

Kallioperäkartoitus maakuvilla

V. Juhani Ojala

Geologian tutkimuskeskus
Betonimiehenkuja 4, 02150 Espoo
juhani.ojala@gsf.fi

Tiivistelmä. Tietokoneiden tehon kasvu, digitaalikameroiden ja fotogrammetristen kuviontunnistusalgoritmien viimevuosien kehitys ja GPS paikannuksen tarkkuuden kasvu on tuonut maakuvaus/lähistereokuvauksen käytännölliseksi ja käyttökelpoiseksi apumenetelmäksi geologisessa kartoituksessa. Kallioperäkartoituksessa maakuvaus/tärkeintä sovellusalueita ovat suurten kalliileikkausten ja louhosten dokumentointi, geologinen kartoitus ja rakennegeologinen tulkinta. Korkeiden kalliileikkausten ja louhosten detaljikartoitus perinteisillä manuaalisilla menetelmillä on ollut aikaa vievää ja usein vaarallistakin. Maakuvaus saadaan ortokuva kartoituspohjaksi ja lisäksi pysyvä, paikkaan sidottu 3D dokumentti louhituista alueista. Geologian tutkimuskeskuksessa on kuluneen kesän aikana otettu käyttöön CSIRO:n (Australia) kehittämä SIROVISION ohjelmistopaketti. SIROVISION koostuu ohjelmamoduleista SIRO3D, jolla tehdään 3D pintamallit ja ortokuvat maakuville, ja SIROJOINT, jota käytetään geologiseen ja geotekniseen kartoitukseen ja tulkintaan pintamalleista ja ortokuvista.

Avainsanat: kallioperäkartoitus, maakuvaus, pintamalli, kalliomekaniikka.

1 Yleistä

Fotogrammetrian periaatteet on tunnettu jo pitkälti toistasataa vuotta. Stereokuvauksen käyttö 3D kartoituksessa perustuu pisteen parallaksin mittaamiseen stereokuvien välillä. Pisteen parallaksi on suorassa suhteessa etäisyyteen eli lähellä olevien pisteiden parallaksi on suurempi kuin kaukana olevien pisteiden. Pisteen x, y ja z koordinaatit voidaan siis mitata kunhan tiedetään parallaksi kuvien välillä sekä kameran sijainti ja asento kuvien ottohetkellä (Slama 1980). Perinteisesti kartoitus stereokuvilta tehtiin analyttisellä stereokojeella, jonka käyttäminen oli koulutusta ja taitoa vaativaa. Digitaalinen fotogrammetrian kehitys on viime vuosikymmenellä mahdollistanut uusien työkalujen kehittämisen stereokartoitukseen ilma- ja maakuville; yhtenä monista sovellusalueista on geologinen kartoitus paljastuma- ja louhosmittakaavasta karttamittakaavaan. Lähinnä kaivosteollisuuden louhoskartoitustarpeita varten on Australiassa kehitetty ohjelmistoja lähistereokuvien käsittelyyn, kartoitukseen ja tulkintaan (eg. Soole and Poropat 2000; Holyland 1997). Kuluneena kesänä on Geologian tutkimuskeskuksessa otettu käyttöön Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) kehittämä SIROVISION ohjelmistopaketti, joka sisältää ohjelmamodulit 3D pintamallien ja ortokuvien tekoon ja analysointiin lähistereokuvista.

Kuvat otetaan, käsitellään ja analysoidaan digitaalisessa muodossa, jolloin ne ovat myös helposti siirrettävissä muihin sovelluksiin esimerkiksi kaivos- tai kalliotilasuunnittelua varten. Ennen kuin stereokuvia voidaan käyttää kartoituksessa, niistä korjataan kameran asennon, linssin, korkeuserojen ja perspektiivin aiheuttamat virheet ja ne georekisteröidään käytettävään koordinaatistoon.

2 Fotogrammetria

Ollakseen käytännöllinen työkalu kartoitukseen fotogrammetrisen maakuvaus kartoitussovellusten täytyy olla helppoja ja nopeita käyttää ollakseen kustannustehokkaita parantaakseen ja täydentääkseen perinteisiä kenttäkartoitusmenetelmiä. Ja loppujen lopuksi, maakuvien tulkitsija ei ole kiinnostunut varsinaisesta fotogrammetriasta vaan tiedosta, jonka pystyy kuvilta saamaan. CSIRO on hyödyntänyt viimeaikaisen teknologian kehityksen ja SIROVISION systeemiin on onnistuttu yhdistämään yksinkertaiset kuvausmenetelmät, helppokäyttöinen fotogrammetrinen ja tulkinta ohjelmisto pintamallien ja ortokuvien tekoon ja geologiseen ja geotekniseen kartoitukseen.

Kuvausmenetelmät kentällä ovat yksinkertaisia, ja ainoana erityisvaatimuksena normaaliin valokuvaukseen on, että kamera on vaakatasossa, kuvat on otettu samaan suuntaan ja että kameran sijainti ja korkeus tiedetään. Nämä tiedot mahdollistavat fotogrammetristen vaatimusten mukaiset kameran sijainnin, asennon ja suunnan mittaamisen. Kiintopisteitä stereokuva-alalla käytetään kameran suunnan ja asennon mittaamiseen stereoparien kuvanottohetkellä. Kuva-alan kiintopisteitä ei tarvita, jos kameran tarkka asento ja suunta voidaan määrittää esimerkiksi asentamalla se teodoliittiin. Kuvien jatkokäsittely ja SIRO3D ohjelmiston käyttö ei vaadi käyttäjältä fotogrammetrian tuntemusta alkeita enempää. Monimutkaisin työ on alueiden rajaaminen kuvista ja valitun alueen nurkkapisteiden tunnistaminen kuvapareista. Pintamallin teko on automatisoitu perustuen kuviontunnistukseen kuvaparien välillä, käyttäjä voi tosin valita option manuaaliseen editointiin jos vastinpisteitä ei löydy. Stereomallin prosessointi kestää PC:llä 5-10 minuuttia ja eräajo on myös mahdollista. Tuloksena on korkeus/pintamalli ja ortokuva, joka on rekisteröity pintamalliin ja joita voidaan käyttää myös muissa ohjelmistoissa tai analysoida SIROJOINT moduulissa.

3 Geologiset sovellukset

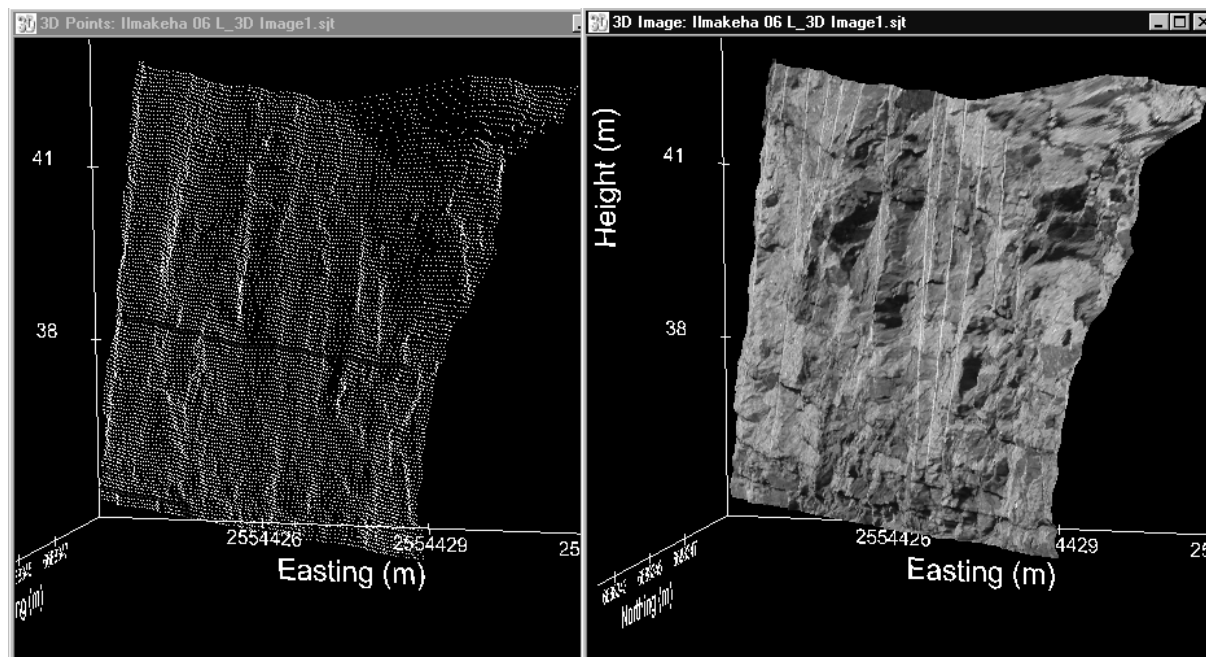
Maakuvauksella tuotettujen kalliopinnan 3D malleilla ja niihin sidotuilla ortokuvilla (Kuva 1.) on mittakaava ja koordinaatit, ne jo sinällään ovat karttoja samaan tapaan kuin ortoilmakuvat tai satelliittikuvat, mittakaava on vain suurempi. Maakuvauksen geologisia sovelluksia ovat esimerkiksi louhosten georekisteröity dokumentointi, geologinen ja geotekninen kartoitus, visualisointi ja kuvamosaiikit.

Maakuvauksen tärkein lisä tavanomaiseen valokuvauksdokumentointiin ja perinteiseen kallioperäkartoitukseen on, että kuvat ovat georekisteröityjä ja selkeistä geologisista piirteistä jää pysyvä koordinaatistoon sidottu 3D dokumentti, vaikka kalliomassa on jo louhittu pois. Valokuvilta ei voi tietenkään kartoittaa rakopintojen laatua tai kivilajeja samalla tavalla kuin paljastumakartoituksessa, mutta kuvissa näkyy paljon yksityiskohtia, joita kaikkia on aikaa vievää kartoittaa kentällä samalla tarkkuudella. Kuten ilma- tai satelliittikuvien käytössä geologiseen kartoitukseen, maakuvat tulkitaan ennen maastokartoitusta ja niitä käytetään kartoitus pohjana tarkemmille maastohavainnoille.

Kalliopinnan pintamalli ja siihen sidottu ortokuva mahdollistavat rakokartoituksen sekä manuaalisesti että automaattisesti. Rakokartoituksesta saadaan siten helposti ja nopeasti kalliorakenteiden mitoituksessa tarvittavia parametrejä kuten vallitsevat rakosuunnat, rakotiheydet, rakojen jatkuvuudet, ja rakopintojen pinta-aloja. Ohjelmisto mahdollistaa myös

rakojen luokittelun ja luokittelu tietojen lisäyksen rakojen attribuuttitiedoksi. Kolmioitu pintamalli mahdollistaa myös automaattisen rakokartoituksen, joka perustuu tasopintojen etsimiseen pintamallista annettujen raja-arvojen perusteella.

Pintamalleja ja niihin sidottuja digitaalisia kuvia voidaan myös käyttää muissa ohjelmistoissa ja integroida muihin tietoihin kuten geofysikaaliseen, spektri, ja kairaustietoon. Kuvissa kalliopinta, rakenteet ja kivilajit näkyvät jatkuvina ja näin kuvia voidaan käyttää esimerkiksi kairaustietojen interpoloinnin tarkistuksissa louhinnan edetessä.



Kuva 1. Kallioleikkauksen 3D pintamalli ja siihen sidottu ortokuva.

Lähdeluettelo

Holyland, P.W. (1997) An automated interactive, terrestrial photogrammetric method for cost effective collection and visualization of mining data. Proceedings of the Xth International Congress of the International Society for Mine Surveying, Fremantle, Australia, 2-6 November 1997.

Roberts, G. Poropat, G. (2000) Highwall Joint Mapping in 3D at the Moura Mine using "SIROJOINT", Bowen Basin Symposium 2000 Coal and Mining The New Millennium, Rockhampton, Oct 2000.

Slama, C.C. (1980) The manual of photogrammetry (4th edition), Falls Church: American Society of Photogrammetry, 1056 p.

Soole, P. and Poropat, G. (2000) Minesite mapping using Terrestrial Photogrammetry, Bowen Basin Symposium 2000 Coal and Mining The New Millennium, Rockhampton, Oct 2000.