

Meer detail met UAV's

Gedetailleerde luchtfoto's uit onbemande luchtvaartuigen

Satellietbeelden en luchtfoto's zijn al vele jaren een belangrijke bron van informatie voor ruimtelijke analyses. De in ruimte en tijd zeer gedetailleerde opnamen met vele spectrale banden, die tegenwoordig gemaakt kunnen worden door een octocopter voorzien van een hyperspectrale camera, vormen een belangrijke nieuwe bron. Dit artikel beschrijft enkele mogelijkheden van de apparatuur die in gebruik is bij de Unmanned Aerial Remote Sensing Facility (UARSF) van Wageningen UR.

Door Henk Kramer, Sander Mûcher, Jappe Franke, Lammert Kooistra, Juha Suomalainen en Harm Bartholomeus

De Unmanned Aerial Remote Sensing Facility (UARSF) is een samenwerking van drie groepen, het Laboratorium voor Geoinformatiekunde en Remote Sensing, de leerstoelgroep Bodemfysica en Landbeheer, beide van Wageningen Universiteit, en het team Aardobservatie (Earth Observation and Environmental Informatics) van Alterra. Er zijn twee verschillende vliegsystemen beschikbaar: een octocopter waaronder verschillende typen camera's bevestigd kunnen worden en een vliegtuig met een camerasysteem voor het vervaardigen van orthofoto's en digitale terreinmodellen. Voor de verwerking van de opgenomen beelden is een eigen procesketen opgezet. De vliegsystemen zijn gecertificeerd binnen de huidige wetgeving voor het professioneel vliegen met onbemande vliegtuigen (UAV) en negen personen zijn gecertificeerd als UAV-piloot.

In dit artikel wordt ingegaan op de mogelijkheden van de octocopter met de verschillende camerasystemen. De belangrijkste toepassingen waarvoor opnames gemaakt worden zijn landbouw en natuur, en toepassingsvelden waar de dynamiek, kwaliteit en aard van de vegetatie belangrijk zijn.

Flexibel vliegplatform

Het octocopter platform is een Altura PRO AT8 octocopter waarmee bijna volledig autonoom gevlogen kan worden. Dat houdt in dat de octocopter een vooraf aangegeven pad met routepunten volgt (x,y en z) die als GPS-punten in het vliegstelsel geladen worden. De piloot beperkt zich hierbij tot het veilig in de lucht brengen van de octocopter en deze uiteindelijk weer veilig te laten landen. De octocopter kan met maximaal 2 kg aan camerasystemen vliegen. De vliegtijd is met deze lading 5 tot 10 minuten. Met deze vliegtijd kan in de praktijk een traject met een lengte van maximaal 1 km worden gevlogen, waarbij een oppervlakte van ongeveer 5 ha wordt opgenomen. Daarna moet de accu vervangen worden en een volgend traject gevlogen.

Opnamemogelijkheden

Het eerste camerasysteem dat ontwikkeld is en waarmee veel ervaring is opgedaan, is een Hyperspectral Mapping System (HYMSY). Dit systeem bestaat uit drie onderdelen waarmee tijdens een vlucht tegelijkertijd informatie ingewonnen wordt (zie figuur 2 en Suomalainen et. al. 2014):



Figuur 1 - De Altura Octocopter met registratie PH-1CK van Wageningen-UR.

Hoogte	Hyperspectrale camera pixelgrootte	Hyperspectrale camera breedte van de opname	Orthofoto pixelgrootte	Max vliegsnelheid
m	cm	m	cm	m/s
20	5.3	16	0.52	1.1
40	11	32	1.0	2.1
60	16	48	1.6	3.2
80	21	64	2.1	4.3
100	27	80	2.6	5.3
120	32	96	3.1	6.4

Tabel 1 - Haalbare pixelgrootte en opname breedte bij gegeven vlieghoogte.



Figuur 2 - Octocopter met hyperspectrale camera (1) en fotogrammetrische camera (2).

- een hyperspectrale camera waarmee het gereflecteerde licht in 101 spectrale banden met een bandbreedte van 5 nanometer opgenomen kan worden in een zogenaamde datacube (zie kader). Dit geeft veel bruikbare informatie over de kwaliteit en de fysieke toestand van de vegetatie.
- een fotogrammetrische camera voor het vervaardigen van een gedetailleerd hoogtemodel en een orthofoto.
- een GPS Inertia Navigation System (GPS/INS) waarmee de locatie en richting in 6 dimensies (x, y, z, roll, pitch, yaw) van de octocopter vastgelegd wordt. Deze informatie is van cruciaal belang voor een goede geometrische processing van de opnamen.

Datacube

Een datacube is een verzameling van één of meerdere opnamen die als één bestand opgeslagen worden. Een digitaal bestand met een gewone foto is al een eenvoudige datacube, met de afmeting van de foto als x en y dimensie en de drie reflectiewaarden in rood, groen en blauw als z dimensie. Het hyperspectraal beeld dat met de HYMSY gemaakt wordt heeft 101 lagen in de z dimensie.

De mate van detail van de opgenomen beelden is afhankelijk van de vlieghoogte. Tabel 1 geeft een overzicht van de mogelijke pixelgrootte en breedte van de opname bij verschillende hoogtes.

De opnamebreedte van de fotogrammetrische camera is twee maal zo groot als die van de hyperspectrale camera. Bij het plannen van een vlucht wordt altijd uitgegaan van de opnamebreedte van de hyperspectrale camera. Hierdoor wordt automatisch met voldoende overlap tussen de vliegstroken gevlogen om ook een goed hoogtemodel te kunnen vervaardigen.

Voordeel

De HYMSY is een echt onderzoeksinstrument. Door in veel smalle spectrale banden informatie van een gewas op te nemen, kan onderzocht worden welk van deze spectrale banden relevante informatie bevat over bijvoorbeeld gewasontwikkeling, stress, schade en ziektes. Dit type onderzoek wordt nu veelal uitgevoerd met een handheld spectrometer waarmee handmatig gewassen punt voor punt bemonsterd worden. Een velddekkende opname, zoals deze met de HYMSY eenvoudig gemaakt kan worden, is met een spectrometer nauwelijks te maken.

MUMSY

Een tweede camera systeem is het Multi-spectral Mapping System (MUMSY). Dit systeem is, naast de GPS, voorzien van twee camera's waarmee in totaal in vier spectrale banden beelden opgenomen wordt (figuur 3). Eén camera neemt op in het normale zichtbare licht (Rood, Groen en Blauw), de tweede camera is aangepast, waardoor deze in het Blauw, Groen en Nabij-Infrarood opneemt. Met deze configuratie kunnen zogenaamde false-colour opnamen gemaakt worden.



Figuur 3 - Configuratie van twee spiegelreflex camera's voor het opnemen van multispectrale beelden.

Het voordeel van de MUMSY ten opzichte van de HYMSY is, dat met MUMSY meer gedetailleerde opnamen kunnen worden gemaakt, met pixelgroottes die gelijk zijn aan die van de orthofoto (tabel 1). Maar naast de RGB-opname is er maar één extra spectrale band, het nabij-infrarood. De procesketen voor dit systeem is nog in ontwikkeling.

Producten

In 2013 en 2014 zijn verschillende testvluchten met de HYMSY gevlogen waarbij onder andere opnamen van een aardappelveld gemaakt zijn. Het aardappelveld is voor een deel wel bemest en voor een deel niet. Figuur 4 laat goed het ruimtelijk detail zien waarmee een opname gemaakt kan worden. Het hoogtemodel heeft een pixelgrootte van 10 cm, de orthofoto heet een pixelgrootte van 1 cm. In het bovenste deel van figuur 4 zijn de afzonderlijke aardappelplanten goed te herkennen, dit is het deel van het veld waar niet bemest is. Het onderste deel is wel bemest, hier staan de planten dichter op elkaar. De open plekken vallen nog wel steeds op. Al deze details zijn zowel in het hoogtemodel als in de orthofoto aanwezig en kunnen gebruikt worden voor verdere analyse.

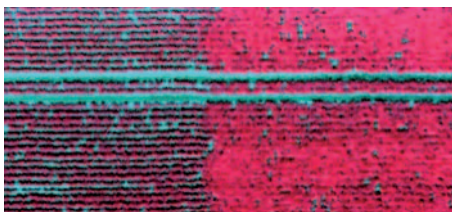


Figuur 4 - Perspectief weergave van hoogtemodel en orthofoto van aardappelveld.

De hyperspectrale beelden die van het aardappelveld opgenomen zijn, hebben na verwerking een pixelgrootte van 10 cm. Dit wordt bepaald door de vlieghoogte en -snelheid waarmee opgenomen is (tabel 1). In de procesketen wordt eerst het hoogtemodel uit de opnamen van de fotogrammetrische camera met dit geometrisch detail vervaardigd. Dit hoogtemodel, dat een correcte weergave is van het terrein op het moment van opname, wordt gebruikt als referentie voor de geometrische correctie van het hyperspectrale beeld. Zonder een hoogtemodel dat de situatie van het moment van opname weergeeft, is het niet mogelijk om de hyperspectrale opname goed geometrisch te corrigeren (Suomalainen et. al. 2014).

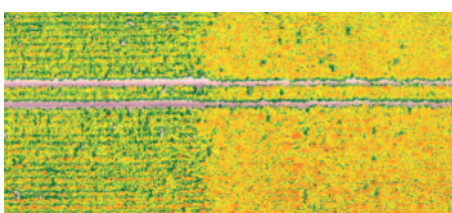
Vegetatiekwaliteit

De belangrijkste toepassing van de informatie uit de hyperspectrale opname is niet weergave van de opname zelf, maar bepaling van de indices die uit de spectrale informatie berekend kunnen worden (Kooistra et. al. 2014). In figuur 5 is het stukje aardappelveld als false-color weergegeven. Hiervoor zijn de spectrale banden met infra-rood licht (900 nm), rood licht (650 nm) en groen licht (510 nm) gebruikt.



Figuur 5 - Hyperspectrale opname in false-color weergave van aardappelveld.

Eén van de vele indices die berekend kunnen worden, is de Photochemical Reflectance Index. Deze index geeft informatie over vegetatie productiviteit en vegetatie stress. De index wordt berekend uit de banden met reflecties bij 530 nm en 570 nm met de formule $PRI = (r_{530} - r_{570}) / (r_{530} + r_{570})$. In figuur 6 is te zien dat de lagere waarden van deze index zich vooral bevinden aan de linker-

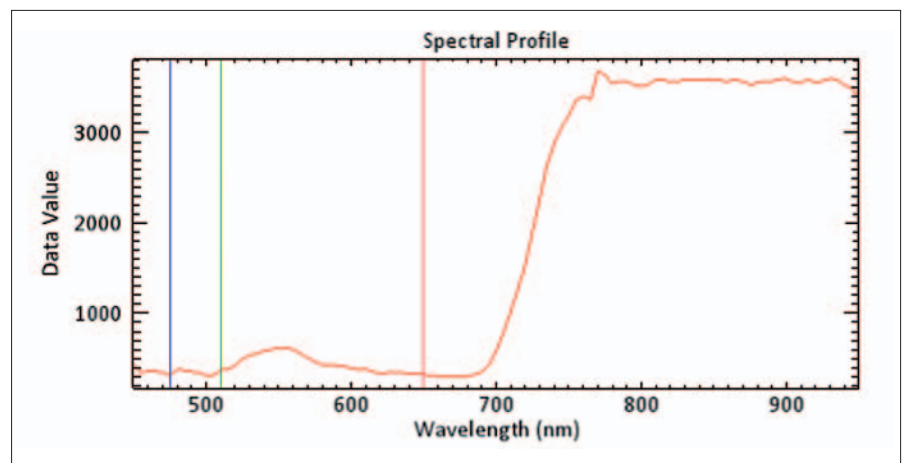


Figuur 6 - Photochemical Reflectance Index (PRI).

Wat is hyperspectraal?

Een gewone fotocamera maakt opnames in drie relatief brede banden binnen het zichtbare spectrum, in rood, groen en blauw (multispectraal). De blauwe band is het licht dat gereflecteerd wordt met een golflengte van 476-495 nanometer (nm), groen heeft een golflengte van 495-570 nm en rood van 620-750 nm.

De HYMSY hyperspectrale camera maakt opnames in het spectrum tussen 450 en 950 nm, met een bandbreedte van 5 nm. De opname bestaat uit 101 smalle spectrale banden waarmee een gedetailleerd spectraal profiel van de grondbedekking gemaakt wordt. Het hoge geometrische detail (van 10 - 100 cm) zorgt er voor dat variaties binnen de grondbedekking goed vastgelegd worden.



Figuur 7 - Spectraal profiel van een aardappelplant, Multispectraal in 3 stappen in blauw, groen en rood, hyperspectraal met 101 stappen in een continue reeks van 450 – 950 nm (rode curve).

kant van de afbeelding waar geen bemesting heeft plaatsgevonden. In dit geval worden deze indexwaarden hoofdzakelijk veroorzaakt door de (kleine) omvang van de aardappelplanten. De reflecties in de gebruikte banden komen zowel van de vegetatie als van de kale bodem. De gele en rode kleuren (hoge index waarde) aan de rechterkant van de afbeelding laten zien dat de gezondheid van de aardappelplanten op het moment van opname goed is.

Conclusie

De octocopter met het HYMSY-opnamesysteem biedt nieuwe mogelijkheden bij het uitvoeren van onderzoek op het toepassingsveld van landbouw en natuur. Het biedt flexibiliteit bij het kiezen van een geschikte opnamedatum (of reeks) en de producten die uit de opnamen afgeleid kunnen worden, beschikken over een hoog geometrisch en spectraal detail. Hiermee kan zowel de structuur als de kwaliteit van vegetatie bestudeerd worden. De huidige opzet richt zich op onderzoek, het is nog geen geschikte opzet voor een productieomgeving. Maar het onderzoek zal wel een bijdrage leveren aan de ontwikkeling van systemen die voor agrariërs en natuurbeheerders geschikt zijn.

Literatuur

Juha Suomalainen, Niels Anders, Shahzad Iqbal, Gerbert Roerink, Jappe Franke, Philip Wenting, Dirk Hünninger, Harm Bartholomeus, Rolf Becker and Lammert Kooistra. "A Lightweight Hyperspectral Mapping System and Photogrammetric Processing Chain for Unmanned Aerial Vehicles". Remote Sens. 2014, 6(11), 11013-11030; dx.doi.org/10.3390/rs6111013

Lammert Kooistra, Juha Suomalainen, Shahzad Iqbal, Jappe Franke, Philip Wenting, Harm Bartholomeus, Sander Mûcher, Rolf Becker, 2014. Crop monitoring using a light-weight hyperspectral mapping system for unmanned aerial vehicles: firs results for the 2013 season. EGU Conference 2014 'Platforms, Sensors and Applications with Unmanned Aerial Systems', Session SSS10.13 Vegetation monitoring in agronomy and forestry applications, Vienna, 27 April – 2 May 2014. www.wageningenur.nl/uarsf



Henk Kramer, Sander Mûcher en Jappe Franke zijn medewerkers van het onderzoeksteam Aardobservatie (Earth Observation and Environmental Informatics) van Alterra – Wageningen UR.

Henk is te bereiken via henk.kramer@wur.nl

Lammert Kooistra, Juha Suomalainen en Harm Bartholomeus zijn medewerkers van het Laboratorium voor Geo-informatiekunde en Remote Sensing van Wageningen UR.