Saksan avaruusjärjestön kehittämä digitaalinen HRSC-rivikamera on pyyhkäisyperiaatteella toimiva monikanavainen multi-stereo kamera. Ilmakuvakamera mahdollistaa sekä digitaalisen ortokuvauksen että digitaalisen pintamallin tuotannon jopa 10–20 cm:n tarkkuudella.

Frank Lehmann, Anneli Palmén ja Hannu Hyyppä

Digitaalinen HRSC-ilmakuvakamera

– kaksi vuotta operatiivisessa toiminnassa

Tämä artikkeli esittelee toimivan digitaalisen HRSC-ilmakuvakameran, jolla on kuvattu mm. Helsingin kaupungin alue kesällä 2001. Muun muassa Leican ADS40 perustuu HRSC-tekniikkaan.

HRSC-teknologia

Koska alkuperäinen sensori oli kehitetty erityisesti avaruustutkimukseen (Mars), se on kooltaan ja painoltaan pieni, kuluttaa vähän virtaa ja on kestävärakenteinen. Ilmakuvaukseen modifioidussa instrumentissa yhdistyvät korkea erotuskyky ja satelliittikuvan laatu ilmakuvauksen joustavuuteen. Ensimmäisten vuonna 1997 tehtyjen koelentojen jälkeen yli 120 kaupunkia tai suuraluetta Euroopassa ja 150 000 km² USA:ssa on kuvattu tällä kameralla ja sen kahdella uudemmalla mallilla.

HRSC-A on pyyhkäisyskanneri, jonka kussakin skannausrivissä on 5 184 CCD-elementtiä. CCD-riveistä viisi on pankromaattisia, jotka on asetettu tiettyyn pyyhkäisykulmaan mahdollistaen näin usean 'stereoparihavainnon' samasta maastokohteesta. Loput neljä CCD-riviä on varustettu erilaisilla suodattimilla, jotka mahdollistavat multi-spektraalikuvauksen (sininen, vihreä, punainen, lähi-infra).

Monikanavainen, monirivinen (9) ja multi-stereo (5) ilmakuvaukseen kehitetty HRSC-A-instrumentti pystyy tuottamaan digitaalisia ortokuvia ja digitaalisen maastomallin tarkkuudella ±10–20 cm. Lentokorkeudesta riippuva maastotarkkuus voi vaihdella 7 ja 100 senttimetrin välillä ja keilausalue voi olla yhdestä kilometristä 14 kilometriin. Esimerkki: 6 000 metristä lennettynä saadaan 24 cm:n erotuskyky, sijaintitarkkuus on ±20 cm (x ja y) ja ±30 cm (z).

Järjestelmän Applanixin POS-system (tarkkapaikannusnavigointijärjestelmä) sisältää INS-navigoinnin (inertiaalinavigointijärjestelmä) ja differentiaali-GPS:n. Alustana on gyrostabiloitu ripustusjärjestelmä, jolla vältetään kameran mekaaninen heilahtelu ja kamera voidaan kohdistaa lähes nadiiriin asentoon kuvauskohteeseen nähden. Applanixin POS-järjestelmää käytetään keräämään dataa, jolla korjataan laitteiston heilahtelut. Sijainti- ja suuntausarvot mitataan jatkuvasti lennon aikana differentiaali-GPS:llä ja INS-navigoinnilla. Kameran mekaaninen ja terminen vakaus takaavat sen, että kuvauslaitteisto pysyy oikein kalibroituna normaaleissa lento-olosuhteissa.

Edut

Filmikuvaukseen verrattuna digitaali-ilmakuvauksen etuja ovat nopean ja suoran digitaalisen aineiston saanti, korkea radiometrinen tarkkuus, lyhyt integrointiaika ja monikanavaisuus.

Filmikuvaukseen verrattuna digitaalikameralla saadaan parempi geometrinen ja radiometrinen laatu. Yhtenäinen kuvamateriaalin sävyskaala mahdollistaa automaattisen mosaikoinnin ja luokittelun käytön kuva-aineistolle. HRSC-A-sensori on herkkä, joten ilmakuvausta voidaan suorittaa erilaisissa ilmasto- ja vuodenajan olosuhteissa esimerkiksi kuvata pilven alla heikoissa valaistusolosuhteissa. Koska laitteella on lyhyt integrointiaika huonoista lento-olosuhteista johtuvat virheet voidaan korjata ja ne eivät siten huononna kuvanlaatua.

Automaattinen datatuotanto

Vastakohtana perinteiseen stereo-fotogrammetriaan, kaikki aineiston käsittely tapahtuu täysin automaattisesti ilman käsityönä tehtävää kuvatulkintaa. Ohjelmisto käyttää esikäsiteltyä kuva-, paikannus- ja kalibrointidataa. Tämä DLR:n käyttämä menetelmä sisältää viisi työvaihetta.

1. Prosessoidaan kunkin kuvarivin absoluuttinen sijainti käyttämällä jälkiprosessoitua GPS/INS-dataa.
2. Eri kanavien aineisto yhdistetään käyttämällä esioikaistua kuva-aineistoa, jotta voidaan löytää kultakin viideltä stereokanavalta toisiaan vastaavat pisteet. Kuvauskulmien ja päällekkäisyysalueiden avulla voidaan kullekin kohteelle määritellä sen tarkka maastosijainti myös kaupunkialueilla.
3. DSM (digitaalinen pintamalli) lasketaan vastinpisteiden avulla. Lopullinen DSM saadaan interpoloimalla. Interpolointimenetelmä valitaan maastokohteen mukaan. DSM on perusvaatimus sille, että aineistosta voidaan generoida nk. 'true'-ortoilmakuvat.
4. Kalibroimalla ja paikannusvaiheessa saadut sävyarvot siirretään aineistosta aiemmassa työvaiheessa tuotettuun pintamalliin. Jotta voitaisiin vähentää tietokoneaikaa, tämä tehdään vain kaikkien pikseleiden osa-joukkoon.
5. Viimeisenä vaiheena generoidaan ortokuvamosaiikki käyttämällä vierekkäisten jonojen ortokuvia. Lopputuloksena on homogeeninen 'true'-ortokuvamosaiikki (myös rakennukset oikaistu) kustakin spektrin kanavasta. Tämä edellyttää tiheää korkeusmallia

Tuotteet

Yhdellä ylilennolla saadaan sekä luonnonvärikuva (RGB), väri-infrapunakuva (CIR) ja harmaasävykuva. Tyypillisiä datatuotteita ovat:

- pankromaattinen nadiirikuvamosaiikki, erotuskyky 15, 25 tai 50 cm
- monikanavadata 8-bittiä (sininen, vihreä, punainen, lähi-infra), erotuskyky 30, 50 tai 100 cm
- DSM 16-bittiä (digitaalinen pintamalli) tai DTM (digitaalinen maastomalli), rasteri-grid 30, 50, 100 tai 200 cm.

Lisäksi aineistosta voidaan tuottaa anaglyfikarttoja tai 3D-kuvamosaiikkeja. Aineistosta voidaan myös generoida virtuaalisia ylilentoja ja filmejä.

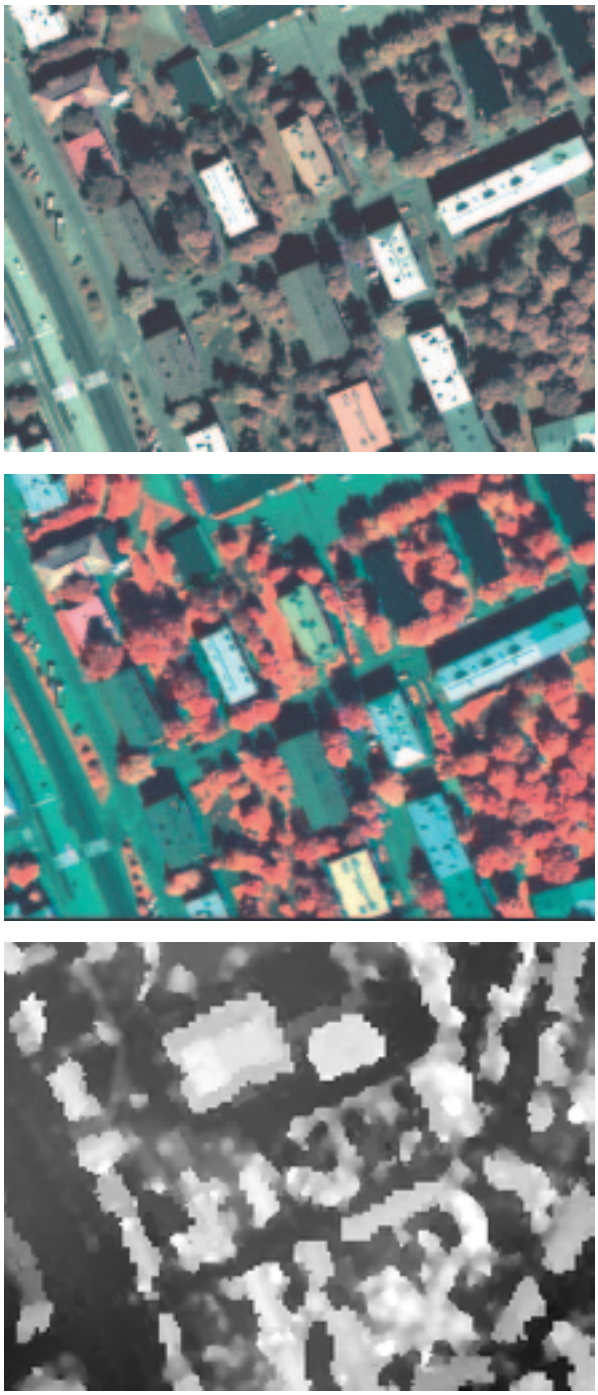
Sovellukset mahdollistavat monia käyttötarkoituksia

Aineiston laatu antaa mahdollisuuden työstää sitä mitä erilaisimpiin käyttötarkoituksiin. Aineisto soveltuu töihin, joita filmikameran materiaalista voidaan tuottaa, mutta myös, jos työ perustuu spektraalisignaalien luokitteluun, kuten esim. korkean resoluution satelliittien ottamien kuvien prosessointi.

Tarkasta maastomallista (DSM) ja monikanava-aineistosta voidaan luoda tarkkoja virtuaalimalleja ja videoita esimerkiksi lentosimulaattoreihin, ympäristötuhojen seurantaan ja mainostarkoituksiin.

Erityisesti kameran stereotarkastelukulmassa olevien viiden havaintorivin ansiosta voidaan kartoittaa ja mitata rakennettuja kohteita, koska aineistosta pystytään erottamaan yksityiskohtia, jossa vierekkäisten pisteiden korkeusero on suuri (talon seinä).

Monikanavaisia ortokuvia ja digitaalisia pintamalleja on käytetty erilaisiin tarkoituksiin, kuten telecom-verkkosuunnittelu, 3D-mallinnus, ympäristön tilan seuranta, kaupunkialueiden ja luonnonvarojen kartoitus, erilaisiin metsä- ja maatalouden sovellukset, tulvavahinkojen kartoitus, avolouhosten kartoitukset, ja rannikkoalueiden kartoitus, visualisointi ja Internet-markkinointi.



Ylinnä väriorto, keskellä vääräväriorto ja alhaalla digitaalinen pintamalli. Kuvat Helsingistä Haagasta. © DLR 2001.

Markkinat näyttävät lupaavilta

Digitaalikameroiden aineiston keruu on mittavaa ja markkinanäkymät ovat lupaavat kattaen sekä tyypilliset tarkan erotuskyvyn ilmakuvaukselle sopivat työt että myös korkean erotuskyvyn ilmakuvasensorien ja satelliittien sovellukset. Uusi kuvausmenetelmä ja sen fotogrammetrinen tuotanto-ohjelmisto tarjoavat paikkatietoteollisuudelle kokonaan digitaalisen ja täysin automatisoidun kuva-aineistotuotannon, jolla on paitsi tarkka alueellinen erotuskyky ja sijaintitarkkuus myös hyvä radiometrinen erotuskyky. Yhteisprojektit teollisuuden ja kuntasektorin kanssa osoittavat, että aineisto soveltuu hyvin mitä erilaisimpiin konventionaalisiin kartoitustehtäviin kuin myös uusiin sovelluksiin.

Suomalainen aineisto

Helsingin kaupungin alue lennettiin viime vuoden kesällä 28.7.2001. Lentokorkeus oli 3 000 m maanpinnasta. Lentonopeus 250 km/h ja skannausnopeus 2,2 millisekuntia.

Lopputuotteen eli väriorton ja vääräväriorton pikselikoko on 10 cm ja DSM-grid 100 cm, jonka z-tarkkuus on 10 cm. Datasta tuotettu aineisto on WGS84-koordinaatistossa.

Frank Lehmann, instituutin johtaja, Geoscience Remote Sensing, DLR German Aerospace Center, Institute for Space Sensor Technology and Planetary Exploration, sähköposti: frank.lehmann@dlr.de.

Hannu Hyyppä, TkT, Suomen Akatemian tutkijatohtori, Fotogrammetrian ja kaukokartoituksen laboratorio, Teknillinen korkeakoulu, Espoo, sähköposti: hannu.hyyppa@hut.fi.

Anneli Palmén, FM, tuotealue: satelliittikuvat, Metria, anneli.palmen@metria.fi.