

Perspektiv for anvendelsen af jordobservation i den 3. verden

Michael Schultz Rasmussen, GRAS A/S, c/o Geografisk Institut, Københavns Universitet

Det er ikke overraskende at anvendelsen af jordobservation, eller som det mere betegnende kaldes på engelsk remote sensing, er ganske omfattende i den 3. verden. Teknikken kan her noget som der er stor mangel på og som derfor giver efterspørgsel: der kan leveres hurtig og billig information om alt mellem himmel og jord - i bogstavelig forstand. Satellitbilleder giver overblik og er up-to-date. Netop aktualiteten er vigtig. I vores del af verden ønsker vi konstant opdateret information og satellitdata hjælper med at vise og dokumentere aktuelle ændringer i by- og erhvervsudvikling, kystens erosion, stormskader, braklægning og afgrødefordelinger i landbruget, tilsanding af havneudløb, etablering af bufferzoner omkring vandløb mv. I den 3. verden er aktualitet ligeledes væsentlig, men her taler vi om at fremskaffe den helt basale information i form af topografiske kort, vegetations- og jordbundskort eller arealanvendelseskort. Dette skyldes, at disse kort ofte er mangelfulde eller ikke eksisterende pga. reduceret målestok, rudimentær udarbejdelse eller generel dårlig kvalitet af såvel kortgrundlaget som referencen bag. I det følgende vil vi kaste et blik på de mest almindelige remote sensing data og metoder samt hvor jordobservation befinder sig i den 3. verden illustreret ved et par eksempler.

Man kan groft inddele remote sensing data og metoder i to kategorier: kortlægning og den dynamiske del, hvor kortlægningen er et snapshot i tid, der viser den rumlige udbredelse af et givet tema eller emne. Vigtige parametre er den rumlige opløsning, dvs. pixel størrelse, den spektrale opløsning, den geografiske dækning samt den tidsmæssige repetitionsfrekvens. Der er en tendens til at undervurdere vigtigheden af den spektrale information til fordel for opmærksomheden på pixelstørrelsen, fordi netop den bestemmer, hvilke emner der kan identificeres og hermed kortlægges.

Satellitten kan måle reflekteret lys i mange forskellige dele af spektret også udenfor det synlige, og denne spektrale information kan give information om ikke alene tilstedeværelsen af planter, men også om deres vækst, jordbundsforhold, herunder information om fugtighedsforhold og om hvilke materialer, der

er anvendt til at bygge huse og veje, information der ikke nødvendigvis kan iagttages med det blotte øje. Den spektrale opløsning bestemmes af antallet af målinger i spektret og angives i antal bånd eller kanaler.

Nogle af de bedste satellitdata vi har i dag til detaljeret kortlægning er fra den Amerikanske QuickBird satellit, hvor man kan få et farvebillede med en pixel opløsning på 60 cm og et egentligt multispektralt billede med information om reflekteret lys i fire områder i og udenfor den synlige del af spektret med 2,4 m pixels. En anden nyere satellit er Ikonos med hhv. 1 og 4 meter pixels.

Disse data kaldes under et Very High Resolution (VHR) data. Den næste generation af satellitter vil indenfor de næste 5-7 år være i stand til at nå ned til 40 cm opløsning.

Den dynamiske del af remote sensing beskæftiger sig lige-

ledes med produktion af kort, der beskriver planters vækst, algers opblomstring, snedækkers udbredelse, jordoverfladens temperatur, for blot at nævne nogle få anvendelser.

Fælles for disse er ønsket om en høj opdateringsfrekvens. Her er den rumlige opløsning til gengæld ikke så vigtig, idet man ønsker information om disse rumligt set mere generelle fænomener. Europa har gennem det Europæiske Rumagentur ESA udviklet Envisat satellitten, hvorfra forskellige instrumenter leverer data til bestemmelse af planter, vand, jord og atmosfære. Det vigtigste instrument er Meris med 15 bånd i den visuelle og nærinfrarøde del af spektret. Det høje antal bånd gør det muligt at benytte data til mange forskellige applikationer både på land og i vand. Nok så vigtigt er at man samtidig kan foretage referencemålinger af atmosfæren. Herved kan der korrigeres for de ikke ønskede atmosfæreeffekter, som

Navn/sensor	Rumlig opløsning i meter	Spektral opløsning	Tidsmæssig opløsning	Dæknin g per scene	Opsendt	Pris per km ²
QuickBird	0,6 s/h 2,4 MS	4 bånd blå, grøn, rød og nærinfrarød	2-3 dage	16 x 16 km	2001	Fra ca 100 kr
Ikonos	1 s/h 4 MS	4 bånd blå, grøn, rød og nærinfrarød	2-3 dage	11 x 11 km	1999	Fra ca 110 kr
SPOT 5	2,5 s/h 10 MS	4 bånd grøn, rød og to nærinfrarøde	2-3 dage	60 x 60 km	SPOT siden 1986	Fra ca 5 kr
Landsat ETM	15 s/h 30 MS	7 bånd blå, grøn, rød, to nærinfrarød, et midt nær-infrarødt samt et termalt	17 dage	185 x 185 km	Landsat siden 1972	Ca 0,07 kr
Envisat/Meris	1000 RR 300 FR	15 bånd fra det visuelle til det nærinfrarøde	daglig	1165 x 1300 km	2002	Under 0,01 kr
NOAA/AVHRR	1000	5 bånd. Rødt, nærinfrarød, midt NIR og to termale	daglig	Ca 2600 km bredt	Siden 1981 (mange satellitter)	Under 0,01 kr
Meteosat	3000 (ved Ækvator)	12 bånd fra det visuelle til det termale	Hvert 15. min.	Den halve globe	Siden 1977	Under 0,01 kr

s/h – sort hvid eller pankromatisk, MS – multispektral, RR – reduced resolution, FR – full resolution

er et af de store problemer ved overvågning og analyse af tidsserier.

Radar er en kategori af remote sensing data og metoder for sig selv, som finder bred anvendelse indenfor både kortlægning og den dynamiske del af jordobservation. En af de store fordele er, at radardata kan optages i både overskyet vejr og om natten. Netop muligheden for at få skyfri data fra troperne har bevirket, at radardata har fundet stor udbredelse her.

Remote sensing i alle afskjyninger finder stor anvendelse i den 3. verden, for hvad

enten man ønsker at foretage en egentlig kortlægning, eller man ønsker at vurdere planters vækst, vil de aktuelle satellitter samt arkiverne med historiske satellitbilleder kunne levere størsteparten af den information man ønsker.

I de efterfølgende afsnit vil to eksempler demonstrere bredden i anvendelsen af remote sensing, såvel til kortlægning til helt konkrete formål, men også til mere avancerede analyser af tidsserier af satellitbilleder, hvor resultaterne anvendes af beslutningstagere. I firmaet GRAS løste vi i 2003 og 2004 i samarbejde med DHI – Institut

for Vand og Miljø en opgave der gik ud på at kortlægge et større område i Afghanistan, nærmere bestemt Kabulflodens bassin, som er arealet mellem den Afghanske hovedstad og den Pakistanske grænse. Den årlige nedbør i området er i størrelsesordenen 200 – 300 mm, og der kan derfor ikke dyrkes mange afgrøder uden kunstvanding. På grund af konflikterne i Afghanistan over de sidste 25 år har udviklingen af landbrugsområderne været forsømte. Det omtalte projekt skulle udarbejde en vandhandlingsplan bl.a. med det formål at vurdere basis for yderligere udvidelse og/

eller intensivning af landbruget. En af opgaverne var at kortlægge de aktuelle kunstvandede arealer samt foretage en vurdering af hvorledes dette areal havde udviklet sig gennem de sidste 10 – 15 år i et område større end Danmark. Ligeledes pga. den politiske situation i landet var der ikke mange data at finde nogen steder og satellitdata var derfor et godt bud på en løsning.

De bedst egnede satellitbilleder var Landsat data med en god spektral opløsning, dvs. med spektrale bånd der kunne skelne kunstvandede fra ikke kunstvandede marker.

Videre dækker hver Landsat scene (billede) et areal på ca. 185 km x 185 km, hvorfor hele området kunne dækkes med seks forskellige scener. Den rumlige opløsning på Landsat data er 30 x 30 meter, hvilket er tilstrækkeligt til at identificere marker. Figur 1 viser en farvekomposition af et Landsat ETM (Enhanced Thematic Mapper) billede for den centrale del af Kabul flodens bassin. Området der er ca. 80 x 50 km viser bjergene både med og uden vegetation. Mod nord er de olivengrønne områder græsningsarealer. De store kunstvandede områder fremstår helt lysegrønne. Mod vest kan der ses et vandreservoir som er helt sort og delt i to "fingre". Figur 2 viser det samme Landsat ETM billede som her er draperet over en højdemodel. 3-D billedet dækker en del af det sydøstligste hjørne af figur 1. I figur 2 viser

de grønne nuancer kunstvandede områder. Lys grøn viser kraftig vækst og mere mørke grønne farver viser fugtige arealer, hvor væksten lige er begyndt.

Der blev anskaffet en komplet dækning af Landsat ETM data fra perioden 2000-2002 samt tilsvarende dækning fra omkring 1990. Hermed kunne udviklingen i de kunstvandede arealer umiddelbart opgøres. På baggrund af den spektrale information i Landsat data var det ligetil at identificere de kunstvandede områder og hermed blev feltarbejde og verifikation af kortlægningen overflødiggjort. Det var alle godt tilfredse med, idet området huser militser loyale overfor det gamle Taliban styre, samtidig med at Osama Bin Laden er eftersøgt netop her!!

I Sahel området syd for Sahara er den dynamiske del af remote sensing blevet anvendt til at analysere det der populært kaldes ørken-spredning. Betegnelsen dækker over konsekvenserne af ændret nedbør samt ændret pres på jord og planteressourcerne fra både befolkningen og deres husdyr. Det der reelt sker, er en gradvis ændring af vegetationens sammensætning og omfang over store områder, hvilket på ingen måde kan sammenlignes med en ørken, der år for år udbreder sig et antal km mod syd. Til studiet af dette fænomen har Geografisk Institut ved Københavns Universitet sammen med det økologiske overvågningscenter "Centre de Suivi Ecologique" i Dakar, Senegal, benyttet data fra den amerikanske satellit NOAA. Pixelstørrelsen på de



Figur 1: Et Landsat ETM billede fra den 18-10-2000 der dækker området nordvest for Jalalabad og øst for Kabul. Det viste området er ca. 80 x 50 km. Til illustrationen er benyttet Landsat bånd 3, 4 og 5, svarende til reflekteret grønt, rødt og nærinfrarødt lys. Landsat har i alt 6 visuelle og et termalt bånd.



Figur 2: Landsat ETM draperet over en højdemodel for området omkring Jalalabad i Afghanistan. De kunstvandede områder ses tydeligt i grønt på dette rå billede, ligesom konturerne af marker der ikke er vandede kan skues, se eksempelvis øverst til venstre lige bjerget. Se teksten for forklaring af farvenuancer. Illustrationen er fremstillet i samarbejde med det iranske firma Tooss Ab.

daglige data er 1 x 1 km, hvilket er passende til overvågning af store områder. Ved at kvantificere forskellen mellem det reflekterede nærinfrarøde lys, som planterne ikke kan anvende i deres fotosyntese, og det reflekterede røde lys, som planterne bruger i fotosyntesen, kan den årlige plantebiomasse bestemmes. NOAA AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) data findes helt tilbage til 1981 og hermed kan den årlige ændring i plantebiomasse for hver eneste pixel i Sahel området kvantificeres. Figur 3 viser ændringer i vegeta-

tionsindexet NDVI i perioden fra 1982 til 1999. NDVI står for Normaliseret Differens Vegetations Indeks og dette indeks er en god indikator for vegetationens vækst. Det ses, at den overvejende del af området syd for Sahara har oplevet positiv vækst. Nedbør for udvalgte områder er ligeledes medtaget i figuren. Metoden kan ikke benyttes til at bestemme ændringer i området syd for de farvelagte arealer.

Der findes en lang række anvendelser af dynamiske remote sensing data som ikke er

specifikke for den 3. verden. De nye billeder fra satellitten Meteosat tillader at bestemme planteparametre hvert 15. min og kan hermed levere information om døgnvariationer. Nok så vigtigt er det, at med en høj datafrekvens kan indflydelsen fra skyer minimeres. Siden 1997 har vi med opsendelsen af den amerikanske SeaWiFS satellit og senest med den Europæiske Envisat, haft mulighed for at bestemme alge- og planktonkoncentrationer i havet. I den 3. verden benyttes den information til at lokalisere og vurdere potentialet for fiskeri.

For et par år siden var GRAS involveret i et projekt i Vestafrika, hvor en database og et analysesystem blev bygget op med henblik på at kunne styrke syv landes fiskerimyndigheders overblik over deres egne fangstressourcer. Hermed kunne de pågældende lande kræve rimelige priser når de solgte deres fiskekvoter til eksempelvis Kina og Rusland.

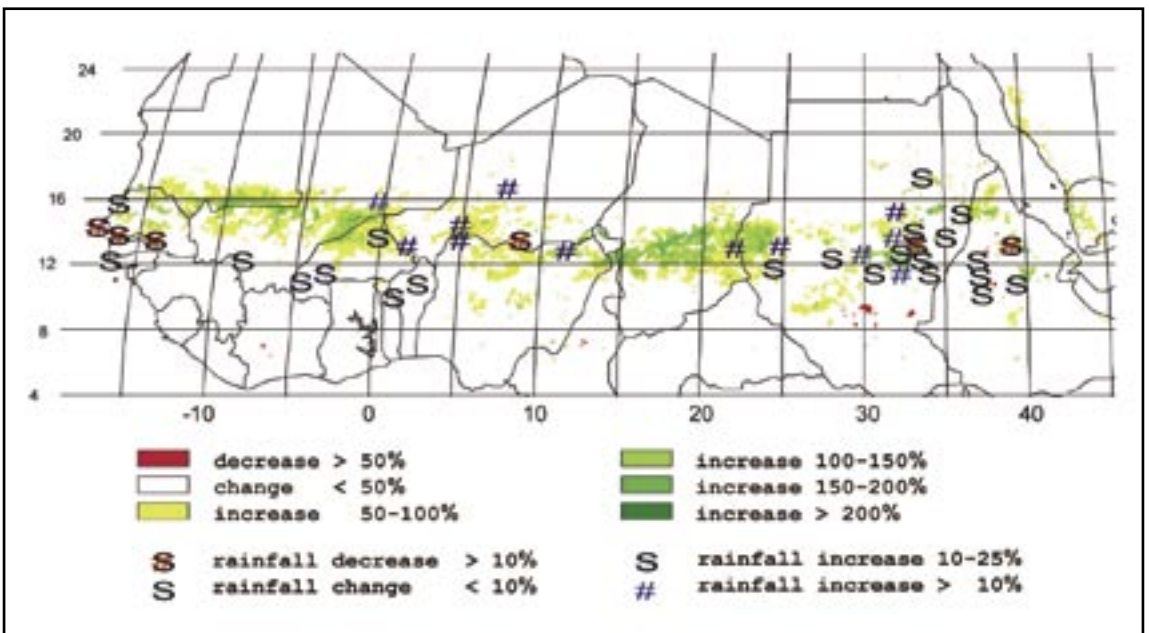
Den nyeste tendens er at jordobservationsdata bliver integreret i matematiske modeller, der beskriver havcirkulation, vegetationsudbredelse, vejrudsigter mm. Herved opnås mere detaljeret information idet modellen kan levere langt flere informationer end satel-

litdata kan alene (inklusive når det er overskyet). Det vigtige aspekt er at modellen løbende bliver "justeret på plads" ud fra remote sensing data, der kan levere information om vigtige parametre for store områder og med en høj tidsmæssig frekvens.

Men det er indenfor den egentlige kortlægning hvor anvendelsen af jordobservationsdata har været en succes i den 3. verden. Eksisterende dataarkiver dækker globalt, og ud over at satellitbilleder generelt er *up-to-date* i forhold til eksisterende flyfotoarkiver, så er de også mere konsistente. I de store områder i den 3. verden, hvor de

ationale referencenet ofte er både tynde og mangler vedligeholdelse samt opdatering, vil satellitdata med en intern korrekt geometri være det bedste bud på et grundkort. Et eksempel fra Senegal i Vestafrika kan belyse problematikken.

I 1950'erne foretog franskmændene en flyfotoopmåling i det der var franske kolonier på det tidspunkt. Der blev fremstillet 1:200.000 kort ud fra en simpel ikke orthorektificeret fotomosaik. I forbindelse med en kortlægningsopgave med brug af SPOT satellitbilleder i starten af 1990'erne, som undertegnede foretog i FN regi, blev der observeret



Figur 3: Ændringer i vegetationsindexet NDVI fra 1982 til 1999. Sahel området har generelt oplevet en positiv ændring fra midt i 1990'erne og frem. De røde arealer angiver negative ændringer (der er meget få). Gule og grønne arealer angiver positive ændringer. Farven hvid angiver at der ikke er nogen vigtige ændringer. Kilde: L. Olsson, L. Eklundh, J. Ardöb, K. Rasmussen, M.S. Rasmussen and A. Warren (ikke publiceret).

lokaliseringsfejl på op til 1000 meter i 1:200.000 kortene i de tyndt befolkede områder.

Figur 4 viser et udsnit af et QuickBird billede fra Monrovia i Liberia i Afrika. Pixelstørrelsen er 60 cm og det er et pankromatisk sort/hvidt billede som er blevet "*pan-sharpened*" med det tilsvarende multispektrale 2,4 m pixel billede. Teknikken går ud på at vægte farverne fra det multispektrale datasæt med det

pankromatiske billedes høje 60 cm opløsning.

Resultatet bliver en 60 cm farvekomposition der tilstræber en naturlig farvefremtoning. Disse *pan-sharpened* data benyttes i stort omfang i den 3. verden.

Det må forventes at anvendelsen af remote sensing data og metoder fortsat vil udvikle sig gunstigt i den 3. verden og hermed bidrage til

en positiv samfundsudvikling med forbedret planlægning og forvaltning. Stadig bedre og billigere data hjælper på dette. Samtidig findes der i langt de fleste 3. verdens lande veluddannede mennesker som kan arbejde med remote sensing data. Perspektiverne for anvendelsen af de højopløselige satellitbilleder ligger lige for. Her er fordelene så indlysende med nem adgang til gode opdaterede data. Men måske er det vigtigere med



Figur 4: Udsnit af QuickBird *pan-sharpened* 60 cm farvebillede fra Monrovia, Liberia i Vestafrika. Copyright DigitalGlobe 2005.

en påpegning og prioritering af adgangen til og brugen af de dynamiske data, der ligesom i det viste Sahel eksempel, kan give information om naturressourcer og miljøets udvikling. Dette kunne være medvirkende til at der blev taget bedre langsigtede strategiske beslutninger.

Der opbygges og etableres i øjeblikket særdeles gode ressourcer på Internettet, hvor gratis satellitdata stilles til rådighed sammen med metoder og værktøjer til anvendelsen. Det er derfor vigtigt, at vi her i vores del af verden fortsat støtter denne udvikling og formulerer en datapolitik, der sikrer bred adgang. Dette har hidtil ikke været tilfældet med de Europæiske data fra eksempelvis Envisat. Selvom en ændring er undervejs, kan

vi med fordel se på den amerikanske model for adgang til de dynamiske satellitdata. Den sker gratis via Internettet.

Et sidste aspekt er at vi fortsat må assistere en kapacitetsopbygning i den 3. verden med henblik på at styrke den analytiske kapacitet ved studier af naturressourcer og miljø.

Referencer:

Lillesand, Kiefer & Chipman, 2004, *Remote Sensing and Image Interpretation*, Fifth Edition. (LK&C).

John R. Jensen, 2000, *Remote Sensing of the Environment, An Earth Resource Perspective*, Prentice Hall Series (Jensen).

Relevante hjemmesider:

<http://unosat.web.cern.ch/unosat/> (FN organisation der assi-

sterer med satellitbilleder til den 3. verden)

<http://www.africover.org/>
(FAO initiativ der kortlægger hele Afrika)
www.digitalglobe.com
(QuickBird)

www.spaceimaging.com
(Ikonos)
<http://landsat.usgs.gov/>

<http://envisat.esa.int/instruments/meris/>
www.geogr.ku.dk
www.gras.ku.dk

<http://www.rummet.dk>
(dansk side generelt om rumaktiviteter, herunder jordobservation)

<http://www.cse.sn/>
(økologisk overvågningscenter i Dakar, Senegal – på fransk!)

Om forfatteren

Michael Schultz Rasmussen, Lektor, Geografisk Institut, Københavns Universitet, Øster Voldgade 10, 1350 København K, Danmark, email: msr@geogr.ku.dk, www.geogr.ku.dk