

Fotogrammetrian termistöä

Fotogrammetria (Photogrammetry)

Mittaustiede, jossa tehdään 3D-mittauksia käyttäen 2D-valokuvia. Fotogrammetrisilla mittauksilla saadaan luotettavaa tietoa pinnanmuodoista ja kappaleista etämittauksina eli kohteeseen ei tarvitse fyysisesti koskea. Mittausten lisäksi aineistoa voidaan tulkita.

Projektiokeskus (Projection center)

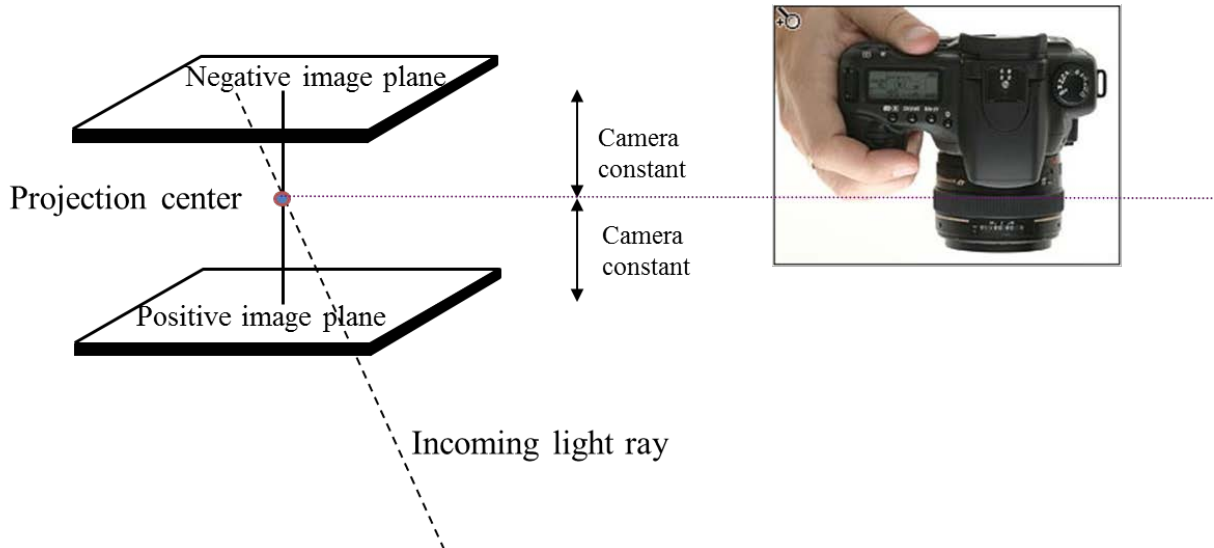
Ideaalisen neulansilmäkameran tapauksessa kaikki kameraan sisään tulevat valonsäteet kulkisivat yhden projektiokeskuksen kautta. Vaikka näin ei todellisuudessa käykään modernien linssijärjestelmien tapauksessa, voimme matemaattisesti määritellä tällaisen projektiokeskuksen. Projektiokeskus toimii myös kamerakoordinaatistojärjestelmän (3D) origona.

Polttoväli, f (Principle distance/focal length)

Lyhyin etäisyys projektiokeskuksen ja kuvatason välillä.

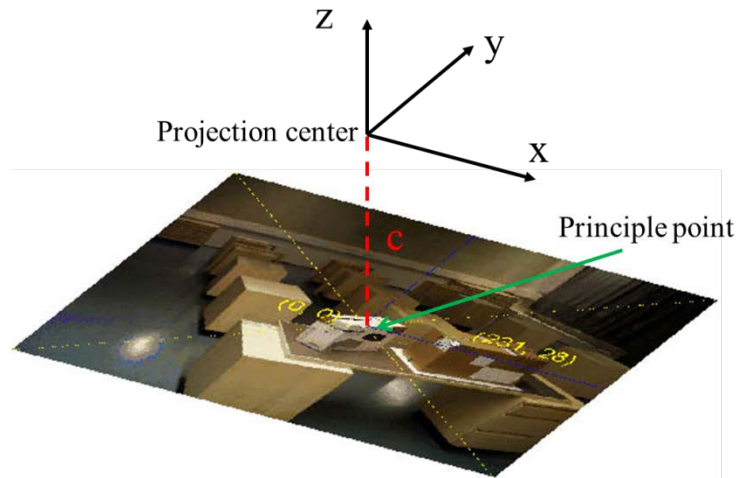
Kameravakio, c (camera constant)

Yleensä vastaa polttoväliä, jos kamera on fokuusoitu äärettömyyteen. Muussa tapauksessa $c < f$.



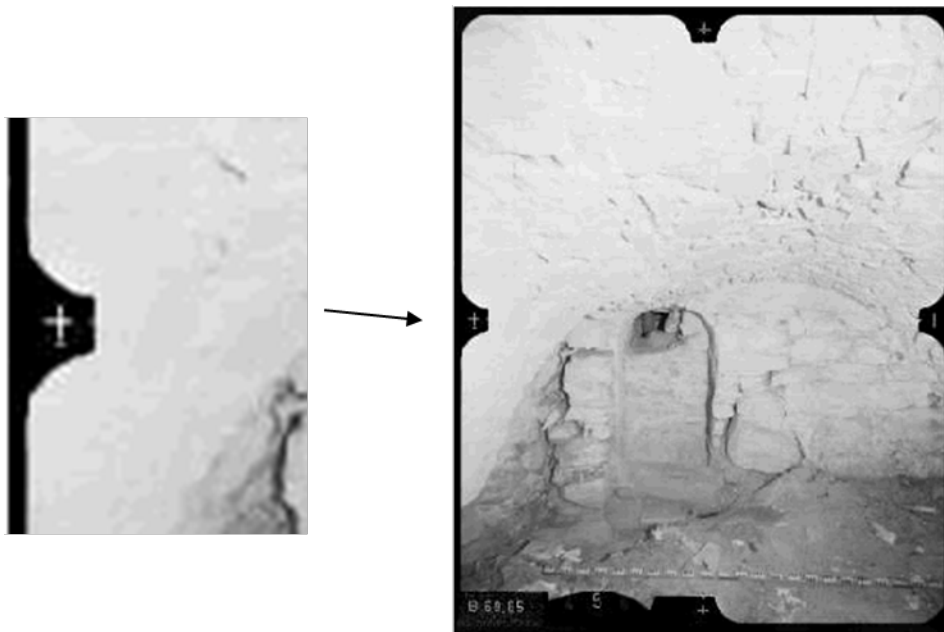
Pääpiste, pp (Principle point)

Piirrettäessä projektiokeskuksesta suora, joka on kohtisuorassa kuvatasoon nähden, löydetään pääpiste kohdasta, jossa suora leikkaa kuvatasoon. Tyypillisesti pääpiste on lähellä kuvan keskipistettä. Näin ei kuitenkaan ole aina ja erikoislinsit saattavat asettaa pääpisteen jopa kuva-alueen ulkopuolelle.



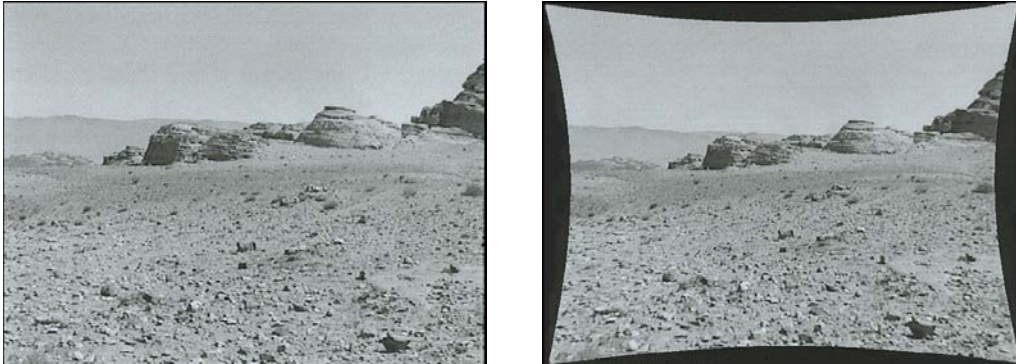
Reunamerkki (Fiducial mark)

Reunamerkkejä tarvittiin filmikameroiden käyttämiseksi mittaustarkoituksiin. Kun kuva valotettiin, reunamerkit tulivat filmille aina tietyllä tavalla. Näiden merkkien avulla voitiin selvittää luotettavasti, missä kuvan pääpiste on. Digitaalikameroissa ei ole tarvetta käyttää reunamerkkejä, koska kuvaussensori muodostaa luonnollisen ja vakaan koordinaatistojärjestelmän.



Kameran kalibrointi (Camera calibration)

Kameran kalibroinnissa määritetään kameran sisäinen geometria. Idealisessa tapauksessa jouduttaisiin selvittämään vain pääpisteen paikka ja kameravakio. Todellisuudessa joudutaan ratkaisemaan myös linssivirheen parametrit.



Vasen kuva: Alkuperäinen kuva; Oikea kuva: linssivirheet on poistettu ja kuva vastaa nyt ideaalisella neulansilmäkameralla otettua kuvaa.

Sisäinen orientointi (Interior orientation)

Sisäisessä orientoinnissa ratkaistaan koordinaatistomuunnos 2D kuvakoordinaatistosta ideaaliseen 3D kamerakoordinaatistoon. Muunnosta varten joudutaan ratkaisemaan kameravakio, pääpisteen paikka ja linssivirheet. Sisäisen orientoinnin parametrit saadaan kameran kalibroinnista.

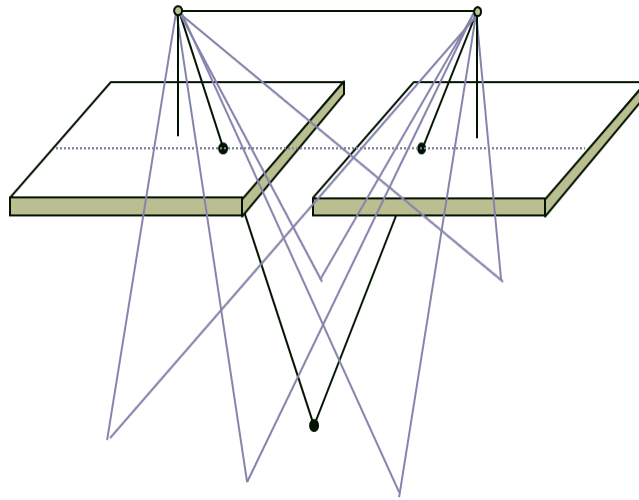
Ulkoinen orientointi (Exterior orientation)

Ulkoinen orientointi määrittelee koordinaatistomuunnoksen maastokoordinaatiston (3D) ja kamerakoordinaatiston (3D) välillä. Muunnosta varten on tunnettava projektiokeskuksen sijainti (3 parametria) ja koordinaatiston 3 kiertoa suhteessa maastokoordinaatistoon. Tyypillisesti ulkoinen orientointi ratkaistaan käyttämällä maaston tunnettuja pisteitä. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää suoran georeferoinnin sensoreita (Satelliittinavigointijärjestelmät ja inertialaitteet), vaikka nämä eivät välttämättä ole riittävän tarkkoja vaativampiin sovelluksiin.

Keskinäinen orientointi (Relative orientation)

Kahden kuvan tapauksessa voimme selvittää niiden keskinäinen sijainti (periaatteessa 3 siirtoparametria) ja kiertoero (3 kiertoparametria). Kaikkia siirtoparametreja ei kuitenkaan voida ratkaista pelkistä kuvamittauksista, jonka takia mittakaava jää epäselväksi. Mittakaavan ratkaisemiseksi tulee tuntea ainakin yksi etäisyys kohteessa. Keskinäinen orientointi voidaan ratkaista mittaamalla riittävästi vastinpisteitä kuvien välille. Kun keskinäinen

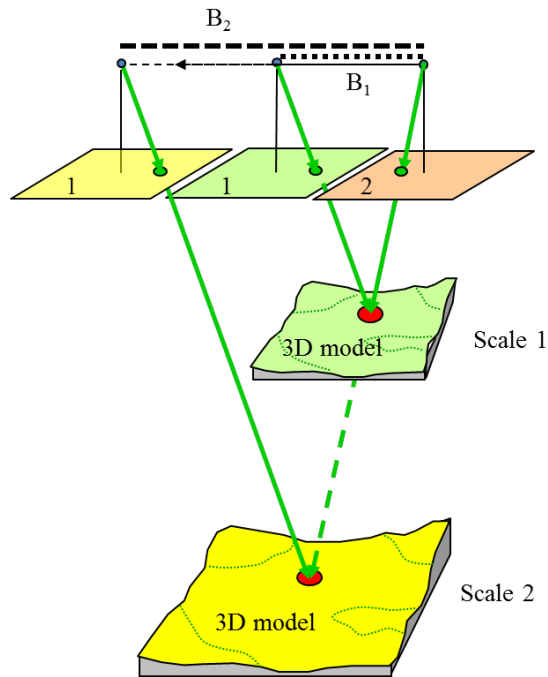
orientointi on valmis, voimme tehdä stereomittauksia, mikä mahdollistaa 2D kuvahavaintojen muuttamisen 3D maastonpisteiksi.



Keskinäinen orientointi

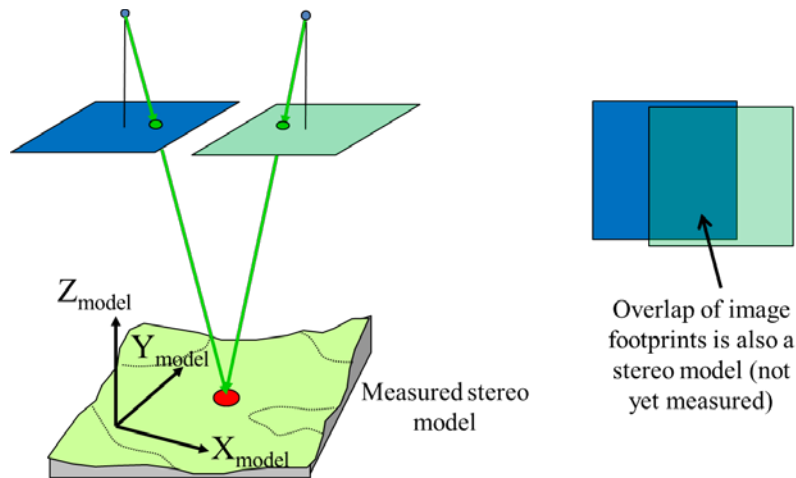
Kuvakanta, B (Image base)

Stereokuvan tapauksessa kuvien projektiokeskusten välistä etäisyyttä (tai vektoria) kutsutaan kuvakannaksi. Jos pelkkä kuvien keskinäinen orientointi on tunnettu, kuvakannan pituus jää ratkaisematta (sille voi antaa minkä tahansa pituuden). Kuvakannan pituutta muuttamalla voi skaalata mitatun 3D-mallin mittakaavaa.



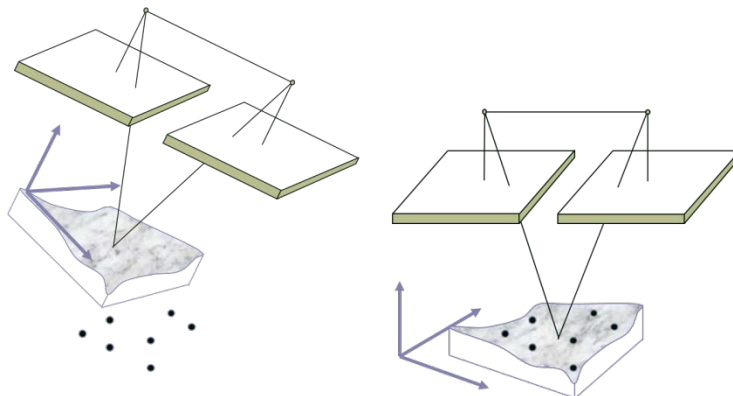
Stereomalli (Stereo model)

Kuvilta voidaan tehdä stereomittauksia, jos kuvat kattavat (päällepeitto) yhteisen alueen maastossa. Kuvien yhteistä peittoaluetta kutsutaan stereomalliksi, koska sitä osaa voidaan katsella kolmiulotteisesti (jos kuvat on otettu stereokuvauksen normaalitapauksessa). Stereomallin alueelta voidaan tehdä myös 3D mittauksia.



Absoluuttinen orientointi (Absolute orientation)

Kuvien stereomallilta mitatut 3D tiedot muunnetaan maastokoordinaatistoon. Muunnosta varten tarvitaan tunnettuja maastopisteitä (lähtöpisteitä), joiden vastinpisteet etsitään mitatulta stereomallilta.



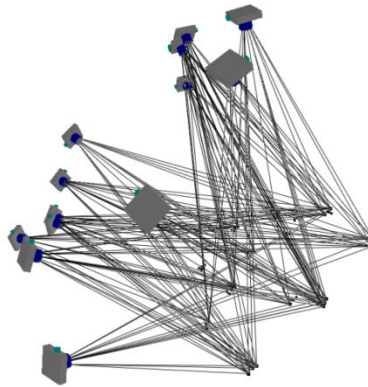
Keskinäisen orientoinnin ja 3D mittauksen jälkeen tulokset ovat vapaasti valitussa koordinaatistossa (vasen kuva). Absoluuttisen orientoinnin jälkeen tulokset ovat halutussa maastokoordinaatistossa (oikea kuva) Mustat pisteet kuvaavat tunnettuja lähtöpisteitä.

Liitospiste (Tie-point)

Liitospiste on mikä tahansa vastinpestehavainto eri kuvien välillä. Liitospisteitä tarvitaan sitomaan kuvat toisiinsa sekä keskinäisessä orientoinnissa että sädekimpputasoituksessa. (englanniksi käytetään useita variaatioita: tie-point, corresponding points, conjugate points tai homologous points)

Sädekimpputasoitus (Bundle block adjustment)

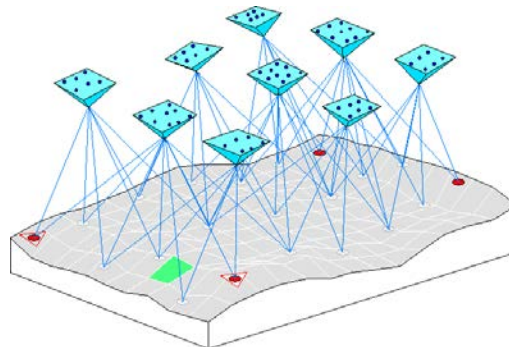
Sädekimpputasoituksessa hyödynnetään kaikkia kuvahavaintoja (liitospisteitä) usein laajaksi muodostuvassa pienimmän neliösumman tasoituksessa. Tasoitukseen voidaan liittää myös tieto tunnetuista maaston lähtöpisteistä ja/tai suoran georeferoinnin sensoreista (jotka antavat likiarvot kameroiden ulkoisille orientoinneille). Tuloksena saadaan tarkat ulkoisen orientoinnin parametrit kaikille kuville. Toisaalta saadaan myös uudet 3D koordinaatit kaikille liitospisteille, jotka mitattiin kuvien välille. Jos kuvausgeometria on erityisen hyvä, tasoitukseen voidaan liittää myös kameran sisäisen orientoinnin parametrien ratkaiseminen (kameran kalibrointi!).



Sädekimpputasoituksessa liitospisteiden havaintovektorit muodostavat sädekimppun, joka kiinnittää kuvajoukon geometrian ja kohdepisteiden sijainnit.

Ilmakolmiointi (Aerial triangulation)

Sädekimpputasoituksen erikoistapaus, jossa kaikki kuvat ovat (ainakin lähes) pystykuvia.



Datumvaje (Datum deficiency)

2D kuvahavainnot eivät sisällä milloinkaan tarpeeksi informaatiota, jotta voitaisiin ratkaista kohdetason 7-parametrinen yhdenmuotoisuusmuunnos (3 siirtoa, 3 kiertoa ja mittakaava). Tasoituksessa tämä näkyy siten, että tasoituksen rakennematriisin rangivaje on 7 vaikka mitattaisiin kuinka monta kuvahavaintoa lisää. Tämä estää sädekimpputasoituksen ratkaisemisen. Tyypillisesti datumvaje hoidetaan käyttämällä tunnettuja maaston lähtöpisteitä. Vaihtoehtoisesti vapaaverkkotasoituksessa sädekimpputasoitukseen liitetään fiktiiviset rajoiteyhtälöt varmistamaan ratkaistavuus. Tässä tapauksessa mallin mittakaava jää auki ja sen voi vapaasti valita.