

- [13] BARNES: Diagnostic Thermography; Appl. Optics 7, 1673 (1968).
 [14] HAMITER: Infrared Techniques for Reliability Enhancement of Microelectronics; Semicond. Prod. 10, 41 (1967).
 [15] HORAN: Spacecraft Infrared Imaging; IEEE Spectrum June/July 1968.
 [16] VAN DER HAM: Stralingsmetingen vanuit weersatellieten II; Hemel en Dampkring; 11, 1969: pag. 349 ... 357.
 [17] MYERS and ALLEN: Electrooptical Remote Sensing Methods as Nondestructive Testing and Measuring Techniques in Agriculture; Appl. Opt. 7, 1819; (1968).
 [18] LEGAULT and PIKIJN: Investigations of Multi-Spectral Image Interpretation Proceedings of the third Symposium on Remote Sensing of Environment, (University of Michigan 1965, pag. 813).
 [19] MC LEISH: The Use of an Infrared Mapper in the study of small-scale ocean circulations; Proc. 3rd Symp. Remote Sens: Envir. 1965: pag. 717.
 [20] CLARK: Thermal Pollution and Aquatic Life; Scientific Amer, maart 1969, pag. 19 e.v.
 [21] BLYTHE and KURATH: Infrared Images of Natural Subjects; Appl. Optics 7, 1769 (1968).

III. Integratie en automatisering der verschillende waarnemingssystemen

door dr. ir. G. P. de Loor, Fysisch Laboratorium RVO-TNO Den Haag

Synopsis: *Integration and automation of the various scanning systems.*

Non-conventional mapping systems, such as the side looking radar and the thermal infrared scanning systems give an electrical signal as output which is converted into an image. This conversion can cause losses in the information obtained in the air. It seems profitable therefore to use the electrical image signal immediately. Automation of data handling and interpretation is then a logical sequel. Some lines are indicated to be pursued for the development of interface equipment to connect the sensor of a new mapping system to a computer which can do the automatic handling and interpretation of the data obtained.



1. Inleiding

In de voorafgaande referaten zijn twee geheel nieuwe opname-systemen geïntroduceerd, de 'scanners' en de 'side looking radar', die elk voor zich de mogelijkheden van luchtwaarneming enorm hebben uitgebreid. Zij leveren beelden die nog wel een zekere overeenkomst vertonen met de gewone luchtfotografie, maar het zou onjuist zijn om op grond daarvan genoemde systemen alleen maar te beschouwen als 'camera's voor andere delen van het elektromagnetisch spectrum'. Gangbare criteria voor de beoordeling der verkregen beelden en voor hun gebruik en toepassing zijn dan ook niet zonder meer bruikbaar.

Een voorbeeld moge dit illustreren. Een kleine berekening (1) leert, dat het karteren van een land als bijv. India met behulp van een side looking radar op een schaal 1 : 250 000 ongeveer drie maanden vliegen zal vergen met inachtneming van wachttijden i.v.b. met slecht weer, onderhoud, enz. Het opzetten, resp. verplaatsen van een goed referentiesysteem zou wel eens meer tijd kunnen vergen. Uiteraard biedt dit grote en snelle opnamevermogen van een onder bijna alle weersomstandigheden bruikbaar opnamesysteem enorme perspectieven voor het karteren voor inventarisatie van bijv. de ontwikkelingslanden. Zelfs een land als Brazilië wordt overzienbaar, maar... hoe is al dit beeldmateriaal in hetzelfde of althans in een vergelijkbaar tempo te verwerken? En hiermede zitten we meteen midden in de problematiek, die het inzetten van genoemde niet-conventionele systemen voor luchtwaarneming met zich meebrengt.

2. Probleemstelling

Fig. 1 geeft de huidige stand van zaken aan. Aan de ene kant is er de fabrikant, die graag een goed apparaat verkoopt, aan de andere kant staat de gebruiker, die eigenlijk nog niet goed weet wat hij er mee aan moet, of korter: de een levert een 'plaatje', de ander bekijkt dit als 'foto'. Een goed samenspel waarin probleemstelling en mogelijkheden in onderling overleg duidelijk worden bestaat er nog praktisch niet. Toch zal alleen een nauwe samenwerking van fabrikant en gebruiker kunnen leiden tot optimalisering der apparatuur. Hierbij is apparatuur bedoeld in de ruimste zin: opname-apparatuur met



Fig. 1. Probleemstelling.

Equipment	Wavelength band	Output	Registration	Remarks
CAMERA	0,4 - 0,9 μm	film	photographic	Developed systems available
SCANNERS	0,3 - 14 μm	electrical signals	magnetic tape and/or photographic	
Optical line-scan	0,3 - 0,9 μm			
Near IRLS	1 - 3 μm			
Thermal IRLS	3 - 14 μm			
RADAR (SLAR)	0,8 - 50 cm	electrical signals	photographic or magnetic tape	MTI capability Cheap. Expensive ; classified
Non-coherent SLAR	0,8 - 4 cm			
Synth.aperture SLAR	3 - 50 cm			

Fig. 2. Moderne luchtopname-apparatuur.

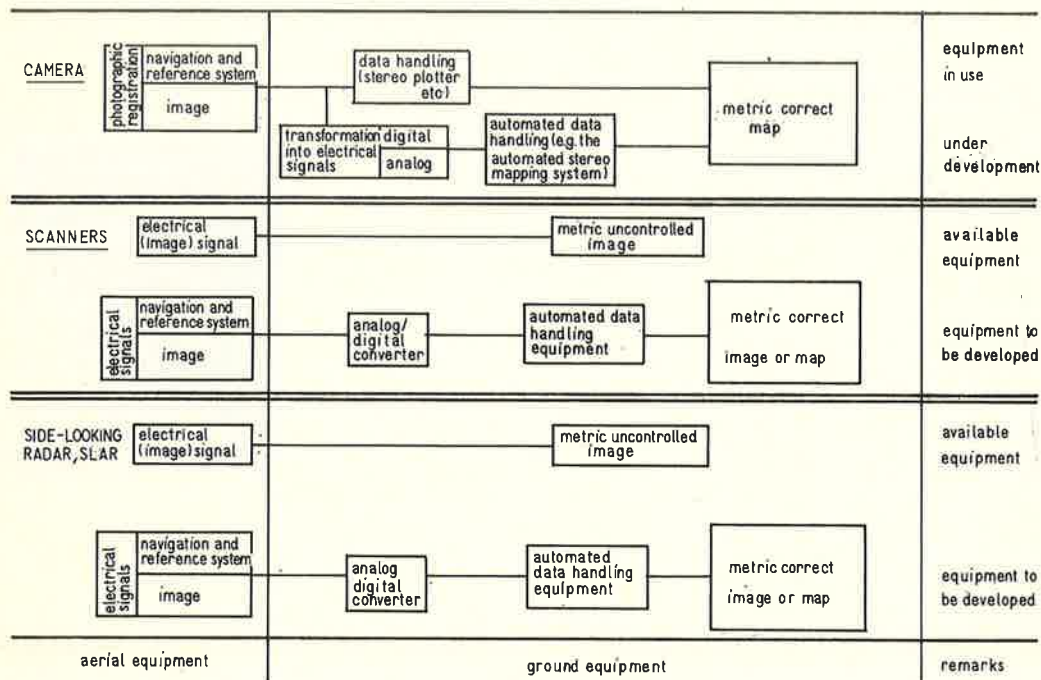


Fig. 3. Overzicht stand automatisering.

hierop aangepaste verwerkingsapparatuur. Kortom: gewerkt zal moeten worden naar een compleet systeem.

Fig. 2 geeft nog eens een overzicht van de reeds in vorige referaten besproken apparaten. Evenals in fig. 3 worden zij gesteld naast de camera. Deze laatste figuur geeft eveneens de status aan van de ontwikkeling van methodieken en systemen.

Voor het operationeel gebruik van de conventionele lucht-fotografie zijn goede methodieken [2, 3] ontwikkeld en heeft men in de laatste jaren ook een hoge mate van automatisering van de verwerking der verkregen gegevens bereikt. Voor de nieuwe opnamesystemen, die onderwerp zijn van dit symposium, kan men echter bepaald nog niet spreken van een weldoordacht operationeel gebruik. Eigenlijk zijn het nog niet veel meer dan 'plaatjesmachines', die het mogelijk maken in andere delen van het elektromagnetisch spectrum waar te nemen.

3. Naar een automatische verwerking

Fig. 4a vat de beschreven situatie samen. Met behulp van een sensor wordt waargenomen in het gewenste deel van het elektro-

magnetisch spectrum. Deze sensor geeft een elektrisch signaal af, dat wordt omgezet in een beeld. Het systeem beschouwend als een 'plaatjesmachine', lijkt het logisch dat wij dit beeld bekijken als een luchtfoto en de hiervoor geldende gevestigde verwerkingstechnieken toepassen.

Hier nu is een vreemde discrepantie ontstaan tussen oude en nieuwe technieken. Waar men bij de conventionele lucht-fotografie zoekt naar methoden om het verkregen beeld om te zetten in een elektrisch signaal om zo te komen tot automatisering der verwerking, wordt voor de scanners en de radarsystemen nog steeds de omgekeerde weg bewandeld. Uit de aard der zaak zijn bij de huidige stand der verwerking dergelijke beelden noodzakelijk, maar juist die elektrische uitgang van de nieuwe systemen noodt tot automatisering. Nu is er van technische zijde al een zekere aandrang in de richting van het directe vastleggen der elektrische beeldsignalen op magneet-band, omdat de praktijk geleerd heeft, dat vastleggen van het beeld op fotografisch materiaal tot informatieverlies leidt, voornamelijk door de beperkte dynamiek (contrastomvang) van de voorhanden zijnde beeldbuis/filmcombinaties. Men geeft er daarom hoe langer hoe meer de voorkeur aan het brute signaal in de lucht op te slaan en pas op de grond het beeld te fabri-

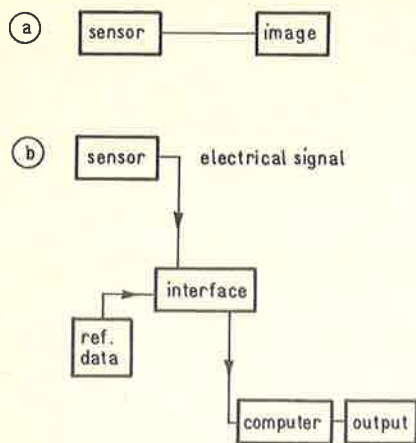


Fig. 4. Samenvatting van de stand der automatisering. a: huidige toestand; b: te ontwikkelen.

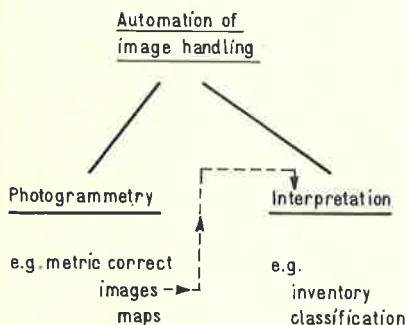


Fig. 5. Automatisering van de verwerking der beelden.

ceren. Zo krijgt men de mogelijkheid het beeld optimaal aan zijn wensen aan te passen, zonder herhaald vliegen en proberen in de lucht, omdat men het complete oorspronkelijke signaal tot zijn beschikking heeft.

Een dergelijke gedachtengang leidt bijna automatisch tot een systeem als geschetst in fig. 4b. Voor dit systeem is allereerst de ontwikkeling van een interface noodzakelijk, die een sensor kan koppelen aan een rekenautomaat voor verder automatische verwerking der opgenomen signalen. Uiteraard zullen de actuele verwerking en de in te voeren referentiegegevens afhangen van het doel dat gesteld wordt. Voor topografische kartering worden andere eisen gesteld dan voor typische interpretatietaken zoals bijv. de classificatie van landbouwgewassen (zie fig. 5). De in fig. 4b beschreven technieken zullen nu nader worden geadstrueerd met behulp van de in fig. 5 aangegeven twee lijnen. Dit zal geschieden aan de hand van voorbeelden.

4. Enige voorbeelden

Fig. 6 geeft een voorbeeld van een beeldcombinatie opgenomen met een moderne side looking radar (gebruikt op zeer geringe hoogte) samen met de geboden mogelijkheden (zie ook het referaat van Dr. D. H. Davies). Alhoewel de registratie hier nog fotografisch is biedt dit systeem al de mogelijkheid van het digitaal invoeren van een groot aantal extra gegevens afkomstig van navigatie- en referentiesysteem. Hierdoor kunnen de coördinaten van vele punten zodanig worden vastgelegd, dat metrische correctie van het beeld en vervaardiging van topografische

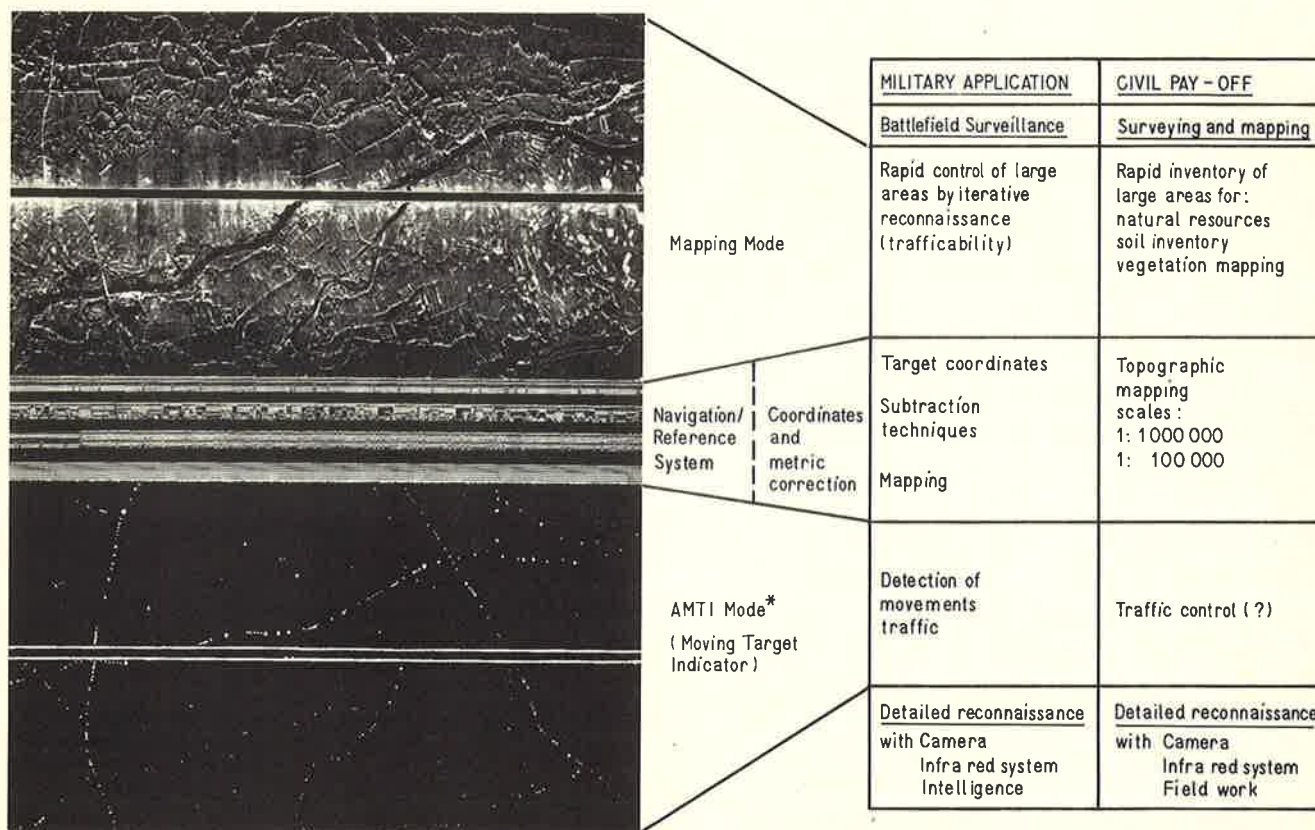


Fig. 6. SLAR, een overzicht.

* artists' impression van een MTI-beeld.

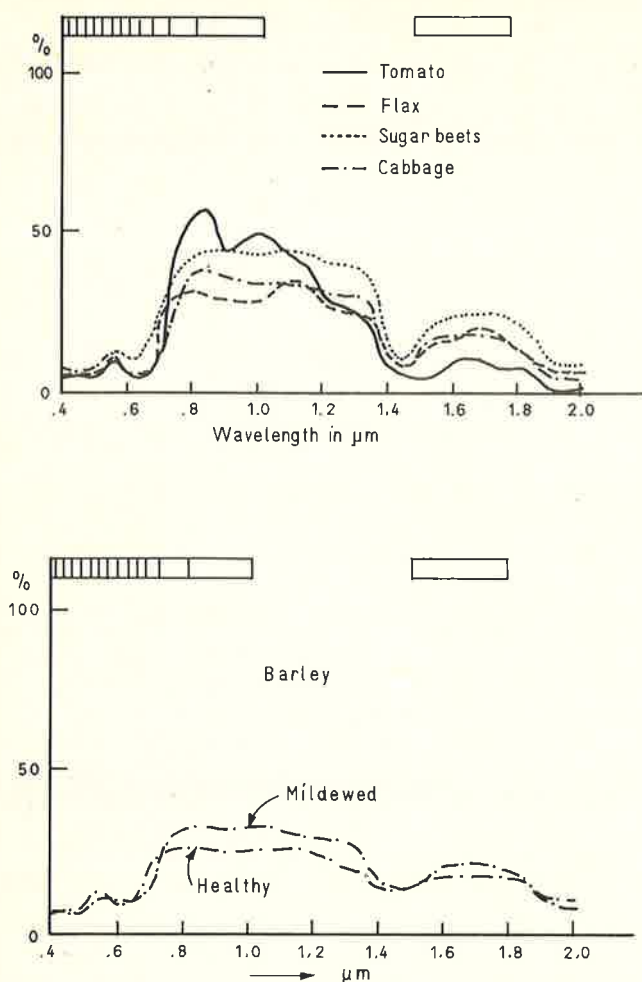


Fig. 7. Reflectiespectra van enkele gewassen. Bovenin zijn de banden aangegeven waarin de MSS-apparatuur van het L.A.R.S. deze spectra bemonstert.

kaarten op schalen kleiner dan 1 : 100 000 mogelijk wordt.

Ook zijn er systemen mogelijk voor typische interpretatietaken. Een fraai voorbeeld is de Multi Spectrale Scanner (MSS) [4]. Bij dit systeem wordt er van uit gegaan, dat het spectrum van het door een object, gewas, enz., gereflecteerde zonlicht in principe uniek is voor dat object, gewas, enz. Wanneer dus bijv. de spectrale responsie van een te classificeren gewas bekend is wordt het mogelijk de apparatuur hierop 'af te stemmen'. Fig. 7 geeft de resultaten weer van reflectiemetingen in het veld van een aantal gewassen, gezonde en zieke [5]. Wanneer het nu mogelijk is voldoende significante punten van zo'n grafiek tijdens de vlucht vast te leggen wordt het mogelijk het betrokken gewas te identificeren. Recent werk van het Laboratory for Agriculture Remote Sensing (L.A.R.S.) van Purdue University (USA) heeft aangetoond dat dit inderdaad mogelijk is [4].

Door het L.A.R.S. is een scanner systeem ontwikkeld waarin op de plaats van de detector (zie het referaat van ir. A. N. de Jong) een spectrometer is geplaatst, die van het spectrum van het ontvangen signaal tussen 0,3 en 1 μm een dertiental punten kan vastleggen. Ook deze spectrale banden zijn weergegeven in fig. 7. Het spectrum van het gereflecteerde licht van elk

op de grond waargenomen punt wordt zo dus bemonstert in een dertiental banden tussen 0,3 en 1 μm (en daarnaast nog in 5 banden tussen 1 en 14 μm). Met deze gegevens is het mogelijk om een automatische inventarisatie uit te voeren op een bepaald type gewas op een wijze als fig. 8 laat zien. In dit voorbeeld waren door een gunstige keuze van de spectrale banden maar 4 nodig voor een 90% betrouwbare identificatie. Een dergelijk systeem biedt vele mogelijkheden bijv. voor snelle gewasidentificatie, inventarisatie, vaststelling plantenziekten, opbrengst, enz.

Eenzelfde systeem is mogelijk voor de side looking radar [1, 6, 7]. Fig. 9 laat een klein gebied zien in de omgeving van Wolfheze, opgenomen met een side looking radar, waar een duidelijk toonverschil te zien is tussen de verschillende gewassen. Bij radar is de reflectie-coëfficiënt niet alleen afhankelijk van de frequentie maar ook van de polarisatietoestand van de uitgezonden golf. Dit geeft drie mogelijkheden per frequentie, nl.: VV, d.w.z. zenden met verticaal gepolariseerde golf en ontvangen van de teruggekaatste verticaal gepolariseerde golf, HH, d.w.z. horizontaal zenden en ontvangen en HV (of VH, dat in principe gelijk moet zijn aan HV).

Met twee radars op verschillende frequenties (bijv. op X-band ($\lambda = 3 \text{ cm}$) en Q-band ($\lambda = 8 \text{ mm}$)) krijgen we nu 6 mogelijkheden, die, als we dit geval mogen vergelijken met de in fig. 8 beschreven situatie, een zeer hoog percentage aan correcte gewasidentificaties moet mogelijk maken.

Uiteraard zijn talloze toepassingen van de hierboven beschreven mogelijkheden te bedenken in de landbouw, bosbouw, geologie, bodemkunde, enz. Er is dan ook een uitvoerig overleg gaande tussen een aantal instituten en departementen hier te lande om het werk dat al in deze richting gedaan wordt te coördineren en te optimaliseren. (Interdepartementale Werkgroep Applicatie Onderzoek van Moderne Luchtopname Systemen.)

5. Conclusie

De nieuwe luchtopname-apparatuur: de scanners en de side looking radar, hebben vele nieuwe mogelijkheden gebracht, maar ook een vloed van nieuw beeldmateriaal, dat verwerkt

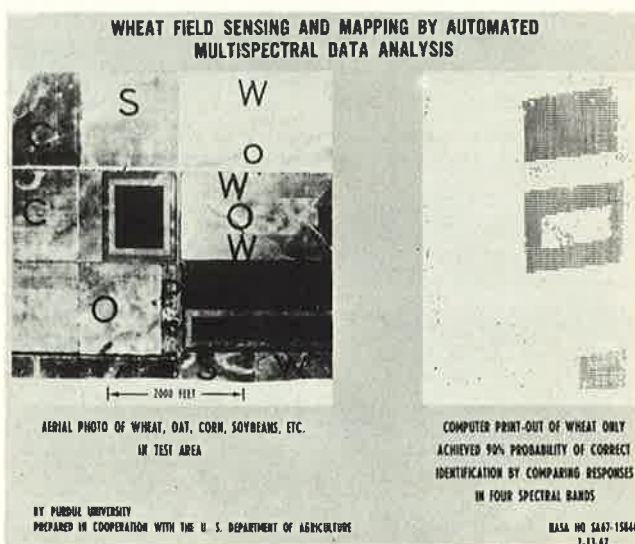


Fig. 8. Voorbeeld van gewasinventarisatie m.b.v. een MSS-systeem.

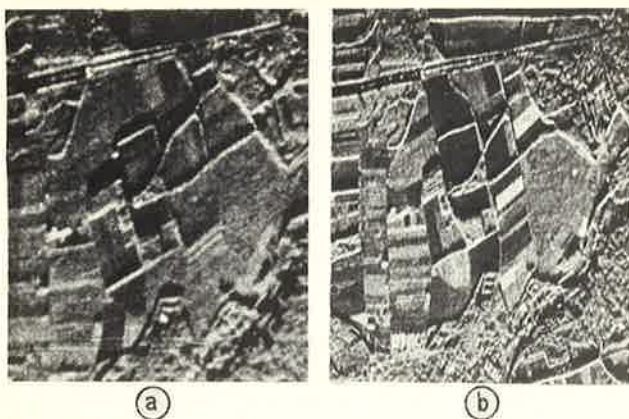


Fig. 9. Verschillende radarsignatuur voor verschillende gewassen. Seizoenafhankelijkheid, A.: november; B.: juli. Q-band SLAR, polarisatietoestand HH.

moet worden. Door het feit echter, dat de uitgang van deze systemen elektrisch is, wordt de mogelijkheid geboden van een directe ingang in een rekenautomaat en dus van automatische verwerking van de beeldsignalen. Hiervoor is interface apparatuur nodig, die de opname-apparatuur verbindt met een rekentuig.

Getracht is aan te geven in welke richting zich het onderzoek beweegt om te geraken tot de ontwikkeling van de noodzakelijke software en hardware voor zulk een interface.

6. Slotopmerking

Duidelijk moet hier nogmaals worden gesteld, dat de in het voorgaande besproken nieuwe apparaten en systemen niet

bedoeld zijn als vervanging van, of als alternatief voor, de conventionele luchtfotografie. Ook hier is integratie noodzakelijk. Telkens zal moeten worden onderzocht welk systeem de beste oplossing biedt voor een bepaald probleem.

Voor de conventionele luchtfotografie zijn goede methodieken en systemen aanwezig. Voor de scanners en de side looking radar is dit nog niet het geval. Bovenstaande is, naast een poging hier enige richtlijnen te geven, vooral bedoeld om op het heel eigen karakter der nieuwe opnamesystemen te wijzen, die een benadering vereisen welke nogal afwijkt van de gangbare in de luchtfotografie.

Literatuur

- [1] G. P. DE LOOR: 'Possibilities and uses of radar and thermal infrared systems'; *Photogrammetria* 24 (1969), p. 43.
- [2] 'Manual of Photogrammetry', uitgave van de American Society of Photogrammetry.
- [3] 'Manual of Photographic Interpretation', uitgave van de American Society of Photogrammetry.
- [4] Research Bulletin 844, Sept. 1968, Purdue University, L.A.R.S., vol. 3, annual report: 'Remote Multispectral Sensing in Agriculture'.
- [5] W. D. McCLELLAN and J. MEINERS: 'Spectral reflectance studies on plants'; *Procs IIInd Symposium on Remote Sensing of Environment*, Ann Arbor, 15-17 Oct. 1962, p. 403.
- [6] D. E. SCHWARTZ and F. CASPALL: 'The use of radar in the discrimination and identification of agricultural land use'; *Procs Vth Symposium on Remote Sensing of Environment*, Ann Arbor, 16-18 April 1968, p. 233.
- [7] S. A. MORAIN and D. S. SIMONETT: 'K-band radar in vegetation mapping'; *Photogramm. Eng.* 33 (1967) p. 730.

Opmerking: de radarbeelden in fig. 6 en 9 worden gepubliceerd met toestemming van de Controller, H.B.M.S.O.

528.727:535-15:621.396.96

IV. Interpretatie van radar- en infraroodbeelden

door ir. J. Vermeer, Internationaal Instituut voor Luchtkartering en Aardkunde, ITC, Delft

Synopsis: Interpretation of Radar and Infrared Images.

Radar: Several 1 : 500 000 SLAR images (X- and Q-band) of areas in the Netherlands have been studied with regard to their interpretation possibilities for soil survey purposes. Preference was given to the Q-band, as the imaging quality is much better due to the shorter wavelength (8 mm versus 3 cm). Enlargements on scale 1 : 250 000 still provided very useful material. An increase of the 'shadow-effect' caused by a lower flying height has advantages for indicating different landscapes and forms of fields. Grey-tone differences, which are in correlation with varieties of land usage, can be better distinguished on images taken at the highest altitude.

Infrared: A comparison of infrared images ($3.5 < \lambda < 5.0 \mu\text{m}$) with aerial photographs and topographic maps gave an indication as to how these thermographic images might be used. Deformation of the topographical features is an inherent characteristic of the system; stripes caused by wind can hamper the interpretation of the terrain features. Varieties of land usage can be distinguished only in particular seasons; cattle are visible on the scale 1 : 13 000. Dug-off fields and some differences in alluvial deposits have been recorded.



1. Radar

Verschillende radaropnamen van Nederland werden bestudeerd op hun bruikbaarheid voor bodemkundige doeleinden.

Dit onderzoek begon in 1965 in samenwerking met prof. dr. ir. A. P. A. Vink, destijds Hoofd Afdeling Bodemkunde ITC. Voor dit onderzoek waren opnamen beschikbaar van verschillende golflengten, nl. X-band radar (3 cm) en Q-band radar (8 mm).

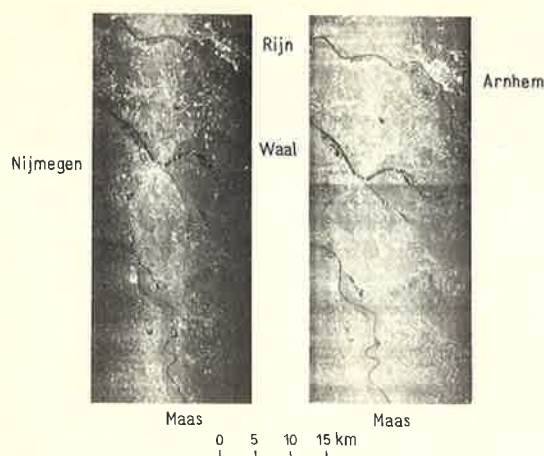


Fig. 1. Q-band radar (8 mm) van Rijn, Waal en Maas. Linkerbeeld opgenomen op 40 000 ft; rechterbeeld op 15 000 ft. Een grotere vlieghoogte geeft meer geprononceerde grijstonen; een kleinere vlieghoogte geeft meer schaduwwerking.

Op de X-band beelden (schaal 1 : 500 000; vlieghoogte 33 000 ft) waren gebieden te onderscheiden die verschillen in grijstoon. Deze grijstonen hangen samen met het bodemgebruik, dat weer kan correleren met de bodemgesteldheid.

Een beeld van Z.W.-Nederland vertoonde zodanige grijstoonverschillen dat globaal de volgende onderscheidingen te maken waren:

- jonge zeekleigronden (Z.-Hollandse eilanden),
- veengronden (Krimpener- en Alblasserwaard),
- oude zeekleigronden (ten N. van Rotterdam),
- rivierkleigronden (bij Utrecht).

De Q-band beelden waren van veel betere beeldkwaliteit doordat met deze kleinere golflengte een hoger scheidend vermogen verkregen wordt. De oorspronkelijke schaal 1 : 500 000 geeft ook bij vergroting tot 1 : 250 000 zeer veel details te zien. Van deze Q-band radar waren van dezelfde gebieden opnamen beschikbaar die op verschillende vlieghoogten gemaakt waren, nl. 40 000 ft en 15 000 ft. Een voorbeeld hiervan geeft fig. 1.

Uit deze voorbeelden blijkt dat bij een grotere vlieghoogte de verschillen in grijstonen geprononceerder worden; bij geringere vlieghoogte wordt een toenemende schaduwwerking verkregen van abrupte hoogteverschillen in het terrein. Deze schaduwwerking geeft min of meer de indruk van reliëfverschillen. Hetzelfde effect is werkzaam bij perceleringsgrenzen gevormd door heggen, boomrijen enz. Op kleinere vlieghoogte komen ze duidelijker tot uiting.

Fig. 2 geeft een analyse van het gebied op een vlieghoogte van 15 000 ft. Deze analyse werd verkregen door het omlijnen van min of meer uniforme grijstonen in combinatie met indrukken die het beeld geeft van reliëfverschillen. De omlijnende eenheden vertonen enige correlatie met de globale bodemkaart van Nederland op schaal 1 : 600 000 (fig. 3) en wel:

- de hoge zandgronden van de Veluwe (1);
- de oeverwallen (2) en komgronden (3) van Rijn en Waal;
- verschillende niveaus van het zandige gestuwde pre-glaciaal bij Nijmegen (4);
- de jonge rivierkleigronden van de Maas (5) en
- de nabijgelegen oude rivierkleigronden (6) en zandgronden (7).

Hierbij dient te worden opgemerkt, dat de uiterwaardgronden (8) van Rijn en Waal door hun uniforme donkere grijstoon op het radarbeeld gekenmerkt zijn en op basis daarvan omgrensd werden. Deze gronden komen op de bodemkaart 1 : 600 000 niet voor. In dit rivierkleigebied zijn ook die delen van het radarbeeld omlinend, die een donkere grijstoon hebben met enkele verspreide lichtgrijze percelen. Deze correleren globaal met de komgronden van de bodemkaart 1 : 600 000 en op deze kaart niet afzonderlijk aangegeven afgedekte komgronden. Uit het onderzoek kunnen voorlopig de volgende conclusies worden getrokken:

Als nadelen van de radarbeelden kan de kleinschaligheid genoemd worden, waardoor deze beelden voor detailwaarnemingen niet geschikt zijn. Stereoscopie is met deze radarbeelden niet verkregen, waardoor het moeilijk is een duidelijke ruimteindruk van het terrein te geven.

De voordelen zijn gelegen in het feit, dat een groot gebied op een schaal geschikt voor een eerste verkenning in een korte tijd opgenomen kan worden en bijna onafhankelijk van de weersomstandigheden en tijd van de dag. De Q-band radar geeft een betere afbeeldingskwaliteit dan de X-band radar en verdient daardoor de voorkeur.

Bij een lagere vlieghoogte komen op verschillend niveau gelegen landschappen beter tot uiting dan bij de opnamen verkregen op hogere vlieghoogte. Hiervan zou gebruik gemaakt kunnen worden bij een kleinschalige kartering waar landschaps-

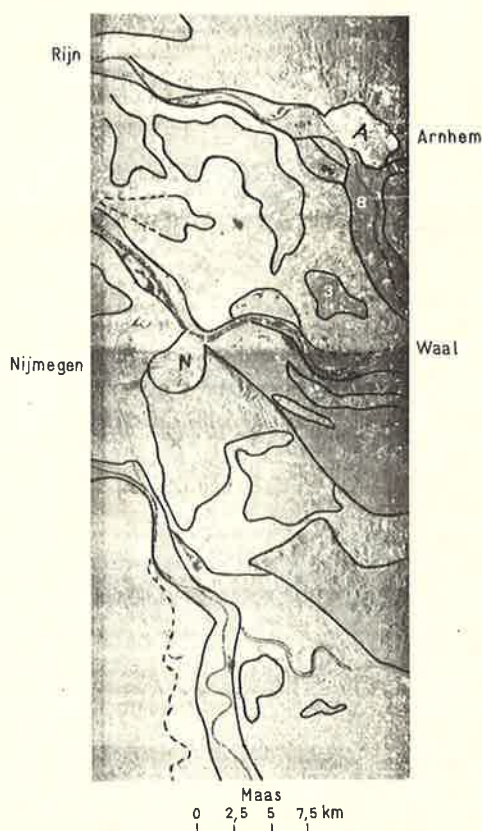


Fig. 2. Analyse van het rechterbeeld van fig. 1. Deze analyse werd uitgevoerd op een tweevoudige vergroting van de oorspronkelijke schaal 1 : 500 000 en verkregen door het omlijnen van min of meer uniforme grijstonen in combinatie met indrukken die het beeld geeft van reliëfverschillen. Voor een verklaring van de cijfers in enkele eenheden wordt naar de tekst verwezen.