

BEELDVERWERKING BINNEN HET LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK

R.A.M. van Lopik

Dit inleidende artikel tracht een indruk te geven van wat beeldverwerking nu eigenlijk is. Er worden zowel voorbeelden van beeldverwerkingsoperaties, als van toepassingsmogelijkheden binnen de landbouw gegeven.

Inleiding

Beeldverwerking, het verkrijgen van informatie uit beelden, is al zo'n dertig jaar onderwerp van onderzoek, zowel als hulpmiddel bij diverse soorten onderzoek, als voor industriële toepassingen. Bij onderzoek denke men aan toepassingen in de biologie en de medische wereld voor het analyseren van microscoopbeelden. In de industrie gaat het voornamelijk om sorteerprocessen, kwaliteitsbewaking en, de laatste tijd, "robot vision".

Binnen DLO kreeg Stiboka (thans Staringcentrum) al rond 1973 de beschikking over een Quantimet-apparaat. Dit werd toegepast voor de analyse van (microscopische) opnamen van bodemmonsters. Tevens verleenden zij diensten aan andere instituten.

Uit 1978 herinner ik me een apparaat dat was gebouwd door de Dienst Informatieverwerking (DIV) van Rijkswaterstaat. Door middel van analoge electronica kon hiermee een zwart-wit televisiebeeld worden omgezet in een gekleurd beeld, waarbij de kleur werd bepaald door de grijswaarde in het oorspronkelijke beeld. Deze techniek heet "false colouring" en wordt toegepast om o.a. luchtfoto's ("remote sensing") beter te kunnen interpreteren. Dit apparaat is ook in het landbouwkundig onderzoek toegepast. In diezelfde tijd vervaardigde de TFDL bladoppervlaktometers. Hiervoor gebruikten we twee technieken. In het ene geval werd een balk met fotogevoelige cellen over de uitgespreide bladeren bewogen (dat zouden we nu een "scanner" noemen) en werd de gesommeerde lichtintensiteit gemeten. Een ander model bestond uit een televisiecamera waarbij rechtstreeks in het analoge video-signaal werd gemeten. Door gebruik te maken van een kleurencamera konden hiermee ook verkleuringen in bladeren gemeten worden. Rond 1982 hebben we bij TFDL reeds plannen ontwikkeld voor een "bietenwiedmachine" die erop gebaseerd was dat jonge bietenplanten een duidelijk andere vorm hebben dan het omringende onkruid. Omdat toen de weerstand tegen chemische bestrijdingsmiddelen nog niet zo sterk was als nu, hebben we er echter geen industriële partner voor kunnen vinden.

Ongeveer drie jaar terug is de belangstelling voor beeldverwerking binnen het Landbouwkundig Onderzoek explosief gegroeid. Naar schatting zijn nu 20 tot 25 onderzoekers full-time bezig met beeldverwerkingsonderzoek. Ze onderhouden contacten met elkaar binnen de werkgroep SOBEL (Samenwerkende Onderzoekers BEeldverwer-

king Landbouw). Sobel is de naam van een beeldverwerkingswetenschapper die een algoritme voor het detecteren van objectranden heeft ontwikkeld, de Sobel-operator. De Sobel-groep komt een aantal malen per jaar bijeen, waarbij lezingen worden gegeven en informatie uitgewisseld. Op dit ogenblik zijn we bezig om voor de Sobel-leden een overzicht samen te stellen van alle beeldverwerkingsactiviteiten in de agrarische sfeer.

Terreinbepaling

In het vervolg zal ik onder beeldverwerking (image processing) verstaan de verwerking van gedigitaliseerde beelden met behulp van digitale computers. Nu is er een branche in de informatieverwerking die zich bezighoudt met digitale beelden van documenten (zij noemen dat altijd "gescande" beelden), waarbij het doel is deze op te slaan en op ieder gewenst tijdstip op te roepen op een werkstation. Deze beelden worden niet echt verwerkt, behalve bij OCR (Optical Character Recognition), waarbij men uit de gescande tekst weer de afzonderlijke lettertekens in computerleesbare vorm (b.v. ASCII) omzet; dit is een gespecialiseerde vorm van beeldanalyse (zie later). Over deze vorm van image processing gaat dit verhaal niet.

Uitgangspunt van de berekeningen is dus een digitaal beeld. In feite is dit een 2- of 3-dimensionale matrix van grijs- of kleurwaarden. Hierop kunnen in principe twee soorten verwerkingen plaatsvinden:

- *beeld in - beeld uit:*
met rekentechnieken wordt het ene beeld omgezet in het andere. Een voorbeeld hiervan vormen de false-colourbeelden die in de remote sensing worden gebruikt. Hiervoor is de term **beeldbewerking** op zijn plaats. Doel is een beeld te produceren dat ofwel beter geschikt is voor menselijke beoordeling, danwel kan dienen als invoer voor het volgende proces:
- *beeld in - data uit:*
uitgaande van een beeld worden karakteristieke grootheden berekend, zoals aantallen objecten, oppervlakken, etc. Hiervoor is de term **beeldanalyse** gebruikelijk. Verwacht mag worden dat, door verder onderzoek, dit type beeldverwerking in belang zal toenemen. Voor het nemen van automatische beslissingen (zoals sorteren, kwaliteitsbewaking) op basis van beelden is het zelfs een voorwaarde.

Stappen in de beeldverwerking

Voor de verwerking van beelden zijn honderden algoritmen (rekenvoorschriften) bekend en er komen er nog steeds bij. De toepassing van deze algoritmen is vaak op te delen in een aantal stappen die we hierna in vogelvlucht zullen behandelen.

We beginnen echter met een korte beschouwing over de opname van het beeld.

Opname

Afgezien van andere beeldvormende technieken (electronenmicroscopie, confocaal scanning laser microscopie (CSLM), computed axial tomography (CAT) enz.) worden de meeste opnamen gemaakt met behulp van een (min of meer standaard) televisie-camera, meestal van het CCD-type. Door digitalisering van het videosignaal komt een stroom bytes beschikbaar die wordt opgeslagen in een geheugen dat meestal is opgebouwd uit 512 bij 512 bytes. Het beeld is aldus gekwantiseerd in ruim 260.000 beeldpunten, pixels genaamd (van "picture elements") die elk 256 grijswaarden kunnen vertegenwoordigen.

Aan de opnametechniek dient grote aandacht besteed te worden. Hierbij denke men aan het kiezen van de juiste belichting, opnamestandpunt en eventueel het gebruik van kleurfilters. Door belichting kan een goed onderscheid tussen voorgrond, de te meten object(en), en achtergrond verkregen worden. Het opnamestandpunt is van belang omdat meestal een drie-dimensionaal voorwerp wordt afgebeeld op een twee-dimensionaal vlak.

Reconstructie

De eerste bewerking die men op het gedigitaliseerde beeld zal uitvoeren zijn correcties om afwijkingen in de afbeelding te niet te doen. Geometrische correcties kunnen perspectivische vertekening en lensfouten corrigeren. Men kan corrigeren voor de niet geheel gelijke gevoeligheid van de afzonderlijke opname-elementjes in de CCD-camera. Bij een niet egale verlichting kan men hiervoor corrigeren, ofwel door ook een opname zonder object te maken, danwel later in het proces door het intensiteitsverloop van de achtergrond te schatten.

Beeldverbetering

De doelstelling bij beeldverbetering is het op zodanige wijze bewerken van het beeld dat verdere computerverwerking of menselijke interpretatie vergemakkelijkt wordt. De toegepaste technieken zijn o.a.:

- **contrastverbetering:** hierbij wordt het gebied van de pixelwaarden opgerekt, zodat de intensiteitsverschillen in het beeld groter worden;
- **false colour:** hierbij worden aan de oorspronkelijke grijswaarden kleuren toegekend, waardoor voor de mens in het beeld gebieden met dezelfde grijswaarde eenvoudiger te vergelijken zijn. Deze methode is zeer suggestief, maar kan gemakkelijk een verkeerde indruk wekken wanneer bijvoorbeeld geen gelijkmatige belichting heeft plaatsgevonden;
- **effening (smoothing):** dit heeft tot doel ruis en kleine helderheidsverschillen in het beeld te verminderen. Hierdoor worden echter tevens de contouren in het beeld uitgesmeerd. Deze techniek is eenvoudig uit te leggen. Men vervangt bijvoorbeeld ieder pixel door het gemiddelde van zichzelf en zijn 8 naaste buren. In plaats van het gemiddelde kan men ook de mediaan nemen; daardoor worden grote intensiteits-uitschieters beter verwijderd en kan zelfs de randscherpte toenemen;

- **verbeteren van de beeldscherpte:** beeldscherpte is van groot belang bij de subjectieve kwaliteitsbeoordeling van beelden. Dit betekent dat de steilheid van helderheidssprongen zo groot mogelijk moet zijn. Deze verscherping kan bereikt worden met differentiërende operatoren. Deze hebben echter weer de eigenschap dat ze ook de ruis in het beeld versterken.

Segmentatie

Wanneer we een beeld verder willen analyseren, dan zullen we eerst de verschillende objecten in het beeld moeten herkennen. De eerste stap hiervoor is segmentatie: het verdelen van het beeld in relevante gebieden. Vervolgens moeten deze gebieden weer van elkaar onderscheiden worden.

De eenvoudigste vorm van segmentatie is "drempe-len". Uitgaande van een grijswaardenbeeld kiest men een drempel (threshold) en vormt men een nieuw (binair) beeld, zodanig dat alle pixels met een waarde kleiner dan de drempel de waarde 0 krijgen en alle pixels groter of gelijk aan de drempel de waarde 1. De drempelwaarde moet soms experimenteel bepaald worden, maar er zijn ook algoritmes om deze af te leiden uit de grijswaardeverdeling (histogram) van het oorspronkelijke beeld. Drempelen werkt het beste, wanneer men te maken heeft met objecten die een duidelijk intensiteitsverschil met de achtergrond hebben. Op deze wijze vinden we expliciet gebieden en impliciet de daarbij behorende randen. Met behulp van de reeds genoemde differentiërende operatoren kan men echter ook op zoek gaan naar randen en daarna het ingesloten oppervlak bepalen. Beide methoden kunnen parallel op het gehele beeld worden toegepast.

Een geheel andere techniek is "region growing", waarbij men vanuit een startpunt daaromheen pixels zoekt die volgens een zeker acceptatie-criterium bij elkaar horen; deze pixels krijgen dan hetzelfde label, waarna de zoektocht hervat wordt rond de nieuw gevonden pixels. Als geen bijbehorend gebied meer gevonden kan worden, start men opnieuw vanuit een nog niet gelabeld pixel, totdat het gehele beeld gelabeld is. Acceptatie-criteria kunnen b.v. statistische maten (gemiddelde, variantie) zijn, die berekend worden over een klein gebiedje rond het beschouwde pixel.

Op het gesegmenteerde binaire beeld kunnen weer beeldverbeteringsoperaties worden losgelaten. Zo kan men alle objecten opzoeken die minder dan een gegeven aantal pixels bevatten; hiermee wordt weer de ruis gereduceerd. Ook zijn er technieken om gaten binnen objecten te dichtten.

Analyse

In het gesegmenteerde en gelabelde beeld kunnen we nu metingen gaan doen. Het eenvoudigst is het tellen van objecten, maar per object kan men velerlei grootheden bepalen: oppervlak, omtrek, diverse rondheidsmaten, richting van de hoofdas, enzovoort. Door het binaire beeld als masker over het oorspronkelijke beeld te leggen kan men b.v. de totale intensiteit per object berekenen.

Toepassingen bij het Landbouwkundig Onderzoek

In het algemeen kan men onderscheid maken tussen twee vormen van beeldverwerkingsonderzoek.

De eerste betreft het gebruik van beeldverwerkingstechnieken *binnen het onderzoek zelf*, zoals de analyse van (electronen)microscoopbeelden van b.v. biologische objecten of bodemmonsters. Dit geschiedt vaak met standaard in de handel verkrijgbare apparatuur zoals Quantimet. Hiervoor ligt binnen het onderzoek een breed toepassingsveld, waarbij met name de kwantitatieve analyse nog in belang zal toenemen. Tijdens de analyse is het de kunst om de juiste algoritmen toe te passen, maar deze zijn in het algemeen zelf geen onderwerp van onderzoek (behalve bij de analyse van 3-dimensionale beelden van b.v. de Confocale Scanning Laser Microscoop).

Ten tweede wordt beeldverwerking toegepast bij het *bepalen van de uiterlijke kenmerken van agrarische producten*, meestal met het doel deze informatie te gebruiken voor sorteerdoeleinden. Eerst wordt hierbij vaak geëxperimenteerd met de algoritmen die door standaardprogrammatuur als TCL-Image geleverd worden. Op deze wijze kan bepaald worden op welke wijze zo goed mogelijk de voor sortering benodigde kenmerken bepaald kunnen worden. Om deze kennis in de praktijk te kunnen toepassen worden er echter hoge eisen gesteld aan de snelheid waarmee deze sorteerbeslissingen genomen kunnen worden, waardoor het vaak noodzakelijk zal zijn om te zoeken naar efficiëntere algoritmen of zelfs naar hardware-oplossingen.

Bij veel beeldverwerkingsonderzoek wordt gebruik gemaakt van het programmapakket TCL-Image, dat is ontwikkeld door de Technisch Physische Dienst TNO en de Technische Universiteit Delft. Dit pakket wordt ook centraal ondersteund vanuit de TFDL-DLO. In november 1989 heeft de vakgroep Agrotechniek en -fysica samen met TFDL-DLO een cursus beeldverwerking van een week georganiseerd waaraan ca. 30 personen uit het landbouwkundig onderzoek hebben deelgenomen.

Uit de navolgende artikelen zal duidelijk worden welke mogelijkheden er zijn (en benut worden) voor beeldverwerking binnen het landbouwkundig onderzoek, en hopelijk daarna in de agrarische praktijk. □

drs. R.A.M. van Lopik is hoofd van de afdeling Informatietechnologie van TFDL-DLO, postbus 356, 6700 AJ Wageningen.