




Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union 

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union 



DEVELOPMENT OF A TRAINING PROGRAM FOR ENHANCING THE USE OF ICT TOOLS IN THE IMPLEMENTATION OF PRECISION AGRICULTURE

2018-1-ES01-KA202-050709

Uddannelsespakke 2

Datakilder til satellitbilleder

Vejledning til underviseren

Forfattere: UPC

Dato: Maj 2020

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Indhold

1	INTRODUKTION	2
2	TILGÆNGELIGE OG ALMINDELIGE SATELLITTER	4
2.1	Offentlige satellitter	4
2.2	PRIVATE SATELLITTER.....	6
3	KARAKTERISERING AF SATELLITERS YDEEVNE	7
4	KILDER TIL OFFENTLIGE DATA	9
5	UDTRÆKNING AF BILLEDER FRA DATAKILDER	10

Bemærkning til underviseren: Dette dokument indeholder hovedsagelig de samme oplysninger som det tilsvarende dokument til de studerende bortset fra, at forslag til svar er vist med blå skrift.

1 INTRODUKTION

Satellitesensorer designet til overvågning af ressourcer på jordoverfladen er en vigtig datakilde til brug i præcisionslandbrug¹. De relative fordele ved satellitbilleder i forhold til luftfotografering, luftbåret video, termisk og andre former for fjernmåling med langbølgeenergi præsenteres ved at fremhæve problemer og udfordringer mht. teknik og dataintegritet ved disse alternative former for dataopsamling.

Satellitbilleder fås ved en række forskellige besøgsfrekvenser fra en række forskellige udbydere under en række forskellige betingelser, der knytter sig til brugen af disse data, i en række forskellige spektrale og rumlige opløsninger til en række priser, der afspejler række forskellige produktformater, nøjagtigheder og pålideligheder. Valg af det passende billede på en dato for billedoptagelse, der er passende til opgaven og udviklingsstadiet for den afgrøde, der overvejes, er særligt vigtige beslutninger, der påvirker nytten og nøjagtigheden af de resulterende analyser.

Der gives en oversigt over de kredsløbs- og billedegenskaber ved de vigtigste former for fjernmålte billeddata, der i øjeblikket er tilgængelige (og snart vil være tilgængelige) på kommerciel basis. Dette efterfølges af en indledende vejledning til kritiske spørgsmål, der skal overvejes i valget af passende billedmateriale.

Landsat ETM og SPOT-satellitbilleder er overvejende blevet brugt til dato på grund af deres tilgængelighed, idet serier af billeder kan erhverves over den samme placering på jorden inden for faste tidsrum. Australian Center for Remote Sensing arkiverer data fra begge sensorer til de fleste landbrugsområder i Australien. Landsat-satellitten afbilder et område på ca. 32400 km², mens en enkelt sensor af SPOT-satellitten afbilder et område på ca. 3600 km². Omkostningerne ved satellitdata pr. arealenhed er lave - for Landsat er omkostningerne \$ 0,009 / ha og for SPOT \$ 0,024 / ha. Den spektrale respons og de lavere omkostninger ved Landsat betyder, at denne generelt foretrakkes til landbrugsapplikationer generelt og præcisionslandbrug specifikt. Muligheden for visning uden for nadir (retningen fra satellitten mod Jordens centrum), højere opløsning og garanteret kontinuitet af satellitprogrammet kan dog betyde, at SPOT bliver den foretrukne datakilde på trods af sine højere omkostninger og færre spektralbånd sammenlignet med Landsat ETM.

Værdien af dataene, især til præcisionslandbrug, ligger i det faktum, at den rumlige opløsning, hvorpå de er erhvervet (25m pixels for Landsat og 20m pixels for SPOT), er nyttig til at detektere rumlig variation i afgrødens spektrale respons inden for markens størrelser og på den bedriftsstørrelse, der er almindelige i industrialiseret landbrug.

¹ <https://precisionagriculture.re/satellite-imagery-as-a-data-source-for-prescription-and-precision-farming-in-australia/>

Satellitbilleder giver en omkostningseffektiv måde at forudsige høstudbytte og kortlægge udbyttevariation uden at skulle investere i dyrt udstyr. Billeder tidligt i sæsonen gør det muligt at identificere nye problemer og sætte passende modtræk i værk i dyrkningen for at minimere konsekvenserne for udbyttet. Overblikket kombineret med detaljer på pixel-niveau gør satellitbilleder bedre end eksisterende teknikker til markovervågning. Især når jordbaseret instrumentering på strategiske placeringer og målrettede observationer, der involverer agronomer på mere repræsentative steder, bruges til at kalibrere resultaterne af billederne for større nøjagtighed og præcision.

Spektral respons detekteret inden for det område, der er optaget af en enkelt pixel, repræsenterer integrationen af alle faktorer såsom afgrødefænologi, jordvandstatus og næringsstofstatus, der bestemmer plantevækst, biomasse og i sidste ende udbyttepotentiale. I stedet for at forsøge at måle individuelle, diskrete parametre læser satellitbilleder reaktionen fra planten som et enkelt, samlet instrument. I stedet for at forsøge at bygge fysiske modeller af komplekse sammenhænge mellem atmosfære, planter og jord på en computer, baseret på ekstrapolering af eksperimentelle observationer fra nogle få lokale steder, giver en empirisk tilgang baseret på satellitbilleder brugere indenfor landbrug mulighed for at starte med en forståelse af rumlig variation og bestemme rumlige mønstre, former eller billedmorfologier for at forklare årsagen til disse variationer, der sandsynligvis vil resultere i reduceret udbyttepotentiale. Digital behandling og fortolkning af satellitdata oversætter ændringer i spektral respons til mål, der identificerer variationer inden for en individuel mark. De resulterende mål kan være afgrødevækst, vækststyrke eller udbyttevariation. De kan præsenteres i digital-, billed-, kort-, tabel- eller diagramformat.

Lokaliserede variationer i atmosfæriske forhold, ikke-forgrenende plantearkitektur, lav biomasse, dårlig vegetationsdækning eller mangel på lukning af afgrødens bladdække (LAI <3) betyder, at aerosoler, jordtype og andet udøver en stærkere indflydelse på spektral respons, hvilket gør billedanalyse og fortolkning mere kompliceret. Imidlertid gør en empirisk tilgang, der anvender satellitbilleder, det muligt at opdage dyrkningspåvirkninger og adskille dem fra miljømæssige eller fysiske faktorer.

Pixel-specifik spektralrespons målt fra satellitbilleder kan bruges til at udvikle empiriske modeller, der igen kan bruges til at estimere parametre som vækststyrke og biomasse tidligt på sæsonen, forventet udbytte i god tid før høst, endda proteinniveau i en kornafgrøde for at gøre det muligt at opdele høstproduktet i forskellige kvaliteter og derved opnå højere priser. De estimerede udbyttekort hjælper avlerne med at se variabilitet med hensyn til økonomisk afkast og til at identificere områder på marker, der kræver en form for afhjælpende handling eller planlægge salget af afgrøden. Disse

kort kan inkorporeres i VRT-systemer (variable rate technology) med det forbehold, at dataene erhverves på det rigtige tidspunkt, behandles og leveres hurtigt til anvendelse i sådanne systemer. Forhold, så som skydække på tidspunktet for dataindsamling og den fastlagte tidsplan for optagelserne, begrænser brugen af disse produkter som den primære datakilde til VRT-applikationer.

2 TILGÆNGELIGE OG ALMINDELIGE SATELLITTER

2.1 Offentlige satellitter

Landsat²

Landsat-programmet tilbyder den længste kontinuerlige, globale registrering af jordens overflade; den leverer fortsat visuelt imponerende og videnskabeligt værdifulde billeder af vores planet. Denne korte video fremhæver Landsats mange fordele for samfundet.

https://www.youtube.com/watch?v=uvDuBG9KIQU&feature=emb_logo

I 1975 forudsagde NASA-administratør Dr. James Fletcher, at hvis en udvikling i rumalderen ville redde verden, ville det være Landsat og dens efterfølgende satellitter. Siden begyndelsen af 1970'erne har Landsat kontinuerligt og konsekvent arkiveret billeder af Jorden; dette uovertrufne dataarkiv giver forskere muligheden for at vurdere ændringer i jordens landskab.

I over 40 år har Landsat-programmet samlet spektralinformation fra jordens overflade, hvilket skaber et historisk arkiv uden sidestykke i kvalitet, detaljer, dækning og længde.

"Det var bedstefar for dem alle, for så vidt som at starte tendensen med gentagne, kalibrerede observationer af Jorden i en rumlig opløsning, hvor man kan opdage menneskets interaktion med miljøet," siger forsker i Landsat 7-projektet, Dr. Darrel Williams, om Landsat.

Landsat-sensorer har en moderat rumlig opløsning. Du kan ikke se individuelle huse på et Landsat-billede, men du kan se store menneskeskabte genstande såsom motorveje. Dette er en vigtig rumlig opløsning, fordi den er grov nok til global dækning, men alligevel detaljeret nok til at karakterisere menneskelige processer såsom byvækst.

² <https://landsat.gsfc.nasa.gov/about/>

Sentinel-2³

Sentinel-2 leverer optiske billeder i høj opløsning af landbrug, skove, ændringer i arealanvendelse og landdækning. Den kortlægger biofysiske variabler såsom bladklorofylindhold, bladvandindhold og bladarealindeks. Den overvåger desuden kyster og indre farvande og hjælper med kortlægning af risici og katastrofer.

Sentinel-2-missionen giver global dækning af jordens jordoverflade hver 10. dag med det første rumfartøj, hvilket reduceres til hver 5. dag, når de begge er i kredsløb.

Satellittenes avancerede Multispectral Imager (MSI) -instrument tilbyder optisk billedoptagelse i høj opløsning.

MSI-faciliteten erhverver, gemmer og downloader derefter op til 1,6 TB data pr. kredsløb. Dataene overføres til Sentinel-stationer på jorden og via laserforbindelser med høj datahastighed til en geostationær telekommunikations satellit, Alphasat, og via EDRS-systemet (European Data Relay Satellite), samt ved hjælp af det mere sædvanlige x-bånd radio data downlink . Flight Control Team uploader kommandoer og modtager satellitstatus og via ESA's Estrack-jordstation i Kiruna, Sverige.

Sentinel-2A og -2B flyver en indledende nominel mission på syv år med mulighed for udvidelser, indtil forbrugsstoffer om bord er opbrugt (hver bærer 123 kg brændstof inklusive det, der er nødvendige til at gå ud af kredsløb ved udgangen af satelliternes liv), til maksimalt 12 år.

MODIS⁴

Med sin 2.330 km brede synsbånd ser MODIS hvert punkt i vores verden hver 1-2 dag i 36 diskrete spektralbånd. Derfor sporer MODIS et bredere udvalg af jordens vitale tegn end nogen anden Terra-sensor. For eksempel måler sensoren procentdelen af planetens overflade, der er dækket af skyer næsten hver dag. Denne brede geografiske dækning gør det muligt for MODIS sammen med MISR og CERES at hjælpe forskere med at bestemme indvirkningen af skyer og aerosoler på Jordens energibudget.

Ud over at registrere hyppigheden og fordelingen af skydække, måler MODIS egenskaberne af skyer såsom fordelingen og størrelsen af skydråber i både vand- og isskyer. MODIS måler også egenskaberne af aerosoler - små flydende eller faste partikler i atmosfæren. Aerosoler kommer ind i atmosfæren fra menneskeskabte kilder som forurening og biomasseafbrænding og naturlige kilder som støvstorme, vulkanudbrud og skovbrande. MODIS hjælper forskere med at bestemme mængden af

³ http://www.esa.int/Enabling_Support/Operations/Sentinel-2_operations

⁴ <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/>

vanddamp i en søjle af atmosfæren og den lodrette fordeling af temperatur og vanddamp - målinger, der er afgørende for forståelsen af Jordens klimasystem.

MODIS er ideel til overvågning af storskala ændringer i biosfæren, der giver ny indsigt i den globale kulstofcyklus. MODIS måler den fotosyntetiske aktivitet af land- og havplanter (fytoplankton) for at give bedre skøn over, hvor meget af drivhusgassen, der absorberes og bruges i planteproduktion. Sammen med sensorens målinger af overfladetemperatur hjælper MODIS' målinger af biosfæren forskere med at spore kilder og dræn af kuldioxid som reaktion på klimaforandringerne.

Meteosat⁵

Europa har sine egne vejr satellitter, kaldet Meteosat. Den første Meteosat blev opsendt af ESA i en geostationær bane, 36.000 km over Guineabugten, den 23. november 1977.

Siden da er der sendt otte yderligere Meteosats op. Den seneste af disse (Meteosat-9) startede i fuld drift den 29. januar 2004. Yderligere to er planlagt i de næste par år efterfulgt af en tredje generation af satellitter.

De seneste Meteosats (kaldet 'Anden Generation') har mange designforbedringer i forhold til de tidligere modeller. En fordel er, at det oftere kan sende skarpere billeder tilbage.

Meteosat-9 har et instrument, der kan studere skyer, jord, hav, sne og is i løbet af dagen eller natten. Et andet instrument er dedikeret til klimastudier. De indsamlede data hjælper meteorologer med at opdage og forudsige farligt vejr. Dette inkluderer tæt tåge, tordenvejr og den pludselige opståen af intenst stormvejr og skybrud. Langsigtede prognoser forbedres også.

2.2 PRIVATE SATELLITTER

Worldview-1 (Selskabet DigitalGlobe)⁶

WorldView-1, der blev lanceret i september 2007, er den første af den næste generations satellitter - de mest fleksible satellitter, der nogensinde er opsendt kommercielt. Det pankromatiske billedbehandlingssystem med høj kapacitet giver billeder med en halv meters opløsning. WorldView-1 opererer i en højde af 496 km og har en gennemsnitlig besøgstid på 1,7 dage og er i stand til at dække over en million kvadratkilometer pr. dag med billeder i halvmeter opløsning. Satellitten er også

⁵ [ESA link](#)

⁶

udstyret med avanceret nøjagtighed på geolokationen og udviser forbløffende smidighed med hurtig målretning og effektiv indsamling af stereo-billeder.

GeoEye-1 (Selskabet DigitalGlobe)⁷

GeoEye-1-satellitten er udstyret med nogle af de mest avancerede teknologier, der nogensinde er brugt i et kommercielt fjernmålingsystem. Satellitten samler pankromatiske (sort-hvide) billeder med 0,46 meter og 1,84 meter multispektral opløsning. Satellitten kan indsamle op til 500.000 kvadratkilometer forstærkede, multispektrale billed pr. dag. Denne kapacitet er ideel til store kortlægningsprojekter. GeoEye-1 kan besøge ethvert punkt på Jorden en gang hver tredje dag eller hurtigere.

3 KARAKTERISERING AF SATELLITERS YDEEVNE

Teori⁸:

En ligning, som er nyttig til at beskrive satelliternes bevægelse, er Newtons version af Keplers tredje lov. Da logikken bag udviklingen af ligningen ikke er emnet for dette dokument, vil ligningen blot blive præsenteret her. Perioden for en satellit (T) og den gennemsnitlige afstand fra det centrale legeme (R) er beskrevet med følgende ligning:

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{4 + \pi^2}{G * M_{\text{central}}}$$

hvor T = satellittens periode, R = gennemsnitlig radius for satellittens kredsløb (afstand til planetens centrum), M_{central} er massen af det centrale legeme (planeten) og $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$.

Der er et vigtigt koncept, der er tydeligt i alle disse tre ligninger: perioden, hastigheden og accelerationen af en satellit i kredsløb afhænger ikke af satellittens masse.

$$v = \sqrt{\frac{G * M_{\text{central}}}{R}} \quad a = \frac{G * M_{\text{central}}}{R^2} \quad \frac{T^2}{R^3} = \frac{4 + \pi^2}{G * M_{\text{central}}}$$

Ingen af disse tre ligninger har variabelen M_{satellit} i sig. Perioden, hastigheden og accelerationen af en satellit er kun afhængig af kredsløbsradius og massen af det centrale legeme, som satellitten kredser om. I tilfælde af bevægelse af projektiler på jorden har projektillets masse ingen indflydelse på accelerationen mod jorden og hastigheden på noget tidspunkt. Når luftmodstanden er ubetydelig, og der ikke findes

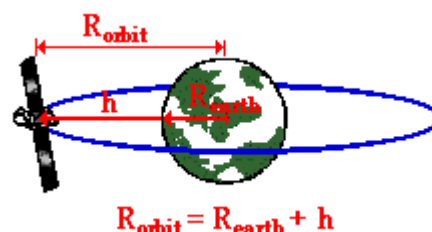
⁷ [CDN Link](#)

⁸ http://www.geosci.sfsu.edu/geosciences/classes/m407_707/Monteverdi/labs/InclassLab2/u6l4c.html

andre kræfter end tyngdekraften, har massen af det bevægelige objekt ingen indflydelse. Sådan er det med satellitter i kredsløb.

Øvelse 1:

En satellit skal kredse om jorden i en højde af 100 km over jordens overflade. Bestem hastigheden, accelerationen og perioden for kredsløbet. (Givet: $M_{\text{earth}} = 5,98 \times 10^{24}$ kg, $R_{\text{earth}} = 6,37 \times 10^6$ m, $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N m²/kg²)



Løsning:

Bemærk, at radius på en satellits bane kan findes ud fra kendskabet til jordens radius og højden af satellitten over jorden. Radius for en satellits kredsløb er lig med summen af jordens radius og højden over jorden. Disse to værdier kan adderes for at give kredsløbsradius. I dette problem skal 100 km først konverteres til 100.000 m, før de lægges til jordens radius. Ligningerne, der er nødvendige for at bestemme det ukendte, er dem, der er anført ovenfor. Vi begynder med at bestemme satellitens omløbshastighed ved hjælp af følgende ligning:

$$v = \text{SQRT} [(G * M_{\text{central}}) / R]$$

Løsningen bliver:

$$v = \text{SQRT} [(6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2) * (5,98 \times 10^{24} \text{ kg}) / (6,47 \times 10^6 \text{ m})]$$

$$v = 7,85 \times 10^3 \text{ m/s}$$

Accelerationen kan bestemmes fra en af de følgende ligninger:

$$(1) a = (G * M_{\text{central}}) / R^2 \qquad (2) a = v^2 / R$$

Ligning (1) blev vist ovenfor. Ligning (2) er en generel ligning for cirkulær bevægelse. Begge ligninger kan bruges til at beregne accelerationen; Ligning (1) vil blive brugt her.

$$a = (G * M_{\text{central}}) / R^2$$

$$a = (6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2) * (5,98 \times 10^{24} \text{ kg}) / (6,47 \times 10^6 \text{ m})^2$$

$$a = 9,53 \text{ m/s}^2$$

Bemærk, at denne acceleration er lidt mindre end den forventede værdi, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, for tyngdeaccelerationen på jordens overflade. Som det er kendt, bevirker den øgede afstand fra centrum af jorden, at værdien af g reduceres.

Endelig kan perioden beregnes ved hjælp af følgende ligning:

$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{4 * \pi^2}{G * M_{\text{central}}}$$

Ligningen kan omarrangeres til den følgende form:

$$T = \text{SQRT} [(4 * \pi^2 * R^3) / (G * M_{\text{central}})]$$

Når værdierne sættes ind fås løsningen:

$$T = \text{SQRT} [(4 * (3,1415)^2 * (6,47 * 10^6 \text{ m})^3) / (6,67 * 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2) * (5,98 * 10^{24} \text{ kg})]$$

$$T = 5177 \text{ s} = 1,44 \text{ timer}$$

Ekstra information:

https://thesai.org/Downloads/Volume5No6/Paper_2-The_Coverage_Analysis_for_Low_Earth_Orbiting_Satellites_at_Low_Elevation.pdf

4 KILDER TIL OFFENTLIGE DATA

VIEWERS → <https://eos.com/blog/7-top-free-satellite-imagery-sources-in-2019/>

Landsat → <https://landlook.usgs.gov/viewer.html>

Sentinel2 → <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

MODIS → <https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/rapid-response>

Meteosat → <https://www.eumetsat.int/website/home/Images/RealTimeImages/index.html>

GENERELT, WorldView → <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

SentinelHUB →



5 UDTRÆKNING AF BILLEDER FRA DATAKILDER

Øvelse 2:

Download et billede af din afgrøde fra Sentinel satellitten:

<https://www.sentinel-hub.com/>

Løsning: (Skridt)

1. Klik på "Explore HUB"
2. Klik på "EO Browser"
3. Klik på "Start exploring"
4. Find det område, du er interesseret i med musen, vælg "Sentinel-2" og "L1C" og klik "Search" i venstre delmenu
5. Find og vælg en dag med begrænset skydække og klik "Visualize"
6. Vælg NDVI muligheden
7. Klik på "Download image" i højre side
8. Sæt flueben ved de tre valgmuligheder og klik "Download".