

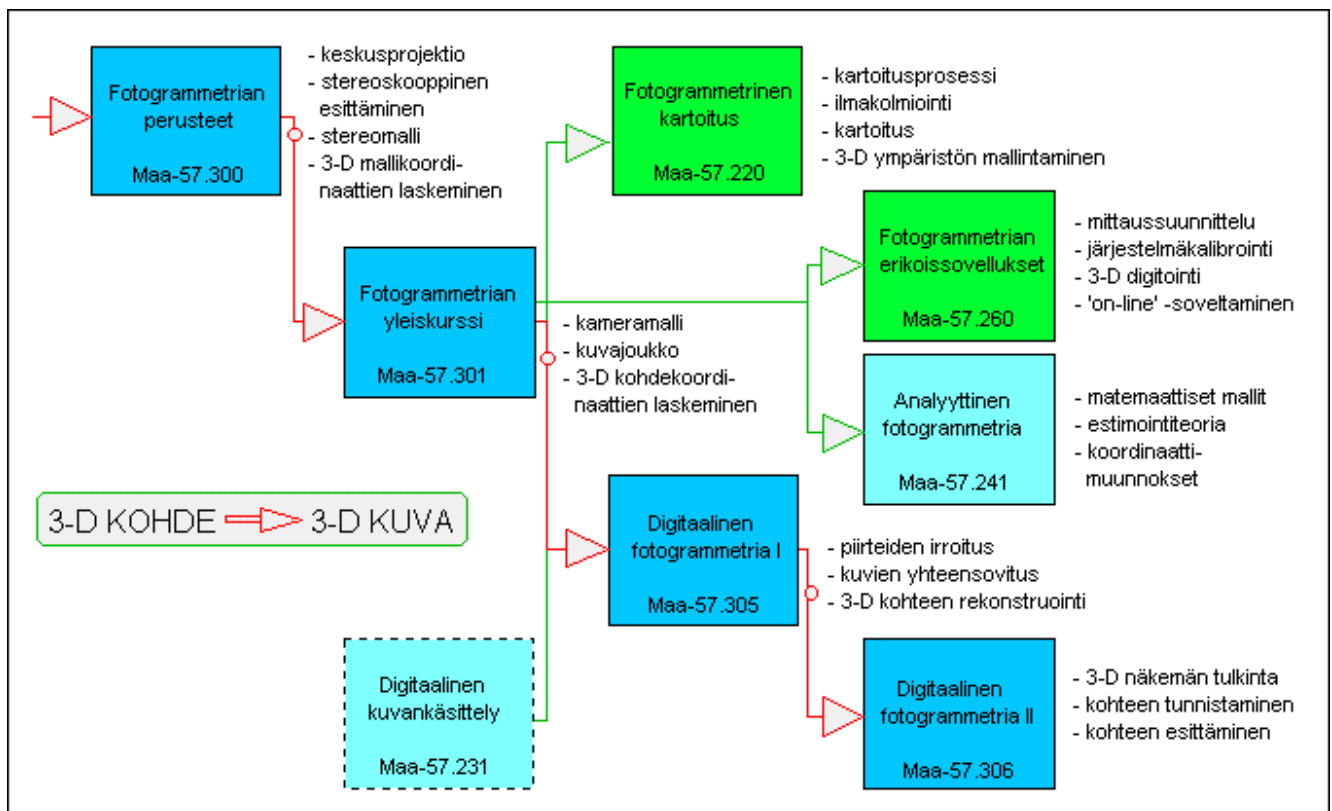
## Luento 1: Fotogrammetria? Opintojakson sisältö ja tavoitteet.

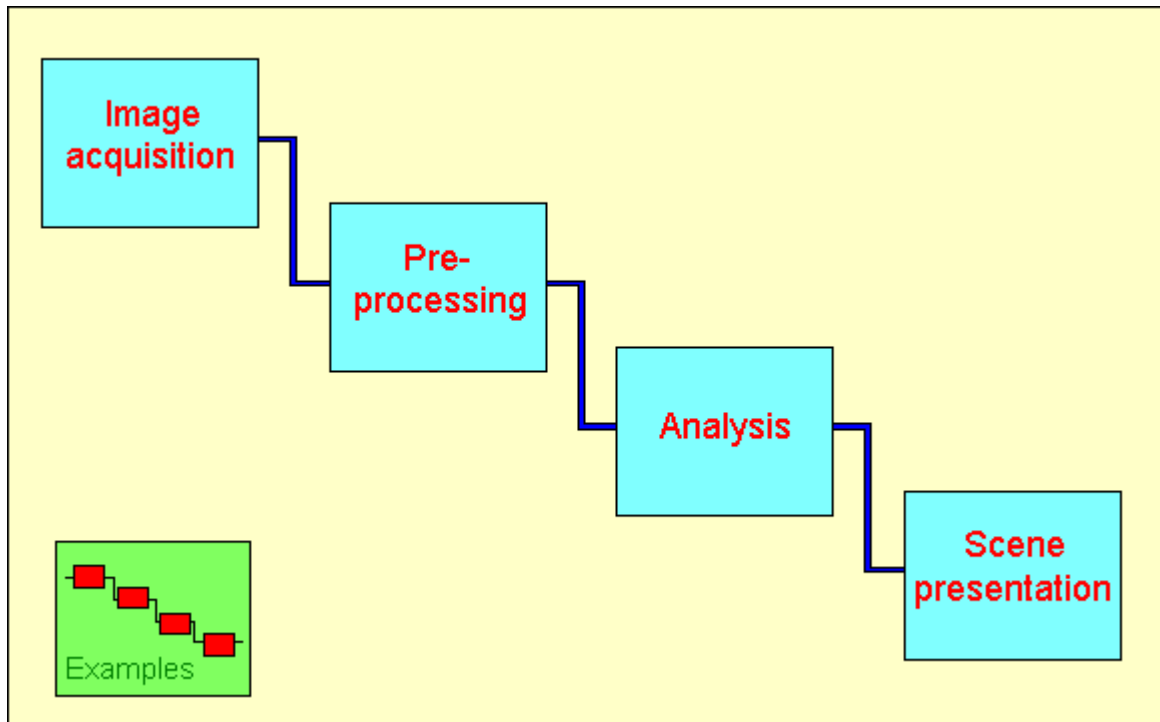
### AIHEITA

- [Peruskurssi](#)
- [Harjoitukset](#)
- [Kaukokartoitus](#)
- [Fotogrammetria](#)
- [Tehtävät kartoitusmittauksissa](#)
- [Alaan liittyvää sanastoa](#)

### Peruskurssi

1. Fotogrammetrian ja kaukokartoituksen käsitteet.
2. Keskusprojektio ja maastovirhe.
3. Stereokuvaus ja -tarkastelu.
4. Parallaximittaus ja 3-D koordinaattien laskeminen.
5. Kartoituskuvaus.
6. Stereomallin muodostaminen.
7. Stereokartoitus.





**Fotogrammetriaa** ja **kaukokartoitusta** voidaan kuvata yhdessä käsitteen '*scene reconstruction*' mukaista toimintaa toteuttavaksi tekniikaksi. Tieteenaloina fotogrammetria ja kaukokartoitus sisältyvät [geomatiikkaan](#), joka on maanmittausta, etenkin sen mittaus- ja kartoitustehtävien tietotekniikkaa kehittävien tieteenalojen kokonaisuus.

**Harjoitukset** URL: <http://foto.hut.fi/opetus/300/harjoitukset/harjoitukset.html>

1. Stereokuvaus
2. Stereonäkötesti
3. Laskuharjoitus
4. Ilmakuvauksen suunnittelu
5. Keskinäinen orientointi (videokuvapari)
6. Kartoitusharjoitus (Kehä I kuva)

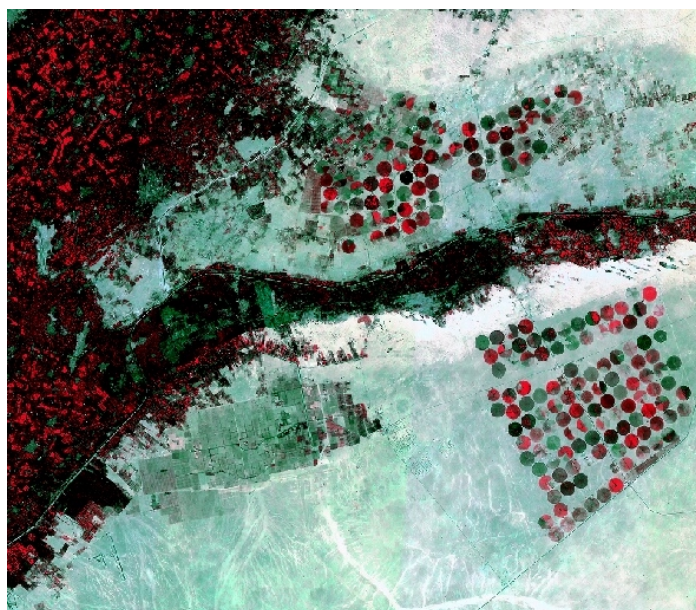
## Kaukokartoitus

- Kaukokartoitus on kohteen kartoitusta sitä koskettamatta. Käännettynä "remote sensing", "fjärranalys", "Fernerkundung", "teledetection".
- Kartoitus tehdään kuvilta. Kuva-aineistoina käytetään satelliittikuvia, ilmakuvia ja maakuvia. Kuvat voivat olla valokuvia tai tutkakuvia.
- Kartoitettavat kohteet tulkitaan ja havainnot muunnetaan kohteen sijainti- ja ominaisuustiedoiksi. Tiedot kerätään paikkatietokantoihin ja esitetään karttoina tai malleina.
  - Sijaintitiedot mitataan kuvilta 2-D koordinaatteina ja muunnetaan kohteen 3-D koordinaatistoon.
  - Ominaisuustietojen tulkinta perustuu kohteen heijastamaan valoon ja sen väreihin (kuviointi ja luokittelu, segmentation and classification) tai kohteelle ominaiseen hahmoon (hahmontunnistus, pattern recognition).
- Kuvilta tapahtuvan kartoituksen vaihtoehtona on maastokartoitus. Maastokartoitus voi perustua takymetri-, GPS- tai tutkahavaintoihin. Takymetri- ja GPS-havainnot tehdään kohdistetusti, tutkahavainnot keilaamalla.
- Kaiken kartoituksen perusta on geodeettinen runkomittaus. Kartoitusrunko voi olla paikallinen, kansallinen tai kansainvälinen.
- Katso myös:

- Suomen lumipeite 15.3.2003  
  - [SYKE Nain lumi hupenee Suomesta 5 4 2003 Helsingin Sanomat.htm](#)
- Itämeren jäätilanne 6-7.1.2003  
  - [Helsingin Sanomat, 12.1.2003](#)
- Ptolemaioksen kartta vuodelta 1598  
  - [Scandia, Claudius Ptolemaeus, Geografia, Venetia 1598. \(Terra Cognita, 2000\) \(linkki ei toimi 17.12.2003\)](#)
- Helsinki ja pääkaupunkiseutu  
  - [ERS-1- ja ERS-2 tutkakuvien yhdistelmäkuva \(linkki ei toimi 17.12.2003\)](#)
- Aaroninvuori  
  - [Helsingin Sanomat, 21.12.2002](#)



Landsat MSS Kuvamosaiikki Suomesta - kuvat vuosilta 1985-89. (© ESA; Eurimage 1996; Novosat Oy, <http://www.novosat.com/>). Landsat 5 -satelliitin TM-havaintolaitteen ottamaa kuvaa Keski-Suomesta 24.8.1996. Punaisena näkyvät turvetuotantoalueet ja lilana asutus kuten Pieksämäen kaupunki. (© ESA; Eurimage 1996; Novosat Oy, <http://www.novosat.com/>)

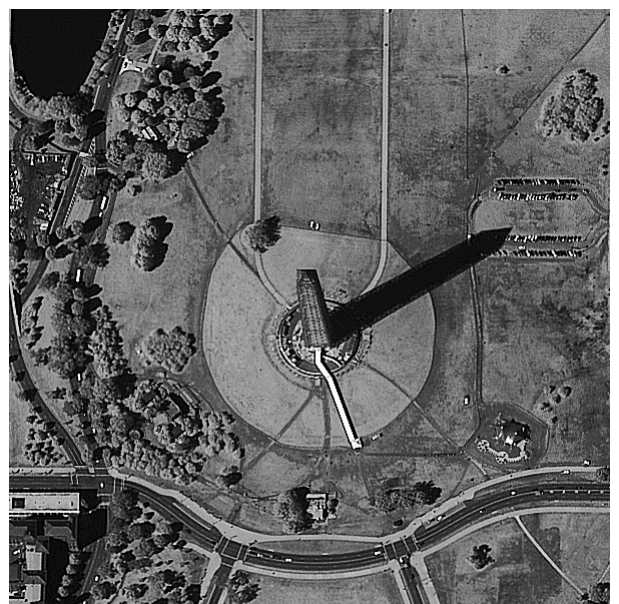
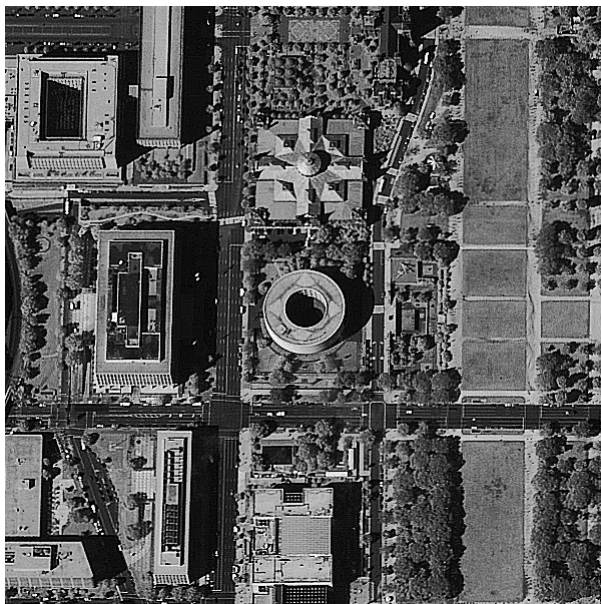




Ihmisen rakentamat tekumuodot näkyvät ja paikantuvat satelliittikuvilla hyvin, huolimatta vaatimattomasta erotuskyvystä. Spot-satelliitin pankromaattinen kuva Viipurista 7.7.1991. Kuvan maastonerotuskyky on 10 m x 10 m. (© CNES 1991; SSC Satellitbild; Novosat Oy, <http://www.novosat.com/>). Väärävärikuva kastelujärjestelmistä erämaassa. Kasvien vehreys heijastaa hyvin lähi-infrapunaista ja on tässä esitetty punaisen eri sävyinä. (© CNES, [http://spot4.cnes.fr/spot4\\_gb/images/obsterre/1082p27.jpg](http://spot4.cnes.fr/spot4_gb/images/obsterre/1082p27.jpg))



Jos kuvauksen erotuskyky on hyvä, rakenteiden kolmiulotteisuuskin näkyy avaruudesta käsin. Venäläisellä KVR-1000 satelliittikameralla otettuja kuvia, joiden maastonerotuskyky on 2 m. Kameran objektiivin polttoväli on 1000 mm ja kuvauksen korkeus 220 km. Gizan pyramidit Egyptissä ja valtateiden liittymä Dallasissa USA:ssa. (© SOVINFORMSPUTNIK, <http://www.sovinformspuutnik.com/> )

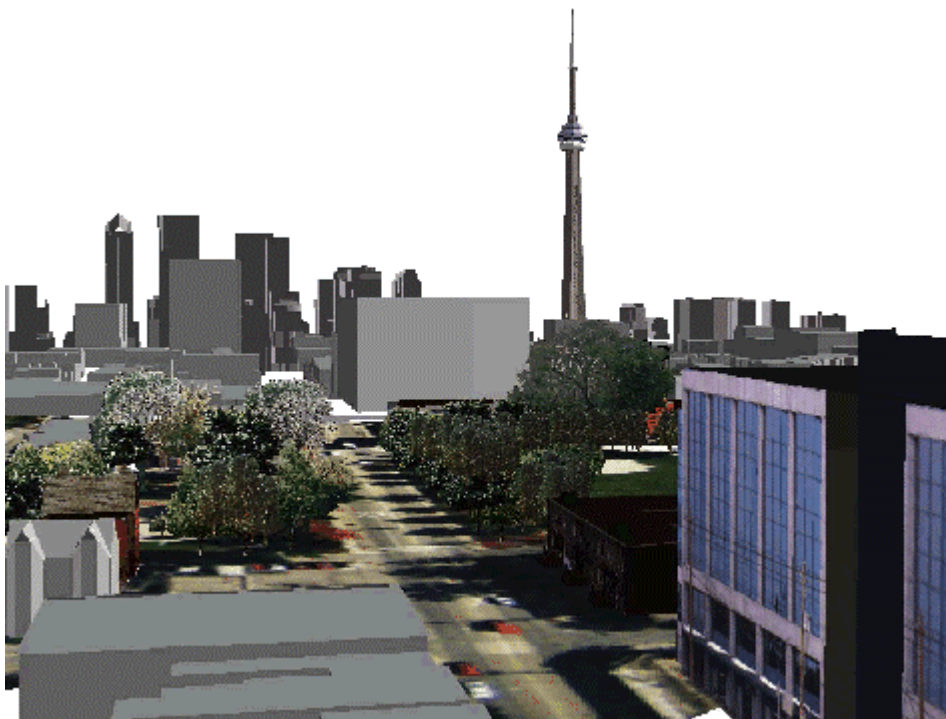


Hirshhorn Museum and Sculpture Garden ja Washington Monument. Ikonos-satelliitti kuvaa maastoa lähes 700 km:n korkeudelta ja kuvan maastonerotuskyky on 1 m. (© Doxiadis GeoImaging S.A, 1999, <http://www.spaceimagingeurope.com/>)

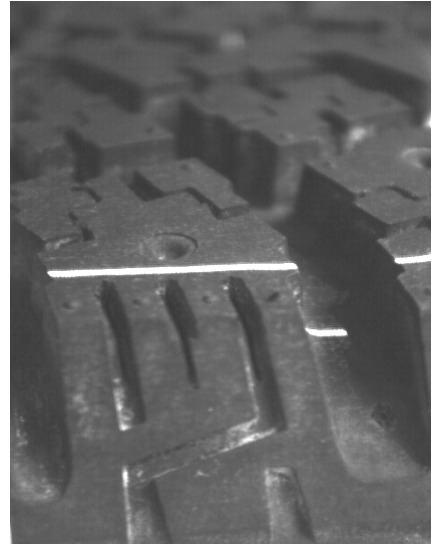




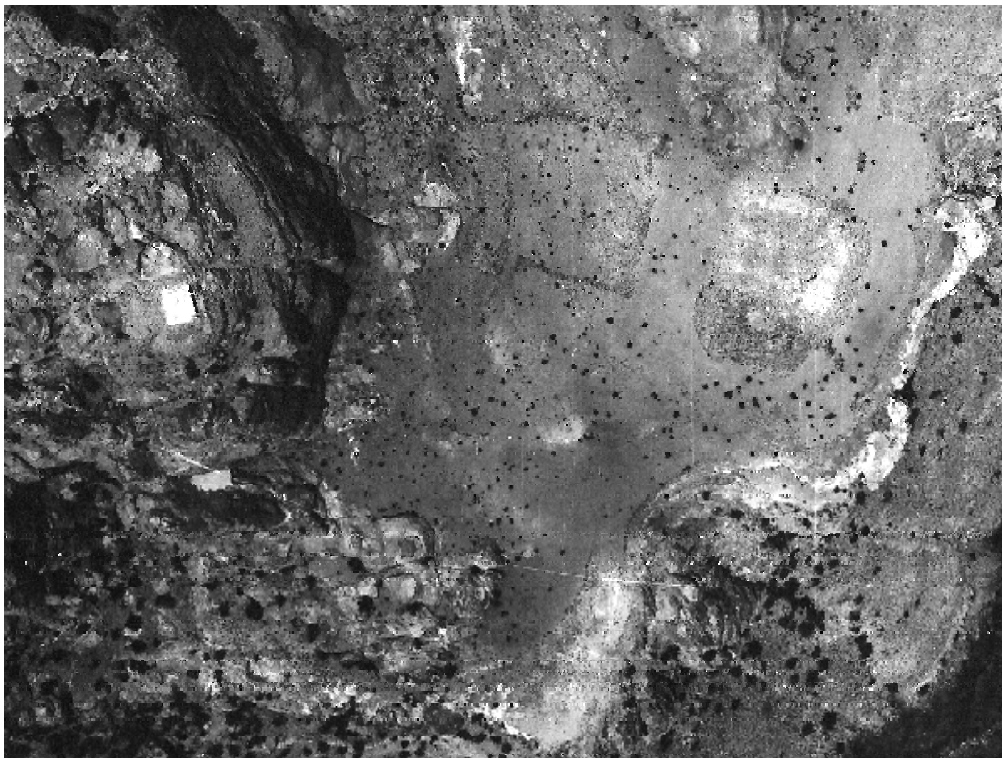
Yksittäiset rakennukset kyetään kartoittamaan ja mallintamaan ilmakuvilta. Kuvauskorkeudet vaihtelevat puolesta kilometristä 10 kilometriin. Tässä Zürichin teknillisen korkeakoulun (ETH Zürich) fotogrammetrian tutkijoiden kehittämässä CyberCity Modeler -sovelluksessa rakennukset mallinnetaan ilmakuvilta ja julkisivujen teksturoi lisätään malliin maakuvien perusteella. (Armin Gruen and Xinhua Wang, 1999)



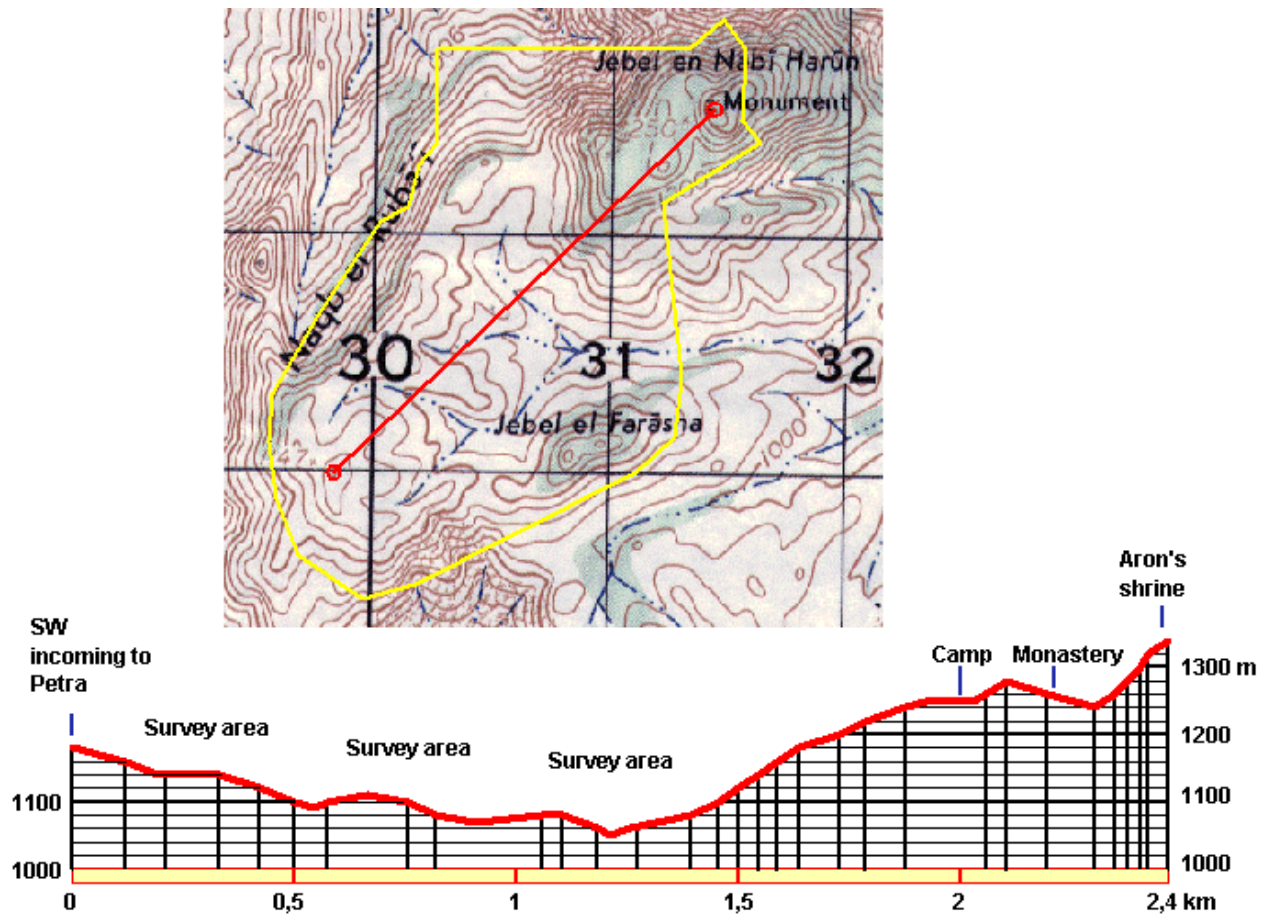
Ilmakuvilta voidaan mallintaa myös luonnonkohteita ja lisätä näillä kaupunkimallin todellisuutta. Esimerkki on Torontosta ja tässä on myös maanpinta teksturoitu käyttäen ilmakuva- tai satelliittikuvaa pohjana. (John Danahy, 1999)



Kohteen muoto ja koko "näky" eri tavoin ja tulkinta riippuu katsojan kokemuksesta, valaistuksesta ja varjoista, perspektiivistä, jne. Näissä kahdessa kuvassa kohteen tekstuuri tuo mieleen tutun pintakuvioinnin. Oikeanpuoleisessa kuvassa muodot hahmottuvat oikein, näkymä tuo mieleen jotain ennen koettua ja valaistus varjoineen vahvistaa tulkintaa autonrenkaasta. Vasemmanpuoleisessa kuvassa tulkintaa häiritsee pinnan kaartuminen koveraksi, mikä johtuu varjojen "väärästä" suuntautumisesta. Kuva on todellinen, mutta käännetty ylösalaisin. Tällaisena emme koskaan näe autonrenkaan pintaa luonnossa.



Ilmakuva on maastokartoituksen tärkein informaatiolähde. Kartoituskuvaus on pystykuvausta ja tehdään ääreelliseltä kuvauskorkeudelta 500 metristä 10 kilometriin. Kuvaus tehdään stereokuvauksena ja maasto kartoitetaan kolmiulotteisilta stereomalleilta. Yhdeltä kuvalta maaston kolmiulotteisuutta ei voi kartoittaa, vaikka sopivassa suunnassa osa korkeuseroista näkyy varjoina. Tämä kuva on Jordaniasta Aaroninvuorelta (Jabal Haroun). Kuvan vasemmanpuoleisesta ylänurkasta oikealla näkyvään vaaleaan rakennukseen on matkaa noin 400 m ja korkeuseroa yli 200 m!



Kartta ja profiili samalta alueelta. Vaalea rakennus on tässä näkyvä Aaronin hautamonumentti.



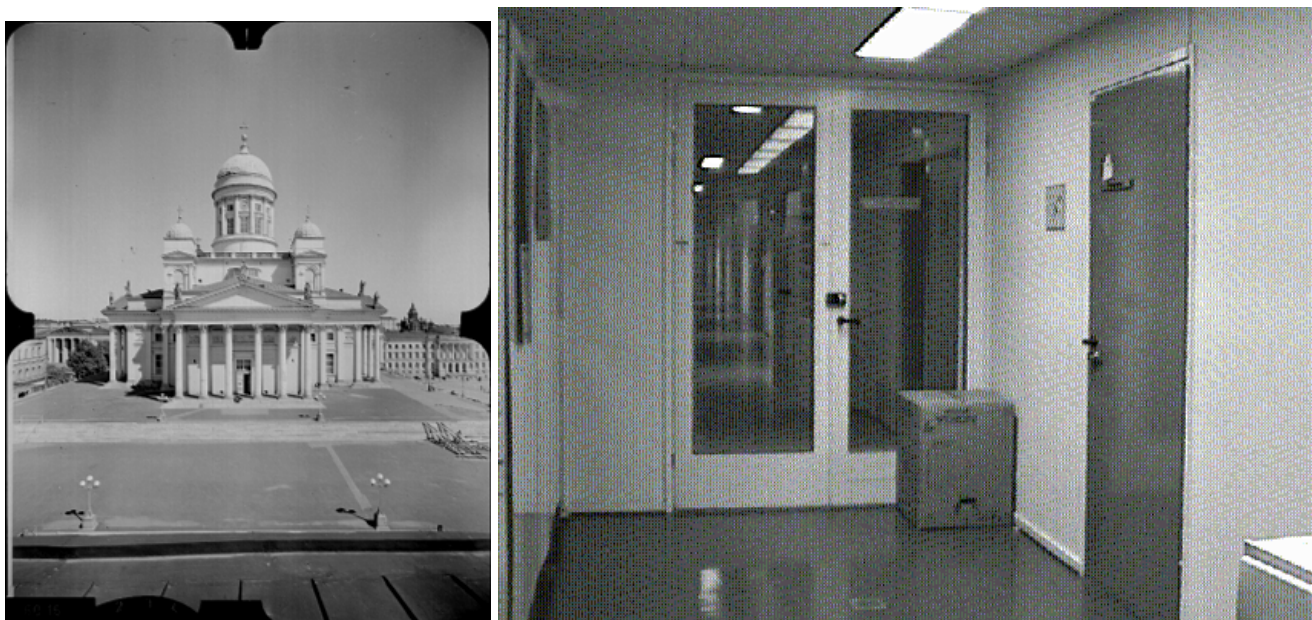
Sama kohde tarkkapiirtoisella satelliittikuvalla. Ks. myös:

[http://foto.hut.fi/opetus/UIAH/Visualization\\_and\\_3D\\_design/Keywords/Space/kvr\\_utm\\_6.htm](http://foto.hut.fi/opetus/UIAH/Visualization_and_3D_design/Keywords/Space/kvr_utm_6.htm)



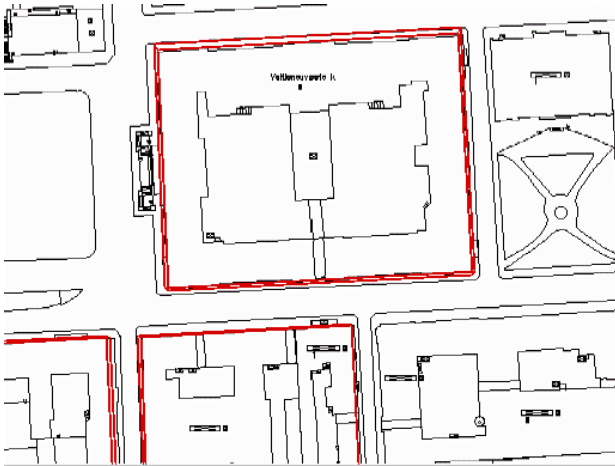


Maakuva Aaronin vuoren ylätasanteelta. Kivikasa on ilmeisesti 600-luvulla vielä toimineen luostarin raunioita. Paikka näkyy profiililla kohdassa "Monastery". Kuva on otettu videokameralla ja digitoitu 512 x 512 pikseliksi. Fotogrammetrisenä tehtävänä on tulkita ja mitata luostarin alue ilmakuvilta, tuottaa siitä 3-D malli ja liittää malliin alueen arkeologinen historia. Maakuvia käytetään alueen yksityiskohtaiseen dokumentointiin ja sen historian havainnollistamiseen, jonka arkeologit kaivauksillaan tulkitsevat.



Lisää "maakuvia". Kuva Helsingin Tuomiokirkosta vuodelta 1974, jolloin kartoitusmittaukset tehtiin analogiakuvilta. Kamerana on käytetty mittakameraa, joka kuvaa lasilevyille. Kuvanegatiivin koko on 8 cm x 10 cm ja kameran polttoväli 60 mm. Kuva TKK:n M-osaston yläkerrasta. Kuva on otettu videokameralla ja digitoitu kartoituskäyttöön.

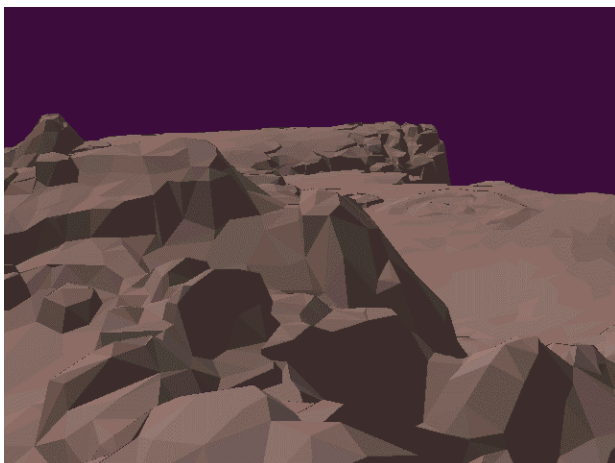




Kartan perinteinen esitysmuoto on kohtisuora projektio vaakatasolle, "maanpintaan". Ote Helsingin kaupungin kaavan pohjakartasta.

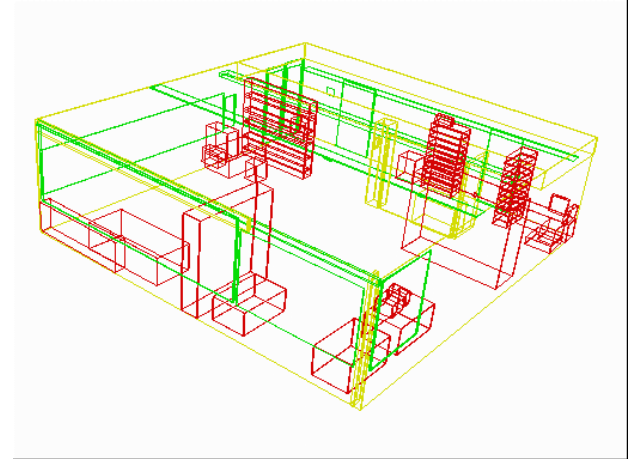


Maanpinnan muodot kuvataan erillisellä korkeuskäyräpiirroksella, joka voidaan projisoida pohjakartan päälle. Kuvassa Aaroninvuori.



Sama maanpinta esitettynä tasokolmioina, jotka kytkeytyvät toisiinsa. Kolmiot kartoitetaan

nurkkapisteinä ja ne valitaan stereokartoituskojeella havaittaessa niin, että kolmioista syntyvä maanpinta kuvaisi mahdollisimman hyvin maaston tunnuspiirteet. Luostarin raunio näkyy kuvan oikean reunan tasanteella.

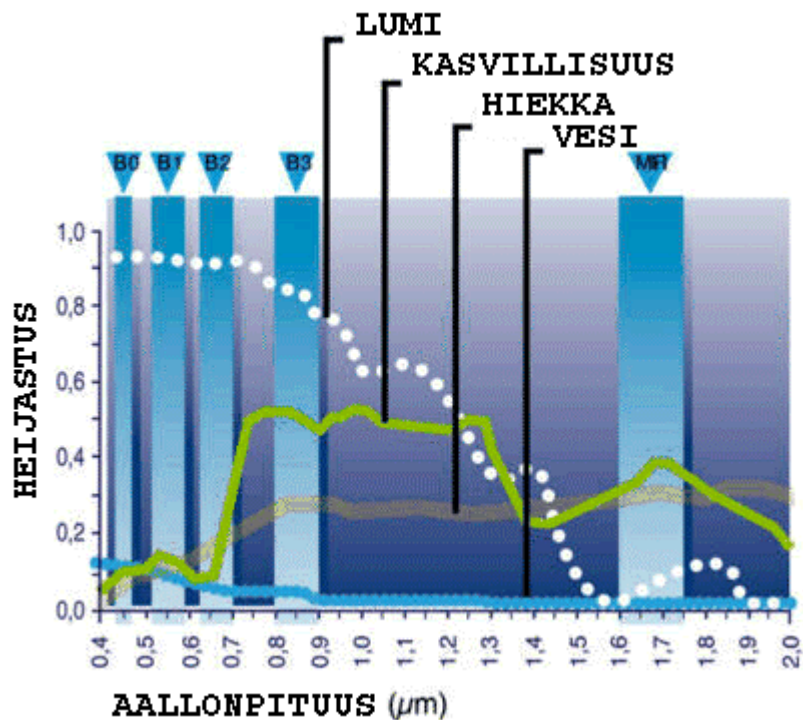


Rakennukset kuvataan joko rautalanka- tai pintamalleina. Rautalankamalli luo kartoituskehiksen eli koordinaatiston kaikelle mallilta mitatulle tiedolle. Rautalankamalli voidaan tulkita tilamalliksi, jossa kohteen ja sen osien julkisivut on määritelty. Tilamallia käyttäen kohde voidaan esittää kolmiulotteisena, ts. sitä voidaan valaista eri suunnista ja siitä voidaan valmistaa animaatioita.

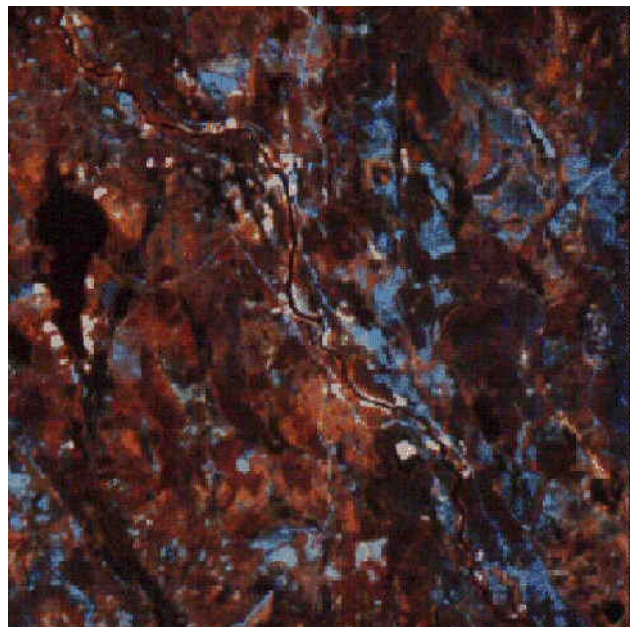
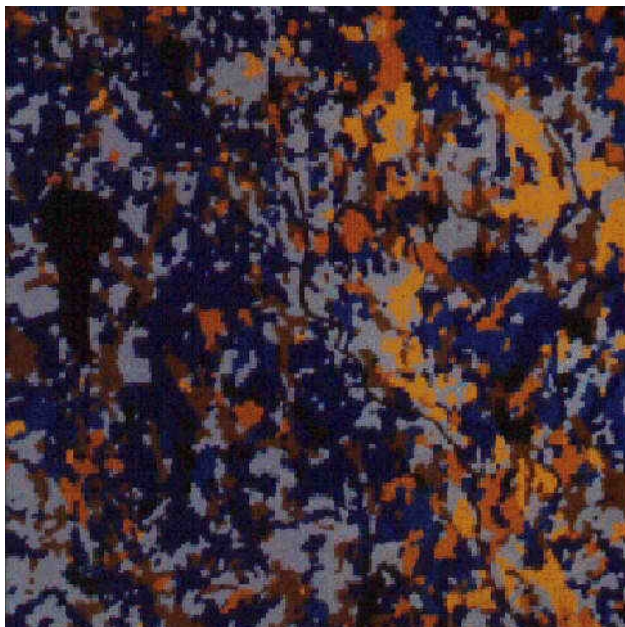


Figure 7. The photorealistic room model with some activity added like opening the door and moving the box.

Kun valokuvien tekstuuri siirretään tilamallin pinnalle, kuvien alkuperäinen perspektiivi muuttuu tilamallin perspektiiviksi. Jos tilamallin osat on olioitu ja olioille on määritelty toimintoja, malli herää "eloon" ja sitä voidaan käyttää tilaa vaativien toimintojen simulointiin ja suunnitteluun.

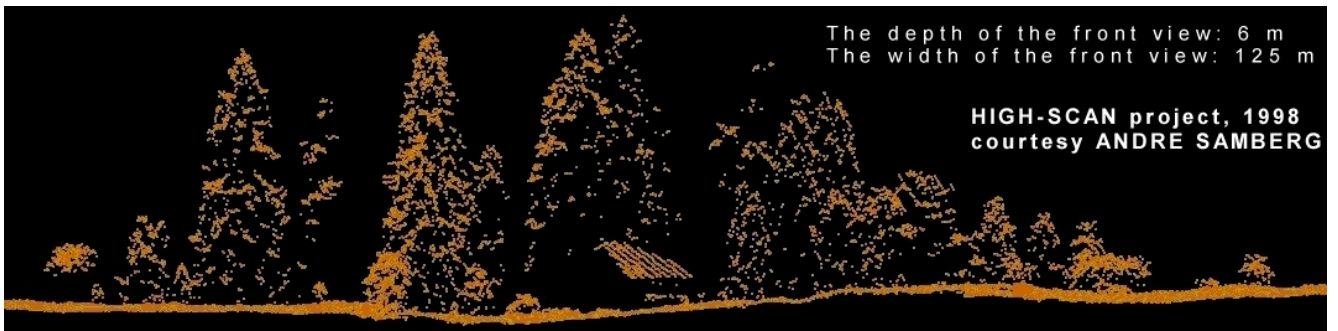


Satelliittikuvien käyttö ympäristön ja maankäytön tulkintaan perustuu monikaistakuvaukseen. Maasta avaruuteen heijastuva valo kuvataan spektrin kaistoin. Kaikilla kohteilla on oma tunnusomainen heijastuskäyränsä, joiden avulla kohteet voidaan erotella toisistaan ja luokitella. Kuvassa on esitetty yhdet, tosin vahvasti pelkistetyt heijastuskäyrät lumelle, vedelle, kivennäismaalle ja kasvillisuudelle sekä ranskalaisen SPOT4-satelliitin käyttämät aallonpituuskaistat, B1: 0.50 - 0.59 μm (vihreä), B2: 0.61 - 0.68 μm (punainen), B3 = lähi-infrapunainen (0.78 - 0.89 μm), MR: 1.58 - 1.75 μm (keski-infrapunainen). (Original image: CNES, [http://spot4.cnes.fr/spot4\\_gb/images/hrv/bandes01.jpg](http://spot4.cnes.fr/spot4_gb/images/hrv/bandes01.jpg)).

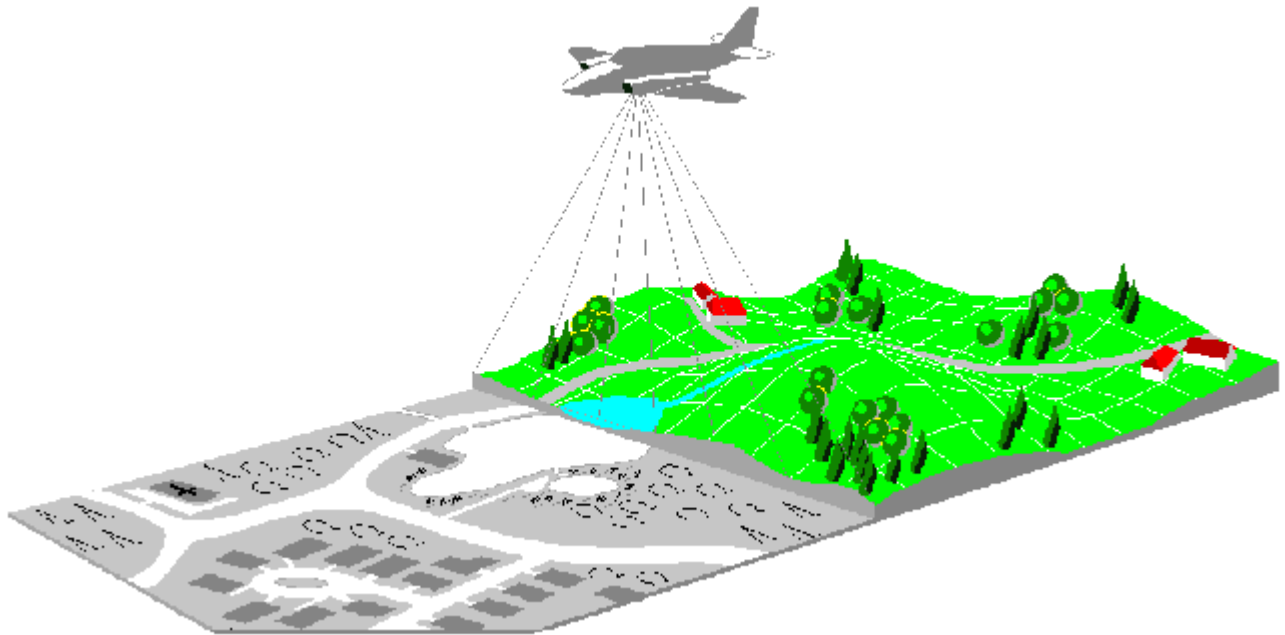


Segmentoitu (vas.) ja alkuperäinen TM-väärävärikuva (oik.) Luirojoen varrelta Tanhuan kylän kohdalta. Vasemmalla kuva on segmentoitu tasalaatuisiin osa-alueihin, jotka on tulkittu tietokoneella puuston ja kasvupaikan suhteen. Laiduntamiskelpoisiksi tulkitut jäkäläköt on esitetty keltaisella. Oikeanpuolimmainen kuva esittää saman alueen alkuperäistä kuvaa siten, että kivennäismaa-paljastumat on esitetty sinertävänä. Vastavuus on silmännähtävä.





Saksalaisella TopoSys-laserkeilaimella otettu kuva suomalaisesta maisemasta syyskuussa 1998.



1. [Tietoa ympäristöstämme satelliiteista \(Novosat Oy\) \(linkki ???\)](#)
2. [Maanmittauslaitoksen satelliittikuvakeskus, kuva-aineisto \(linkki ei toimi 17.12.2003\)](#)
3. [SPOT, pankromaattinen ja monikaistakuva \(väärvärikuva\) \(linkki ei toimi 17.12.2003\)](#)
4. [Pankromaattinen IRS-kuva Lahdesta, pikselikoko 5,8m x 5,8 m, 17.9.1996 \(linkki ei toimi 17.12.2003\)](#)
5. [The Great pyramids of Giza \(Cheops, Cephren & Mycerinus\) situated on the outskirts of Cairo, Egypt. \(Source: SPIN-2 Imagery\)](#)

- References

1. [SPOT 4](#)
2. [Markus Törmä, 1996. Puulajien tunnistaminen käyttäen sirontamittaria](#)

## Fotogrammetria

- Sana fotogrammetria tulee kreikankielisistä sanoista *fos*, gen. *fotos* 'valo', *gramma* 'piirros, viiva' ja *metrein* 'mitata'. (Erja Salmenkivi, 2001)
- Vastaa kysymyksiin:
  - Minkä muotoinen kohde on?
  - Minkä kokoinen?
  - Missä sijaitsee?
  - Miten?
- Tehtävät:
  1. Ota kuvat!
  2. Tulkitse!
  3. Mittaa! = Kuvamittausta

- 4. Laske!
- 5. Tulosta!
- *Henrik Haggrén* [Moniulotteisuus tieteenalana](http://foto.hut.fi/general_info/dimensions/dimensions.html)  
(URL: [http://foto.hut.fi/general\\_info/dimensions/dimensions.html](http://foto.hut.fi/general_info/dimensions/dimensions.html))
  - Matematiikkaa, kuvatekniikkaa, kuvatulkintaa, kaukokartoitusta, mittaustekniikkaa.
  - Enimmäkseen topografista kartoitusta ilmakuvilta tai maakuville.
  - Nykyisin yhä yleisemmin kohteen kolmiulotteista mittaamista ilmakuvia, valokuvia tai videokuvia käyttäen.
  - Mittaus perustuu kolmiulotteisen kohteen näkymiseen eri kuvilla eri suunnista.
  - Kuvien stereotarkasteluun perustuvaa, kolmiulotteista kuvatulkintaa ja kartoitusta.
  - Vaikkakin stereotulkinnalla on oleellinen merkitys fotogrammetrisessä kartoitustyössä, tarkimmat mittaukset tehdään pistemäisesti suoraan kuvilta, ei stereomallilta.
  - 3-D mittauksen kannalta väreillä ei ole merkitystä, kohteen tulkinnan kannalta kylläkin.
  - Sovelluksia ilmakuvia käyttäen mm. peruskartta, pohjakartta, maastotietokanta, kantakartat, maastomallit, jne.
  - Sovelluksia videokuvia käyttäen mm. 3-D mallinnus, 3-D konenäkö, teollisuuden tuotannonohjaus ja laadunvalvonta.
- Katso myös
  - UIAH: Visualization and 3D design
    - [25227 Dimensions of Visualization: Time, Experience, and Information \(1 credit seminar\)](#)

## Fotogrammetria

- Tietoa fyysisistä kohteista valokuvien, mittaamalla ja tulkitsamalla
- Tiedettä ja teknologiaa
- Paljon tietoa kohteesta kohdetta koskematta





**INTERGRAPH** Käyttäjäpäivät 28.1.2000

## Fotogrammetria

- Stereokuvapari
- Sama kohde eri kuvilla hiukan eri perspektiivistä




**INTERGRAPH** Käyttäjäpäivät 28.1.2000

## Tehtävät kartoitusmittauksissa

- Ilmakuvakartoitus:
  - Tulkittava kohteen yksityiskohdat ja maasto stereokuvilta.
  - Laskettava tulkintatulokset kolmiulotteiseen kartastokoordinaatistoon.
- Kartan runko?
  - Kartan runko on kartastokoordinaatisto, joka näkyy kuvilla tukipisteinä.
  - Tukipisteet ovat runkopisteitä, joille tunnetaan kartastokoordinaatit.
  - Tulkituille kohteille lasketaan sijainti kartastokoordinaatistossa interpoloimalla lähimmistä tukipisteistä.
- Esimerkki ilmakuvaukseen perustuvan kartoitusprosessin työvaiheista
  1. RUNKOMITTAUS: Karttarungon mittaus maastoon ja sen signalointi.
  2. ILMAKUVAUS: Alueen ilmakuvauus.
  3. ILMAKOLMIOINTI: Karttarungon tihentäminen ilmakuvilla.
  4. STEREOKARTTOITUS: Maaston tulkinta kartaksi ilmakuvilta.
- Kuvia:
  0. [KKJ-kaistat Suomessa](#)



- Viitteet
  - 0. *MML* [Valtakunnallinen kartastokoordinaattijärjestelmä \(KKJ\)](#)

## **Alaan liittyvää sanastoa**

- *Markus Törmä* Kaukokartoitus <http://foto.hut.fi/sanasto.html>
  - The "Photonics Dictionary" <http://www.photonics.com/dictionary/XQ/ASP/QX/index.htm>  
(linkki päivitetty 17.12.2003)
- 

## **Lisätarpeet luennolla:**

- ilmakuvafilemi ja -puola, valokuvauslaboratoriosta.
- 

Maa-57.300 [Fotogrammetrian perusteet](#)

[1](#) [2](#) [3](#) [4](#) [5](#) [6](#) [7](#) [8](#) [9](#) [10](#) [11](#) [12](#) [13](#)

---