

19 Gewasclassificatie met radargegevens

P. Hoogeboom

19.1 Inleiding

Het classificeren en monitoren van de groei van landbouwgewassen met behulp van radarbeelden is geen eenvoudige opgave. De contrasten in één enkel beeld zijn vaak klein. De aanwezige spikkel maakt het onderscheiden van gewassen nog moeilijker. Een radarbeeld omvat altijd een zeker invalshoekbereik en voor gewassen is de radarverstrooiingscoëfficiënt γ hoekafhankelijk. Ook als functie van de tijd blijkt de γ geen constante te zijn. Tenslotte vormen de radiometrische nauwkeurigheid en de ijking van het systeem zelf vaak een probleem.

Ondanks deze problemen is radar toch een sensor die bij een juist gebruik veel waardevolle informatie kan opleveren. In dit hoofdstuk wordt uiteengezet hoe dit bereikt kan worden.

Achtereenvolgens wordt een aantal onderwerpen behandeld, die van groot belang zijn voor de *classificatie van gewassen* met behulp van radar. Ter illustratie worden resultaten getoond van een gewasclassificatie-project in de Flevopolder, met gebruikmaking van radarbeelden van het Nederlandse digitale SLAR-systeem (paragraaf 8.4).

19.2 Enkele eigenschappen van de radarreflectie van landbouwgewassen

Dankzij de vele scatterometermetingen (paragraaf 11.2.4) die o.a. in Nederland zijn uitgevoerd, is er thans veel bekend over de radarreflectie (verstrooiing of 'backscatter') van landbouwgewassen. In Nederland zijn deze metingen uitgevoerd op proefvelden gedurende een aantal seizoenen. De resultaten zijn praktisch onmisbaar bij de keuze van optimale vluchttijdstippen en invalshoeken voor het radarsysteem. In Nederland is dit onderzoek vooral uitgevoerd in de X-band, d.w.z. voor een radargolflengte van 3,0 cm (frequentie is 10 GHz) van de scatterometer, en een radargolflengte van 3,2 cm (frequentie is 9,4 GHz)

van de Nederlandse digitale SLAR (zie tabel 8.2). De hier gepresenteerde eigenschappen van de γ en de resultaten van het gewasclassificatie-onderzoek hebben op deze gollengte betrekking.

Voor meer gedetailleerde gegevens over de eigenschappen van de γ wordt verwezen naar hoofdstuk 10. Hier wordt volstaan met het opsommen van enkele eigenschappen die van belang zijn voor het thans behandelde onderwerp.

19.2.1 Tijds-
afhankelijkheid
van de
radarreflectie

Er zijn twee typen variaties te onderscheiden in de radarreflectie als functie van de *tijd*, namelijk kortstondige fluctuaties die veroorzaakt worden door voornamelijk (*bodem*)*vochtverschillen* (vooral in het begin van het groeiseizoen, als de bodem nog relatief weinig bedekking vertoont) en de geleidelijke ontwikkeling van γ als functie van de tijd, ook wel aangeduid als de *temporele radarsignatuur* (paragraaf 10.2.3). Ieder gewastype vertoont een eigen specifieke signatuur, die echter wordt beïnvloed door externe parameters als zaaitijdstip en meteorologische omstandigheden. Van gebied tot gebied, van jaar tot jaar, en zelfs van veld tot veld kunnen hierdoor flinke afwijkingen ontstaan in de in hoofdstuk 10 gepresenteerde curves. Deze afwijkingen worden aangeduid met de term *ecologische ruis*.

Enkele opvallende verschijnselen in de spectrale signaturen zijn:

- De hoge en nagenoeg constante waarde van de γ van suikerbieten (ca. 0 dB voor de X-band bij HH- of VV-polarisatie; figuren 10-5, 10-6 en 10-9); dit biedt perspectieven voor ijking en vergelijking met andere radar metingen (beelden).
- Het contrast tussen de gewassen onderling in een radarbeeld is sterk afhankelijk van de gewassoorten en het opnametijdstip (zie bijv. figuren 10-5 en 10-6).
- Een bijzondere situatie doet zich voor bij de wintergranen. Dit is in de in hoofdstuk 10 getoonde curves niet te zien, omdat de scatterometerresultaten alleen betrekking hebben op zomergewassen. Aan het begin van het groeiseizoen, tot ongeveer half mei, staan de wintergranen reeds boven de grond, terwijl alle andere velden nog kaal zijn. De γ van de graanvelden is dan beduidend groter dan die van de kale velden. Hiervan kan zeer goed gebruik gemaakt worden voor de gewasclassificatie. Het verschil in radarreflectie doet zich echter alleen voor bij scherpe hoeken, en is daarom niet te zien in satellietradarbeelden.

19.2.2 Hoek-
afhankelijkheid
van de
radarreflectie

Indien voor bepaalde situaties het contrast tussen de te onderscheiden gewassen gering is, kan het zinvol zijn om gebruik te gaan maken van andere *invalshoeken*. Net als bij de tijdsafhankelijkheid is er ook hier sprake van per gewassoort verschillende curves. Echter, men kan de invalshoek niet altijd vrij kiezen. Bijvoorbeeld bij satellietssystemen ligt deze vast. Bij vliegtuigsystemen is er soms wat meer vrijheid (bijv. bij de Nederlandse SLAR) en dan kan met vrucht gebruik gemaakt worden van waarnemingen bij verschillende hoeken. Omdat er gedurende het korte tijdsverloop tussen de vluchten weinig verandert in het veld,

gepresenteerde
classificatie-

van de γ
met het
voor het thans

reflectie als
veroorzaakt
normal in het begin
dekking
van de tijd,
(paragraaf 10.2.3).

die echter
en
van jaar tot
afwijkingen
afwijkingen

zijn:
suikerbieten (ca.
in 10-5, 10-6 en
g met andere

beeld is sterk
(zie bijv.

men. Dit is in
de
omergewassen.
hei, staan de
velden nog
oter dan die
maakt worden
doet zich
niet te zien in

onderscheiden
maken van
er ook hier
en kan de
systemen ligt
d (bijv. bij de
kt worden
urende het
et veld,

bieden de verschillen in radarreflectie een betrouwbare mogelijkheid om gewassen te classificeren.

Een nadeel van dezelfde hoekafhankelijkheid is, dat deze ook kan optreden binnen één radarbeeld. Dit is vooral het geval bij opnamen gemaakt vanuit vliegtuigen (SLAR) (vgl. o.a. paragraaf 10.2.1). Beelden die een groot invalshoekbereik omvatten, verdienen speciale aandacht met betrekking tot de hoekafhankelijkheid. Het beeld kan bijvoorbeeld opgedeeld worden in sectoren met een nagenoeg constante invalshoek. Of men zou een hoekafhankelijk classificatie-algoritme kunnen toepassen.

Opvallend is, dat suikerbieten een vrijwel constante γ vertonen over een groot hoekbereik (figuur 10-5). Zoals reeds eerder bij de bespreking van de tijdsafhankelijkheid is opgemerkt, heeft dit gewas zeer gunstige eigenschappen voor ijkings- en referentiedoelinden.

19.3 Enkele eigenschappen van radarbeelden

Ten opzichte van ander beeldmateriaal, bijvoorbeeld luchtfoto's, bezit een radarbeeld een aantal bijzondere eigenschappen, waarmee terdege rekening gehouden dient te worden. We zullen de belangrijkste opsommen, en deze vervolgens nader bespreken.

- Het geometrisch scheidend vermogen (ruimtelijke resolutie, paragraaf 3.4) in een radarbeeld is meestal niet in alle richtingen constant en varieert in SLAR-beelden ook nog met de plaats in het beeld.
- Beelden die op lage hoogte zijn opgenomen (in de praktijk betekent dit opnamen vanuit vliegtuigen), bezitten een sterke hoekafhankelijkheid. Dit moet niet verward worden met de gebrekkige manier waarop in sommige radarsystemen de meetwaarden gecorrigeerd worden voor invloeden van het antennepatroon (dit is een functie die de relatieve verdeling van energie, die een antenne uitzendt en ontvangt, beschrijft), de afstand, enz.
- Radarbeelden zijn behept met spikkel, een soort ruis die over het hele beeld aanwezig is; SAR-beelden vertonen dit effect doorgaans in sterkere mate dan SLAR-beelden (vgl. hoofdstuk 8).
- Aangezien radar een actieve afbeeldingsmethode is, is ijking van de opgenomen gegevens relatief eenvoudig te realiseren.

De verwerking van de radarbeelden dient aangepast te zijn aan de eigenschappen ervan. Ten aanzien van de hoekafhankelijkheid zijn in paragraaf 19.2.2 al enkele opmerkingen gemaakt. Beelden, die een slechte radiometrie vertonen, als gevolg van verkeerde of niet uitgevoerde systeemcorrecties zijn minder geschikt voor een classificatie zoals hier besproken. Soms kan er nog wel iets achteraf verbeterd worden door een statistische radiometrische balancerings van het beeld. Behandeling hiervan valt buiten het bestek van dit boek. Het fenomeen spikkel wordt in paragraaf 19.3.1 kort nader toegelicht. De ijking en de invloed van het scheidend vermogen wordt hier slechts zijdelings behandeld.

Het geometrisch scheidend vermogen speelt vooral een rol bij het doen van areaalschattingen en in het geval van percelen met afmetingen die niet zeer groot zijn t.o.v. de ruimtelijke resolutie. Men dient te bedenken dat er in de beelden geen scherpe grenzen tussen velden optreden, maar altijd strookjes met mengpixels (mixels, zie ook paragraaf 4.5.1). Kleine velden zullen soms alleen maar uit mixels bestaan: een betrouwbaar classificatie- of areaalschattingsresultaat mag in dergelijke gevallen niet verwacht worden. Het kan verstandig zijn om in voorkomende gevallen rekening te houden met het geometrisch scheidend vermogen, door de breedte van de veldgrenzen aan te passen aan de ter plekke in het beeld geldende ruimtelijke resolutie.

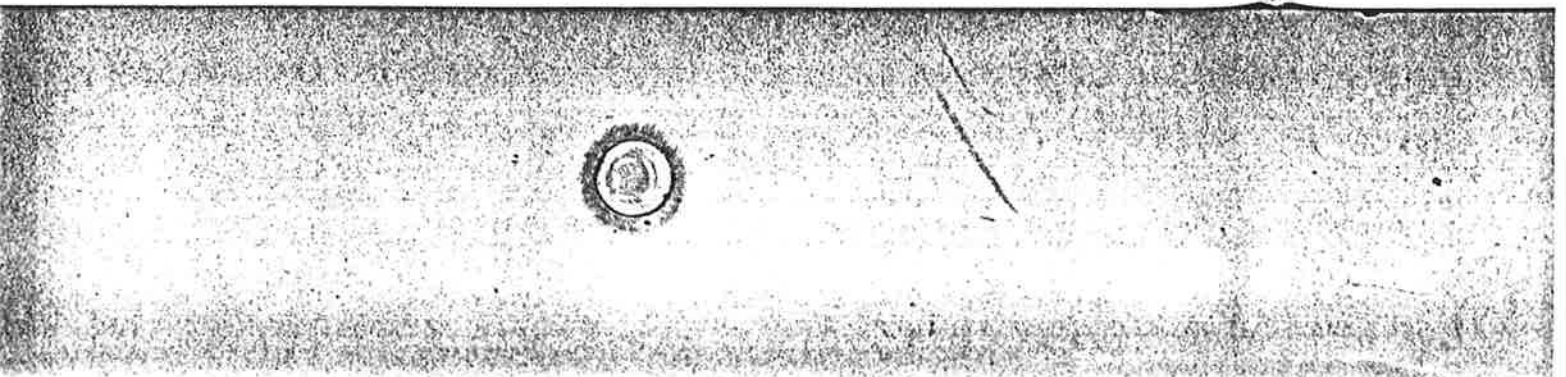
De mogelijkheid van ijking is in de vorige paragraaf al even aan de orde geweest. In paragraaf 19.4 zal het nut ervan ook nog blijken. Alhoewel voor een simpele classificatie een ijking niet altijd nodig is, kan met name een vergelijking met grondmetingen en de toepassing van classificatieparameters op andere beelden alleen maar zinvol gebeuren, als er een of andere vorm van ijking is toegepast. Men onderscheidt *interne ijking* (inwendig in het radarsysteem) en *externe ijking*, met behulp van ijk-objecten (bijv. hoekreflectoren) of door vergelijking van uitkomsten met die van andere radarsystemen.

19.3.1 Reductie van de spikkel-invloed

Het begrip *spikkel* en de oorzaak ervan is reeds eerder in hoofdstuk 8 besproken. De sterkte waarmee de spikkel zich in een beeld manifesteert, wordt bepaald door het aantal onafhankelijke waarnemingen per pixel. In het algemeen gesproken, zijn conventionele radarsystemen (SLAR) hier in het voordeel ten opzichte van SAR-systemen. De eerstgenoemde hebben in de orde van 10 – 40 onafhankelijke waarnemingen per pixel, terwijl een SAR-systeem in principe maar één onafhankelijke waarneming per pixel doet. Door een zogenaamde '*multilook*'-techniek toe te passen (zie paragraaf 8.5), wordt dit aantal ten koste van de geometrische resolutie verhoogd tot 4 of meer. Voor visuele interpretatie is 4 voldoende, doch voor classificatie van de individuele pixels in klassen, waarvan de verschillen gering zijn, is dit volstrekt onbruikbaar (figuur 19-1, vgl. ook figuur 8-14). Door het samennemen (middelen) van pixels kan, net als bij de multilook-techniek in SAR-beelden, de invloed van spikkel gereduceerd worden. Het aantal onafhankelijke waarnemingen, dat dient te worden samengenomen is vrij groot. Voor een betrouwbaarheidsinterval van 0,25 dB zijn al zo'n 300 onafhankelijke waarnemingen nodig! Teneinde niet gehinderd te worden door een verslechterd geometrisch scheidend vermogen, kan het beste gekozen worden voor middeling van pixels uitsluitend binnen de perceelsgrenzen, oftewel voor het bepalen van *veldgemiddelden*. Dit heeft als bijkomend voordeel, dat kleine inhomogeniteiten in de velden weinig invloed op het classificatieresultaat hebben. De dataset (radarbeelden) wordt door deze methode toe te passen gereduceerd tot een veel kleinere set van getallen (veldgemiddelden). Dit bespaart veel rekentijd bij de uiteindelijke classificatie.



19-1 Voorbeeld v





19-1 Voorbeeld van een 4-look SAR (Seasat, links) en een 30-look SLAR opname (zie ook figuur 8-14).

19.4 Aanpak van het classificatieprobleem bij radar

Uit de tijds- en hoekafhankelijkheid hebben we kunnen zien, dat de mogelijkheden voor classificatie beter worden als we in plaats van één vlucht over het meetgebied meerdere vluchten maken. Dit kan snel achter elkaar zijn, waarbij dan de invalshoek veranderd wordt, of verdeeld over het seizoen op de meest gunstige tijdstippen, bepaald aan de hand van de temporele signaturen van de te classificeren gewassen. We krijgen nu de beschikking over een meerdimensionale dataset. Hierop dient eerst een aantal voorbewerkingen plaats te vinden, namelijk:

- Het geometrisch corrigeren en op dezelfde schaal brengen van de gegevens (beelden). De keuze van de schaal zelf is min of meer arbitrair, men kan een (gewas)kaart kiezen of één van de radarbeelden zelf als uitgangspunt kiezen (zie ook hoofdstuk 16).
- IJking van de beelden. Zoals reeds eerder besproken is het niet gewenst om met willekeurige grijswaarden te werken maar deze uit te drukken in de γ , zodat een absolute vergelijking van de beelden kan plaatsvinden. Bovendien kan een uit het beeld afgeleide γ vergeleken worden met de database van grondwaarnemingen, en zijn de

classificatieparameters in principe ongewijzigd overdraagbaar naar andere datasets.

- Segmentatie van de beelden (hoofdstuk 14, paragraaf 14.5). Hiermee wordt bedoeld het achtereenvolgens bepalen van de veldgrenzen, berekenen van de gemiddelde γ per veld en labelen van de gevonden componenten (velden) in het beeld. Het resultaat is een lijst van veldgemiddelden en een bijbehorende plattegrond, voorzien van een corresponderende nummering.

Van deze voorbewerkingen is de segmentatie het meest omvangrijk. Het aangeven van de veldgrenzen moest aanvankelijk met de hand gebeuren, maar er zijn tegenwoordig ook algoritmen beschikbaar, die automatisch de veldgrenzen bepalen. Ook worden thans onderzoeken gedaan naar de manier waarop *voorkennis*, zoals een percelenkaart of een topografische kaart, kan worden gecombineerd met het beeld ten behoeve van de classificatieprocedure. De overige bewerkingen kunnen vervolgens op eenvoudige wijze door een computer worden verricht.



7/5/80



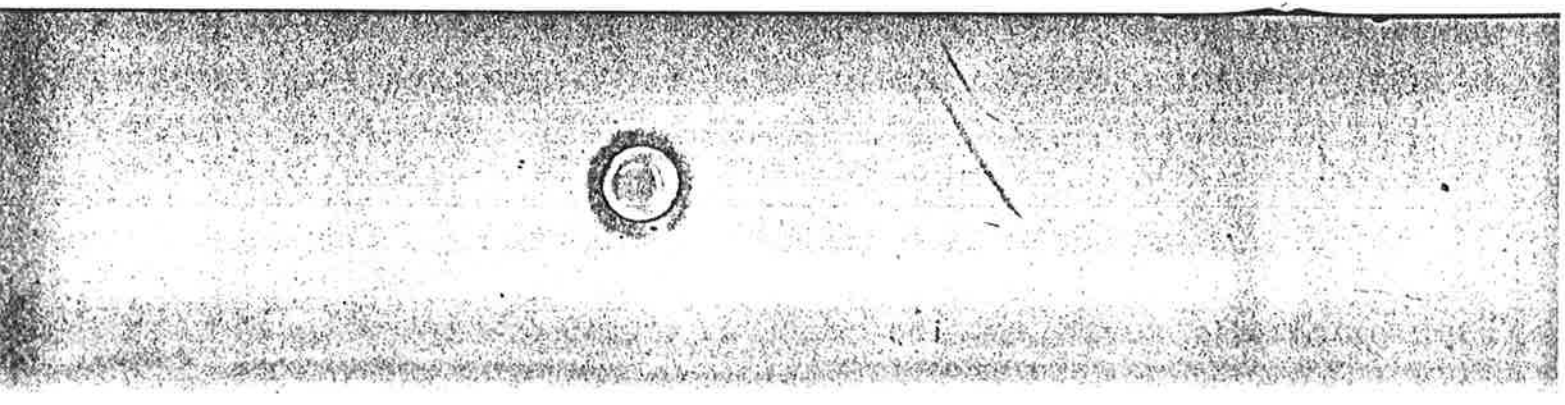
12/8/80

19-2 Het proefg

19.4.1 Resultaten van een gewasclassificatiestudie in Oost-Flevoland op basis van een meerdimensionale dataset

In een proefgebied van ca. 3,7 bij 6,2 km in de Flevopolder nabij Biddinghuizen is al veel onderzoek naar gewasclassificatiemogelijkheden verricht. In de hier beschreven studie is dit gebied gedurende het groeiseizoen met de Nederlandse digitale SLAR 5 maal opgenomen, namelijk in de tweede helft van april en in de eerste helft van mei, juni, juli en augustus 1980. Op elk van deze tijdstippen is een opname gemaakt in een hoekbereik van 16 – 7,5 graden (met de horizontaal). Van de juli-vlucht is bovendien een opname van 35 – 18 graden voorhanden (de vlucht juli hoog). In figuur 19-2 zijn enkele van de beelden weergegeven, en wordt (op een andere schaal) een kaart van het gebied getoond. Deze beelden zijn vervolgens op dezelfde schaal gebracht en relatief geijkt. Daarbij is het gewas suikerbieten als referentie gekozen.

Na segmentatie van het beeld, welke hier niet verder wordt behandeld, hebben we per veld de beschikking over de gemiddelde radarreflectie van ieder vluchresultaat. Aan deze gegevens is nog toegevoegd wat er in werkelijkheid op de velden is verbouwd. Zodoende kan in dit experiment steeds een directe controle op de classificatie-resultaten plaatsvinden. Per veld zijn er nu 6 meetwaarden (kenmerken) en het zogenaamde 'true label' aanwezig. De classificatie zou in een zesdimensionale kenmerkruimte moeten geschieden. Dit kan weliswaar, maar het is niet erg inzichtelijk. Daarom wordt dikwijls toevlucht genomen tot methoden, waarmee het belang van elk van de kenmerken kan worden onderscheiden. Daarna wordt de classificatie beperkt tot de belangrijkste kenmerken. Ook kan men een nieuw stelsel kenmerken introduceren, die afgeleid zijn uit de oude, maar die mathematisch-statistisch gezien orthogonaal, dus onafhankelijk zijn. Ook hierbij is de doelstelling het beperken van het aantal dimensies van de kenmerkruimte, zodat de classificatie eenvoudiger en aanschouwelijker wordt. Deze methoden staan bekend onder de naam



aaagbaar naar

14.5). Hiermee
eldgrenzen,
n de gevonden
n lijst van
orzien van een

omvangrijk. Het
hand gebeuren,
die automatisch
gen gedaan naar
een
eeld ten
ingen kunnen
en verricht.

er nabij
-
gebied
SLAR 5 maal
e eerste helft
stippen is een
met de
van 35 - 18
jn enkele van
een kaart van
fde schaal
en als

it behandeld,
darreflectie
voegd wat er in
dit

esultaten
en) en het
en zes-
weliswaar,
evlucht
le kenmerken
beperkt tot de
kenmerken
ematisch-
k hierbij is de

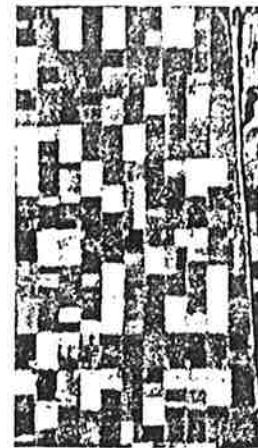
chouwelijker



7/5/80



11/7/80 laag



11/7/80 hoog



12/8/80

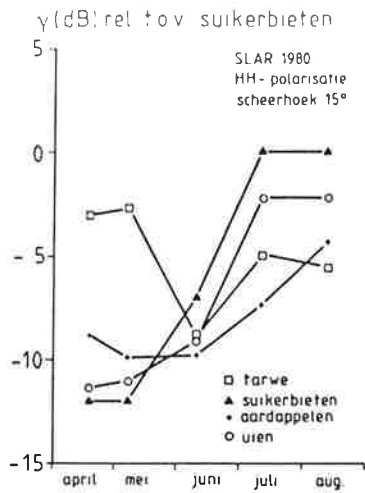


19-2 Het proefgebied en enkele van de opgenomen radarbeelden.

hoofdc componenten-analyse en berusten op het gebruik van eigenwaardevectoren, welke worden bepaald uit de covariantiematrix van de dataset. De hoofdc componenten-analyse is kort toegelicht in Supplement 10 (zie ook Buiten, 1986, hoofdstuk 13).

Hoewel de resultaten van deze studie op de hoofdc componenten-analyse berusten, is het resultaat ten dele ook inzichtelijk wel te verklaren. In figuur 19-3 is de ontwikkeling van de γ als functie van de tijd weergegeven. Dit is een resultaat van de met de SLAR gemeten dataset. Duidelijk is hierin te zien dat het contrast tussen wintertarwe en andere (zomer)gewassen in mei optimaal is. Het histogram van de mei-vlucht in figuur 19-4 laat zelfs zien, dat de tarwe volledig gescheiden ligt van de andere gewassen. Door een simpele drempeling (paragraaf 14.5) toe te

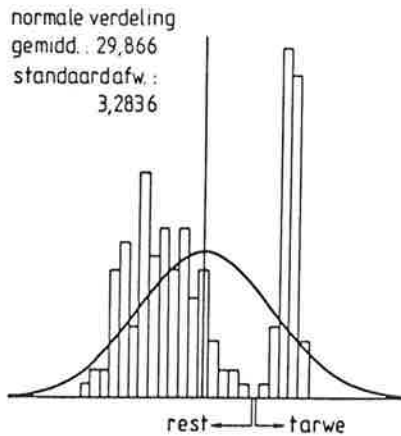
19-3 De ontwikkeling van de radarreflectie als functie van de tijd.



19-5 'Feature space plots' ofwel datapresentaties in kenmerkruimte.

- a mei uitgezet tegen juli
- b juli-laag uitgezet tegen juli-hoog

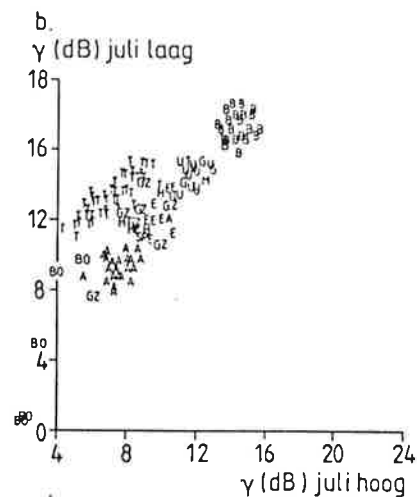
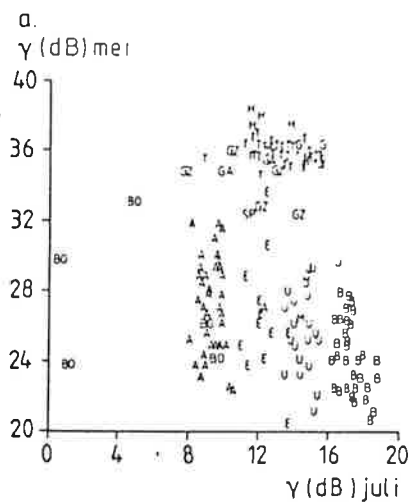
19-4 Een histogram van het mei-beeld.



passen, kan de tarwe reeds in mei goed geïdentificeerd worden. De resterende gewassen blijken in juli het grootste contrast op te leveren. Met name door gebruik te maken van een combinatie van de twee kenmerken in juli (onder verschillende hoeken opgenomen t.g.v. een verschil in vlieghoogte) wordt een zeer goede classificatie verkregen. Figuur 19-5 toont twee zogenaamde 'feature space plots', dit zijn grafische presentaties van telkens 2 kenmerken die tegen elkaar uitgezet worden. In figuur 19-5a is mei tegen juli (de kleine hoeken) uitgezet. Hier blijkt nog eens duidelijk, dat de tarwe (T) gescheiden ligt van alle andere gewassen. In figuur 19-5b zijn de twee juli-kenmerken gebruikt (kleine en grotere hoeken). Hier zijn een aantal andere belangrijke gewassen redelijk van elkaar te onderscheiden, namelijk suikerbieten (B), aardappelen (A), erwten (E) en uien (U). De hoofdcomponenten-analyse gaf in dit geval aan, dat een classificatie in een tweedimensionale kenmerkruimte optimaal zou zijn. De eerste dimensie viel praktisch samen met de data van de mei-vlucht. De tweede

19-5 'Feature space plots' ofwel datapresentaties in de kenmerkruimte.

- a mei uitgezet tegen juli (beide laag).
- b juli-laag uitgezet tegen juli-hoog.



Verklaring van de labels:

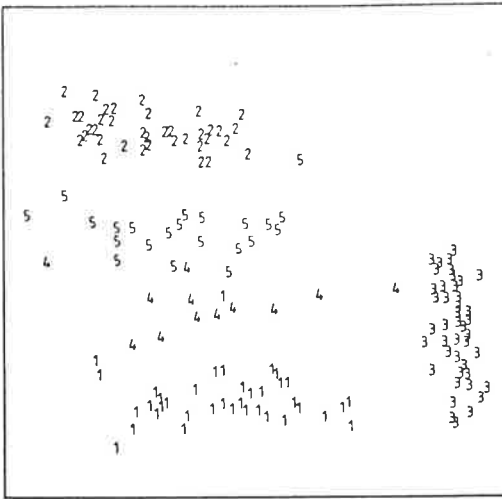
fig. 19-5	fig. 19-6	gewas
A	1	aardappelen
B	2	suikerbieten
T	3	wintertarwe
E	4	erwten
U	5	uien
H	6	haver
GR	7	gerst
BO	8	bonen
GZ	9	graszaad
SP	10	spinazie

rdn.
 et op te
 matie van de
 omen t.g.v.
 itie verkregen.
 dit zijn
 lkaar uitgezet
) uitgezet.
 ligt van alle
 ken gebruikt
 angrijke
 ikerbieten

n classificatie
 . De eerste
 ht. De tweede

dimensie werd gevormd door een lineaire combinatie van de twee juli-vluchten. In figuur 19-6 is deze twee-dimensionale kenmerkruimte weergegeven en is bovendien het classificatie-resultaat in tabelvorm opgenomen. De ontworpen classifier werd geoptimaliseerd voor de eerste 5 klassen. Uit de tabel blijkt dat het resultaat voor deze 5 klassen zeer goed is. Slechts enkele van de velden belanden in een verkeerde klasse. Wel moet men zich hierbij bedenken dat in een experiment als dit, het ontwerpen van de classifier en het uitvoeren van de classificatie op *dezelfde dataset* is gebeurd. De resultaten zouden daardoor te optimistisch kunnen zijn. Om de resultaten van de classificatie-tabel wat realistischer te maken werd daarom de testset bepaald uit een automatische segmentatie van de beelden (zie voor deze methodiek paragraaf 14.5 en ook Kleijweg, 1988); daarentegen werd de classifier ontworpen met behulp van de leersset die door handmatige segmentatie werd verkregen. Deze beide werkwijzen leveren enigszins verschillende segmentatie-resultaten op, waardoor tot op zekere hoogte

a.



b.

		C L A S S I F I E R L A B E L							
		1	2	3	4	5	6	7	8
T	1	33		1	1				
	2		36						
U	3			53					
	4	1		1	5	1			
L	5	2			1	11			
	6			3			1		
A	7			3					
B	8	1						4	
E	9			3	1	1			
L	10				1				

19-6 Het classificatie-resultaat:

- (a) de kenmerkruimte van de leerset (handgesegmenteerd)
 (b) de classificatietabel voor de testset (gebaseerd op dezelfde radarbeelden, maar dan automatisch in plaats van handmatig gesegmenteerd). Voor een verklaring van de labels zie fig. 19-5.

de leerset en de testset onafhankelijk zijn.

Bovendien is er geen rekening gehouden met de hoekafhankelijkheid van de gewassen, waardoor de grenzen van de klassen onnodig ruim worden. Aangezien deze zaken elkaar compenseren, mag verwacht worden dat voor een werkelijk operationele toepassing van radarclassificatie van landbouwgewassen goede mogelijkheden bestaan. Het zal duidelijk zijn, dat de areaalschatting als vervolg op de classificatie eenvoudig uitgevoerd kan worden. Tenminste, zolang de vraag niet verder gaat dan het per gewastype bebouwde oppervlak. De voorspelling van oogstbrengst is een andere kwestie, die momenteel nog volop onderzocht wordt.

19.4.2 Resultaat van een gewasclassificatie op basis van een monotemporele radaropname

Een fraaie illustratie van een gewasclassificatie, gebaseerd op een monotemporele X-band SLAR radaropname die werd uitgevoerd op twee verschillende vlieghoogten op 19 juli 1984 in hetzelfde gebied van Oost-Flevoland, wordt getoond in Plaat III (Binnenkade, 1987). De vijf weergegeven gewasklassen zijn duidelijk als afzonderlijke landbouwvelden te onderscheiden. De veldbegrenzingsen zijn evenwel nog wat rafelig. Door inbreng van voorkennis in de vorm van topografische perceelsgrenzen zou dit (zoals al werd opgemerkt in de inleiding van paragraaf 19.4) 'opgeschoond' kunnen worden, waardoor ook het classificatieresultaat tot een nog hoger percentage stijgt. Uit de vorige paragraaf zal het duidelijk zijn dat van een verhoging van het classificatie-resultaat des te meer sprake zal zijn als een

E R L A B E L			
5	6	7	8
1			
1			
	1		
			4
1			

gewasclassificatie wordt gebaseerd op een meerdimensionale dataset waarin naast verschillende inijkhoeken ook meerdere opnametijdstippen zijn betrokken, met andere woorden een multitemporale aanpak.

19.5 Toekomstperspectieven

Naar verwachting zal eind 1990 de ERS-1 satelliet worden gelanceerd (zie ook Supplement 7). De radarbeelden, afkomstig van een dergelijk systeem, komen regelmatig en over grote gebieden beschikbaar. Door combinatie met automatische verwerkingstechnieken en inbreng van a-priori kennis kunnen GIS-bestanden worden opgebouwd en voortdurend worden aangepast met de jongste gegevens over landbouwgewassen, zodat behalve van soortclassificatie ook sprake kan zijn van monitoring van de ontwikkeling van gewassen.

In de radartechniek wordt gewerkt aan de ontwikkeling van de polarimetrie. Door gebruik te maken van de polarisatie-afhankelijkheid van het echosignaal met betrekking tot de aard van het object, kan meer informatie over een waargenomen gebied verkregen worden. Deze ontwikkeling biedt, evenals het gelijktijdig gebruik maken van meerdere radarfrequenties, nieuwe mogelijkheden voor de radar remote sensing van gewassen.

19.6 Literatuur

- 1 Binnenkade P., H.W.J. van Kasteren & D. Uenk, 1987. Classificatie van landbouwgewassen met radar; radarvluchten 1983 en 1984 in Groningen, Oostelijk Flevoland en West-Brabant. Rapport Beleidscommissie Remote Sensing, BCRS-87-17.
- 2 Buiten, H.J., 1986. Teledetectie, deel 2 (remote sensing, informatieverwerking). Collegedictaat 1986, vakgroep Landmeetkunde en Teledetectie LUW; CM-0619-1510.
- 3 Gerbrands, J.J. & E. Backer, 1983. Segmentation of multitemporal side-looking airborne radar (SLAR) images. Proceedings SPIE volume 397: 173-179. (Geneva, April 19 - 22) Applications of digital image processing.
- 4 Gerbrands, J.J., 1986. Inleiding in de digitale beeldverwerking. Collegedictaat Technische Universiteit Delft, Faculteit der Elektrotechniek, 141 blz.
- 5 Hooeboom, P., 1983. Classification of agricultural crops in radar images. IEEE Trans. Geosci. and RS, vol. GE-21: 329-336.
- 6 Hooeboom, P., 1985. Optimization of agricultural crop identification in SLAR images: hierarchic classification and texture analysis. Proceedings EARSeL Workshop 'Microwave remote sensing applied to vegetation', Amsterdam 10-12 dec. 1984, ESA SP-227.
- 7 Kleijweg, J.C.M., 1988. Segmentatie van SLAR-beelden met gebruikmaking van a-priori kennis. FEL-TNO, Den Haag. Ook verschenen als rapport van de Beleids Commissie Remote Sensing,

BCRS-89-03.

8 Leeuwen, P.J. van, 1984. Analyse van SLAR beelden. Vakgroep informatietheorie, TU Delft.

9 Smit, M.K., 1979. Preliminary results of an investigation into the potential of applying X-band SLR-images for croptype inventory purposes. IEEE Trans. Geosci. Electron., vol. GE-17: 303-308.

H.J. Buiten, J.G.P.W. Clevers (red.)

**Remote Sensing,
theorie en toepassingen
van landobservatie**

Dynamiek, inrichting en beheer van landelijke gebieden 2



Pudoc Wageningen 1990