

Fotogrammetrien efter den 20. ISPRS kongres

Joachim Höhle, Aalborg Universitet

Fotogrammetrien har udviklet sig meget i de seneste år og er nu fuldstændig digital fra optagelse til fremstilling af produkter som ortofotos, topografiske databaser og fotorealistiske by- og landskabsmodeller. Dette faktum blev tydeligt ved den seneste internationale kongres for fotogrammetri og telemåling, men også ved nye investeringer hos danske kortlægningsinstitutioner. Disse innovationer beskrives. Der fokuseres på kortlægningsopgaver med flybilleder, men nye sensorer og nye metoder ved terrestrisk fotogrammetri og satellitbaseret fotogrammetri og telemåling behandles også. Med det nye udstyr og nye metoder opstår muligheder for at løse eksisterende kortlægningsopgaver mere effektivt og dyrke nye anvendelser. Disse skitseres i denne artikel. Det konkluderes, at investeringer i uddannelsen er nødvendige for at klare disse nye udfordringer.

Indledning

I juli 2004 blev den internationale kongres for fotogrammetri og telemåling afholdt. Det sker hvert fjerde år, og denne foranstaltning kan betragtes som en slags olympiade for dette fagområde. Instrument- og systemproducenter viser deres nyeste produkter på en udstilling, videnskabelige arbejdsgrupper præsenterer i foredrag og vha. posters resultater af forskningsarbejde, og der formuleres nye opgaver for de næste fire år.

Det er lejligheden til at få oversigt og indsigt i fagområdet. Men der er overvældende mængder af informationer.

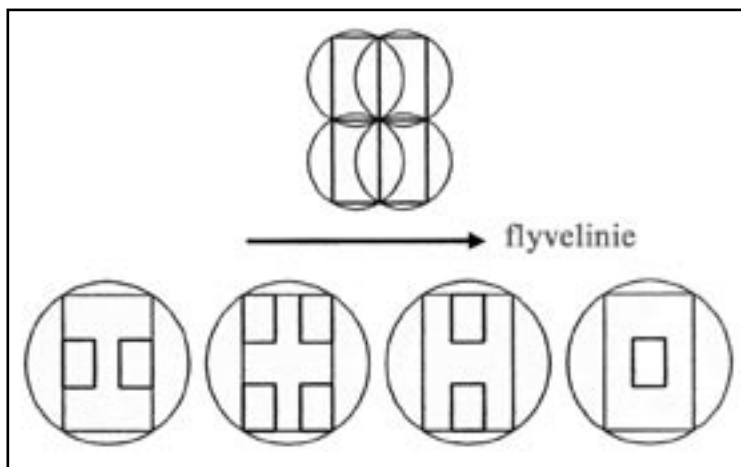
I ISPRS kongressens "proceedings" er der 1218 artikler gemt på en DVD, som rummer 1,2 GB. Efter læsning af nogle af artiklerne og noter fra kongressen vil jeg prøve at beskrive trends og udviklinger. De rummer nye systemer og metoder til billedoptagelse, georeferering af billederne, DHM- og ortofotofremstilling, fotogrammetrisk kortlægning samt ajourføring af topografiske databaser. Det bliver især nyheder og

trends i luftfotogrammetrien, men sensorer fra jorden og fra satellitter samt deres anvendelser blev også behandlet. Dem vil jeg kun strejfe. Mine vurderinger er sikkert subjektive, men imidlertid sker der også nogle aktiviteter hos danske firmaer og andre institutioner, hvilket jeg også vil nævne. På nuværende tidspunkt har nogle innovationer allerede forandret produkti-

onen af geodata, og Aalborg Universitet (AAU) har forandret kursusindhold og læreplaner (Det teknisk-naturvidenskabelige fakultet ved AAU, 2004).

Digitale flykameraer

Flere nye digitale flykameraer blev præsenteret ved kongressen. Fremkaldelse og scanning af film kan dermed undgås. Den radiometriske



Figur 1: Datafusion ved Intergraph's DMC kamera (øverst) og UltraCam-D kamera fra Vexcel Imaging (nedunder). Ved UltraCam-D sættes et pankromatisk billede sammen af fire kameraer, som belyser på 9 CCD'er med hver 4k x 2,7k pixler. DMC anvender 4 kameraer og 4 CCD'er med hver 7k x 4k pixler, som hver belyses gennem en linse.

Kilde: (Kraus 2004)

opløsning i digitale billeder er enormt forbedret.

4096 intensitetstrin (12 bit) kan nu opnås. Det betyder, at topografiske objekter bedre kan ses, og nøjagtigheden og sikkerheden i automatiske målinger forbedres. For at realisere store formater ved flybilleder anvendes flere linser og flere matrix-sensorer (CCD'er). Et billede sammensættes af fire eller flere delbilleder. Figur 1 viser teknikken ved to nye kameraer.

Billedformatet er 162 mm x 96 mm (Intergraph) respektive 104 mm x 68 mm (Vexcel Imaging). Store formater muliggør store billedmålforhold, og det betyder bedre nøjagtigheder.



Figur 2: UltraCam-D kamera. Fire pankromatiske kameraer er positioneret efter hinanden i flyverretningen. Belysning sker på forskellige tidspunkter og på 9 CCD'er. Billedet sammensættes i 'postprocessing' af 9 delbilleder til et ikke-kvadratisk format.¹ Pixelstørrelsen er kun 9 μm . Farvebilleder og falskfarve billeder produceres kunstigt vha. billeder fra fire yderlige kameraer (som er positioneret på ydersiden), og som producerer billeder i spektralområder (rød, grøn, blå, nærinfrarød) i et mindre målforhold og dermed i mindre opløsning. Photo: (Vexcel Imaging 2005)

En anden fordel ved digitale kameraer er, at man registrerer forskellige spektrale områder samtidigt. Det betyder, at s/h billeder, farvebilleder og falskfarve billeder optages samtidigt. Et digitalt kamera-system har op til 8 linser.

Farvebilleder fremstilles kunstigt. Det højopløselige pankromatiske billede suppleres med farve fra mindre opløselige farvebilleder. Det betyder, at fremstilling af farvebilleder sker ved hjælp af nogle billedbehandlingsteknikker (opretning og 'pan sharpening'). Billedvandring kan også kompenseres. Teknikken kaldes 'Time Delay Integration'. Billedinformation integreres i det tidsinterval, som lukkeren er åben. Risikoen for støv og ridser på billederne elimineres ved den digitale billedoptagelse. Der kan forventes en højere billedkvalitet ved digitale kameraer pga. den høje geometriske og radiometriske opløsning. Ifølge Cowi (2005) er digitale flykameraer i fremdrift i Danmark, og vi kan forvente, at DDO serien og andre ortofotos nu fremstilles vha. disse billeder. Ved kortlægningsopgaver opstår, pga. et ugunstigt basis/højde forhold, mindre nøjagtighed i højdebestemmelsen, når man sammenligner med et analogt kamera af 23 cm x 23 cm formatet.

Georeferering af flybilleder

For at anvende flybilleder til kortlægning skal positionen af projektionscentre og

hældningsvinkler af kameraets optageakse være kendt. Denne ydre orientering af flybilleder eller georeferering bestemmes vha. paspunkter. Paspunktbestemmelserne i marken vha. landmålingsudstyr er dyre og besværlige.

Reduktion af antallet af paspunkter opnås vha. aerotriangulation. Overgang til digitale flybilleder har gjort aerotriangulation mere nøjagtig og til en automatiseret proces. Grundlaget er korrelation ('matching') af punkter, som genkendes og måles i to eller flere billeder. Disse såkaldte sammenknytningspunkter bestemmes i stort antal, og blokken af billederne knyttes sammen. Få paspunkter måles i billederne manuelt, og den ydre orientering af billederne i et referencsystem beregnes vha. sofistikerede programpakker, som automatisk opdager og eliminerer målefejl. Denne fremgangsmåde har været praktiseret i nogle år og er en del af undervisningen af landinpektørstuderende på bachelorniveau (Höhle 2002).

For at gennemføre aerotriangulation mere nøjagtigt og for at reducere antallet af paspunkterne har man integreret *positionsgivende sensorer*.

Det globale positioneringssystem (GPS) er en del af kamerasystemerne og anvendes til navigation og styring af billedernes længdeoverlap, men også som yderligere observationer ved beregning af aerotriangulation.

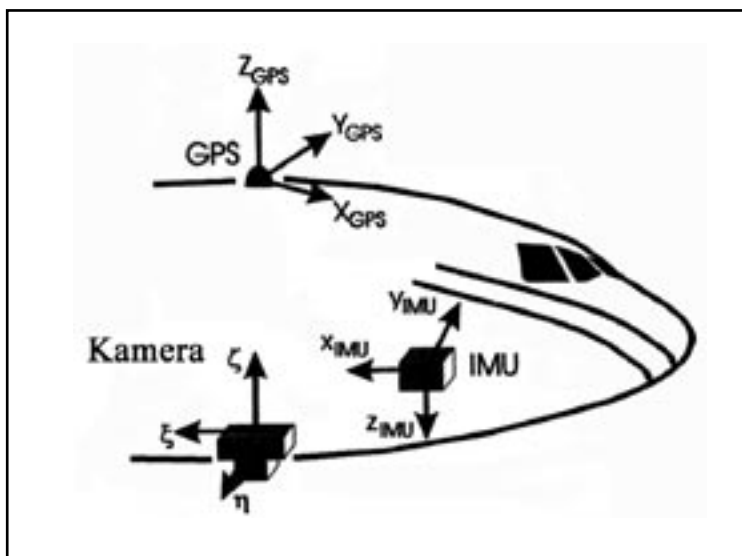
Sensorer, som med høj frekvens bestemmer vinkler om tre akser og afstandsændringer i tre akser, kan også integreres i optagesystemer. Disse såkaldte 'Inertia Measuring Units' eller IMUs muliggør sammen med GPS'en den direkte georeferering af flybilleder. Nøjagtigheden i den ydre orientering er så god, at man kan bestemme punkter på jorden med 20 cm nøjagtighed fra 2000 m flyvehøjde. Denne nøjagtighed er god nok til fremstilling af ortofotos uden paspunkter (Kremer 2005).



Figur 3: Inertia Measuring Unit. IMU'en er en lille boks, som indeholder tre gyros og tre acceleratore. Ved hjælp af disse målinger kan vinkler om tre akser og positionsforandringer i tre akser aflæses. IMU'en monteres fast på kameraet.

Kilde: (Heipke 2002)

Største nøjagtighed opnås, når IMU data anvendes som yderligere observationer i aerotriangulationen. Denne "Integrerede Sensor Orientering" er genstand for forskning. Resultater af et forskningsprojekt ved EuroSDR viste, at den ydre orientering frembringes med nøjagtigheder på 5 cm på jorden, når man fotograferer fra 770 m med et vidvin-



Figur 4: I moderne optagesystemer integreres et digitalt kamera med positions- og retningsgivende sensorer. Deres orientering i forhold til hinanden bestemmes i kalibreringsprocessen. Ved hjælp af sensor- og kalibreringsdata kan flybilleder georefereres; paspunkter og aerotriangulation kan dermed undgås. Den opnåelige nøjagtighed er egnet til fremstilling af ortofotos. Sensor- og dataintegration bliver dermed vigtige nye vidensområder i fotogrammetrien.

Kilde: (Kraus 2004)

kelkamera og kun anvender et paspunkt (Heipke 2002).

Den opnåelige nøjagtighed er egnet til stereo-fotogrammetrisk kortlægning af byer efter TK99 standarden. Dette fremskridt i den fotogrammetriske punktbestemmelse påkræver investeringer i prisklassen 150 000 Euro. Alle danske fotogrammetriske firmaer har investeret i denne teknik.

En anden løsning i forbindelse med georeferering af flybilleder, men uden de store investeringer, er at anvende eksisterende ortofotos og aflede den ydre orientering af nye flybilleder vha. korrelation af korresponderende billedud-

snit. Denne automatiserede metode blev undersøgt ved AAU og testet med forskellige billeder og områder. Resultater viste, at nøjagtigheden er tilstrækkelig til at fremstille ortofotos, og denne proces kan for en stor del automatiseres (Potucková 2004). Metoden er især interessant i områder, hvor ortofotos fremstilles i korte tidsintervaller, som for eksempel i Danmark.

DHM- og ortofotofremstilling

Fremstilling af ortofotos kræver ud over orienteringsdata også digitale højdemodeller (DHM). Deres nøjagtighed har stor indflydelse på kvaliteten af ortofotos. Den foto-

grammetriske fremstilling af højdemodeller sker for store områder ved hjælp af digitale stereobilledpar og korrelation.

Denne automatiserede proces frembringer en overflademodel (DOM). Korrelation i områder uden kontrast og struktur kan producere fejl. Editering af højdedata og kvalitetskontrol er derfor nødvendige. Resultatet er en digital terrænmodel (DTM), hvor alle højder er på terræn.

uden blev en del nyheder fremvist. Objekter over jorden som huse og broer kan også kortlægges uden forskydninger i positionen. Disse 'true ortofotos' fremstilles fra flere flyfotos og ved hjælp af præcise overflademodeller. Husets facader afbildes ikke, og usynlige områder i et billede suppleres med billedinformationer fra et andet billede (se figur 5).

Opgaven kræver kortlægning af tagformer; ellers opstår

ler dette koncept, som baserer sig på forskningsarbejde i Finland.

Fotogrammetrisk kortlægning

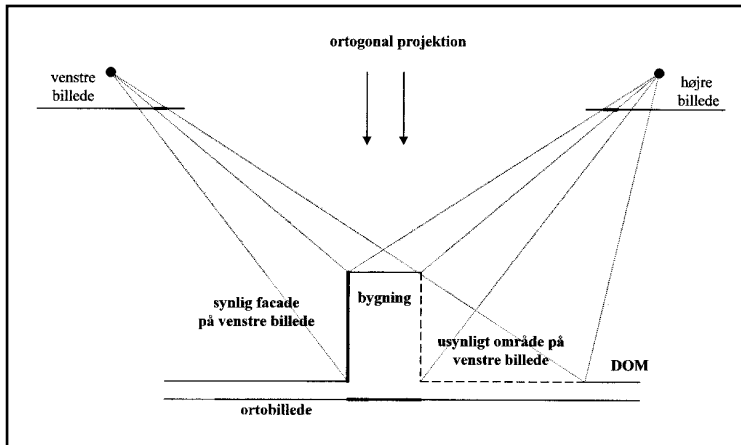
Fotogrammetriske stereoarbejdsstationer anvender nu hurtigere computere og grafikort, som muliggør et mere bekvemt arbejde. Firmaet Intergraph, for eksempel, tilbyder deres ImageStation Stereo Softcopy Kit (SSK) system med en ny mus, som rummer mange knapper til kortlægningsfunktioner samt hurtig bevægelse igennem stereomodellen. Der registreres direkte i en database og forskellige GIS data kan indlæses og GIS analyser kan udføres med alle disse data.

Eksempler på analyseværktøjer er attribut og rumlig søgning, dannelse af bufferzoner og rumlige overlays.

Systemerne kan kortlægge fra forskellige sensorer, bl.a. digitale kameraer, scannere fra fly og satellitter.

Et russisk system undgår 3D-mus eller håndhjul/fodskive til styring af et målemærke, men registrerer øjenbevægelser vha. to videokameraer. Observerede objekter bliver automatisk målt i tre dimensioner. Denne "Eye-grammetry" er kompatibel med de fleste stereoarbejdsstationer (Geoiconics 2004) og det kan forventes, at denne teknologi vil blive anvendt i fremtiden.

Automatisering af kortlægningen er det store forsknings-



Figur 5: Princippet ved fremstilling af 'true ortofotos'. Det venstre billede har ingen billedinformation bag huset og dette område fyldes med billedinformation fra det højre billede. Husets facader fjernes, og taget er kortlagt ved hjælp af den korrekte højde (DOM højde).

Ortofotofremstilling er derefter bare en resampling af billedet og sker pixel for pixel ved hjælp af computere med stor regnekraft. Mosaikdannelse af flere ortofotos er den næste opgave, som kræver en omhyggelig fastlæggelse af 'seamlines'. Nyheder fra kongressen var nogle forbedringer i programmerne fra de forskellige producenter. Des-

mangler i billedkvaliteten. Fremstilling af 'true ortofotos' inklusiv bestemmelse af orienteringsdata, fremstilling af overflademodeller og ortofotos samt mosaikdannelse kan udføres i et programmel. Denne opgave kræver stor regnekraft, som realiseres vha. flere parallelt arbejdende computere. Firmaet Inpho, Tyskland, videreudvik-

emne, men de første professionelle programpakker blev allerede vist på kongressen. For eksempel tilbyder Inpho, Tyskland, programpakken "Inject", som semi-automatisk kortlægger huse inklusive tagform i tre dimensioner. Der anvendes flere modeller af huse, som indpasses interaktivt og uden stereosyn til to overlappende flybilleder (Inpho 2004).

Kortlægning vha. kombination af flyfotogrammetri med andre sensorer

Nye opgaver i kortlægningen kan løses, når digitale flybilleder bruges sammen med optagelserne fra andre sensorer. For eksempel kan forandringer i bygningerne optages vha. laserscannerdata og multispektrale flybilleder, som indeholder den nærinfrarøde del af det elektromagnetiske spektrum. Et Ph.D.-projekt af Brian Olsen, KMS, bidrog med løsningerne (Olsen 2004). Nye og forsvundne bygninger opdages i en automatiseret proces, og man fremstiller et oversigtskort med ændringerne. Derefter må den nøjagtige og fuldstændige ajourføring af kortdatabaser gennemføres vha. stereofotogrammetri. I tidsalderen med 'outsourcing' af kortlægningsarbejde har dette arbejde en særlig betydning, fordi omfanget af arbejdet først skal vurderes.

At modellere komplekse huse inklusive deres tagformer med henblik på at fremstille 3D bymodeller er et andet anvendelsesområde af kombination

en fotogrammetri/laserscanning i fly. Et forskningsprojekt ved den europæiske forskningsorganisation for rumlige data (EuroSDR) dokumenterede nye løsninger og gode resultater. Bl.a. var en projektgruppe på AAU's landinspektørstudium med i projektet (Frederiksen et al., 2004). Tagformen, husets højder og brudlinjer skulle kortlægges.

Ved anvendelse af laserscannere og hyperspektrale scannere, som registrerer 128 spektrale bånd, kan også materialet i tagene klassificeres. Forskningsarbejde ved Universitet Karlsruhe, Tyskland, klassificerede 8 forskellige materialer ved tagene (Lemp, 2004).

Nye sensorer fra jorden og deres anvendelse

Nye digitale kameraer til amatørfotofering kommer næsten dagligt på markedet og anvendes af mange. Kameraer med billedformater på 24 mm x 36 mm kan erhverves til en rimelig pris. For eksempel rummer KODAK's PRO14N 14 Mega pixel ved en høj opløsning (pixelstørrelse = $8\mu\text{m}$). Det relativt store billedformat muliggør også fotogrammetriske anvendelser med gode nøjagtigheder, omkring 1/14 000 af objektdimensionen ved kalibrering (Pedersen 2004).

Væsentlig højere geometrisk og radiometrisk opløsning opnås vha. et roterende rækkekamera. Tre CCD rækker af hver 72 mm længde optager grundfarverne (rød, grøn, blå) med hver 16 bit.

Vha. en motor drejes kameraet små trin frem som svarer til en pixel. Med sådan et kamera optages 360° panoramabilleder i farver med op til 5.1 GB pr. billede. Et eksempel er kameraet EYESCAN M3 i figur 6.

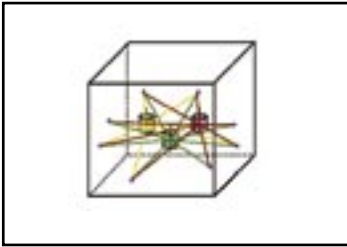


Figur 6: Digitalt panoramakamera EYESCAN M3.

Photo: (Kamera & System Technik GmbH, 2005)

Når man opstiller kameraet på to eller flere standpunkter, kan objektpunkter bestemmes med stor nøjagtighed, og objektmodeller kan visualiseres med fototekstur (se også figur 7). Tests af Schneider (2004) viste, at standardafvigelsen (σ_o) ved stråleudjævning kan være mindre end $2\mu\text{m}$. Ved anvendelse af 100 mm linsen og 50 m afstand fra kameraet svarer denne værdi til en sideafvigelse på 1 mm, og en pixel udstrækker sig over kun 3.5 mm x 3.5 mm på objektet.

Optagelsen af et panoramabillede med denne linse varer 10 minutter. Panoramakamera anvendes således til fremstilling af fotorealistiske 3D modeller af torve og indre gårde samt 3D inden-



Figur 7: Stråleudjævning med 3 panoramabilleder muliggør objektpunktbestemmelse.
Kilde: (Schneider 2004)

dørsmodeller af bygninger. I disse modeller kan meget fine objekt detaljer genkendes, og veldefinerede objekter er kortlagt med stor nøjagtighed.

Til opmåling af 3D bymodeller skal også *terrestriske laser-scannere* nævnes. Disse producerer 3D punktskyer sammen med intensitetsbilleder og digitale fotos. Der eksisterer mange modeller fra forskellige firmaer. Figur 8 viser Leica's nye panorama laser-scanner HDS3000. Optagelserne sker horisontalt med 360° og vertikalt med 270°, og nøjagtigheden er angivet med 6 mm ved 50 m afstand fra objekt. Afstanden af målepunkter kan være 0.24 mm ved 50 m afstand fra objektet, men vælges større for at reducere datamængden. Intensitetsbilledet anvendes til at tolke objektet, for eksempel genfindes og opmåles specielt reflekterende målemærker ('targets') automatisk. Software pakker transformerer punktskyerne til et reference koordinatsystem og modellerer objektet vha. flader, cylindre eller andre geometriske primitiver.



Figur 8: Terrestrisk Laserscanner Leica HDS3000
Photo: (Leica Geosystems, 2005)

Generelt kan laserscanning betragtes som en del af telemåling (remote sensing), fordi det også indsamler billeder og anvender billedbehandlingsteknikker ved procesering. Ved den fotogrammetriske kongres var der flere bidrag om terrestrisk laser-scanning.

For eksempel rapporteres i Akca (2004) om, hvordan punktskyer kan sammenknyttes ved hjælp af korre-



Figur 9: 3D Imaging Sensor LMS-Z360i.
Et højopløseligt kamera er integreret og muliggør fotogrammetriske anvendelser som ortofotofremstilling, aerotriangulation, osv.
Photo: (Riegl 2005)

lationsteknikker. I stedet for farveværdier som i fotogrammetri bruges Z-værdierne af punktskyerne. I Jansa (2004) anvendes digitale billeder og punktskyer til sammenknytning af scans og fremstiller 'true ortofotos' med underlagte Z-værdier. Forudsætningen er, at laserscanneren integreres med et højopløseligt digitalt kamera. Sådant en laser-scanner er realiseret af firmaet Riegl, Østrig (se figur 9).

Nye satellitbaserede sensorer til kortlægning

Optiske sensorer i satellitter har haft en rivende udvikling. Pixelstørrelsen på jorden eller **Ground Sampling Distance (GSD)** er ved kommercielle satellitter så lille som 0,6 m. Quickbird satellitten, som gik i omløb i 2001, producerer pankromatiske billeder med denne GSD, men samtidig også farve- og falskfarve billeder i lavere opløsning. Quickbird billeder anvendes til ortofotofremstilling sammen med eksisterende højdemodeller. I et afgangspjækt ved AAU blev ortofotos for flade områder på Samsø fremstillet. Billedkvaliteten matchede DDO land fra 1999, som har 0,4 m pixelstørrelse, og den geometriske nøjagtighed var 1,0 m ved anvendelsen af 5 paspunkter (Miller 2004). Ortofotos, som er fremstillet fra Quickbird billeder, anvendes i stort omfang til kontrol af angivelserne fra europæiske landmænd.

Mange nye satellitbaserede sensorer til kortlægningsformål er på vej. Det kræver ste-

reobilledpar med bedre basis/højde forhold for at kortlægge terrænmodeller, dvs. højden. Kortlægning af DTMs fra højopløselige satellitbilleder kan udføres med 3 m nøjagtighed.

Højder frembringes også fra radarsystemer, såkaldte InSAR systemer, som kan anvendes under alle vejrforhold. InSAR installeres i rumfærger eller realiseres som tandem satellitter. Tests viste nøjagtigheder på 5 m for flade og åbne områder respektive 18 m for hele kloden (Konecny 2004).

Der udvikles små satellitter, som vil omløbe jorden i mindre afstand fra jorden og dermed vil muliggøre små GSD værdier, billigere data og en bedre tilgang til data. Kortlægning fra rummet vha. digitale kameraer og scannere vil blive udbredt. Anvendelse af disse nye værktøjer vil ske til fordel for de mange områder i verden, som ikke har nogen eller kun for gamle kort eller kortdatabaser. Billeddata fås hurtigere, og nye anvendelser vil opstå med denne 'on-line' fotogrammetri, for eksempel i forbindelse med naturkatastrofer.

Konklusion

Optagelsen af flyfotos uden film kommer nu til Danmark. Samtidig med højopløselige pankromatiske billeder optages farve og falskfarve billeder. Dvs. fotogrammetri og telemåling vokser sammen.

Den integrerede benyttelse af forskellige data frembringer

nye anvendelser og forbedringer i det nuværende kortlægningsarbejde. På nuværende tidspunkt har nogle innovationer allerede forandret produktionen af geodata.

Lærestudier som AAU har forandret kursusindholdet og udstyr. Yderligere investeringer mht. personale og udstyr ved AAU og andre danske lærestudier er nødvendige for at uddanne og videreuddanne personalet i kortlægningsinstitutioner samt for at styrke forskningen på disse områder. Danmarks fotogrammetriske firmaer og andre kortlægningsinstitutioner må også i fremtiden være i stand til at producere geodata effektivt i Danmark og at konkurrere i kortlægningsopgaver på det internationale marked.

Referencer

Akca, D., *A new algorithm for 3D surface matching*, proceedings, 20th ISPRS kongres, 2004

Det teknisk-naturvidenskabelige fakultet ved AAU, *studieordning for landinspektøruddannelsen, 7-10. semester, 2004*

Frederiksen, L. et al., *Automatiseret 3D-Bygningsmodellering*, AAU, landinspektørstudiet 2004, 9. semester projektarbejde, 2004

Heipke, C. et al., *Integrated sensor orientation*, EuroSDR official publication nr. 43, 2002

Höhle, J., *Fotogrammetrien er digital*, ved AAU, Geoforum.dk, april 2002

Jansa, J. et al., *Terrestrial laser-scanning and photogrammetry – acquisition techniques completing one another*, proceedings, 20. ISPRS kongres, 2004

Konecny, G., *Mapping from Space*, Festschrift zum 60. Geburtstag von Armin Grün, ETH Zürich, 2004

Kraus, K., *Photogrammetrie*, bind 1, de Gruyter Lehrbuch, 7. udgave, ISBN 3-11-017708-0, 2004

Olsen, B.P., *Maintenance of digital topographical map databases*, Ph.D.-thesis ved DTU, Lyngby 122 s., 2004

Kremer, J., *Direct georeferencing of aerial images and other airborne sensor data*, gæsteforelæsning ved AAU, februar 2005

Lemp, D. et al., *Use of hyperspectral and laserscanning data for the characterization of surfaces in urban areas*, proceedings, 20. ISPRS kongres, 2004

Miller, N., *Kortlægning baseret på satellitbilleder – en undersøgelse af de højopløselige satellitter*, afgangprojekt ved AAU's landinspektøruddannelse, 153 s., 2004

Pedersen, L. et al., *Mobile kortlægningssystemer - en håndholdt prototype*, 8.semester's projekt, AAU, 2004

Potuckova, M., *Image matching and its application in photogrammetry*, PhD project, 2004

Schneider, D. et al., *Development and application of an extended geometric model for high resolution panoramic cameras*, pro-

ceedings, 20. ISPRS kongres, 2004

Litteratur og hjemmesider af firmaer

Cowi, *nyhedsbrev 1/05*, 2005

Geoiconics, *Photogrammetric eye-tracking and measurement system*, www.geoiconics.com, 2004

Inpho GmbH, *brochure inJect*, <http://www.inpho.de>, 2004

Kamera & System Technik GmbH, <http://www.kst-dresden.de>, 2005

Leica Geosystems, *HDS 3000 3D Laserscanner*, http://hds.leicageosystems.com/products/HDS3000_description.html, 2005

Riegl, *brochure LMS-Z360i*, http://www.riegl.com/terrestrial_scanners/lms-z360i_/360i_all.htm, 2005

Vexcel Imaging, *brochure Ultra-Cam-D kamera*, <http://www.vexcel.co.at/products/photogram/ultracam/>, 2005

Fodnoter

¹ Fordi den smalle side af billedet er i flyverretningen, opstår et lille basis/højde forhold (for eksempel $n = 0.27$ ved længdeoverlap af $p = 60\%$ og standard linse med kamerakonstant $c = 100$ mm). Det har en ugunstig indflydelse på højdennøjagtigheden.

Om forfatteren

Joachim Höhle, Professor, Geoinformatik & Arealforvaltning, Aalborg Universitet, Fibigerstræde 11, DK-9220 Aalborg Ø, jh@land.aau.dk