

Kaupunki- ja ympäristömallien tuotanto ja hyödyntäminen

Eija Parmes

VTT
Vuorimiehentie 3, 02130 Espoo
eija.parmes@vtt.fi

Tiivistelmä. VTT:n vetämässä TEKES - projektissa on selvitetty kaupunki- ja ympäristömallien tuotannon ja hyödyntämisen ongelmia ja ratkaisukeinoja. Ongelmia aiheutuu osittain siitä, että malli kerätään useista eri lähteistä. Tieto on epäyhtenäistä sekä tietosisällöltään että tarkkuudeltaan, jolloin yhdistäminen vaatii aikaa vievää sovitusta. Kartoituksen puolella tarvitaan ratkaisuja erityisesti rakennusten ja ajantasaisen kasvillisuuden automaattisempaan kartoitukseen. Laajojen alueiden detaljistien mallien hyödyntäminen interaktiivisissa simulointisovelluksissa vaatii lisäksi älykkäitä mallinnusmenetelmiä ja yhteisiä rajapintastandardeja.

Avainsanat: rakennettu ympäristö, kaupunkimalli, ympäristömalli, kasvillisuuden kartoitus, satelliittikuva, tietomalli

1 Johdanto

Kaupunki- ja ympäristömallin ymmärrämme kolmiulotteiseksi kuvaksi, kuvaukseksi tai kartaksi elinympäristöstämme. Kaupunkimallissa rakennukset, tiet ja väylät ovat pääosassa, ympäristömallissa ehkä kasvillisuus ja maisema. 3D kartalta odotamme suurempaa tarkkuutta ja todenmukaisuutta kuin 3D mallilta.

Kaupunki- ja ympäristömalleja tuotetaan ja hyödynnetään eri jalostustasoilla. Kuvien ja laserpisteiden projektiivinen kalibrointi eli keskinäinen orientointi tuottaa kuvista ilmakuvilla teksturoidun 3D pintamallin. Metrinen kalibrointi eli absoluuttinen orientointi sijoittaa mallin reaali maailmaan. Tuloksena oleva geospesifinen visualisointimalli on massiivinen, mutta käyttökelpoinen navigoinnissa ja pelastustehtäviin ohjaamisessa, kun pelkkä visualisointi riittää, mutta samalla mallin ajantasaisuus ja reaaliaikaisuus on tärkeitä (www.pictometry.com).

Kvantitatiivista laskentaa ja interaktiivista simulointia ja optimointia varten käytetään kohdeluokitettua geotyyppistä karttaa tai mallia (Nissinen 2006). Simulointimallien osakokonaisuuksia ovat maaston korkeus, alueet ja väylät, kasvillisuus, rakennuskanta, kalusteet ja 3D mallinnukset (Lehtinen, 2006). Simulointimallit generoidaan mahdollisuuksien mukaan valmiista aineistoista. Kuntien kantakartat, maastotietokanta ja maankäyttö- ja puustoluokitusaineistot (MaPuTu, SLICES, CORINE) ovat lähteinä laajojenkin alueiden simulointimalleille.

Hybridissä mallissa geotyyppiseen kohdeluokitettuun malliin lisätään tekstuuria esimerkiksi julkisivukuvilla.

Uudiskartoituksen tyypillinen state of art menetelmä käyttää ilmakuvia ja laseraineistoa, esimerkkinä Otaniemen 3D kaupunkimalli (<http://www.terrasolid.fi/ENG/Examples.htm>). Maaston korkeustieto on laseraineistosta, jonka tiheys on 25 pistettä/m². Rakennusten jalanjäljet ja kattopinnat on kartoitettu osoittamalla nurkkapisteet manuaalisesti tai, nykyisin automaattisemmin sovittamalla laserpisteisiin tasopintoja. Puiden sijainti, pituus, latvuksen halkaisija ja puulaji on estimoitu laserpisteistä ja niiden kohdalle on generoitu puumalleja. Muut kohteet ja tekstuuri on 5 cm:n ortokuva-aineistoa ilman kohteiden luokitusta. Kaupunki- ja ympäristömallien hyödyntämisalueet vaihtelevat mobiililaitteilla esitettävistä navigointi- ja AR- sovelluksista laajoihin valtion kattaviin simulointimalleihin. Malleja muodostetaan näihin tapaus- ja sovelluskohtaisesti eri tarkkuuksilla ja määrittäyksillä, ja mallien tietosisältö kuvataan erilaisilla rajapinnoilla ja tietomalleilla. Mittaus- ja paikkatietotekniikassa käytetään GML (Geographic Markup Language), liikenne- ja kunnallistekniikassa LandXML ja rakennusarkkitehtuurissa IFC (Industry Foundation Class) tietomallia (Lehtinen 2006). Tietoliikenteellä on oma standardi radiosignaalien etenemismallinnukseen, ja Mercedes Benzin standardi on määritetty sen mukaan, että se on riittävä auton autonomiseen liikkumiseen 100 km tuntinopeudella. SensorML- rajapintaa käytetään öljyteollisuudessa ja maanalaisten rakennelmien kuntokartoituksen sensoriverkoissa (Maula 2006). Google Earth'llä on rajapintana XML-pohjainen KML (Keyhole Markup Language). Suomen kuntien kartta-aineiston rajapintastandardi on KuntaGML, jonka määrittäminen on valmis käyttöönottoa varten. EuroSDR on julkaissut CityGML standardin luonnoksen (<http://www.CityGML.org>), joka on kesällä 2006 toimitettu OGC 'n CAD/GIS interoperability group'iin arvioitavaksi.

VTT:n vetämässä TEKES'in Mallinnus- ja simulointiteknologiaohjelmaan kuuluvassa 3D Maasto-projektissa (www.tekes.fi/masi->MASIT09, Parmes 2006) selvitetään ympäristömallien tuotannon ja hyödyntämisen ongelmakohtia ja ratkaisumenetelmiä. Seuraavassa esitetään ensin 3D mallien tuotannossa koettuja ongelmakohtia, ja keskitytään sitten kahteen osa-alueeseen: kasvillisuuden kartoitus ja 3d kaupunkimallien yhteisen tietomallin tilanne.

2 Mallien tuotantomenetelmien kehitystarpeita

3D mallien muodostamisen työnkulkuja, niissä koettuja ongelmakohtia sekä kehitystarpeita kartoitettiin viidessä suunnittelualan ja mallien ja karttojen tuotannon organisaatioissa. Kehitystarpeita koettiin erityisesti seuraavissa kohdissa:

- rakennusten 3D kartoituksen tehostaminen, automatisointi
- rakennusten julkisivujen kartoitus, kuvaaminen ja liittäminen malleihin
- ajantasainen tieto kasvillisuudesta
- 3D geoinformaation älykäs mallintaminen, yhteinen tietomalli
- Yhtenäinen 3D georeferointi
- Aineistojen epäyhtenäisyys, eri tarkkuudet, eri luokitusjärjestelmät

Rakennukset generoidaan usein malleihin kartan pohjapiirroksen ja rakennus- ja huoneistorekisterin kerrosluvun perusteella. CAD- järjestelmistä saadaan osa rakennuksista, mutta tiedon siirtäminen sieltä sopivasti yleistetyssä muodossa 3D malliin on vaikeata. Rakennus- ja rakennesuunnitelmat pitäisi tehdä alun perin kuntien kantakarttapohjalle, ja yleisesti hyväksytyssä (siirto)formaattissa.

Rakennusten mahdollisimman automaattinen kartoitus (taiteviivojen kartoitus ja tunnistus) ja mallintaminen olisi erittäin hyödyllinen. Ainakin yksinkertaisten rakennusmuotojen automaattisempi kartoitus voi olla mahdollista, tai katonreunustiedon

kartoitus ilmakuvilta. Laseraineistoa varten on rakennusten kartoitusmenetelmiä, mutta tarvitaan myös rakennusten kartoitusta pelkästään ilmakuvilta.

Ajantasaisen kasvillisuustiedon hankinta laajoilta alueilta ja Suomen ulkopuolelta koetaan ongelmana. Satelliittikuvia, korkeusmalleja, ja vektoridataa tiestöstä ja vesialueista on saatavilla, mutta maankäytöstä, maan peitteisyydestä ja rakennuksista on vaikeampi löytää paikkatietoa. Seuraaviin toimintoihin tarvitaan mahdollisimman automaattisia menetelmiä:

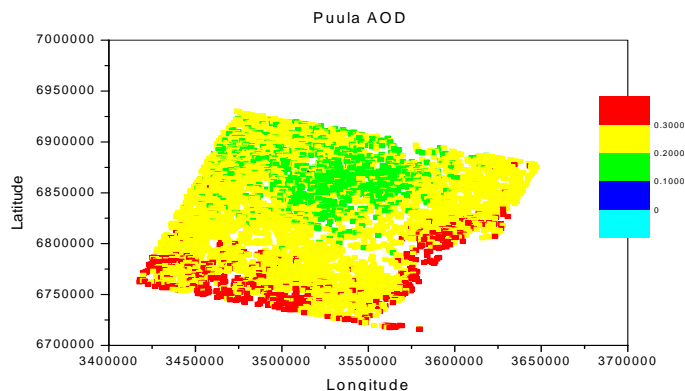
- Maanpeitteisyyden kartoitus satelliittikuvilta
- Kasvillisuuden kartoitus satelliittikuvilta
- Rakennusten tunnistaminen ja värin ja muodon kartoittaminen satelliittikuvilta
- Puulajin kartoitus (kuusi-mänty-lehtipuu, havu-lehtipensas)

Rakennusten muotojen ja sen osien, tunneleiden ja katosten älykkääseen mallintamiseen puuttuu menetelmä. Raaka kolmiointi vie liikaa tilaa eikä salli kyselyjä. LandXML on liian karkea ja IFC kolmiointi on liian tarkka. UML esimerkiksi sopii kuvaamaan kohteiden ominaisuuksia, ja XML kuvaamaan niiden geometriaa (Lehtinen 2006).

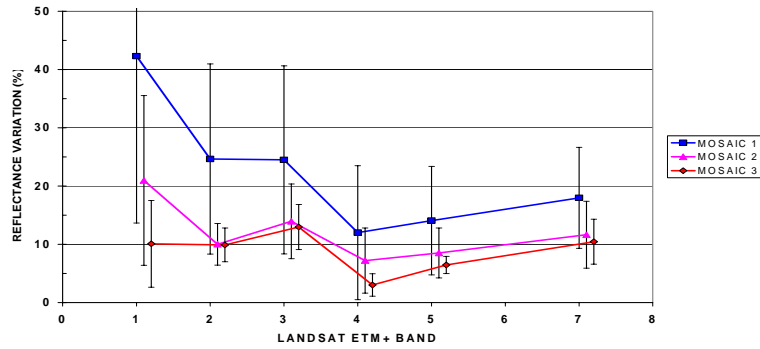
3 Kasvillisuuden kartoitus

Kasvillisuuden ominaispiirre on jatkuva muuttuminen, mutta sitä ei kuitenkaan kartoiteta yhtä tiheästi kuin muita maankäytön muutoksia. Kasvillisuuden kartoitus 3D malleihin ei toisaalta vaadi yhtä suurta erotuskykyä kuin rakennettujen kohteiden kartoitus. Satelliittikuvien laaja-alaisuuden ja tiheän saatavuuden takia ne sopivat hyvin kasvillisuuden kartoitukseen kaupunki- ja ympäristömalleja varten.

Kasvillisuuden kartoitus laajoilta alueilta on sitä luotettavampaa, mitä paremmin säteilyarvot saadaan kalibroituja alueen yli. Yksittäinen satelliittikuva peittää jo laajan alueen, ja eri ajankohtien kuvat saadaan yhteismitallisiksi poistamalla mitatuista säteilyarvoista ilmakehän vaikutusta. Erityisesti aerosolin optinen tiheys vaikuttaa mitattuihin säteilyarvoihin. Se saadaan määritettyä itse kuvasta punaisen ja keski-infran aallonpituusalueiden säteilyarvojen perusteella (Kaufman et al, 1997), ja sen vaikutus siten myös poistettua kuvasta. Kuva 1 esittää Puulan satelliittikuvan alueelle mitatut AOD- arvot ja Kuva 2 AOD- korjauksen vaikutuksen kuutena eri ajankohtina otetun osittain toisiaan peittävien satelliittikuvien yhteisten alueiden reflektanssien hajontaan.



Kuva 1. Puulan LANDSAT TM- kuvan AOD- pinta



Kuva 2. AOD-korjauksen vaikutus kuvien yhteisten alueiden reflektanssien hajontaan.

Jos kuva on kalibroitu ja ilmakehäkorjattu, voidaan käyttää valmiita estimointimalleja ja vähentää ratkaisevasti maastotyön määrää. Kuva 3 on esimerkki Otaniemen malliin lisätystä puustosta, joka on tuotettu syyskuun 2005 SPOT – satelliittikuvasta. Puustomuuttujien laskentamalleilla on estimoitu ”kuvioittaiset” runkoluku, keskiläpimitta, keskitilavuus ja puulaji. Näiden perusteella malliin on generoitu mallipuita visualisointia varten.



Kuva 3. SPOT- satelliittikuvasta estimoitu havu- ja lehtipuusto.

Kaupunkimalleihin tarvitaan myös yksittäisten puiden kartoitusta. Puiden kartoitus tehdään ilmakuvilta ja laseraineistosta. Laserpisteiden perusteella saadaan puusta sijainti, korkeus ja latvuksen halkaisijan estimaatti. Puulajin tulkinta onnistuu paremmin ilmakuvilta tai satelliittikuvilta, mutta on niiltäkin vaikeata, kun tunnistettavien puulajien määrä kasvaa (Korpela 2006).

4 Rakennetun ympäristön tietomalli

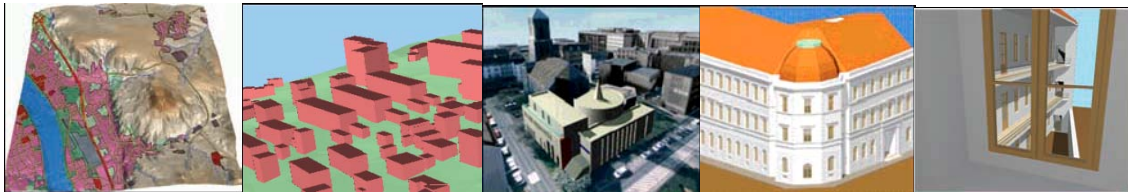
Rakennetun ympäristön tietomallista ei ole yhteistä standardia. 3D mallien hyödyntäminen EuroSDR on julkaissut CityGML standardiehdotuksen (<http://www.CityGML.org>), joka

esitettiin kesällä OGC 'n CAD/GIS Interoperability Group'lle. Lokakuussa 2006 sillä on Discussion Paper - status OGC:ssä (CityGML 2006).

CityGML on avoin XML-pohjainen tietomalli (informaatiomalli) 3D kaupunkimalleille (Gulch 2006). Se mallintaa kohteen, esimerkiksi rakennuksen ja sen osien geometrian (sijainti, muoto), topologian, semantiikan (käyttötapa, merkitys) ja ilmiäsun (materiaali, tekstuuri). Tämä mahdollistaa mallin käytön mm. simulointisovelluksissa ja urbaaneissa tiedonlouhintasovelluksissa. Jokainen objekti voi sisältää linkin vastaavaan objektiin ulkoisessa tietokannassa.

Myös mm. katualueiden käyttötarkoitukset, vesialueiden pohjat, kasvillisuus, jne. kuuluvat määrittelyyn. CityGML esittää yleistyshierarkian eri luokille LoD -luokituksella.

Taulukko 1. CityGML Level of Detail- tasot (CityGML 2006)



Taso	Description	Kuvaus	Taso-tarkkuus	Korkeus-tarkkuus
LoD 0	Regional model	2.5D maastomalli	-	-
LoD 1	City/Site model	Laatikkomalli , ei kattorakenteita	5 m	5 m
LoD 2	City/Site model	Tekstuurit, kattorakenteet	2 m	1 m
LoD 3	City/Site model	Yksityiskohtainen arkkitehtimalli	0,5 m	0,5 m
LoD 4	Interior model	Rakennus esiteltävissä myös sisältä	0,2 m	0,2 m

CityGML on toteutettu sovelluskaaviona (application schema) GML3:een, joka on OGC (Open Geospatial Consortium) julkaiseman paikkatiedon kansainvälisen standardin ja ISO TC211 mukainen. Tietomallia varten on kaupallista ja ilmaisohjelmistoa (www.CityGML.org)

EuroSDR:ssä työskentelee myös ”CityGIS group” edelleen CityGML ja IFC tietomallien yhtenäistämiseksi (www.euroedr.net).

5 Lopuksi

Rakennusten automaattinen kartoitus, ajantasaisen kasvillisuuden parempi saatavuus ja yhteinen kattava tietomalli ovat avainsanoja kaupunki- ja ympäristömallien tehokkaaseen tuotantoon ja sitä kautta laajenevaan hyödyntämiseen myös ympäristöön liittyvissä simulointi- ja optimointisovelluksissa.

Kiitokset

Kiitän projektiin osallistuvia tahoja, joissa tehtyihin haastatteluihin esitys osittain perustuu: Vianova Systems Finland Oy, Insta DefSec Oy, Helsingin kaupunkimittaus, Pieneering Oy, Terrasolid Oy. Tutkijaosapuolina projektiin osallistuvat Helsingin yliopiston Metsävarojen käytön laitos, ja TKK:lta Fotogrammetrian ja kaukokartoituksen laboratorio ja Geodesian laboratorio.

Lähdeluettelo

Kaufman, Y.J., Wald, A.E., Remer, L.A., Gao, B.-C., Li, R.-R. & Flynn, L. (1997). The MODIS 2.1- μm channel- Correlation with visible reflectance for use in remote sensing of aerosol. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 35, No. 5, September 1997. Pp. 1286-1298.

Nissinen 2006, Lehtinen 2006, Maula 2006, Gulch 2006, Korpela 2006. Rakennetun ympäristön 3D visualisointimallien luominen. Otaniemessä 9.5.2006 pidetyn seminaarin esitykset, <http://www.vtt.fi/space/3dmaasto>.

Parmes, Eija (2006). Rakennetun ympäristön 3D visualisointimallien luominen. Positio 3/2006.

CityGML (2006). <http://www.opengeospatial.org/standards/dp> – City Geographic Markup Language.