinkertaisuutta, jotta sen toimintaperiaate on helposti kaikkien arvopaperikaupan intressiryhmien ymmärrettävissä.

Diplomityössä esitettyyn selvitysalgoritmiin perustuva selvitettävien kauppojen vainta-algoritmi otettiin tuotantokäyttöön Helsingin pörssin uudessa osakeselvitysjärjestelmässä joulukuussa 2003.

TAPAHTUMAKALENTERI

HUHTIKUU 2004

29.4 FORSin vuosikokous

Tuotantotalouden osasto, TKK, Espoo

TOUKOKUU 2004

18.5. FORS-iltapäiväseminaari

Tietotekniikan osasto, TKK, Espoo

<http://www.optimointi.fi>

21.-26.5. SIIDA Summer Course: Soft Computing in Business and Economics

HKKK, Helsinki

<http://hkkk.fi/methods/fuzzy/>

24.5.-28.5. ESGI50 -

Teollisuusmatematiikan työpaja

Teknillinen korkeakoulu, Espoo

<http://www.csc.fi/esgi50/>

KESÄKUU 2004

21.-23.6. APMOD2004: Applied Mathematical Programming & Modeling

London, UK

<http://www.apmod.org.uk>

HEINÄKUU 2004

4.-7.7. EURO XX Conference

Rhodes, Greece

<http://www.Euro-rhodes2004.org>

9.-25.7. EURO Summer Institute – Optimization and Data Mining

Ankara, Turkey

<http://www.opti2004.fc.ul.pt>

24.-28.7 European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering

Jyväskylä, Finland

<http://www.mit.jyu.fi/ecomas2004>

ELOKUU 2004

16.-18.8. Modeling, Simulation and Optimization: MSO 2004

Kauai, Hawaii, USA

<http://www.iasted.com/conferences/2004/hawaii/mso.htm>

24.8.-1.9. Summer Institute on Bounded Rationality in Psychology and Economics

Berlin, Germany

<http://www.mpib-berlin.mpg.de/SummerInstitute>

SYYSKUU 2004

5.-6.9. International DEA Symposium 2004

Birmingham, UK

<http://www.DEAzone.com/DEA2004>

22.-24.9. 15th Mini-EURO Conference – Managing Uncertainty in Decision Support Models (MUDSM 2004)

Coimbra, Portugal

<http://www.inescc.pt/mudsm2004>

LOKAKUU 2004

24.-27.10. INFORMS Annual Meeting

Denver, Colorado, USA

<http://www.informs.org/Conf/Denver2004>

MARRASKUU 2004

Decision Sciences Institute Annual Conference

Boston, USA

<http://www.decisionsciences.org>

Ks. myös tapahtumakalenterit:

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

<http://www.ifors.org>

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