

# Mat-2.4177 Operaatiotutkimuksen projektityöseminaari

Teppo-Heikki Saari // tisaari@cc.hut.fi, projektipäällikkö

Jarno Leppänen // jarno.leppanen@tkk.fi

Johan Mangs // kmangs@cc.hut.fi

Teemu Mutanen // teemu.mutanen@gmail.com

Antti Savelainen // antti.savelainen@tkk.fi

27. helmikuuta 2008

## Projektisuunnitelma

# 1 Johdanto

Taide kuvastaa aikansa yhteiskuntaa ja sen ilmiöitä. Kautta historian taiteella on ollut tärkeä merkitys ihmisen päivä- ja alitajunnan ilmaisussa. Nyky-yhteiskunnan tieteellis-teknologinen kehitys on mahdollistanut taiteen ja teknologian lähentymisen, eikä tieteen ja taiteen välille ole aina enää mahdollista vetää niitä erottavaa rajaa.

Anna-Kaisa Ant-Wuorisen teos ”Fuuga” on kiinnitetty Juha Leiviskän suunnitteleman Sandels-talon tapuliin. Teoksen paljastustilaisuus on 27.2.2008. Teos on osoitus kuvataiteen, arkkitehtuurin ja insinööritaidon yhdistämisestä; teoksen ja tapulin mittasuhteet on sovitettu toisiinsa ja teoksen tehtävä on paitsi olla taideteos myös tukea tapulin seinämiä. Tapauksessa tekniset rajoitukset rajoittivat taiteellista toteutusta ja taiteelliset vaatimukset haastoivat teknisen toteutuksen mahdollisuudet. Luomisprosessin aikana nousi esiin kiinnostavia ongelmia, esimerkiksi teoksen prototyyppien työstämisen työläys. Saadakseen käsityksen kokonaisuudesta taiteilijan täytyi valmistaa teoksesta pienoismalli, mutta pienoismallien valmistamisen työläys rajoitti niiden lukumäärää.

Markkinoilla on tarjolla työkaluja, sekä tietoteknisiä että fyysisiä, avustamaan arkkitehtuurista suunnittelua. Tarjolla on myös tietoteknisiä ratkaisuja laskentaongelmiin (esim. optimointi, simulointi). Useat näistä työvälineistä tarjoavat apua ensisijaisesti helpottamaan laskennallista suunnittelutyötä. Taiteilijat sen sijaan muodostavat ja arvioivat ongelmia ensisijaisesti laadullisten tekijöiden kautta, kuten esimerkiksi esteettisen kauneuden, tai yksinkertaisuuden ja harmonisuuden perusteella. Tämän tyyppiseen suunnitteluun ei markkinoilla ole valmiita työvälineitä tarjolla. Laadullisten tekijöiden valossa on tärkeää päästä hahmottamaan ja arvioimaan lopputulosta kokonaisuutena.

# 2 Tavoitteet

Projektin tavoittena on luoda taiteilija Anna-Kaisa Ant-Wuoriselle työväline, joka auttaa häntä parhaan mahdollisen veistosrakenteen luomisessa. Rakenteen laadullisten tekijöiden arviointi on mahdollista vain jos taiteilijalla on mahdollisuus muodostaa käsitys lopullisesta hilasta. Työkalun mahdollisesti tuottaman visuaalisen mallin käyttäminen on yksi keino taiteilijalle arvioida hilojen ominaisuuksia ilman varsinaisen fyysisen hilan valmistamista.

Työkalun pitää siis pystyä tuottamaan visualisointeja eri hilamalleista. Tämän tyyppisen työkalun toiminta vaatii kolmen eri osatavoitteen toteutumista. Ensiksi työkalun täytyy luoda hiloja siten että matemaattiset vähimmäisvaatimukset toteutuvat, toiseksi tuloksena muodostuvat hilat on muokattava visuaalisesti ymmärrettävään muotoon, ja kolmanneksi käyttäjälle on luotava mahdollisuus vaikuttaa työkalun toteuttamaan lopputulokseen.

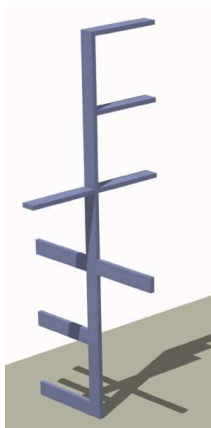
## Aiheen rajaus

Projektissa on rajauduttu tarkastelemaan  $3 \times 4 \times 7$ -kokoisia suorakulmisen särmiön muotoisia hilarakenteita, joiden on vähintään täytettävä seuraavat ehdot:

- hila on yhtenäinen rakenne yhdessä osassa
- kaikissa nurkkapisteissä on liitos

- mihinkään hilapisteeseen, jossa on liitos, ei ole liitettynä vain yksi toinen piste (ts. palkki ei pääty “ilmaan”)
- rakenne hahmottuu kohtisuoraan edestä, takaa, ylhäältä ja alhaalta katsottuna samankokoisten neliöiden ruudukoksi
- liitokset ovat yhdessä tasossa

Valmiina tuloksena hila rakennetaan läpileikkaukseltaan suorakulmaisen muotoisista palkeista. Liitokset määräävät täten palkkien orientaation hilarakenteessa (ks. kuva 1).



Kuva 1: Palkkien sallitut liitokset

### 3 Toimenpiteet

Projektin tavoitteet on tarkoitus toteuttaa luomalla tietokoneohjelma, joka pystyy tuottamaan halutunkaltaisia hilarakenteita. Ohjelman luomiseen käytetään MATLAB-ohjelmistopakettia ja mahdollisesti java-ohjelmointialustaa.

#### Hilarakenteiden matemaattinen kuvaus

Hilarakennetta on voitava kuvata matemaattisesti. Tähän on olemassa useita vaihtoehtoja, joiden soveltuvuutta pyrimme arvioimaan. Eri lähestymistavoista kartoitamme ainakin hilan kaarien yksiulotteisia indeksointeja, useampiulotteisia tensorikuvauksia ja hilapisteiden ja -kaarien graafikuvauksia.

#### Hilarakenteiden generointi

Edellä esitelty  $3 \times 4 \times 7$ -kokoinen hila on mahdollista tuottaa muutamalla eri tavalla. Projektissa on tarkoitus tutkia parin eri lähestymistavan soveltuvuutta tuottaa ko. hilarakenteita.

Ensimmäisenä tavoitteena on tutkia eri tapoja generoida satunnaisia, rajoitusehdot täyttäviä hilarakenteita. Generointimenetelmissä voidaan erottaa kaksi periaatteellista ääripäätä. Generointi voi toimia holistisella yritykseen ja erehdys

-periaatteella, jossa valmiita, täysin satunnaisia rakenteita testataan, kunnes löydetään rajoitusehdot täyttävä rakenne. Toinen tapa generoida satunnaisia hiloja on edetä iteratiivisesti kohti täydellistä hilaa niin, että joka askeleella varmistutaan rajoitusehtojen toteutumisesta.

Erilaisista generointimenetelmistä aiomme tutkia eritoten jälkimmäisen tyyppisiä ratkaisuja. Erityisiä tarkastelun kohteita ovat iteratiivisten generointitapojen lokaalien lokaalien ominaisuuksien vaikutukset koko hilaan ja mielekkäiden varioitavien parametrien löytäminen.

### **Hilarakenteiden optimointi**

Seuraavaksi pyrimme kehittämään matemaattisia mittoja, jotka kuvaavat hilarakenteen esteettisiä ominaisuuksia. Tarkoituksena ei ole yrittää kuvata subjektiivisia mielipiteitä, vaan piirteitä, jotka voidaan mieltää objektiivisiksi. Tällaisia piirteitä ovat esimerkiksi yksinkertaisuus (paljon pitkiä kappaleita), soljuvuus (vähän takaisin kääntyviä mutkia) tai mahdollisimman pienen palkkimäärän käyttö. Näiden piirteiden mittojen kombinaatioilla voimme arvottaa ja optimoida hilarakenteita.

Hilan optimoinnissa tutkitaan erilaisia lähestymistapoja. Tässäkin menetelmät voidaan lähtökohtaisesti jakaa holistisiin, kuten koko hilaa kuvaaviin kokonaislukuoptimointitehtäviin, sekä dynaamisiin, joissa ongelma jaetaan pienempiin, erikseen ratkaistaviin osiin. Optimointi voi tapahtua myös generointitasolla, jolloin valitsemme esimerkiksi askelettain etenevässä generointimenetelmässä jollain mitoilla parhaan lyhyen tähtäimen vaihtoehdon, jolloin päädyimme “ahneeseen” algoritmiin. Myös geneettisiä algoritmeja tutkitaan. Erityisiä tutkimusaiheita optimoinnissa ovat

- kohdefunktio, piirteiden kuvaus ja valinta
- dynaamisten algoritmien ositus
- laskennan haasteet

### **Hilarakenteiden visualisointi**

Projektin tavoitteiden kannalta visualisointi on erittäin keskeisessä asemassa. Visualisoitu lopputulos on se josta käyttäjä arvioi ohjelman tuottaman ratkaisun laatua. Tämän vuoksi panostamme visualisointiin heti projektin alusta alkaen. Koska ohjelma luodaan käyttämällä MATLAB-ohjelmistopakettia, muodostamme ensimmäiset visualisoinnit myös MATLAB:n avulla. MATLAB:in on saatavilla lukuisia erilaisia piirtotyökaluja ja kartoitamme sekä hyödynnämme näitä soveltuvien osin projektissa. Tarvittaessa luomme ohjelman lisäksi myös jotain visualisointiin liittyviä komponentteja. Myöhemmässä vaiheessa voimme lisäksi tuottaa ohjelmaan interaktiivisia elementtejä käyttäjäkokemuksen parantamiseksi.

### **Synteesi**

Projektin aikana ja sen tuloksena on myös tarkoitus murtaa aitoja kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen ajattelukehikon ympäriltä. Pyrkimyksenä on osoittaa

monipuolisen analyysin olevan mahdollista vastaamalla mm. seuraaviin kysymyksiin:

- Minkälaisia esteettisiä ominaisuuksia hiloilla on?
- Miten nämä ominaisuudet liittyvät hilojen luomisessa käytettyyn matematiikkaan?

## 4 Raportointi ja viestintä

Projektin henkilöiden keskinäiseen viestintään käytetään sähköpostia sekä projektia varten perustettua wikisivustoa. Projektin wikisivustoa ylläpidetään myös jotta tietoa voidaan jakaa projektin ulkopuolisille tahoille, esim. taiteilija Anna-Kaisa Ant-Wuoriselle.

Projektin edistymisestä raportoidaan tasaisin väliajoin kirjallisesti. Ensimmäisenä kirjallisena tuotoksena tehdään tämä projektisuunnitelma. Väliraportti linjaa projektin edistymistä sekä selkiyttää lopullista aikataulua. Lisäksi väliraportissa kerrotaan poikkeamat alkuperäiseen suunnitelmaan.

Projektin tulokset raportoidaan kokonaisuudessaan loppuraportissa. Loppuraportti käsittelee kaiken olennaisen tiedon projektin kulusta ja sisällöstä.

Projektin puitteissa on myös mahdollista saada kirjoitettua artikkeli kansainväliseen taidealaa käsittelevään julkaisuun. Artikkelitullaan referoimaan loppuraportista, koska mahdollinen artikkeli julkaistaan kansainvälisesti on loppuraportin kieli englanti.

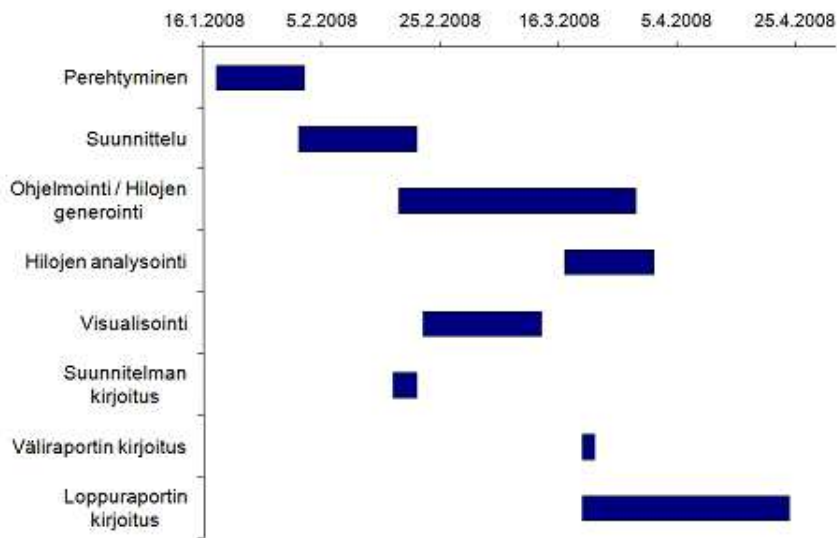
## 5 Aikataulu ja resurssit

Projektin resurssit koostuu neljän opiskelijan viiden opintopisteen työmäärästä ja yhden opiskelijan 7 opintopisteen työmäärästä, yhteensä siis 27 opintopisteen työmäärä.

Resurssien rajallisuudesta johtuen projektin tärkeimpänä tehtävänä onnistua luomaan hilojen generoinnin algoritmista toimiva versio. Sen sijaan että yrittäisimme suoraan parametrein toimivaa ohjelmaa, luomme ensin ohjelman joka toimii ilman käyttäjän syötettä. Tämän on tarkoitus olla valmis väliraporttiin mennessä. Väliraportissa esitetään ne lähestymistavat, jotka parhaiten soveltuvat ongelman ratkaisemiseen. Raportissa kuvataan myös algoritmin toiminta.

Loppuseminaariin mennessä ohjelma on valmis ja pystyy tuottamaan hiloja. Ohjelman tuottamia ratkaisuja on analysoitu ja kansainväliseen julkaisuun tarvittava loppuraportista referoitava englanninkielinen teksti on pääosin kasassa. Vaikka projekti onkin ositettu pienemmiksi kokonaisuuksiksi, ei projektin suorittamisen aikana tulla jättämään kenenkään päävastuuksi yksittäistä kokonaisuutta, vaan projektiryhmän jäsenet tekevät kukin senhetkisen tilanteensa mukaan jotain projektin osaa valmiiksi. Tämä johtuu siitä, että projektin tuloksena syntyvää ohjelmaa ei ole speksattu etukäteen, sillä kaikki ohjelman lähestymistavat ja ratkaisut eivät ole ennakolta tiedossa, vaan ne selkiytyvät projektin edistyessä.

Kuva 2 havainnollistaa projektin eri osien suorittamista.



Kuva 2: Projektin eri osien aikataulu

## 6 Riskit

Yksi projektin riski on, että aikataulu pettää. Projektin ongelmat ovat varmasti ratkaistavissa, mutta aikarajoitteet asettavat omat haasteensa projektin suorittamiselle. Aikataulu voi pettää myös riittämättömän vaatimusmäärittelyn vuoksi. Koska projektin työvaiheita ei ole nimetty kenellekkään tietylle henkilölle tehtäväksi niin on mahdollista että vaatimusmäärittelyn puuttuminen johtaa turhaan rönsyilyyn. Kuitenkin koimme tarpeelliseksi pitää mukana pari eri lähestymistapaa ongelman ratkaisuun ja tiedostamalla aikataulun pystymme muodostamaan vaatimusmäärittelyn projektin kuluessa.

Toisaalta on myös mahdollista että emme onnistu algoritmin suunnittelussa tai toteutuksessa, ongelmaan ei silloin saada yhtään ratkaisua. Tällöin raportit saadaan kirjoitettua ajoissa, mutta tulosten julkaisu kansainvälisessä lehdessä jää pois.