

INFORS

Suomen Operaatiotutkimusseuran jäsenlehti

1/2007

-



FORS, Suomen operaatiotutkimusseura ry
Finnish Operations Research Society
www.operaatiotutkimus.fi

**Suomen
Operaatiotutkimusseura ry:n
jäsenlehti**

N:o 1 - 2007

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

**Vastaava päätoimittaja,
seuran puheenjohtaja:**

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

Toimittaja, seuran sihteeri:

Jussi Kangaspunta
Teknillinen korkeakoulu
Systeemianalyysin laboratorio
PL 1100
02015 TKK
Puh. (09) 451 3052
email: jussi.kangaspunta@tkk.fi

Jäsenmaksun suuruus:

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

Mainoshinnat:

Sivu 100 euroa
Sivu / 2 eri numeroa 150 euroa

SISÄLTÖ

<i>Puheenjohtajan palsta</i>	<i>3</i>
<i>LONDON BUSINESS SCHOOL 2006-2007 TUTKIJAVIERAILU...</i>	<i>6</i>
<i>Operaatiotutkimus KONEen suurprojekteissa</i>	<i>8</i>
<i>FORS-seminaari 30.11.2006</i>	<i>13</i>
<i>Suomen metsäsektori nyt ja tulevaisuudessa</i>	<i>13</i>
<i>Puutuoteteollisuuden jalostusketjujen optimointi metsästä tuotteeksi</i>	<i>19</i>
<i>Opinnäytteet</i>	<i>29</i>
<i>Tulevia tapahtumia</i>	<i>42</i>

PUHEENJOHTAJAN PALSTA

Risto Lahdelma

risto.lahdelma@cs.utu.fi

Hei kaikki vanhat ja uudet seuran jäsenet. Seuramme johtokunta on hieman uudistunut, mutta teemme edelleen kiihtyvään tahtiin töitä operaatiotutkimuksen ilosanoman levittämiseksi yhä laajempaan tietoisuuteen.

Optimisti näkee lasin puolitäytenä, pessimisti puolityhjänä.

Operaatiotutkija näkee lasin kaksi kertaa liian suurena.

Paluuta OR:n kulta-aikaan, jolloin isoilla yrityksillä oli kokonaisia OR-osastoja ja kymmenittäin operaatiotutkijoita ei ole. Tänä päivänä operaatiotutkimus on suurelta osin piilossa eri puolilla organisaatioita ja tietojärjestelmiä. Vaarana on, että uusia ongelmia ratkaistaessa ei välttämättä tiedosteta että kyseinen ongelma on OR-ongelma, ja että siihen on ehkä jo kehitetty malleja, menetelmiä ja ohjelmistoja joita voi käyttää apuna ongelman ratkaisemisessa. Usein kuulee, että yritys on palkannut toisen vuosikurssin opiskelijan toteuttamaan ohjelman jonka pitäisi hakea mahdollisimman hyvä ratkaisu, ja nokkela opiskelija alkaa ilman pohjatietoja keksiä yhä mutkikkaampia heuristiikkoja ongelman ratkaisuun. Kun järjestelmä on lopulta riistäytynyt käsistä, tullaan parhaassa tapauksessa lopulta OR-asiantuntijan puheille, joka huomaa heti että tuohan on standardiongelma, johon löytyy valmis ratkaisu.

Matematiikka = 50% kaavoja + 50% todistuksia + 50% mielikuvitusta.

Tunnettuuden lisäämiseksi seuramme on suunnitellut esitteen, jota voi jakaa seuran toiminnasta, jäsenyydestä ja yleensä OR-menetelmistä kiinnostuneille. Esitettä ovat sponsoroineet Accenture, Fingrid, Kone ja Process Vision. Kiitokset sponsoreille! Samalla seuran logo on uusittu, kuten lehden kannesta nähdään. Ottakaa yhteyttä puheenjohtajaan tai sihteeriin, jos haluatte esitteitä itsellenne tai muille jaettavaksi. Seura on parhaillaan myös suunnittelemassa laajempaa, lähinnä yrityksille jaettavaksi tarkoitettua, OR-menetelmien käyttöönottoa esittelevää vihkosta.

Operaatiotutkimuksen korostamiseksi johtokunta päätti radikaalisti muuttaa seuramme web-osoitteeksi ***www.operaatiotutkimus.fi***. Vanha osoite (www.optimointi.fi) toimii edelleen rinnalla.

Insinöörin mielestä kaavoilla voi approksimoida todellisuutta.

Operaatiotutkijan mielestä todellisuus approksimoi kaavoja.

Matemaatikko ei näe näillä yhteyttä.

Vuonna 2006 OR meni metsään

Vuonna 2006 teimme myös radikaalin päätöksen ottaa seuran toiminnassa käyttöön *teemavuodet*.

Vuoden 2006 teemaksi valittiin metsäsektori, mikä onkin eräs keskeisimpiä OR:n sovellusaloja Suomessa. Käytännössä metsä-teema näkyi siinä, että viime vuoden molemmat seminaarit keskittyivät metsä-alan problematiikkaan. Seminaarit olivat erittäin korkeatasoisia niin esitysten kuin niitä seuranneen vilkkaan keskustelun osalta. Myöhemmin tässä lehdessä on Heikki Smolanderin ja Arto Useniuksen esitykset syysseminaarista. Muiden esitysten materiaali on nähtävissä seuramme www-sivuilla.

Myös vuoden 2006 OR-henkilö, MMT, professori Jyrki Kangas on metsäalalta. Vuoden 2007 alusta hän aloitti metsähallituksen pääjohtajana. Aikaisemmin hän on toiminut mm METLA:ssa ja UPM-Kymmenessä. Hänen viimeaikainen tutkimuksensa on keskittynyt mm monikriteerisen päätöksenteon tukimenetelmien käyttöön osallistavassa luonnonvarasuunnittelussa ja metsän eri käyttömuotojen yhteensovittamisessa.

Energian vuosi 2007

Vuoden 2007 teemaksi valittiin energia. Energia-ala onkin maailmanlaajuisesti eräs tärkeimpiä OR:n sovellusaloja. OR:n suosioon vaikuttaa tietysti se, että energia on kallis ja koko yhteiskunnan kannalta kriittinen hyödyke, jonka tuotantoa, kulutusta ja siirtoa kannattaa suunnitella ja optimoida. Toinen suosiollinen tekijä on se, että energiajärjestelmissä on jo pitkään ollut pitkälle viety prosessiautomaatio mukaanlukien automatisoidut tiedonkeruu- ja käsittelyjärjestelmät. OR:ää on paljon helpompi soveltaa jos luotettavaa ja ajantasaista dataa on valmiiksi olemassa helposti käsiteltävässä muodossa.

Kolmas radikaali muutos seuramme toiminnassa on että vaihdoimme kevät- ja syysseminaarimme keskenään. Tästä lähin kevätseminaarit ovat koko päivän mittaisia ja sovellusläheisempiä, ja syysseminaarit puolen päivän mittaisia ja tutkimuslähtöisempiä. Syynä tähän muutokseen oli se,

että syksy koettiin erityisesti yritys kentässä kiireisemmäksi ajaksi kuin kevät.

Kevätseminaarin 2007 työnimenä on ”*Energiajärjestelmät murroksessa*”, ja kutsumme siihen puhujia ja osallistujia laajalti niin yliopistoista kuin yrityksistäkin. Kasvihuonekaasujen ja muiden päästöjen rajoittamiset, fossiilisten energiamuotojen rajallisuus, uusiutuvien energiamuotojen käyttöönotto, biopolttoaineet, ydinenergian tulevaisuus, kansainvälisten energiemarkkinoiden kehitys ja energian säästö sekä käytön rajoitukset muodostavat niin mutkikkaan kokonaisuuden, ettei siitä ole helppoa muodostaa kokonaiskuvaa. Seminaarimme pyrkii valottamaan tilannetta erilaisista näkökulmista, toivottavasti ei sekoittamaan tilannetta entisestään.

Toivon seuramme jäseniltä ja muilta laajaa osanottoa. Levittäkää tietoa seminaarista kiinnostuneille. Tilaa on rajallisesti, joten ilmoittautukaa ajoissa [www-sivujen kautta](http://www.sivujen.kautta). Tervetuloa!

Monikriteeristä päätöksentekoa 2008

Euro Working Group - Multicriteria Decision Aiding (EWG-MCDA) on EURO:n alainen työryhmä (kts <http://www.inescc.pt/~ewgmcda/>), joka on keskittynyt monikriteerisen päätöksenteon tukemisen metodologiaan ja sovelluksiin. Ryhmään kuuluu kaikkiaan n. 360 jäsentä. Ryhmä järjestää kaksi kertaa vuodessa pienimuotoisia kokouksia (n. 50-80 osallistujaa) eri puolilla Eurooppaa.

Tämän kevään kokous pidetään 12.-14.4. Poznanissa, Puolassa. Kokouksen puheenjohtajana toimii Roman Slowinski. Syksyn kokous on 18.-20.10. Marrakeshissa, Marokossa.

Keväällä 2008 EWG-MCDA kokouksen järjestää FORS Suomessa. Tai piti järjestää Suomessa, mutta aina kun olen asiasta puhunut keski-eurooppalaisten kanssa, he ovat kuulleet ”*Lapissa*”. Siispä Lappiin maaliskuussa 2008! Lopullista kokouspaikka ei ole vielä lyöty lukkoon, mutta vaihtoehtoina ovat Rovaniemen seutu ja pohjoisen hiihtokeskukset.

43.2% kaikista tilastoista on hyödyttömiä.

Lapin kokouksen lähestyessä kutsunkin kaikki MCDA:sta kiinnostuneet osallistumaan. EWG-MCDA -ryhmään voi liittyä yksinkertaisesti lähettämällä postia Jose Figueiralle (figueira@ist.utl.pt). Jäsenyys on ilmainen. Ryhmään kuuluu muuten tällä hetkellä 14 ruotsalaista ja vain 13 suomalaista. Eiköhän näytetä ruotsalaisille.

LONDON BUSINESS SCHOOL 2006-2007 TUTKIJAVIERAILU

www.london.edu

Janne Kettunen

Teknillinen korkeakoulu, Systeemianalyysin laboratorio
London Business School, Decision Sciences (2006-2007)
janne.kettunen@tkk.fi, jkettunen@london.edu

Saavuini Lontooseen 30.8.2006 josta alkoi vuoden mittainen vierailuni London Business Schoolissa.

London Business School on perustettu vuonna 1964. Opiskelijoita korkeakoulussa on noin 1 000 jotka tulevat yli 70:stä eri maasta. London Business School on yksi kahdesta Englantilaisesta kauppakorkeakoulusta joille on myönnetty kaksi kertaa viiden tähden tutkimusluokitus. Korkeakoulu on listattu Financial Times ja Business Week lehdissä maailman 10 parhaimman kauppakorkeakoulun joukkoon.

Saavuttuani Lontooseen meni muutama ensimmäinen päivä vuokra-asunnon etsintään. Asuntoa, kun ei kannata vuokrata näkemättä sitä ensin sillä Lontoossa vuokrat ovat yleensä vuoden pituisia ja sijainnista riippuen 2-3 kertaa kalliimpia kuin Suomessa. Asunnonvuokrauksessa on myös erikoista, että tarvitaan suositus jossa todetaan, että kyseinen vuokraaja on kunniallinen ja luotettava henkilö. Saatua lausunnon asunnonvuokraus kuitenkin sujui ongelmitta. Asunto löytyi kahdeksan minuutin kävelymatkan päästä London Business Schoolilta ja aivan Regent puiston kupeesta. Saatua asuntoasiat kuntoon pääsin aloittamaan tutkimusta.

Tutkimusyhteistyö tapahtuu Lontoossa professoreiden Derek Bunn, Bert De Reyck ja Zeger Degraeve sekä tohtoriopiskelijan Yael Grushka-Cockayne kanssa ja Suomen päässä professori Ahti Salon kanssa. Vierailun aikana tutkimus on keskittynyt kahteen tematiikkaan (i) sähkösovimussalkun riskienhallintaan ja (ii) reaalioptioiden hinnoitteluun huomioiden markkinoilla vallitsevan kilpailun sekä mahdollisuuden kehittää useita eri tuotesukupolvvia. Tutkimuksen ohessa olen myös osallistunut parille eri kurssille sekä toiminut assistenttina business statistics ja computer based financial modeling kurseilla jotka järjestettiin Master in Finance ja senior executive MBA opiskelijoille.

Tutkimukseen London Business School tarjoaa erinomaiset puitteet eikä ole suotta rankattu maailman 10 parhaimman kauppakorkeakoulun joukkoon. Professori Derek Bunn jonka kanssa teen yhteistyötä liittyen ensimmäiseen tematiikkaan on sähkömarkkinoiden mallintamisessa yksi alan johtavia tutkijoita, kun taas Bert De Reyck ja Zeger Degraeve ovat erikoistuneet projektien ja riskienhallintaan. Korkeakoulu houkuttelee paljon vierailevia tohtoriopiskelijoita ja tutkijoita ympäri maailmaa jotka osaltaan luovat innostavan ja kansainvälisen tutkimusilmapiirin. Tällä hetkellä jaankin huoneeni Israelilaisen, Belgialaisen ja Kiinalaisen tohtoriopiskelijan kanssa.

Tutkimuksen ohessa olen ehtinyt viikonloppuisin myös tutustumaan Lontooseen ja sen lähiympäristöön. Lontoo tarjoaa paljon erilaisia tieteellisiä ja taiteellisia virikkeitä. Erityisen kiinnostavia ovat tekniikkamuseo ja luonnontieteellinen museo. Taidemuseoista Tate Modern sekä National Gallery tarjoavat taidemaailman jonka veroista on vaikea löytää. Arkkitehtuurista kiinnostuneille Lontoossa on myös paljon nähtävää, vaikka toinen maailmansota tuhosikin osan vanhemmista rakennuksista. Kaupungin meluista pääsee myös kätevästi rauhoittumaan Lontoon puistoihin. Hyde Park ja Regent Park ovat suuret puistot aivan Lontoon keskustassa joissa järjestetään lämpimillä säillä myös paljon erilaisia tapahtumia juoksukilpailuista ulkoilmakonsertteihin. Vähän keskustan ulkopuolella ovat myös puistot Hampstead Heat ja Richmond Park jotka tarjoavat metsäisemmän tunnelman ja mahdollisuuden nähdä jopa peuroja. Lontoosta on myös helppo tehdä päiväretkiä lähellä oleviin kaupunkeihin. Yhtenä viikonloppuna tein päiväretken rannikkokaupunki Brightonin ja toisena Oxfordiin ja sen vanhoihin yliopistoihin. Erityisen vahvasti mieleen jäi Oxfordin idylliset kapeat kiemuraiset mukulakiviset kujat muratin peittämine yliopistorakennuksineen.

Lontoossa asuminen on kuitenkin erilaista mitä odottaisi. Vaikka Lontoo onkin suurkaupunki, niin Lontoossa rakennukset ovat keskimäärin matalia mikä antaa pikkukaupunkimaisen tunnelman. Toki pilvenpiirtäjiäkin löytyy mutta niitä pitää hakea finanssi-alueelta. Siten Lontoon kukin oma kaupunginosansa on kuin oma pieni kaupunkinsa. Jokaisella kaupunginosalla on uniikki leimansa minkä se saa väestön etniseltä enemmistöltään. Siten muutaman korttelin kävely voi tuoda aivan erilaiseen ympäristöön.

Lontoo on myöskin kuuluisa sateisista ja sumuisista säistään. Vierailuni aikana säät ovat kuitenkin olleet hyvinkin aurinkoisia ja kunnan hernerokkasumua ei ole ollut, kuin kerran. Muuten Lontoon ilmasto on Suomalaisittain varsin lempeä ja vain harvoin kovat tuuliset päivät muistuttavat

Suomalaisia syysmyrskyjä. Korkeakoulussa sisällä on kuitenkin talvella kylmä sillä rakennuksissa on yksinkertaiset ikkunat ja eristyskerrokset ovat ohuita. Varsinkin ruokala on kylmä ja välillä on pitänyt ottaa takki mukaan. Onneksi työhuoneessamme on kuitenkin tehokas ilmastointilaitte joka pitää huoneen lämpimänä ja hanskoja ei tarvitse pitää kädessä kirjoittaessa.

Lopuksi haluan myös mainita lämpimät kiitokset Teknillisen Korkeakoulun tukisäätiölle ulkomaisen jatko-opiskelun apurahasta sekä tutkijankoulutusstipendistä joiden turvin tutkijavierailu on pääosin rahoitettu. Lisäksi haluan kiittää professori Ahti Saloa joka on tukenut vierailua ja saattoi sen alulle.

OPERAATIOTUTKIMUS KONEEN SUURPROJEKTEISSA

Janne Sorsa
KONE Hissit Oy
janne.sorsa@kone.com

KONEella suurprojektiksi määritellään rakennusprojektit, jotka ovat arvoltaan merkittäviä, kestoltaan pitkiä tai teknologisesti vaativia. Suurprojekteissa asiakkaat toimivat maailmanlaajuisesti. Tyypillisiä suurprojekteja ovat esimerkiksi korkeat toimistotalot, lentokentät ja metrot. KONEen suurprojektiyksikkö luonnostelee asiakkailleen vaihtoehtoisia kuljetinratkaisuja jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa, ennen varsinaista tarjouskilpailua.

Korkeissa toimistotaloissa on tyypillisesti useita hissiryhmiä, joissa kussakin on tyypillisesti 4-8 hissiä. Hissiryhmien suunnittelun tavoitteena on esitellä asiakkaan rakennukseen parhaiten sopiva ratkaisu sekä realistinen kuva hissiryhmien palvelutasosta. Suunnittelussa hyödynnetään useita operaatiotutkimuksen menetelmiä samanaikaisesti, jotka liittyvät toisiinsa kiinteästi. Yksinkertaisella todennäköisyysmallilla lasketaan hissiryhmän ennustettu suorituskyky, joka varmennetaan simulaatiolla. Simulaatiossa käytetään samaa reaaliaikaista hissiryhmän ohjausta, mikä on myös lopputuotteessa. Hissiryhmän ohjauksen tulee toimia siten, että ennustettu suorituskyky toteutuu mahdollisimman hyvin.

Ennustettu suorituskyky

Hissiryhmän suorituskyvyn ennustaminen perustuu aamun ylösruehkaan, joka on toimistotalojen kuljetuskapasiteetin kannalta vaativin tilanne. Ylösruehassa kaikkien hissiryhmän matkustajien

oletetaan olevan rakennukseen tulevia henkilöitä. Ulosmenevää ja kerrosten välistä liikennettä ei siis ole tässä tilanteessa lainkaan. Klassiseen todennäköisyyslaskentaan pohjautuvalla ylösruuhka-analyysillä lasketaan hissiryhmälle kuljetuskapasiteetti ja intervalli. Kuljetuskapasiteetilla tarkoitetaan maksimi henkilömäärää, jonka hissiryhmä kykenee kuljettamaan viidessä minuutissa. Intervalli on keskimääräinen aikaväli, jolla hissit lähtevät sisääntulokerroksesta. Intervalli korreloi matkustajien keskimääräisen odotusajan kanssa. Sekä kuljetuskapasiteetille että intervallille on olemassa kansainväliset suositukset, joita noudattamalla rakennuksen hissit suoriutuvat tehtävästään.

Kuljetuskapasiteetti ja intervalli lasketaan hissien keskimääräisestä kiertoajasta. Yhden kierron aikana hissien oletetaan lähtevän 80% kuormalla sisääntulokerroksesta ja henkilöt astuvat ensimmäiseen mahdolliseen hissiin. Hissi kuljettaa henkilöt kohdekerroksiinsa, jonka jälkeen se palaa sisääntulokerrokseen. Kiertoajan laskentakaavat perustuvat todennäköisyyslaskentaan. Suurin vaikutus kiertoaikaan on korkeimmalla kääntymiskerroksella ja odotetulla pysähdysten määrällä, jotka lasketaan todennäköisyyksistä, millä matkustaja jää kuhunkin kohdekerrokseen. Mallissa oletetaan, että matkustajien kohdekerrokset ovat riippumattomia toisistaan. Kiertoaikaan lasketaan tarvittava ajoaika korkeimpaan kääntymiskerrokseen ja pysähdysten vaatima aika oletetulla matkustajamäärällä. Näihin lisätään vielä viiveet, jotka aiheutuvat matkustajien siirtymisistä sekä ovien avautumisista ja sulkeutumisesta. Intervalli saadaan jakamalla kiertoaika hissien lukumäärällä. Kuljetuskapasiteetti lasketaan jakamalla hissiryhmän yhteenlaskettu kapasiteetti kiertoajalla ja skaalaamalla viiden minuutin jaksolle.

Yllä kuvattu menetelmä on tunnettu, yleisesti hyväksytty ja käytetty hissialalla. 2000-luvulla on yleistynyt nk. kohdekutsuohjaus, jossa matkustajat antavat kohdekerroksensa jo aulassa. Välittömästi tämän jälkeen järjestelmä ilmoittaa hissien, joka tulee palvelemaan kyseistä matkustajaa. Ohjaus pyrkii järjestämään samoihin kerroksiin menevät ihmiset samoihin hisseihin. Tästä on seurauksena pysähdysten väheneminen, keskimääräisen kiertoajan lyheneminen ja kuljetuskapasiteetin lisäys. Kuljetuskapasiteetti voidaan edelleen arvioida laskemalla kiertoaika. Kohdekutsuohjauksella henkilöt ohjataan tiettyyn hissiin, joka ei välttämättä ole ensimmäinen mahdollinen. Koska ohjaus järjestää henkilöt menokerroksen mukaa eri hisseihin, eivät matkustajat ole riippumattomia toisistaan ja näin ollen vanhat kaavat pysähdysten määrän ja kääntymiskerroksen laskemiseen eivät päde. Tällä hetkellä ei ole olemassa yleisesti hyväksyttyä laskentakaavaa kiertoajan laskemiseksi kohdekutsuohjauksella, joskin joitakin menetelmiä on esitetty. Tästä syystä tarvitaan simulaatiota kuljetuskapasiteetin määrittämiseksi.

Suorituskyvyn ja palvelutason varmennus

Kaikissa tapauksissa pelkkä ylösruuhkan parametrien laskenta ei riitä, vaan tarvitaan simulaatiota varmistamaan hissiryhmän palvelutaso. Simulaatiota tarvitaan erityisesti kohdekutsuohjauksen suorituskyvyn varmistamiseen. Simulaatiolla saadaan selville hissiryhmän palvelutaso myös muille liikennetilanteille kuin puhtaalle ylösruuhkassa, kuten esimerkiksi toimistoissa esiintyvälle voimakkaalle lounasajan liikenteelle.

Simulaatiossa mallinnetaan rakennus, hissien dynamiikka ja matkustajien liikkuminen erilaisilla matemaattisilla malleilla. Tärkein on tietenkin Monte-Carlo simulointi, joka pyörittää koko simulaatiota satunnaislukujen pohjalta. Matkustajat luodaan Poisson-prosessin mukaan, ja näiden lähtö- ja kohdekerrokset määräytyy rakennuksen populaatiojakauman sekä vallitsevan liikennetyypin mukaan. Matkustajien liikkumista rakennuksessa mallinnetaan toisaalta determinististä lyhimmän polun menetelmää, toisaalta stokastista ihmisten käyttäytymistä matkivaa agenttimallia. Hissien liiketila kullakin ajan hetkellä ratkaistaan tavallisten kinetiikan lakien mukaan differentiaaliyhtälöstä.

Simuloidun ylösruuhkan ja ennustetun ylösruuhkan suorituskyvyn välillä on olemassa yhteys. Jonoteorioista tuttuun tapaan keskimääräisen korikuorman lähestyessä 80% matkustajien odotusajat lähtevät kasvamaan nopeasti. Tämä johtuu siitä, että sisääntulokerrokseen saapuvat matkustajat eivät mahdu ensimmäiseen hissiin, vaan joutuvat odottamaan seuraavaa. Näin odotusajat kasvavat pidemmiksi kuin intervalli, ja voivat kasvaa periaatteessa äärettömiksi liikenteen jatkuessa kovempaa kuin hissiryhmän kuljetuskapasiteetti.

Simulaatiosta saadaan runsaasti tilastotietoja hissiryhmän toiminnasta. Tärkeimmät tilastot kuvaavat ryhmän palvelutasoa matkustajien odotus- ja matkustusajan muodossa. Ylösruuhka-analyysin tulosten varmentamisessa keskimääräisen kiertoajan, intervallin ja korikuorman tulisi olla ennusteen mukaisia. Lisäksi voidaan tutkia esimerkiksi evakuointiaikoja, energian kulutusta, keskimääräistä kuormaa ja jonojen pituuksia eri kerroksissa. Keskimääräisten tunnuslukujen lisäksi saatavilla on myös tilastolliset jakaumat.

Reaaliaikainen ryhmäohjaus

Reaaliajassa todellisessa hissiryhmässä toimivan ryhmäohjauksen päätehtävä on jaella matkustajien antamat ulkokutsut tai kohdekutsut hisseille mahdollisimman tehokkaasti. Tärkeimmät matemaattiset mallit ovat liikenteen tilastointi ja ennustaminen sekä geneettiseen

algoritmiin pohjautuva kutsunjakselu. KONEella kehitetyssä Building Traffic Simulator:ssa (BTS) on mukana samat ryhmäohjaukset, joita käytetään lopputuotteessa, sekä prototyypivaiheessa olevia ohjauksia. Näin simulaatiota voidaan hyödyntää myös ryhmäohjauksen kehityksessä.

Ohjauksessa matkustajaliikenteen tilastointi perustuu tarkkoihin tietoihin hissien matkustajista. Hissien matkustajamäärät lasketaan sekä valokennosignaalien perusteella että korivaa'an tiedoista. Matkustajat jaetaan liikennekomponentteihin: sisääntuleviin, ulosmeneviin ja kerrosten välillä liikkuviin. Päivä on jaettu 15 minuutin pituisiin aikajaksoihin, joille tilastoidaan liikennetyyppi ja kokonaisintensiteetti. Liikennetyyppi sisältää eri liikennekomponenttien osuudet. Näin päiväliikenteestä saadaan nk. päiväprofiili, joka voidaan simuloida myös BTS:llä. Päiväprofiili tallennetaan erikseen kullekin viikon päivälle. Päiväprofiilista ennustetaan etukäteen sumean logiikan säännöillä kunkin 15 minuutin aikajakson liikennetyyppi ja intensiteetti, jota hyödynnetään erityisesti ulkokutsujen jakelussa hisseille.

Ulkokutsujen jakelu on luonteeltaan erittäin vaikea optimointitehtävä toisaalta tiukan reaaliaikaisuusvaatimuksen ja toisaalta tehtävän stokastisen luonteen johdosta. Ryhmäohjauksen tehtävänä on jakaa olemassa olevat ulkokutsut hisseille, kuitenkin huomioiden hissien velvoitteet kyydissä olevien matkustajien viemiseksi perille. KONEen ryhmäohjaus on luonteeltaan jatkuva ohjaus, jossa kutsunjakelu suoritetaan puolen sekunnin välein uudestaan. Jokaisella kierroksella huomioidaan hissiryhmän muuttunut tilanne ja tarvittaessa hissille valittu ulkokutsu voidaan vaihtaa toiselle hissille. Ulkokutsu kiinnitetään hissille viime hetkellä silloin, kun hissi on aloittamassa hidastamisen ulkokutsukerrokseen. Kutsunjakelua on mallinnettu esimerkiksi dynaamisen ohjelmoinnin ja kokonaislukuoptimoinnin avulla. Dynaamisen ohjelmoinnin näkökulmasta KONEen ryhmäohjaus on siis ”closed loop”-ohjaus.

Ulkokutsujen jakelu optimoidaan geneettisellä algoritmilla, joka generoi erilaisia ratkaisuehdotuksia kulloisenkin tilanteen mukaan. Ratkaisuehdotuksille lasketaan käytettävän kohdefunktion arvo, esimerkiksi minimoitava matkustajien odotusaika. GA on optimointimenetelmä, joka konvergoi hakuvaruuden lupaavimmille alueille, joista todennäköisimmin löytyy tehtävän globaali optimiratkaisu. Geneettinen algoritmi (tai yleensäkin eksakti optimointimenetelmä) tarvitsee runsaasti laskentatehoa toimiakseen reaaliajassa. KONEen ryhmäohjausohjelmistoa ajetaan teollisuus-pc:ssä, jossa prosessoritehoa on saatavilla riittävästi.

Tutkimus KONEella

Peruskaava ylösruuhkan kiertoajan laskentaan on peräisin jo 1920-luvulta, mutta Roschier ja Kaakinen esittivät 1979 tarkemman ja yleistetyn menetelmän. Siikonen sovelsi kaavan Poisson saapumisprosessille 1993 ja Hakonen kehitti menetelmän kiertoajan laskemiseksi yleisessä liikennetilanteessa 2006. Sorsa, Hakonen ja Siikonen esittivät 2005 laskentakaavat kohdekutsuohjauksen kiertoajalle.

Siikonen teki urauurtavaa työtä kehittäessään ensimmäisen hissiryhmäsimulaattorin ALTS:n (Advanced Lift Traffic Simulator) liseniaattityössään 1989. ALTS:n seuraaja Building Traffic Simulator (BTS) kykenee simuloimaan useaa hissiryhmää, portaita ja liukuportaita samanaikaisesti. BTS oli alunperin Leinosen (2000) diplomityö, jota Hakonen laajensi 2003 liseniaattityössään. Susi kehitti BTS:ään agenttipohjaisen matkustajamallin, josta on tulossa diplomityö.

Leppälä diplomityönään kehitti ryhmäohjauksen AI-ominaisuuksia 1990-luvun alussa, joka on myöhemmin raportoitu Siikosen väitöskirjassa 1997. Tyni ja Ylinen toteuttivat 1990-luvun lopulla geneettiseen algoritmiin pohjautuvan kutsunallokoinnin, joka on osana Tynin väitöskirjaa vuodelta 2006. Sorsa laajensi menetelmän kaksikorisille hisseille diplomityössään 2002. Samoihin aikoihin KONE toimitti ensimmäiset hissiryhmät kohdekutsuohjauksella, jossa hyödynnettiin geneettistä algoritmia. Sorsa ja Siikonen esittivät kaksikoristen hissien kohdekutsuohjauksen 2006, joka myös perustuu GA:han. Viime aikoina Sorsa ja Ruokokoski ovat etsineet kokonaislukuoptimoinnista vaihtoehtoa GA:lle.

Loppusanat

Kaikkia edellä kuvattuja matemaattisia malleja siis käytetään hissiryhmien suunnitteluun suurprojekteissa. Luonnollisesti ryhmäohjaus on osa lopullista asiakkaalle päätyvää toimitusta, joten ryhmäohjauksen mallit ovat myös osana loppukäyttäjien arkea. Käytännön suunnittelutyössä nämä mallit eivät näy juurikaan, vaan toimivat taustalla osana kokonaisuutta. Tämän mahdollistaa toisaalta työkalujen kehittyneet käyttöliittymät, toisaalta pitkälle viety integraatio eri ohjelmistomoduulien välillä. Lopputuloksena KONEella useat asiakasrajapinnassa toimivat työntekijät ympäri maailman käyttävät tietämättään operaatiotutkimuksen menetelmiin pohjautuvia työkaluja. OR-ohjelmiston hyötykäyttö ei siis vaadi matemaatikon taustaa!

FORS-SEMINAARI 30.11.2006**SUOMEN METSÄSEKTORI NYT JA TULEVAISUUDESSA**

Heikki Smolander
Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen yksikkö

Mitä metsäpää voi tehdä tulevaisuutensa turvaamiseksi?**Tausta**

Julkaistuja metsäsektorin ja metsäklusterin tulevaisuus selvityksiä on tehty 1980 luvulta lähtien lukuisa joukko Seppälän ym. (1980) klassikosta alkaen. Myös Meristön ym 2000 työtä voi jo pitää klassikkona. Tutustumisen arvoisia ovat Hetemäki ym. (2006) ja Metsäsektorin.. (2006) ja Paperiteollisuus ... (2006). Lähes kaikkien näiden tulema hyvin yksinkertaistettuna on: Teollisuuden menestyminen mitataan globaaleilla markkinoilla. Kilpailukykyyn vaikuttavat kansalliset päätökset tehdään pääosin sektorin ulkopuolella. Vero-, energia-, koulutus-, t&k-, ja liikennematkaisuudet tehdään kaikki metsäsektorin ulkopuolella ja yhä enemmän siitä riippumatta.

En käsittele näitä kysymyksiä nyt, vaan keskityn puhtaasti metsäpään kuvioihin, unohtaen monet metsäsektorin kannalta merkittävät megatrendit, kuten esim. ilmaston muutoksen. Käsittelemiäni kysymyksiä on eritelty perusteellisemmin Harstelan ym. (2001) ja Kolströmin & Harstelan (toim, 2005) julkaisuissa, mutta kärjistyksen ovat omaa käsialaani.

Metsäpäällä tarkoitan tässä puuntuotantojärjestelmää: metsänomistajia, heidän organisaatioitaan sekä näitä palvelevia yksityisiä ja julkisia organisaatioita. Luen metsäpäähän myös julkiset edistämisen- ja valvonta-organisaatiot.

Metsäpää, eli perinteisin termein metsätalous voi vaikuttaa metsäteollisuuden pärjäämiseen varsin rajallisesti. Oikeastaan metsäpää ei voi tehdä muuta kuin huolehtia siitä, että teollisuus saa puuta kilpailukykyiseen hintaan ja että teollisuus luottaa saavansa sitä samalla tavalla jatkossakin. Nyt, kun kaikkien kolmen suuren metsäteollisuusyrityksen tuotannosta valtaosa on Suomen ulkopuolella, ollaan lähellä sitä tilannetta, etteivät nämä kolme globaalia yritystä tarvitse Suomea, mutta Suomi ja ennen muuta suomalaiset metsänomistajat tarvitsevat niitä vielä varsin pitkään.

Viime aikoina on korostettu vaihtoehtoisina tulonlähteinä muita metsäntuotteita kuin puuta, esimerkiksi luontomatkailua ja ekosysteemipalveluita, joista esimerkkeinä ovat hiilen varastointi ja

monimuotoisuuden ylläpito. On kuitenkin hyvä muistaa, että karkeasti 97% eteläsuomalaisen metsänomistajan tuloista tulee puun myynnistä ja noin 3% yhteiskunnan tuista ja näistäkin suurin osa on puuntuotannon edistämiseen suunnattuja tukia. Osa yhteiskunnan tuesta on metsäorganisaatioille, joiden tarpeellisuutta metsänomistajat joskus epäilevät. Uusia ympäristötukia on kuitenkin tullut ja uusia kehitellään (kts Saastamoinen ym 2006) sitä mukaa, kun veronmaksajien sietokyky sallii. Aika näyttää, elääkö tulevaisuuden metsänomistaja tuista vai tukista.

Tuloistaan metsänomistaja käyttää 15% metsänhoitoon. Loppu on katetta pääomamenoja varten ja toiminnan tulosta. Tulosta verotetaan pääomatulona. Tuon 85%:n katteen turvaaminen edellyttää, että puulla on kysyntää ja siitä maksetaan mahdollisimman hyvää hintaa. Puun hitaasta kasvusta johtuen metsän korkotuotot on alhaisia, vaikka kate onkin kova.

Metsätalouden kipupisteitä

Puumarkkinoiden toimivuus on siis kannattavan metsätalouden välttämätön, muttei riittävä ehto. Metsänomistajista, joita on laskutavasta riippuen 300 000 – 400 000, vain harvat ovat ammattimaisia puuntuottajia. Valtaosalle metsänomistus on peritty harrastus. Jo nyt ollaan tilanteessa, jossa teollista tuotantoa rajoittaa puun markkinoille tulo eikä hakattavissa oleva puumäärä. Itse asiassa, jos kaikki tuotettu puu tulisi markkinoille, se voisi korvata määrällisesti Venäjältä tuonnin. Tosin joistakin puutavaralajeista tulisi puutetta.

Uskon, että tulevaisuudessa tarvitaan joko metsänomistuksen ammattimaistamista, taikka uusia keinoja turvata teollisuuden puunsaanti metsätuloista riippumattomien harrastusmetsänomistajien metsistä. Kumpaankin malliin siirtyminen edellyttää aitoja sosiaalisia innovaatioita ja poliittista uskallusta.

Puuntuotannossa valtaosa kustannuksista ajoittuu uudistamisvaiheeseen, ja tulot ajoittuvat tästä 40 – 80 vuoden päähän. Tämä on johtanut siihen, että metsänhoidon tasoa yritetään pitää yllä yhteiskunnan asettamilla normeilla (esimerkkinä uudistamisvelvoite päätehakuun jälkeen) ja julkisilla tuilla (esim. taimikonhoito, tiet, ojat). Normien määrittelemä uudistamisen taso on paljon alempana kuin järjevä puuntuotanto edellyttäisi. Taimikonhoidon tuet taas edellyttävät, että taimikko on päästettävä pilalle ennen kuin on oikeutettu tukeen.

Metsänomistajien saamat tuet eivät ole kuitenkaan keskeisin ongelma. Isompi ongelma on se, että tuettujen töiden suunnittelu- ja valvontakustannukset maksaa yhteiskunta. Tämä on johtanut

organisaatiokulujen suureen osuuteen kokonaiskustannuksista. Joissakin työlajeissa suunnittelun ja valvonnan osuus voi olla reilusti yli puolet kokonaiskustannuksista. Julkisen tuen takia puuntuotantotöiden kustannustehokkuuden ja laadun kehittäminen ei ole ollut oikein kenenkään intressissä.

Yksityismetsätaloudessa ei ole ollut organisaatiota, joilla olisi ollut intressi tai kyky aitoon kehittämistyöhön. Julkisrahoitteiset organisaatiot ovat olleet sidoksissa tukiapparaattiin. Ja metsänomistajien omat metsänhoitoyhdistykset ovat olleet liian pieniä tähän asti vaativaan kehittämistyöhön; muutaman toimihenkilön organisaation budjetti ei kestä tilaustutkimuksia. Tästä johtuen toiminnan laatu vaihtelee paljon; Parhaissa yhdistyksissä yli 80% istutusaloista on täystiheitä ja heikoimmissa vain 20-30%. Lisäksi sekä kuusen istutuksessa että männyn kylvössä laatu vaihtelee selvästi enemmän kuin kustannukset eikä laatu korreloi kustannusten kanssa.

Julkisen metsäsektorin t&k organisaatorakenne on myös raskas ja hierarkkinen. Tutkijat on viety kauas itse toimijoista. Tästä seurauksena on, että tutkimustieto tiikuu käytäntöön monen suotimen kautta. Vastaavasti käytännön ongelmat tiikuvat tutkijoiden käyttöön yhtä monen suotimen läpi.

Puuntuotantotutkimuksen kipupisteitä

Puuntuotannon tutkimus on viime aikoihin saakka jäsentynyt tiukasti tieteenaloittain: metsänhoito on yrittänyt kehittää ja kuvata parhaat menetelmät, kasvu- ja tuotostutkijat ovat kvantifioineet nämä kuutioiksi ja liiketieteilijät ovat edelleen muuttaneet kuutiot rahaksi. Ottamalla huomioon teknologien tuottamat kustannustiedot ovat ekonomistit päässeet koronkorkolaskun avulla tempuista saatujen hyötyjen nettonykyarvoon.

Kun kukin tieteenala on soveltanut hermeettisesti omia parhaita käytäntöjään, ei lopputulos ole välttämättä ollut optimaalinen.

1. Käytäntö on ollut kaukana metsänhoidon parhaista käytännöistä. Metsänhoidon tutkimus on ollut parhaiden käytäntöjen viilaamista vielä paremmaksi. Me metsänhoidon tutkijat olemme sulkeneet silmämme todellisuudelta. Tästä esimerkkinä meille shokkina tullut edellä kuvaamani laatuvaihtelu.

2. Sama on vaivannut kasvun ja tuotoksen mallittajia. Tilastollisen analyysin mahdollistavat kokeet on jouduttu perustamaan ideaalisiin metsiköihin. Niiden pohjalta tehdyt kasvumallit eivät välttämättä kuvaa kovin hyvin reaalimetsien kasvua. Esimerkiksi sekametsät muodostuvat usein havu- ja lehtipuulaikuista. Mallien tarkkuutta tavoiteltaessa on jouduttu tinkimään niiden yleistettävyydestä.
3. Taloustieteilijät ovat tehneet investointilaskelmia tuntematta puuntuotantoprosessin olennaisia piirteitä. Tästä on ollut vielä hiljan häkellyttäviä esimerkkejä alan johtavissa tieteellisissä sarjoissa. Samoin tilastoitujen keskikustannusten käyttö laskennoissa on johtanut monesti harhaan. Teoreettisilla käytännöstä irti olevilla malleilla saadaan kyllä mielenkiintoisia tuloksia, mutta niitten anti elinkeinolle on helposti kyseenalainen. Juuri julkaistussa Suomen Kulttuurirahaston kustantamassa Uudessa metsäkirjassa kerrotaan, että peitteellistä metsätaloutta harjoittavan on “optimaalista korjata ainoastaan 24 senttimetrin läpimittaisia puita” (Tahvonen 2006). Tämän “optimiratkaisun” käytäntöön otto on kova haaste läpimitan etätunnistusmenetelmien ja korjuuteknologian kehittäjille.

Edesmenneen professori Pekka Kilkin kasvattama metsäsuunnittelijoiden koulukunta on tosin yrittänyt ansiokkaasti sekoittaa tätä työnjakoa metsälaskelmillaan. Koulukunnan jo 70-luvulla alkunsa saanut MELA-ohjelmisto koostuu metsikön kehitysmalleista, eri toimenpiteiden vaikutuksesta niihin sekä taloudellisesta optimoinnista annetuin rajoittein.

Puuntuotannon investointilaskelmat tekee vaikeiksi korkotekijä suhteessa investointien ja tuottojen väliseen aikaan. *A priori* ei tiedetä eri puutavaralajien hintasuhteita 80 vuoden päässä. Silti edelleen käypä menetelmä on tutkia kysymystä, mitä istutustiheyttä tai uudistamismenetelmää kannattaa käyttää, jos haluaa investoinnilleen 5%:n reaalikoron.

Minulla, ekonomisteja lainaten “nollakorkoon juuttuneella metsänhoitotieteilijällä”, on vahva epäily, että meillä metsäntutkijoilla olisi opittavaa sellaisilta aloilta, joilla on totuttu hantteeraamaan tässä päivässä toteutuvia kustannuksia ja kaukana tapahtumahorisontin takana olevia potentiaalisia tuottoja. Näillä menetelmillä olisi annettavaa tämän päivän talousajattelun uudelleen löytäneille metsänhoitosuosittelijoiden laatijoille. Mielenkiintoista kuitenkin on, että alhainen 1-3%:n reaalikorko näyttää antavan kestäväen puuntuotannon näkökulmasta kohtuullisen uskottavia tuloksia.

Veridopingia metsäntutkimukseen

Minulla on edellisen perustusko, että metsäntutkimus tarvitsee nyt kipeästi veridopingia. Haluan aidosti provosoida metodiosajia. Metsäntutkimuksessa on vahvaa makroekonomiaa, jonka anti edessä olevaan metsätalouden remontiin näyttää varsin rajalliselta. Mikroekonomistit näyttävät taas juuttuneen optimaalisen päätehakkuiän pohdiskeluun. Insinöörien tuotantotalous näyttää tieteenalaa lähemmin tuntemattomasta sellaiselta työkalupakilta, jota puuntuotannon uudelleen organisointi nyt huutaa. Operaatiotutkimuksen, yhden tuotantotalouden menetelmäperheen, työkalut olivat käytössä, kun teollisuus pani kaukokuljetuksen kustannustehokkuutta kuntoon. Kustannustehokkuuden ja laadun kehitys koko puunkorjuuketjussa on ollut huima. Sama on saatava pian aikaan puunkasvatusketjussa. Kokemus osoittaa, että laatua voi nostaa ja kustannuksia alentaa samanaikaisesti.

Lyhyen tähtäimen kuntoremontin lisäksi sekä metsänomistajien ja teollisuuden kannattaisi tutkia omia vähän pidemmän tähtäimen strategioitaan. Lyhyen tähtäimen hinta- yms. ristiriidoista huolimatta keskinäinen luottamus on tulevaisuuteen sopeutumisen kannalta olennaista. Tämän pakkoliiton molempien osapuolten optimaalisten strategioiden tarkasteluun voisi löytyä oikeitakin työkaluja.

Nyt olisi siis korkea aika panna kuntoon suomalainen puuntuotantojärjestelmä: Se on tunnetusti maailman paras, mutta ei niin hyvä, että se selviäisi ilman remonttia edessä olevista ongelmista.

Viitteet:

Harstela, Pertti, Kettunen, Jyrki, Kiljunen, Nuutti & Meristö, Tarja. 2001. Normitaloudesta yrittäjyyteen – puuntuotannon tulevaisuus Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 819.

Hetemäki, Lauri, Harstela, Pertti, Hynynen, Jari, Ilvesniemi, Hannu & Uusivuori, Jussi. 2006. Suomen metsiin perustuva hyvinvointi 2015. Katsaus Suomen metsäalan kehitykseen ja tulevaisuuden vaihtoehtoihin. Metlan työraportteja 26.

Kolström, Taneli & Harstela, Pertti. 2005. Puuntuotannon ja korjuun tulevaisuus. Metsäalan tulevaisuusfoorumi työryhmäraportti, metsänhoidon ja metsäteknologian yhdistetty työryhmä. Tiedonantoja 161, Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta.

Meristö, Tarja, Kettunen, Jyrki & Hagström-Näsi, Christine. 2000. Metsäklusterin tulevaisuusskenaariot. Tekes. Teknologiakatsaus 95/2000.

Metsäsektorin tulevaisuuskatsaus – Metsäneuvoston linjaukset metsäsektorin painopisteiksi. Maa- ja metsätalousministeriö 11/2006.

Paperiteollisuus – Toimialan rakenne ja tulevaisuuden haasteet. Paperiteollisuuden tulevaisuusryhmän raportti. 31.5.2006.

Saastamoinen, Olli, Donner-Amnell, Jacob & Rantala, Tapio (toim.) 2006. Näkökulmia metsäalan sosiaaliseen kestävyYTEEN ja sen tulevaisuuteen. Tiedonantoja 168. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta.

Seppälä, Heikki, Kuuluvainen, Jari & Seppälä, Risto. 1980. Suomen metsäsektori tienhaarassa. Folia Forestalia 434.

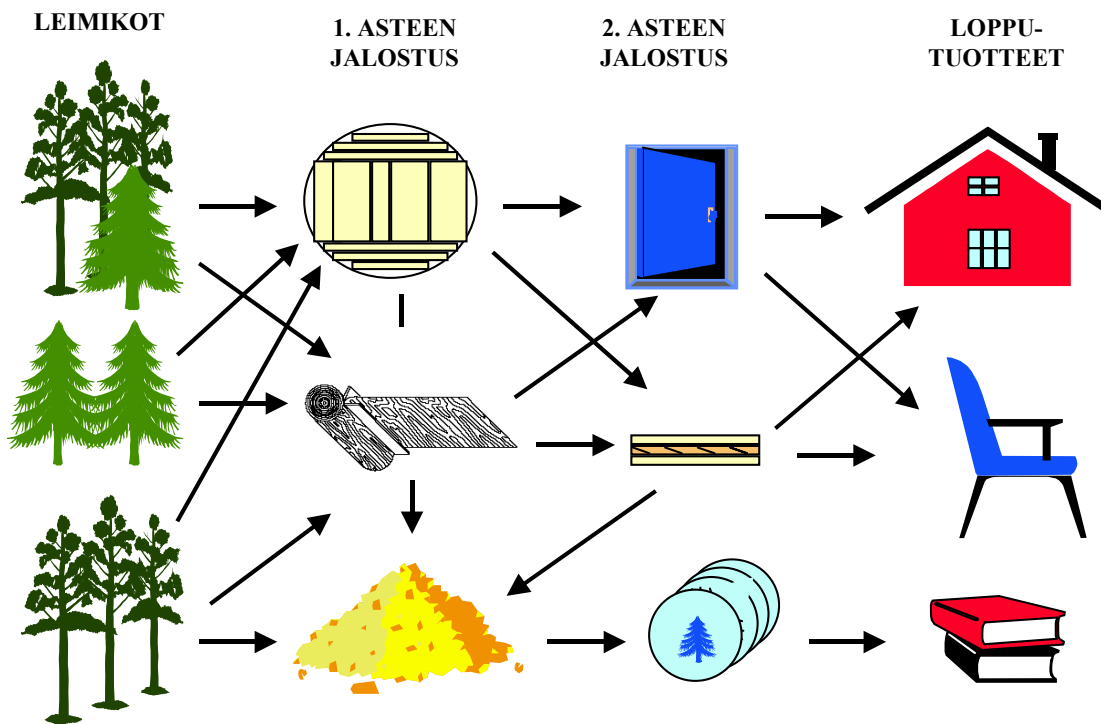
Tahvonen, Olli. 2006. Eri-ikäisrakenteinen metsä ja metsänomistajan talous. Teoksessa Riitta Jalonen ym. (toim.), Uusi metsäkirja. Ss 262-263.

PUUTUOTETEOLLISUUDEN JALOSTUSKETJUJEN OPTIMOINTI METSÄSTÄ TUOTTEEKSI

Tutkimusprofessori Arto Usenius VTT

1. Jalostusketju

Puuraaka-aineen jalostusketjut – metsästä tuotteeksi – sisältävät lukuisia vaiheita kuten leimikoiden valinta, runkojen katkonta tukeiksi, tukkien koko- ja laatulajittelu, sahaus valituilla teräasetuksilla, sahatavaran lajittelu tuoreena ja kuivana, kuivaus, komponenttien valmistus jne.(kuva 1). Puuraaka-aineen sopivuus jalostukseen ja tuotteisiin määräytyy runkojen katkonnassa. Myöhemmissä prosessivaiheissa ei voida korjata katkonnassa tehtyjä virheitä.



Kuva 1. Puuraaka-aineen jalostusketjun ”kannolta tuotteeksi” vaiheet vaikuttavat aktiivisetitoisiinsa.

Jalostusketjun eri osat ovat perinteisesti toimineet liiankin itsenäisesti kenenkään huolehtimatta kokonaisuudesta. Tuotantoketjussa edellisen vaiheen tuote on jälkimmäisen vaiheen raaka-aine. Puuraaka-aineen ja tuotteiden yhteensopimattomuus aiheuttaa aina taloudellisia menetyksiä. Hyvään taloudelliseen tulokseen pääsemiseksi jalostusketjua on ajateltava kokonaisvaltaisesti, jotta ketjun eri vaiheet tukisivat toisiaan. Puuraaka-aine virtaa metsästä asiakkaalle. Samaan suuntaan virtaa myös informaatio. Informaation on kuitenkin virrattava myös vastakkaiseen suun-

taan asiakkaiden tarpeista metsään. Leimikkovalinnan ja apterauksen tulisi tapahtua markkinoiden ja asiakastilausten perusteella. Jos taas tuotantoon on käytettävissä tietyt leimikot, pitäisi asiakkaat ja tuotteet valita puuraaka-ainevarojen perusteella. Tehokkaiden informaatioverkkojen luomiseen nykyaikainen tietotekniikka tarjoaa hyvät mahdollisuudet.

Seuraavassa on lueteltu joitakin olennaisia asioita ja kysymyksiä, jotka vaikuttavat puuta jalostavan yrityksen kannattavuuteen. Näihin on vastattava tavalla tai toisella.

- mikä on tuotteista johdettu leimikoiden arvo ja leimikkovalinta
- mitkä ovat tuotevalikoimasta lähtevät runkojen katkontatapa
- mikä optimaalinen tukkien lajittelutapa
- mitkä ovat optimaaliset lajitteluohjeet sahatavaralle, puolivalmisteille tai mahdollisesti valmistettaville komponenteille
- mitkä ovat optimaaliset sahausasetteet tukeille ja puolivalmisteille
- mitkä ovat optimaaliset tuoteperheet, jotka vastaavat mahdollisimman hyvin käytettävissä olevaa puuraaka-ainetta
- mitkä ovat optimaaliset jatkojalostuskonseptit ja jalostuspaikat
- mitkä ovat optimaaliset markkina-alueet ja asiakkaat
- mitkä ovat puuraaka-aineen, puolivalmisteiden ja tuotteiden optimaaliset varastojen koot
- mikä on optimaalinen puuraaka-aineen, tuotannon ja toimituksen eri vaiheiden ajoitus.

2. Jalostusketjujen mallintamisen lähtökohdat

Kun jalostusketjuissa on erittäin paljon vaihtoehtoisia toimintatapoja, ihmisen on vaikeaa hahmottaa mikä olisi kokonaisuuden kannalta parasta. Hänen täytyy käyttää ajattelunsa ja päättelynsä tukena esimerkiksi matemaattisista malleista saatavaa informaatiota. Saadun informaation perusteella voidaan tehdä parempia perusteltuja päätöksiä. Mallit kuvaavat todellisuutta aina yksinkertaistaen. Mallilaskennasta saatavat tulokset ovat sitä lähempänä todellista mitä paremmasta mallista on kysymys. Usein on kysymys myös lähtöarvotietojen saatavuudesta, oikeellisuudesta tai riittävydestä. Puutteet mallien lähtöarvoissa tai päättelysäännöissä näkyvät tuloksista. Mallin tulos on yhtä tarkka kuin lähtöarvoina käytettävä tieto. Käytännön päätöksentekijän on opittava tulkitsemaan mallilaskennasta saatavaa informaatiota. Ihminen itse tekee aina lopulliset päätökset.

Kokonaisvaltainen optimointi tarkoittaa toimintatapaa, jolla pyritään saavuttamaan jalostusketjussa kokonaisuudessaan paras mahdollinen tulos. Kokonaisvaltaisessa optimoinnissa jalostusketjun eri osat vaikuttavat aktiivisesti toisiinsa taaten parhaan mahdollisen kokonaistuloksen.

Osoptimointi tarkoittaa toimintatapaa, jossa pyritään minimoimaan tai maksimoimaan yksittäisen jalostusketjun vaiheen toiminnan tulos: tuotot, kustannukset, läpimenoaika jne. Osoptimoinnissa jalostusketjun eri vaiheet ovat löyhässä vuorovaikutuksessa tai niillä ei ole vuorovaikutusta ollenkaan.

Kokonaisvaltaisen optimoinnin merkittävät edut ovat:

- saavutetaan tilanne, jossa prosessoinnissa käytettävä puuraaka-aine ja markkinoiden tarpeiden mukainen tuotevalikoima ja tilaukset vastaavat toisiaan mahdollisimman hyvin
- puuraaka-aineen hankinta on aktiivisesti ja dynaamisesti ohjattua
- ohjataan markkinointia ja myyntiä dynaamisesti
- johdetaan jalostusketjun toimintaa kokonaisuutena siten, että päästään mahdollisimman hyvään taloudelliseen tulokseen, lyhyeen läpimenoaikaan ja pieneen varastojen kokoon.

Osoptimoinnissa on mahdollista päästä hyvään ”paikalliseen” tulokseen, mutta kokonaisuuden kannalta tulos voi olla hyvinkin huono. Jalostusketjussa ainoastaan myynti tuottaa tuloja. Puuraaka-aineen hankinta, kuljetukset, tuotanto ja varastointi aiheuttavat kustannuksia. Tulos on aina tuottojen ja kustannusten erotus. Tämä yksinkertainen yhtälö on maksimoitava. Periaatteessa on kolme mahdollisuutta parantaa taloudellista tulosta

- pienentämällä jalostus- ja toimitusketjun kustannuksia
- suurentamalla tuloja
- suurentamalla tuloja ja pienentämällä kustannuksia.

Joskus näyttää itsetarkoituksena olevan pienentää kustannuksia. Tyypillisesti tämä tapahtuu puuraaka-aineen hankinnassa. Toimintatapa on todellista osoptimointia. Totuus on kuitenkin, että tukkien laatu vaikuttaa suoraan sekä saha- että vanerituotteiden laatuun ja siten saatavaan myyntituloon. Saattaa olla hyvin kannattavaa investoida puunhankinnan kehittämiseen paremman tukkijakauman tuottamiseksi. Myyntitulojen lisäämiseksi kannattaa kehittää Value added tuotteita ja jakelujärjestelmiä sekä liittää tuotteisiin entistä enemmän palvelufunktioita.

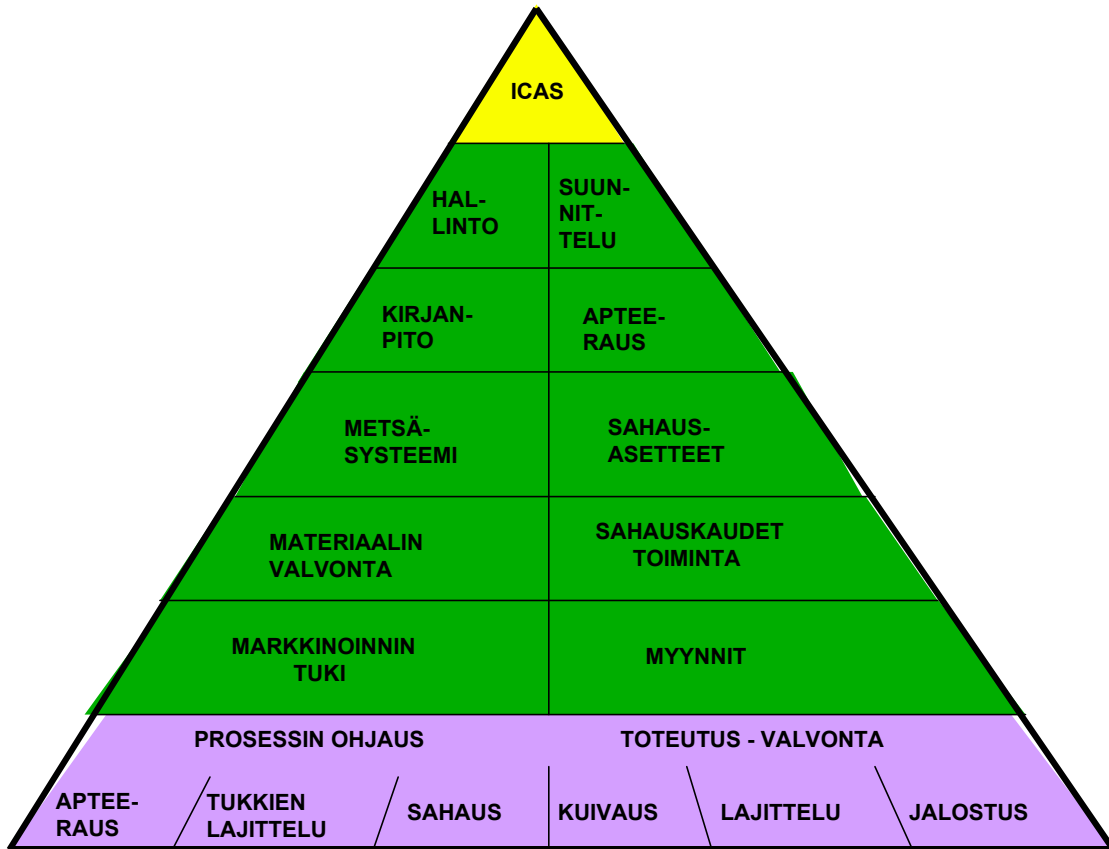
Seuraavassa tarkastellaan esimerkkinä jalostusketjun kokonaisvaltaisesta optimoinnista sahaateollisuutta. Suomen sahaateollisuus on ollut edelläkävijä informaatiotekniikan soveltamisessa ja käytössä. Teollisuuden operatiivisen ja strategisen suunnittelun ja tutkimuksen tarpeisiin on VTT:ssa on kehitetty kiinteässä yhteistyössä yritysten kanssa WoodCIM[®] ohjausjärjestelmä, jonka käytöstä saatuja kokemuksia esitellään.

3. Tietokoneavusteinen sahaustoiminta

Sahaustoiminnan ohjauksessa olennainen asia on jatkuva ja systemaattinen datan keruu. Dataa on prosessoitava informaatioksi ja käytettävä eri päätöksentekotasolla sekä prosessien osissa. Lisäksi takaisinkytkennän, feed-backin, on palveltava nopeasti sekä päätöksentekijöitä että koneiden ohjausta. Tällaista järjestelmää voidaan kutsua sahaateollisuuden ICAS konseptiksi (Integrated Computer Aided Sawmilling, kuva 2). Sen avustamana päätöksentekijä voi tehdä parempia, perusteltuja päätöksiä, koska hänellä on todellista tietoa päätöstensä pohjaksi.

ICAS-konseptin alimmalla tasolla toimivat prosessit ja yksittäiset koneet esim. tukkien lajittelulaitos, sahakoneet, särmäsahat jne. Myös puun hakkuukoneet ovat prosesseja, jotka voivat olla fyysisesti hyvinkin kaukana, mutta nykyaikainen tietoliikenne tuo ne yhtä lähelle sahaa kuin muutkin sahakoneet. Koneiden ja prosessien pitää toimia kokonaisuutena eivätkä erillisinä.

ICAS-kaaviossa ylemmän tason muodostavat erilaiset päätöksenteon tukijärjestelmät esim. VTT:n WoodCIM[®] ohjelmisto. Nämä voidaan jakaa toisaalta hallinnollisiin järjestelmiin ja toisaalta varsinaisiin suunnittelujärjestelmiin. Ylimmän tason ohjausjärjestelmä liittää toisiinsa päätöksenteon tukijärjestelmät, suunnittelujärjestelmät ja prosessien ohjaukset yhdeksi kokonaisuudeksi, ICAS:iksi, siten että sahan toimintaa voidaan ohjata kokonaisuutena.



Kuva 2. Sahayrityksen kokonaisvaltaisen ohjauksen ICAS-konsepti.

4. VTT:n optimoiva WoodCIM[®] ohjausjärjestelmä

VTT:ssa on kehitetty WoodCIM[®] sahan suunnittelujärjestelmä (kuva 3) muodostuu mm. seuraavista ohjelmista

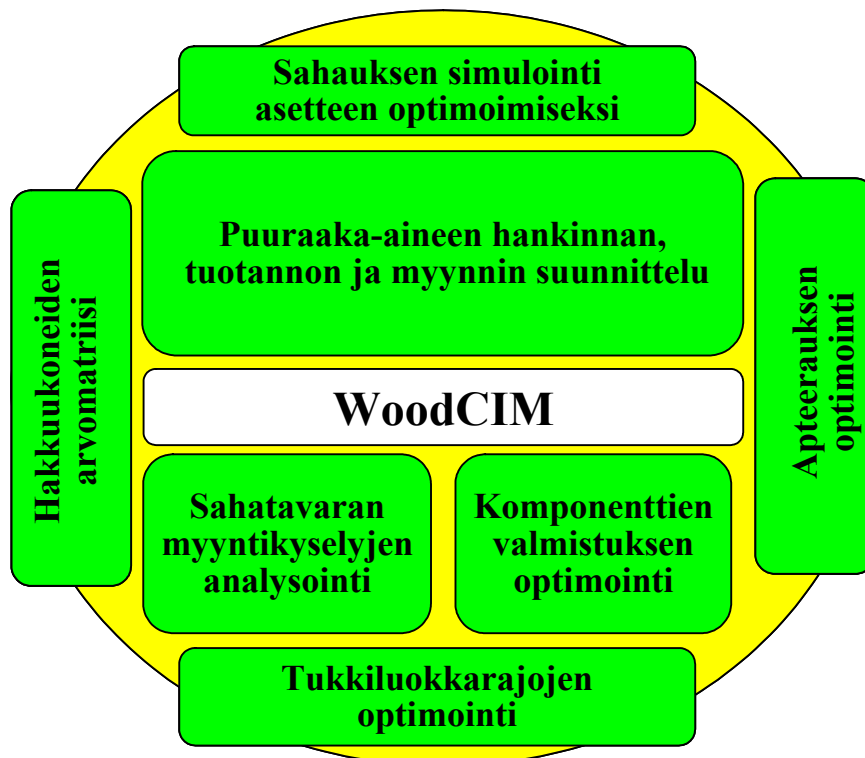
- sahausasetteen simulointi
- lineaariseen ohjelmointiin perustuva sahamalli
- tukkiluokkarajojen optimointi
- runkojen katkonnan optimointi
- komponenttien valmistuksen optimointi
- myyntikyselyjen analysointi

PC-ympäristössä toimivat ohjelmat tukevat toisiaan ja ne on varustettu helppokäyttöisellä käyttöliittymällä.

Sahauksen simulointiohjelmistolla ennustetaan yksittäisestä tukista tai tukkiluokasta määrätyllä asetteella saatavat sahatavaramäärät ja -laadut sekä hake- ja purumäärät niin, että laskettu sahaustulos vastaa mahdollisimman hyvin käytännön sahausta. Tuotto- ja kustannustietojen perustella mallilla lasketaan tukille tai tukkiluokalle haluttu määrä parhaita asetevaihtoehtoja. Simuloinnilla voidaan etsiä myös tietyn sydäntavaradimension sahaukseen parhaiten soveltuvat tukkiluokat. Esimerkki sahausasetteesta on kuvassa 4.

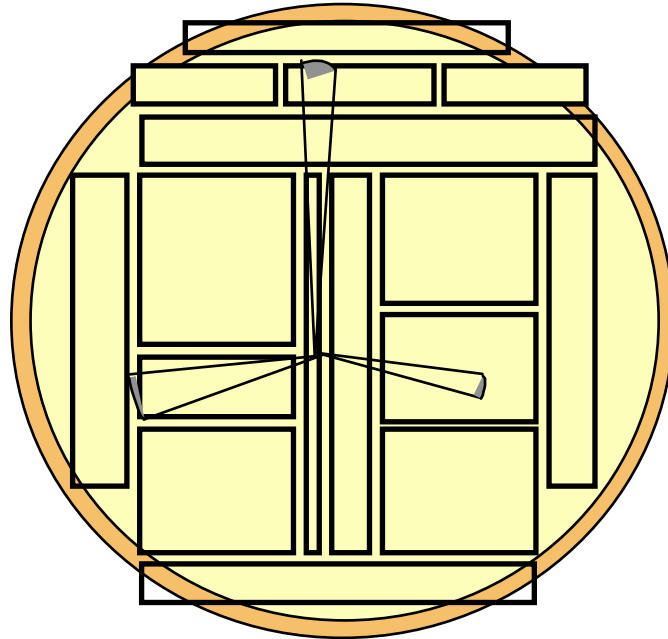
Sahamalliohjelmisto on lineaariseen ohjelmointiin perustuva optimointijärjestelmä, jossa yhdistetään toisiinsa käytettävissä olevat tukit, varsinaisen sahauksen, tehdyt kaupat ja myyntimahdollisuudet. Tavoitteena on laskea sahan taloudellisesti edullisin toimintatapa koskien määrättyä suunnittelukautta (ajanjaksoa) tai suunnittelukausia. Sahaukseen liittyvät saantotiedot tuotetaan sahauksen simulointiohjelmalla.

Suomen sahateollisuudessa lajitellaan tukit tukkiluokkiin, ryhmiin, jotka sahataan samoilla teräasetuksilla tuotantokyvyn maksimoimiseksi. Tavallisesti käytetään tukin latvaläpimittaan, pituuteen ja laatuun perustuvaa luokitusta. **Tukkien lajittelun optimointiohjelmalla** määritetään optimaaliset tukkiluokkien rajat. Lähtöarvotietoina tarvitaan mm. sahauksen simuloinnista saatavat saantoarvot ja tilauskantaan perustuvat tuotettavat tuotteet.



Kuva 3. VTT:n kehittämä integroitu sahayrityksen suunnittelujärjestelmä WoodCIM®.

SAHAUSASETE



Kuva 4. Simulointi tuottaa tuloksena sahausasetevaihtoehtoja sahausuksen optimoimiseksi.

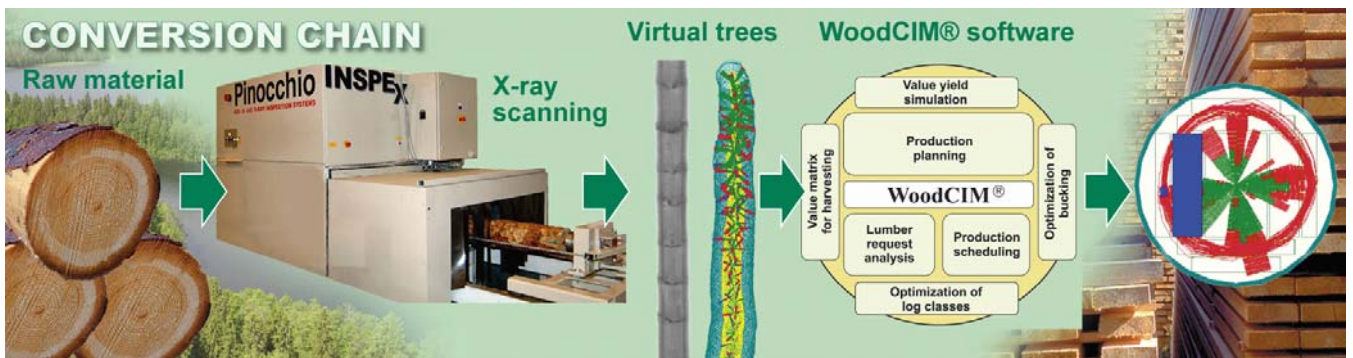
Komponenttien valmistuksen optimointiohjelmalla voidaan analysoida erilaisten value added tuotteiden valmistuksen kannattavuutta ja tuottaa ohjeet valmistuksen toteutukselle.

Myyntikyselyjen analysointiohjelmalla voidaan laskea kannattako jokin kauppa tehdä. Miten kaupan hintaa ja tuote-erittelyä tulisi muuttaa, jotta kauppa kannattaisi tehdä. **Apteerauksen optimointi ohjelmalla** puurunkojen katkontaohjeet.

Oleennaista ohjelmistoissa on tuotteiden (ei tukkien) projisoiminen puurunkoihin ja siten optimaalisen toimintatavan hakeminen koko jalostusketjulle. Tämä on tärkeää, sillä tukki ei ole mikään itse-tarkoitus vaan se on nykyisissä prosesseissa välttämätön välituote. Kuvassa 5 esitetään kokonaisu-mallin periaatekuva.

5. Saatuja kokemuksia järjestelmän kehittämisestä, implementoinnista ja käytöstä

Sahauksen tietokoneavusteisten järjestelmien ja ohjelmistojen kehittäminen, implementointi ja käyttö ovat usein haastavia ja raskaitakin prosesseja. Seuraavassa esitetään kokemuksia, jotka on saatu sahayritysten VTT:n yhteisesti toteuttamista kehityshankkeista..



Kuva 5. Kehittyneet mittaussmenetelmät parantavat optimointimalleissa käytettävän informaation laatua.

Ohjelmistojen kehittäminen

Ohjelmistojen kehittämisessä on tärkeää ymmärtää koko jalostuksen liiketoimintalogiikka. Puu on epähomogeeninen materiaali, josta aiheutuu suuria haasteita järjestelmille. Lähtöarvotietojen hankinta edellyttää hyvää perehtymistä puuteknologiseen tutkimustekniikkaan ja siihen liittyvään arviointitekniikkaan. Luonnollisesti täytyy hallita hyvin myös ohjelmistotekniikka .

Ohjelmistojen tehokkaan käytön kannalta tarvitaan helppokäyttöinen ihminen-tietokone liittymä. Erityistä huomiota tulee kiinnittää visualisointinäkökohtiin. Ohjelmistojen tulisi sisältää myös lähtöarvotietojen järjestyksen tarkistamisen. Suunnittelu- ja optimointijärjestelmä tulee voida linkittää sahan muihin informaatiojärjestelmiin. Ainoastaan tällä tavoin ajan tasalla oleva tieto on saatavissa optimoiviin suunnittelujärjestelmiin.

Mallien ja ohjelmistojen implementointi

Johdon tuki on ensiarvoisen tärkeää kehittyneiden optimointiohjelmistojen menestykselliselle implementoinnille ja käytölle teollisuudessa. Johdon ja koko henkilöstön on oltava motivoitunut käyttämään ja hyödyntämään systeemeistä saatavaa tietoa.

Implementoinnista tulisi vastata tiimin, jolla on monipuolinen asiantuntemus liiketoiminnan koko alueelta, hallinnosta, puuraaka-aineen hankinnasta, tuotannosta, laadunvalvonnasta, markkinoinnista ja myynnistä sekä ohjelmistotekniikasta. Tiimin vetäjän tulee vastata implementoinnista, jalostusketjun osien parantamisesta ja ohjelmistojen räätälöinnin suunnittelusta. Hänen pitää olla myös vastuussa siitä, että ajan tasalla oleva informaatio on saatavilla systeemiin. Implementointivaiheessa on myös tärkeää, että koko henkilöstö tietää mitä on menossa.

Käyttöönottovaihe sisältää seuraavat vaiheet: tietokonejärjestelmän hankinta, ohjelmistojen asentaminen yrityksen tietokoneympäristöön, systeemien käyttökoulutus henkilöstölle, ohjelmistojen varustaminen ajan tasalla olevilla lähtöarvotiedoilla, järjestelmän ja optimointiohjelmistojen käytön opettelu (oppia tekemällä), tulosten arviointi ja tulosten siirto käytännössä toteutettaviksi.

- Järjestelmän hankinta alkaa aina määrittelemällä mahdollisimman tarkasti ohjelmistolle asetettavat vaatimukset ja yrityskohtaiset tarpeet. Tarkastelussa on otettava huomioon myös yrityksen lyhyen ja pitkän tähtäyksen suunnitelmat, jotka vaikuttavat järjestelmän edelleen kehittämisen tarpeisiin.
- Jos ohjelmistojen muutoksia tarvitaan, ne on toteutettava riippuen ohjelmiston rakenteesta ja laadusta. Yrityksellä voi olla myös omia ideoita ohjelmistojen räätälöinniksi. Myös tuotantojärjestelmä saattaa edellyttää ohjelmistojen muuttamista.
- Käyttöönottovaiheessa tulisi analysoida huolella jalostusketjun kaikki toiminnot, prosessit ja menettelytavat häiriöitä ja hajontaa aiheuttavien tekijöiden identifioimiseksi ja poistamiseksi. Näiden tekijöiden eliminointi takaa prosessien paremman hallinnan ja ennusteiden ja suunnitelmien laadun.
- Sen jälkeen kun prosessivirheet on eliminoitu, voidaan aloittaa relevantin lähtöarvotiedon kerääminen ja hankinta. Tämä on haastava tehtävä ja saattaa vaatia aikaa ja mahdollisesti empiirisiäkin tutkimuksia. Vaihe on erittäin tärkeä, koska mallit ja ohjelmistot pystyvät tuottamaan korkeintaan samantasoista informaatiota, kuin mitä laskennassa käytettävät lähtöarvot ovat. Usein tarvitaan erilliset ohjelmistot prosessoimaan ns. raakaa mittaustietoa suunnitteluohjelmistojen edellyttämään lähtöarvojen muotoon.
- Yrityksen pitäisi rakentaa aktiivinen laadunhallintajärjestelmä, joka takaa paitsi asiakkaille toimitettavan tuotelaadun oikeellisuuden myös optimointi- ja ohjausjärjestelmien lähtöarvotietojen laadun. Tavoitteena on ilman viivettä paikallistaa ja eliminoida virheet, jotka vaikuttavat toimintojen ja prosessien stabiilisuuteen ja siten tuotteiden laatuun. Nykyaikainen mittaustekniikka esim. tukin sisäisten vikojen mittaaminen röntgen skannereilla (kuva 5) parantaa prosessien hallintaa merkittävästi.
- Henkilöstön koulutus on käyttöönottovaiheen olennainen vaihe. Informaatiotilaisuuksia pitäisi järjestää koko henkilöstölle, jotta voidaan välttää mahdollinen vastustus. Koulutusvaiheessa käyttäjät varustavat ohjelmistot lähtöarvoilla. Järjestelmätoimittajan on esitettävä havainnollisesti laskentaperiaatteet, että käyttäjät todella ymmärtävät mitä ohjelmistot todella tekevät. Käyttöönottovaiheessa on myös avoimesti kerrottava kaikista ohjelmistossa olevista rajoitteista.
- Ohjelmistojen tekninen toimivuus on helposti todettavissa, mutta ohjelmiston tuottaman ennusteen luotettavuuden analysointi on paljon vaikeampaa. Tämä johtuu siitä, että jokainen puurunko, tukki ja sahatavarakappale ovat ainutkertaisia yksilöitä. Toteutunutta tuotantoa pitää voida verrata malleilla tuotettuihin suunnitelmiin. Ainoastaan sillä tavoin voidaan arvioida mallien hyvyttä ja myös parantaa ennustuskykyä.

Tietokoneavusteinen suunnittelu

Manuaalinen tai vähemmän tietokoneistettu suunnittelu on aikaavievää ja erehdyksiä tapahtuu. Manuaalisessa suunnittelussa suunnittelija suorittaa useinkin liian paljon yksinkertaisia laskutoimituksia käsilaskimella. Manuaalisessa suunnittelussa ollaan yleensä tyytyväisiä, kun pystytään tuottamaan yksikin toteuttamiskelpoinen suunnitelma, vaikka se olisikin kaukana optimista. Hyvään suunnittelutulokseen voidaan kuitenkin päästä riippuen suunnittelijan taitavuudesta ja kokemuksesta. Suunnittelutulos näyttää olevan kuitenkin vuodesta toiseen hyvin samanlainen. Liiketoiminta, joka perustuu manuaaliseen suunnitteluun ei voi olla kovin dynaamista ja joustavaa.

Tietokoneavusteisessa suunnittelussa suunnittelija voi aktiivisesti ohjata toimintoja jalostusketjun eri vaiheissa. Vertaamalla toteutunutta tuotantoa suunniteltuun tuotantoon, hän voi hyvin nopeasti tehdä uuden suunnitelman ja ryhtyä siten välittömästi korjaaviin toimenpiteisiin, jos on tarvetta. Tarve muuttaa suunnitelmia voi perustua muutoksiin sahatavaramarkkinoilla tai tilauskannassa. Myös toimitettu raaka-aine voi poiketa laadullisesti ja koon puolesta siitä, mitä alkuperäisessä suunnittelussa käytettiin. Tietokoneavusteisessa suunnittelussa voidaan laskea nopeasti uusia vaihtoehtoisia suunnitelmia tai toimintamalleja päätöksenteon pohjaksi. Vertaamalla eri suunnitelmia on voidaan tehdä parempia, perusteltuja päätöksiä kannattavaan toimintaan pyrittäessä. Ihminen tekee kuitenkin aina lopulliset päätökset. Tietokoneavusteisessa suunnittelussa ihminen voi käyttää aivojensa kapasiteetin paremmin, kun tietokone suorittaa rutiinilaskennan.

Tehokas optimoivien suunnittelujärjestelmien käyttö vaatii suoraa kommunikaatiomahdollisuutta suunnittelijan ja järjestelmätoimittajan välillä. Heidän on puhuttava samaa kieltä, joka on käyttäjän liiketoiminnan kieli. Toimittajan on myös ymmärrettävä riittävästi käyttäjän liiketoimintaa.

6. Lopuksi

Jalostusketjun integroitu, tietokoneavusteinen, optimointitekniikkaan perustuva suunnittelu ja ohjaus on tuottanut hyviä tuloksia. Ohjelmistoilla voidaan tuottaa informaatiota, jolla hallitaan jalostusketju – metsästä asiakkaalle – kokonaisuutena. Mallit laskevat optimimaalisen - parhaan mahdollisen tuloksen tuottavat parametriarvot ja ohjeet eri toimintatavoille ottaen huomioon rajoitukset ja käytettävissä olevat resurssit. Tulevaisuudessa, kun asiakkaat tarvitsevat entistä monipuolisempia tuotteita ja tuote-erittelyjä, vaihtoehtoisten toimintatapojen lukumäärä lisääntyy erittäin nopeasti. Dynaaminen, joustava ja asiakaslähtöinen toiminta merkitsee kokonaisvaltaisten suunnittelu- ja ohjaussysteemien merkityksen korostumista entisestään.

OPINNÄYTTEET

Väitöskirjatyö: Interactive multi-criteria decision support – New tools and processes for practical applications

Jyri Mustajoki

Systeemianalyysin laboratorio, Teknillinen korkeakoulu

jyri.mustajoki@tkk.fi

Vastaväittäjä: Prof. Theodor J. Stewart (University of Cape Town, South Africa)

Kustos ja työn ohjaaja: Prof. Raimo P. Hämäläinen (Teknillinen korkeakoulu)

Monitavoitteinen arvopuuteoria on päätösanalyttinen lähestymistapa vaihtoehtojen vertailuun ja analysointiin. Tammikuussa 2007 tarkastetussa Jyri Mustajoen väitöskirjassa on tutkittu arvopuumenetelmien käytännön soveltamista ja kehitetty menetelmiä tukevia päätöstukijärjestelmiä. Usein menetelmien ja järjestelmien käyttökelpoisuus riippuu siitä, miten prosessi suoritetaan ja minkälaista tukea käyttäjä saa prosessin aikana. Väitöskirjan tavoitteena on ollut ymmärtää päätösanalyysiprosessin käytännön tarpeet ja näiden pohjalta kehittää tehokkaita ja käyttäjäystävällisiä tapoja tukea prosessia.

Usein päätösanalyttiset menetelmät ovat teoreettisesti hyvin määriteltyjä, mutta niiden käytännön soveltamisprosessia ei ole tarkoin mietitty. Tähän liittyen väitöskirja esittelee muun muassa uusia tapoja tukea Even Swaps -menetelmää, joka on kriteerien välisiin vaihtokauppoihin perustuva prosessi dominoitujen vaihtoehtojen eliminointiin. Väitöskirjassa tutkitaan myös, miten epävarmuuksien mallintamiseen kehitettyjä intervallimenetelmiä voidaan soveltaa esimerkiksi herkkyyksianalyysien tekemiseen.

Tietotekniikan ja Internetin viimeaikainen kehitys on avannut uusia mahdollisuuksia järjestelmäkehitykselle. Väitöskirjassa kehitetyt päätöksenteon tukiohjelmistot, *Web-HIPRE* ja *Smart-Swaps*, perustuvat näiden mahdollisuuksien hyödyntämiseen. Web-HIPRE oli avautuessaan ensimmäinen Internet-pohjainen monitavoitteista arvopuuanalyysiä tukeva ohjelmisto ja Smart-Swaps ensimmäinen Even Swaps -menetelmää tukeva ohjelmisto maailmassa. Web-HIPREä käytetään jo nyt eri puolilla maapalloa tietoyhteiskunnan uutena kansalaisosallistumista tukevana työkaluna ympäristösovelluksissa. Se on myös integroitu osaksi eurooppalaista ydinonnettomuuksien hallinnan RODOS-tukijärjestelmää.

Nykyisin ehkä tärkeimpiä monimitallisia ongelmia nousee esiin juuri ympäristökysymyksissä. Väitöskirjassa on raportoitu kokemuksia kehitettyjen ohjelmistojen käytöstä vesistöjen säännöstelyyn ja ydinonnettomuuksien hallintaan liittyvissä käytännön sovelluksissa Suomessa. Kokemukset osoittivat, että päätösanalyttinen lähestymistapa ja uudet työkalut soveltuvat erittäin hyvin ympäristöpäätöksenteon tukemiseen. Etenkin osallistavan demokratian ryhmäpäätöksenteossa järjestelmien tarjoama tuki auttaa jäsentämään ja ymmärtämään sekä itse vaihtoehtojen eri vaikutuksia että toisten päätöksentekijöiden arvostuksia. Tämä voi usein toimia ratkaisevana apuna pääsemään kaikkia osapuolia tyydyttävään lopputulokseen.

Väitöskirjatyö: On Potential of Interactive Multiobjective Optimization in Chemical Process Design

Hakanen, Jussi

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2006, 81 p.(+included articles) (Jyväskylä Studies in Computing ISSN 1456-5390; 68) ISBN 951-39-2684-2

In this thesis, we study the potential of interactive multiobjective optimization (MOO) in solving chemical process design problems with several conflicting objectives. When designing real-world chemical processes, there are several performance criteria that need to be considered simultaneously, for example, economical aspects, environmental impact and process operability to name a few. These aspects are often conflicting and, therefore, the process considered can not be optimal with respect to each criteria at the same time. This means that some compromise must be made.

In this thesis, interactive MOO is used to help the designer in finding the best compromise between the conflicting performance criteria. A compromise in MOO is called a Pareto optimal solution and it means that the performance of the process can not be improved with respect to any criteria without impairment in some other criteria. Previously, chemical process design problems have been usually solved with two performance criteria at most. The approach described in this thesis is not restricted by the number of performance criteria as is often the case in methods used by chemical engineers. Therefore, process design problems can be considered in their truly multiobjective character without unnecessary simplifications.

A process design tool based on IND-NIMBUS, an implementation of the interactive MOO method IMBUS®, has been developed in this thesis. The IND-NIMBUS process design tool developed consists of three parts: a modelling tool, an optimizer and a graphical user interface. The modelling tool produces a numerical model of the process considered. The optimizer consists of NIMBUS® and some suitable single objective optimizer that finally produces new Pareto optimal solutions by solving the single objective subproblems produced by NIMBUS®. Different modelling tools and single objective optimizers can be used depending on the problem to be solved. The graphical user interface enables the designer to input his/her preferences during the interactive solution procedure as well as comparing the Pareto optimal solutions obtained with different types of visualizations. The preference information is used to guide the search of the most preferred solution by generating desirable Pareto optimal solutions.

Some preliminary ideas are also introduced to aid the designer in the decision making procedure. In this thesis, trade-off information is studied as a way of supporting the designer. The idea is to guide the designer towards the most preferred solution by showing him/her tradeoff information during the interactive solution procedure. Trade-off information can help the designer in realizing what kind of compromises could be available. This information is also beneficial in convincing the designer that (s)he has found the best compromise solution available.

To test these ideas in practice, several industrial process design problems related, for example, to paper making and sugar industries were solved. Previously, these problems were considered in a simplified formulation by including only one or some of the important criteria. Here, these problems were considered in a totally new way with more than two important performance criteria included. The IND-NIMBUS process design tool was applied to these problems and all the problems were solved with the help of real designers who were experts in the specific areas of the applications considered. The results obtained were promising and the designers found the interactive solution procedure easy to understand and use. To summarize, we showed that interactive MOO can be successfully applied to solving chemical process design problems in their true multiobjective character and our approach turned out to be efficient in practice.

Keywords: Chemical process design, multiobjective optimization, interactive methods, classification, NIMBUS® method, decision maker, scalarization

Väitöskirjatiedote: Riskinhallinta yksityisen sektorin työeläkkeiden rahoituksessa

KTM **Petri Hillin** liikkeenjohdon systeemit -aineeseen kuuluva väitöskirja ”Riskinhallinta yksityisen sektorin työeläkkeiden rahoituksessa” tarkastetaan Helsingin kauppakorkeakoulun pääarakennuksen juhlasalissa (Runeberginkatu 14–16) **perjantaina 12.1.2007 klo 12**.

Vastaväittäjänä toimii ylijohtaja **Tarmo Pukkila** Sosiaali- ja terveysministeriöstä ja kustoksena professori **Markku Kallio**. Tutkimus on osa Suomen Akatemian ja Sosiaali- ja terveysministeriön rahoittamaa tutkimusprojektia.

Väitöskirja käsittelee rahoitusriskien hallintaa 1.1.2007 voimaan tulleen Työntekijän eläkelain (TyEL) mukaisessa työeläkejärjestelmässä. Tutkimuksessa on kehitetty riskienhallintamalleja, jotka huomioivat olennaisimmat vakuutus- ja sijoitustoimintaan liittyvät epävarmuustekijät. Malleilla tutkittiin sekä työeläkelaitosten optimaalista sijoitustoimintaa että koko TyELjärjestelmän käyttäytymistä pitkällä aikavälillä. Kyseessä on ensimmäinen julkinen tutkimus, jossa on keskitytty eläkejärjestelmän riskitekijöiden vaikutuksiin. Riskitekijöiden asianmukainen huomioiminen tuo esille yllättäviäkin seikkoja, joita ei ole aikaisemmin havaittu.

Hallitus esitti 8.6.2006 TyEL-lakiin muutoksia, joiden tavoitteena on alentaa tulevia TyELmaksuja. Väitöskirjassa esitettyjen laskelmien perusteella hallituksen lakiesityksen mukaisessa järjestelmässä vuoden 2034 TyEL-maksuprosentin mediaani olisi noin 27, kun se nykyjärjestelmässä tulisi olemaan noin 29. Maksuun liittyvä epävarmuus on kuitenkin huomattavan suuri. Esimerkiksi vuoden 2034 TyEL-maksuprosentin 50 %:n luottamusväli on 23–29. Maksuprosentti tulee siis 25 %:n todennäköisyydellä olemaan yli 29.

Kehitettyjä malleja voidaan käyttää myös yksittäisten työeläkelaitosten sijoitussuunnittelussa, missä riskitekijöiden huomioiminen on ensiarvoisen tärkeää. Väitöskirjassa on tutkittu optimaalisten, riskitekijät huomioivien sijoitusstrategioiden hakemista numeerisen laskennan keinoin. Optimoiduilla strategioilla päästään testien perusteella huomattavasti korkeampiin sijoitustuottoihin ja pienempään konkurssirisktiin kuin suomalaisissa eläkelaitoksissa perinteisesti käytetyillä menetelmillä.

Lisätietoja: Petri Hilli, puh. (09) 4313 8527, petri.hilli@hse.fi. Tiedotusvälineiden edustajat voivat tiedustella ilmaiskappaleita väittelijältä. Väitöskirjaa myy KY-kirjakauppa Helsingin kauppakorkeakoulun pääarakennuksessa (Runeberginkatu 14–16).

Licentiate Thesis: On optimization of simulation based design**Timo Aittokoski**

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2007, 110 p. (Jyväskylä Licentiate Theses in Computing ISSN 1795-9713; 8) ISBN 978-951-39-2788-2

In many industrial processes it is imperative to be able to control features (quality, production cost, strength, etc.) of the end product. Processes can be simulated using specific mathematical models, upon which the effect of different input variable values of the process can be tested to produce desired end result. Often input variable values are adjusted by trial-and-error, based on the designer's expertise, producing arbitrary results varying from poor to excellent. With simulation based optimization, designer no longer adjusts single design variable values, but rather he/she describes the desired end result with a higher abstraction level, and an appropriate optimization algorithm finds proper values for any design variable.

In this study, properties (such as maximum power, efficiency and suitability of gearing to engine properties) of internal combustion engines are optimized. Our problem setup, as several other real life engineering problems, places some special requirements for the optimization system, and we consider three important characteristics: efficiency (generally, running the simulator is computationally expensive) in terms of objective function evaluations, global search instead of local one (to avoid local minima often present because of high nonlinearity), and treating multiple objectives simultaneously in the problem. One more characteristic of our problem is having no gradient information available. In this study we give some perspectives to our problem and present cost effective ways to solve it. In our study, we want to solve efficiently (using a minimal number of objective function evaluations) and in a global and inherently multiobjective manner a complex task with a practical value. We alter dimensions and the shape of the exhaust pipe of a 2-stroke engine, and thus affect power output characteristics of the engine. Our objective functions are more complicated than in some of the previous studies, and we address the very important problem (from the perspective of vehicle performance) of fitting the engine properties to gearing and transmission. This study also adheres to an important topic often faced in real world applications, namely solving optimization tasks in case of several conflicting objectives via the use of scalarization methods.

Keywords: optimization, multiobjective, global, efficient, simulation, scalarization, reference point.

Pro gradu-tutkielma: Liikkeenjohdon systeemien pro gradu –tutkielma. Subjektiiiviset vs. objektiiviset menetelmät tuotekustannusten ennustamisessa.

Sanna Vanhala

HELSINGIN KAUPPAKORKEAKOULU TIIVISTELMÄ

Tutkielman tavoitteet

Tutkielman tavoitteena on löytää tuotekustannusten ennustamisen alueelle sopivia ennustusmenetelmiä ja ennustetarkkuuden mittareita. Toisena tutkielman tarkoituksena on tarkastella caseyrityksen tuotekustannusten ennustamisprosessin toimivuutta ja löytää tapoja parantaa ennustustarkkuutta. Tutkielma painottuu subjektiivisten ja objektiivisiin ennustusmenetelmien vertailuun.

Lähdeaineisto

Empiirisessä osassa tarkastellaan caseyrityksen tuotekustannusennusteiden tarkkuutta. Aineistona on noin 7000 myyntinimikkeelle puolentoista vuoden aikana tehdyt subjektiiviset ennusteet.

Aineiston käsittely

Tarkkuutta tutkitaan sovellusalueeseen mukautetuilla ennustevirheen mittareilla. Lisäksi tutkielmassa simuloidaan ennustamista aikasarja ja regressiopohjaisilla menetelmillä ja verrataan kyseisiä ennusteita nykyisen ennustusmenetelmän ennustetarkkuuteen.

Tulokset

Tutkimuksessa havaittiin, että virheprosenttiin perustuvat ennustevirheiden mittarit, joissa painotetaan virheitä tuotenimikkeiden suhteellista tärkeyttä kuvaavalla parametrilla, soveltuivat parhaiten kyseiseen tilanteeseen. Lisäksi havaittiin, että varastonohjauksessa yleisesti käytetty ABCluokittelu on hyödyllinen lähestymistapa ennustettavien tuotenimikkeiden luokitteluun. Tutkimuksessa myös simuloitiin eri ennustusmenetelmien suorituskykyä kullekin luokalle käyttäen nykyistä ennustusmenetelmää vertailukohtana. Tulosten perusteella suositeltiin subjektiivista ennustamista Aluokalle, double exponential smoothing –menetelmää Bluokalle ja naivia ennustetta Cluokalle.

Avainsanat

tuotekustannus, ennustaminen, subjektiiviset ennustusmenetelmät, tilastolliset ennustusmenetelmät, ennustevirheen mittarit

Diplomityö: Consumer Data and Privacy in Ubiquitous Computing

Teemu Mutanen (Teknillinen korkeakoulu)

Työn valvoja: professori Harri Ehtamo (TKK)

Työn ohjaaja: DI Jussi Ahola

Tiedon jakaminen tuottaa laadukkaamman ymmärryksen asiakaskäyttäytymisestä

Tekniikan ylioppilas Teemu Mutanen tutki diplomityössä ”Asiakastieto ja yksityisyys jokapaikan tietotekniikassa” tiedon jakamisen tuottamaa laadukkaampaa ymmärrystä. Työ tarkastettiin Teknillisen korkeakoulun Systemianalyysin laboratoriossa tammikuussa 2007.

Jokapaikan tietotekniikka on käsite joka kuvaa tulevaisuuden yhteneviä tietoteknisiä ratkaisuja. Tämä käsittää herkkiä ilmaisimia, uusia laitteita, kehittyneitä yhteysmuotoja sekä kaikkien näiden yhteistä toimintaa. Jokapaikan tietotekniikan kehityksen selkeä uutuusarvo on kiteytettävissä kahteen kehityssuuntaan. Toinen näistä on kasvava tietomassa. Vaikka tallennetun tiedon määrä on yhteiskunnassa ollut kasvussa jo muutaman vuosikymmenen ajan, tieto ihmisten käyttäytymisen kontekstista on jäänyt puuttumaan. Juuri tämän kontekstitiedon määrä kasvaa jokapaikan tietotekniikan saralla. Toinen kehityssuunta on tallentuvan tiedon hajaantuminen. Lukuisat palvelut ja laitteet tallentavat jokainen itselleen olennaista tietoa omaan tietokantaan. Näiden kehityssuuntien tuloksena yksilön kontekstitiedon analysointia pyritään hyödyntämään lukuisissa sähköisissä palveluissa. Koska jokapaikan tietotekniikka mahdollistaa paremman ja tarkemman yksilön identifioinnin, uudet palvelut, erityisesti sähköiset palvelut tänä päivänä, hyödyntävät yksillöllistä asiakastietoa entistä laajemmin.

Asiakastiedon kohdalla laajamittaisempi tietojen analysointi, sekä tarkempi yksilön identifiointi ei kuitenkaan saa loukata yksilön yksityisyyttä. Käsitteenä yksityisyydellä tarkoitetaan toisaalta yksilön yksityisyyttä ja toisaalta yritysten yksityisyyttä, eli liikesalaisuuksien säilyttämistä. Yksityisyyden säilyttäminen on eri asia kuin tietosuoja. Yksityisyyden käsite on työn mukaan muuttumassa. Sen sijaan että yksilön yksityisyys määriteltäisiin kysymyksellä ’mitä tietoa muut saavat tietää minusta’, yksityisyydellä tarkoitetaan nykyään ajatusta ’kuka saa käsitellä tietojani ja mihin tarkoitukseen’. Työssä on tarkasteltu tämän yksityisyyden käsitteen muuttumisen vaikutuksia tiedon analysointiin.

Asiakastiedon analysointi, erityisesti sen tulosten hyödyntäminen, ei ole uusi idea. Toisaalta jokapaikan tietotekniikka tuo mukanaan suuren määrän uutta tietoa yksilöiden käyttäytymisestä eri yhteyksissä. Tiedon jalostaminen ennustaviksi malleiksi paranee uusien palveluiden myötä,

ennustavien mallien luoma hyöty on suurempi kuin pelkkien kuvailevien tunnuslukujen käyttö. Tiedon hajaantunut luonne ja yksilöiden huoli yksityisyyden säilyttämisestä asettavat omat haasteensa laajamittaiselle tiedon analysoinnille.

Työssä on esitetty malli jossa hajautetuista tietolähteistä jalostetaan ymmärrystä kuitenkin paljastamatta yksittäisten tietokantojen tietoa toisille osapuolille. Tämä malli säilyttää sekä yksilön yksityisyyden että yritystiedot. Mallissa analysoinnin tulokset ovat jokaisen osapuolen hyödynnettävissä. Työn tuloksena on myös käsitelty hyötyjä, joita tiedon jakaminen tuottaa eri osapuolille - miksi tietoja kannattaa analysoida yhteisesti. Kollektiivinen asiakastietojen analysointi tuottaa paremman ymmärryksen käytöksestä kuin osapuolten itsenäisesti suorittama analysointi. Tähän saakka yksityisyyden paljastuminen tai liikesalaisuuksien vuotaminen on estänyt vastaavan kaltaisen yhteistyössä tapahtuvan asiakastiedon jalostamisen.

Diplomityö: Portfolio Decision Making in Innovation Management

Erkka Jalonen (Teknillinen korkeakoulu)

Työn valvoja: Prof. Ahti Salo (TKK)

Työn ohjaaja: DI Juuso Liesiö (TKK)

Portfoliopäätöksenteko ja sen tukeminen innovaatiojohtamisessa

Kansainvälistyneen kilpailun ja tietotekniikan kehityksen myötä innovoinnista ja sillä saavutettavasta tuotedifferentiaatiosta on tullut monille yrityksille kestävän liiketoiminnan elinehto. Myös julkiset tahot ja erilaiset yritysten yhteenliittymät ovat kehittäneet instrumentteja innovatiivisen toiminnan edistämiseksi. Tuotteiden ja palveluiden kehittämiseen tähtäävien projektien määrän kasvu aikaansaa uusia haasteita: Miten hallita T&K projektien salkkua? Miten pitää huoli siitä, että niukat resurssit on allokoitu oikein? Ja että projektit ovat linjassa organisaation strategian kanssa?

Liikkeenjohdon systeemien ja päätösanalyysin kirjallisuuden termein kysymys on portfolion mallinnuksesta ja hallinnasta. Portfolion, siis rajallisten resurssien puitteissa valitun hankekokoelman, mallinnuksesta puhuttaessa törmätään usein kysymyksiin, miten parhaiten ymmärtää päätösongelma portfoliovalintana, miten mitata yksittäisten hankkeiden arvo, ja mistä muodostuu koko hankeportfolion arvo. Viime vuosikymmeninä kiinnostus on myös suuntautunut päätöksentekoprosesseihin, päätöksenteon tukijärjestelmiin ja menetelmien jalkauttamiseen organisaatioiden arkipäiväisen päätöksenteon tueksi.

Diplomityössään Erkka Jalonen esittelee laajasti portfoliomallinnuksen sovelluskohteita innovaatiojohtamisen alueelta, jossa portfoliomallinnusta on hänen mukaansa sovellettu paitsi projektivalintoihin, myös muun muassa tutkimusteemojen valintaan, patenttisalkkujen hallintaan ja heikkojen signaalien seulontaan. Erotuksena muihin sovelluskohteisiin, näille luonteenomaista on muun muassa tulevaisuussuuntautuneisuus, joka merkitsee paitsi suuria epävarmuuksia, myös tarvittavan tiedon ja näkemyksen hajautumista useille eri tahoille. Nämä ja muut ominaispiirteet asettavat portfoliomallinnuksen ja päätöksenteon menetelmille vaatimuksia, joihin olemassaolevia menetelmiä ja ohjelmistoja ei ole suunniteltu vastaamaan. Työssään Jalonen kartoittaaakin portfoliomallinnuksen menetelmiä ja ohjelmistoja, arvioiden niitä erityisesti innovaatiojohtamisen kontekstissa.

Taustatyön lisäksi Jalonen on yhdessä professori Ahti Salon (Systeemianalyysin laboratorio, TKK) tutkimusryhmän kanssa suunnitellut ja toteuttanut päätöksenteon tukijärjestelmän RPM-Decisionsin, soveltanut ohjelmistoa Pakkausteollisuus – PTR ry:n tutkimusportfolion rakentamiseen, ja arvioinut sitä suhteessa olemassaoleviin menetelmiin ja ohjelmistoihin. Menetelmällisesti RPM-Decisionsin yhdistää Systeemianalyysin laboratoriossa kehitetyn Robustin portfoliomallinnuksen (RPM) visuaalisiin käyttäjäystävällisiin portfoliokaavioihin. Ohjelmiston suunnittelussa erityistä huomioita on kiinnitetty rajapintoihin, joilla muun muassa analyysi voidaan jalkauttaa verkon kautta laajankin sidosryhmän tarkasteltavaksi. Jalosen antamat ohjeet RPM-Decisionsin soveltamiseen pätevät yleisemminkin suosituksina projektivalinnan ohjaamiseen.

Diplomityö: Calibration of an Optimization Model for Short-term Hydropower Production Planning

Mikko Kerola (Teknillinen korkeakoulu)

Työn valvoja: Prof. Ahti Salo (TKK)

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

Lyhyen aikavälin tuotannon optimoinnilla ratkaiseva vaikutus sähköntuottajan menestykseen

Nykyisenkaltaisilla, säännöstelemättömillä sähkömarkkinoilla sähköntuottajan menestys riippuu suurilta osin siitä, kuinka hyvin sen onnistuu optimoida tuotantoaan markkinoilla määräytyvää sähkön hintaa vastaan. Pohjoismaisten sähkömarkkinoiden vesivoimavaltaisuus kasvattaa erityisesti vesivoimatuotannon suunnittelun merkitystä, kirjoittaa Mikko Kerola Fortumin Portfolio Management and Trading –liiketoimintayksikölle tekemässään diplomityössä. Kerola esittelee työssään lyhyen aikavälin (seuraavasta vuorokaudesta 2-4 viikkoa eteenpäin) vesivoimatuotannon

optimointimallin, sekä osoittaa olemassaolevaa jokisysteemiä esimerkkinä käyttäen, että malli on käyttökelpoinen työkalu tuotannosuunnittelun päätöksentekoprosessissa.

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

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

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

Optimointimallin ytimessä ovat vesialtaiden taseyhtälöt, joiden myötä kaikki jokisysteemin vesialtaat ja laitokset kytkeytyvät niin toisiinsa, kuin myös ajan yli. Keskipitkän aikavälin suunnittelun ohjauksen mallintaminen on myös merkittävässä osassa. Malli sisältää lisäksi lukuisia erilaisia rajoituksia, joista osaan on liitetty nk. sakkomuuttujia. Luonteeltaan mallinnettava systeemi on stokastinen ja sisältää lukuisia epälinearisuuksia. Käytettävyyden kannalta systeemiä

käsitellään useimmiten kuitenkin deterministisenä. Lisäksi epälineaarisuudet yksinkertaistetaan paloittain lineaarisilla funktioilla. Malli sisältää myös kokonaislukumuuttujia, joiden avulla mallinnetaan laitosten generaattoreiden käynnistämisestä aiheutuvia kuluja.

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

Diplomityö: Tuotannonohjaustarpeet ja tuotantomäärien ennustaminen

Jaakko Lehtinen (Teknillinen korkeakoulu)

Työn valvoja: Professori Harri Ehtamo (TKK)
Työn ohjaajat: Diplomi-insinööri Tuuli Linnakko

Tuotannonsuunnitteluun on mahdollisuuksia myös informaatiologiikka-alalla

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

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

Tietyiltä osiltaan Itella ECM:n tuotanto muistuttaa palvelualoja. Esimerkiksi dokumenttien hallintansa Itellalle ulkoistaneen yrityksen päivittäinen ostolaskupostiliikenne on käsiteltävä sovitussa ajassa riippumatta siitä, kuinka paljon asiakirjoja Itellaan saapuu. Päivittaiset tuotantovolyymit ja vaihtelu vastaanotettavan postin määrässä ovat suuria ja usein palvelulupaus

velvoittaa käsittelemään asiakirjat 24 tunnissa. Lisäksi tuotannonsuunnittelu on ihmispainotteista, sillä suurimman yksittäisen resurssin muodostavat tuotannon työntekijät. Tämä tekijä lisää haasteita entisestään, sillä toisin kuin valmistusteollisuuden tehtaassa, vaihtelee ECM:ssä tietyn asiakirjamäärän tekemiseen kuluva aika satunnaisesti ja on lisäksi tekijästä riippuvaa.

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

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

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

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

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

eroavaisuuksiin. Lisäämällä edelleen laskutus ja laadunvalvonta samaan järjestelmään saadaan myös tuotannon kannattavuudesta asiakkaittain tai tuotantotiimeittäin arvokasta tietoa täysin automaattisesti.

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

TULEVIA TAPAHTUMIA

TOUKOKUU 2007

Mathematics and Computation in Music 2007

Berlin, Germany
<http://www.mcm2007.info/>

KESÄKUU 2007

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

Fontainebleau
<http://awic2007.net/>

HEINÄKUU 2007

8.-11.7. INFORMS Puerto Rico International 2007

Rio Grande, Puerto Rico
<http://www.informs.org/Conf/PuertoRico2007/>

8.-11.7. EURO XXII

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

9.-11.7. Applied Probability INFORMS Conference

Eindhoven, The Netherlands
<http://appliedprob.society.informs.org/INFO-RMS2007/Index.html>

SYYSKUU 2007

5.-7.9. Operations Research 2007

Saarbrücken, Germany
<http://www.or2007.de>

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

Singapore
<http://www.cec2007.org>

LOKAKUU 2007

18.10. Strategic Roadmapping

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

MARRASKUU 2007

4.-7.11. INFORMS Annual Meeting 2007

Seattle, WA, USA

Lisää tapahtumia:

<http://meetings.informs.org/>
<http://www.ifors.org>
<http://www.euro-online.org/>