

Geografische informatie voor plaats specifieke werkzaamheden

D. Goense, J.W. Hofstee en J van Bergeijk

Vakgroep Agrotechniek en -fysica
Landbouwuniversiteit Wageningen
Bomenweg 4, 6703 HD Wageningen
Telefoon: 08370-84138, telefax: 08370-84819
E-mail: Daan.Goense@User.AenF.WAU.NL

agro.informatica 8(3) / juni 1995

Referaat

De technische mogelijkheden om bewerkingen op een perceel met plaats specifieke specificaties uit te voeren vragen om een eenduidige definiëring van de plaats en de specificatie. In dit artikel wordt dat deel van een informatiemodel besproken dat betrekking heeft op de geografische objecten en de informatie die plaats specifiek kan worden vastgelegd. Voor geografische informatie worden vier systemen onderscheiden die zijn gebaseerd op werkgangen, willekeurige punten, punten in een raster, of op basis van vlakken. Er wordt ingegaan op het gebruik van coördinaatsystemen voor plaats specifiek veldwerk.

Trefwoorden: geografische informatie, informatiemodel, plaats specifiek werken, coördinaatsystemen

Inleiding

Bewerkingen worden tot op heden perceelsgewijs uitgevoerd; machine instellingen en toe te dienen hoeveelheden hulpstoffen worden voor een perceel opgesteld en opbrengstniveaus worden per perceel vastgelegd. Soms worden door de bestuurder tijdens het werk bewust de instellingen bijgesteld om aan de afwijkingen van bepaalde plekken binnen het perceel tegemoet te komen. De ontwikkelingen in elektronica en computertechnologie maken het mogelijk om verschillen binnen een perceel te meten en vast te leggen. Voorbeelden hiervan zijn de opbrengstmeters op maaidorsers, beeldverwerkingssystemen om onkruiden te herkennen en nog in ontwikkeling zijnde systemen voor het meten van bodemeigenschappen. Elektronica maakt het ook mogelijk om via technieken als Global Positioning System (GPS) de plaats van het werktuig binnen een perceel te bepalen. Hierdoor is het mogelijk de gemeten grootheden in combinatie met de positie in het perceel vast te leggen.

Management Informatie Systemen maken het mogelijk de verkregen ruimtelijke informatie over meerdere jaren vast te leggen voor management doeleinden. De specificaties voor de te nemen teeltmaatregelen kunnen locatiespecifiek worden opgesteld en door de landbouwwerktuigen worden gerealiseerd.

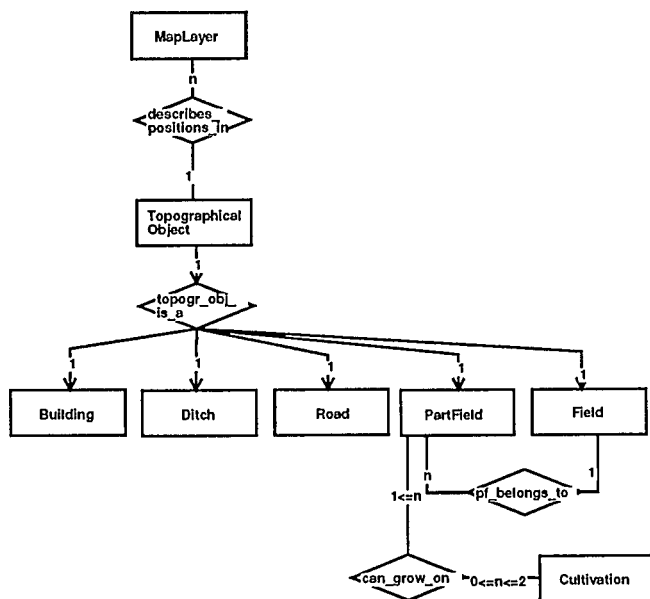
Zo'n geïntegreerd systeem van meten, opslaan, beslissing ondersteuning en uitvoe-

ring wordt gerealiseerd met door verschillende fabrikanten geleverde componenten die samen moeten werken. Dit betekent dat de gegevensuitwisseling tussen deze componenten op een gemeenschappelijk begrip van de data moet zijn gebaseerd. Hiertoe is in het kader van het project "Computer Integrated Agriculture" (CIA), dat wordt uitgevoerd binnen het raamwerk van het EU programma ESPRIT III (project 7318), een informatiemodel opgesteld. Dit informatiemodel vormt een belangrijke inbreng bij internationale standaardisatie van gegevensuitwisseling zoals die in de subcommissie voor Landbouw elektronica van de ISO, ISO/TC23/SC19, wordt uitgewerkt. Een deel van dit informatiemodel heeft betrekking op geografische informatie. In dit artikel worden de belangrijkste ruimtelijke objecten, de objecten voor specificatie van veldwerk en de coördinaatsystemen besproken.

Het informatiemodel

Het CIA informatiemodel zoals opgesteld in het genoemde project bestaat uit een datamodel en een procesmodel. Het datamodel is grafisch vastgelegd middels een Entity Relationship Diagram en daarnaast is er een data dictionary waarin de definitie en verdere omschrijving van de entiteit typen, de attributen en de relaties zijn beschreven. Het procesmodel is grafisch vastgelegd middels Data Flow Diagrammen en de processen op het laagste niveau zijn gespecificeerd. De data flows zijn ge-

Figuur 1 - Entity Relationship Diagram van Topografische objecten relevant voor gebruik in de landbouw



specificeerd in de data dictionary en zijn gebaseerd op de elementen uit het datamodel.

Datamodel voor ruimtelijke objecten

Veldwerk wordt uitgevoerd op de percelen zelf, zoals ploegen en zaaien, of op het gewas dat op een perceel staat, zoals bespuitingen en maaidorsen. Bewerkingen op een landbouwbedrijf zijn niet beperkt tot veldwerk; ze kunnen ook aan niet ruimtelijke objecten zijn gebonden, zoals reparaties aan werktuigen en verzorging van vee. Er zijn ook werkzaamheden aan andere ruimtelijke objecten dan percelen zoals bijvoorbeeld sloten, wegen en gebouwen. Voor een loonwerker zal het hele wegensysteem van zijn omgeving van belang zijn. Een informatie systeem voor ruimtelijke objecten in de landbouw moet dan ook niet beperkt blijven tot percelen.

Topographical Object

In het informatiemodel worden alle gemeenschappelijke kenmerken van de aangeduide ruimtelijke objecten beschreven in de super-entiteit *TopographicalObject* (Figuur 1.). Van de sub-entiteiten *Building*, *Ditch* en *Road* is in het algemeen vrij duidelijk wat daarmee wordt be-

doeld, maar het begrip *Field* heeft een duidelijkere definitie. In het CIA model is een *Field* een stuk land dat over een lange reeks jaren onveranderd zal blijven. Het wordt begrensd door sloten, wegen, percelen van een andere gebruiker, houtwallen, etc. Bij het telen van gewassen kan een *Field* opgedeeld worden in kleinere eenheden, *PartField*, waarop één gewas wordt geteeld. (Uitzondering is een onderteelt zoals graszaad in tarwe) Een *PartField* is een veranderlijke eenheid en wordt per teeltseizoen bepaald.

Bij locatie specifieke werkzaamheden zijn de specificaties voor de werkzaamheden afhankelijk van de positie in het perceel. Een systeem voor plaats specifiek werken moet daarom ruimtelijke informatie kunnen verwerken. Ruimtelijke informatie kan op verschillende manieren worden opgeslagen, afhankelijk van hoe de data is verzameld of waarvoor ze moet worden gepresenteerd en het systeem dat wordt gebruikt voor data opslag. (Molenaar, 1993)

Boordcomputers die gebruikt worden om de plaats specifieke bewerkingen uit te voeren probeert men (nog steeds) met goedkope processoren te realiseren. De verwerking van de ruimtelijke informatie moet aan de "real time" eisen van het uit te voeren proces voldoen. Data opslag media

die betrouwbaar zijn onder veldomstandigheden zijn nog steeds vrij kostbaar. Dit heeft tot gevolg dat er gestreefd is naar presentatie vormen voor ruimtelijke informatie die aan de ene kant zo eenvoudig mogelijk met micro-processoren zijn te realiseren, maar aan de andere kant zo goed als mogelijk aansluiten bij veel gebruikte structuren van geografische informatie systemen. Hierbij kan worden opgemerkt dat internationale standaardisatie van zaken rond geografische informatie pas in 1994 in ISO/TC211 is opgestart.

MapLayer

Van ieder *TopographicalObject* kunnen één of meerdere *MapLayers* worden opgesteld. De *MapLayer* beschrijft de te onderscheiden geografische eenheden binnen een *TopographicalObject* waaraan eigenschappen kunnen worden toegekend. In het CIA informatie model zijn vier methoden voor het beschrijven van de *MapLayers* vastgelegd (figuur 2):

- LaneTable;
- PatternTable;
- RasterTable;
- PolygonTable.

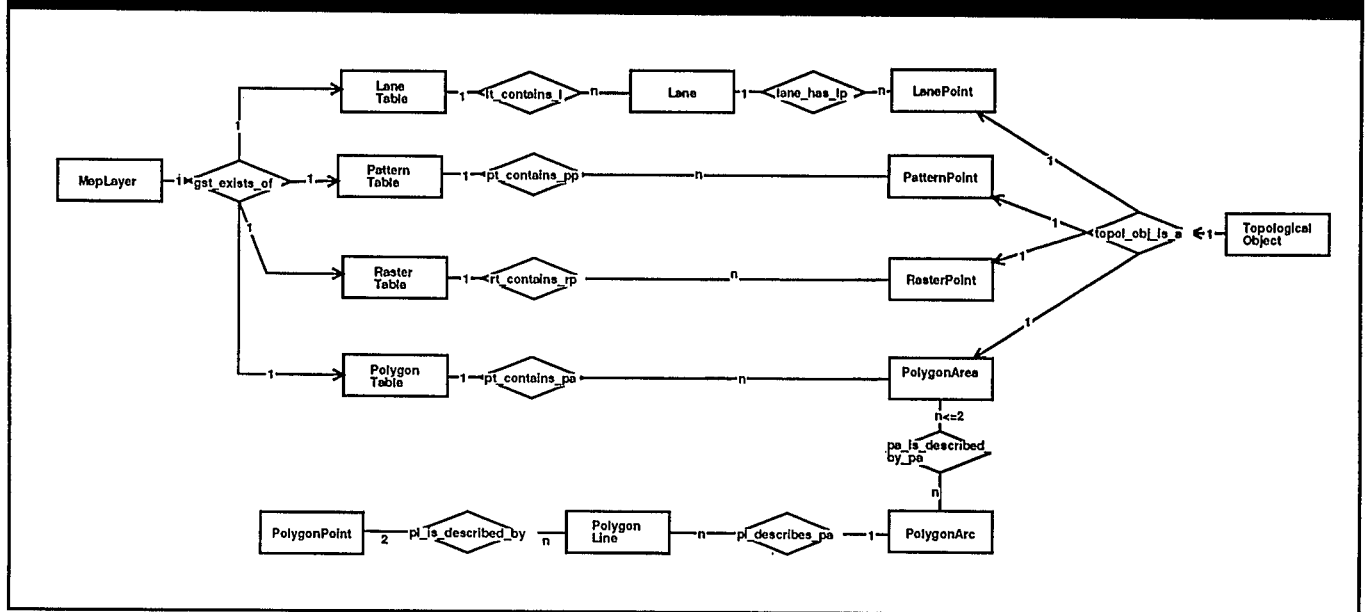
De eerste drie methoden refereren naar punt informatie en de laatste methode heeft betrekking op vlakken.

MapLayer is de super-entiteit waarin eigenschappen die voor alle soorten kaartlagen gelden zijn vastgelegd. Dit zijn de identifier (*MapLayerId*), de referentie naar het topografisch object (*TopographicalObjectID*), het gebruikte coördinaatsysteem (*CoordinateSystemCode*), en in geval van een eigen coördinaatsysteem de ligging van het referentie punt en de rotatie ten opzichte van een bekend coördinaatsysteem (*X- Y- en ZPosMapLayerW* en *A- B- en CRotMapLayerW*). De eigenschappen die specifiek zijn voor de soort kaartlaag zijn in de betreffende sub-entiteit vastgelegd.

LaneTable

De *LaneTable* maakt gebruik van het feit dat een aantal veldwerkzaamheden zoals zaaien, spuiten, kunstmeststrooien en oogsten van sommige gewassen wordt uitge-

Figuur 2 - Entity Relationship Diagram van objecten om ruimtelijke eenheden binnen topografische objecten te beschrijven



agro informatica 8(3) / juni 1995

voerd per werkgang met een vaste breedte waarvan de ligging bekend is. Als het werktuig een vastgestelde route volgt is het mogelijk de positie in het veld te bepalen op een eenvoudige manier van gegist bestek. Het begin en eind van iedere werkgang is te bepalen aan de hand van het in en uit het werk zetten van het werktuig. De positie in de werkgang is af te leiden uit de gemeten rijnsnelheid en de in de route vastgelegde rijrichting. In principe kan zonder positiebepaling systeem gewerkt worden, maar ook als die wel aanwezig is, kan de nauwkeurigheid van de bepaalde positie verbeterd worden met kennis van de ligging van de werkgangen.

Een *LaneTable* heeft één of meerdere werkgangen (*Lane*). Per werkgang wordt vastgelegd; het nummer (*LaneCode*), de lengte ("*LaneLength*"), de breedte (*LaneWidth*), de ligging van het beginpunt (*X- Y- en ZPosLaneMapLayer*) en de richting (*LaneDirection*). Iedere werkgang heeft één of meerdere *LanePoints*. Voor ieder *LanePoint* is de afstand van het punt tot aan het begin van de werkgang vastgelegd (*DistanceInLane*).

Voor zover bekend heeft de hier beschreven "LaneTable" geen equivalent in bekende geografische informatie systemen. Als er gewerkt wordt met boordcomputers die deze vorm van geografische informatie gebruiken of opleveren en een commercieel geografisch informatie systeem op de ma-

nagement computer, moet er software voor de conversie beschikbaar zijn.

PatternTable

Punten die willekeurig over het topografisch object verdeeld zijn worden vastgelegd in een *PatternTable* die één of meerdere *PatternPoints* heeft. Van ieder *PatternPoint* wordt de positie in het gebruikte coördinaatsysteem voor het topografisch object vastgelegd (*X- Y- en ZPosPatternPointTopogrObjM*). Een *PatternTable* heeft zijn equivalent in de meeste geografische informatie systemen zoals bijvoorbeeld in ARC/Info (van der Knaap en van der Meer, 1993) waar een "point coverage" met een "Point Attribute Table" wordt toegepast.

Een *PatternTable* zal het meest op zijn plaats zijn bij puntwaarnemingen zoals bodemonsters, en observaties aan een gewas, waarbij dan geen sprake is van een regelmatig patroon.

RasterTable

Zoals bij een *PatternTable* heeft een *RasterTable* een verzameling van één of meerdere punten, maar deze hebben een regelmatige onderlinge afstand in de X en de Y richting. Deze afstanden zijn vastgelegd in de sub-entiteit *RasterTable*, met het aantal punten in de X, respectievelijk Y richting (*NumberX- en NumberYCoordRaster*). Het is niet nodig om de coördinaten van de *RasterPoints* op te slaan. Ze kan voor elk

punt met de gegevens van *RasterTable* berekend worden. Uiteraard dient voor gegevens uitwisseling tussen partijen het algoritme zich strikt aan de definitie te houden. Het voordeel van een raster tabel is de minimale geheugen capaciteit die nodig is voor het vastleggen van de ruimtelijke objecten, terwijl het mogelijk is met een vrij eenvoudig algoritme van een gemeten positie in het veld het dichtstbijzijnde raster punt te bepalen.

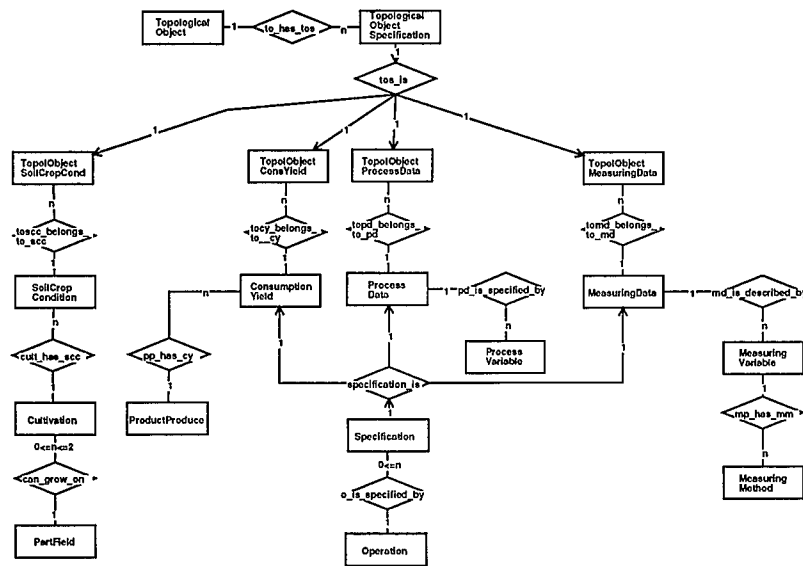
PolygonTable

De *PolygonTable* stelt het topografisch object voor als een verzameling van één of meerdere vlakken. Een vlak (*PolygonArea*) wordt beschreven door één of meerdere arcs (*PolygonArc*). Iedere arc is op zijn beurt weer beschreven door één of meerdere rechte lijnstukken (*PolygonLine*). De relatie met vector gebaseerde GIS systemen is duidelijk zoals bij ARC/Info waar deze beschrijving wordt gebruikt. Er zijn echter eenvoudiger populaire GIS systemen zoals IDRISI, waar een equivalent van het object *PolygonArc* niet wordt ondersteund. Hier wordt een vlak beschreven door een verzameling van meerdere lijnstukken.

Punt en vlak informatie

Bij de eerste drie besproken systemen is gesteld dat er sprake is van punten. Deze hebben in principe een oneindig klein oppervlak, maar zullen in geval van

Figuur 3 - Entity Relationship Diagram van verschillende soorten specificaties om de eigenschappen van topologische objecten vast te leggen



uitgevoerde waarnemingen in de praktijk staan voor de waarde van een vlak rondom dat punt met een omvang die praktisch meetbaar is. Het is echter ook mogelijk bij *LanePoint* en *RasterPoint* te stellen dat het punt staat voor aansluitende rechthoekige vlakken, cellen, rondom het gedefinieerde punt. (Bij een *PatternPoint* is dit niet mogelijk). De interpretatie als vlak of als punt dient duidelijk te worden aangegeven omdat voor een correcte interpolatie vlakwaarnemingen en puntwaarnemingen verschillende technieken behoeven.

In geval van interpretatie van een raster als celraster lopen na de conversie naar een ander coördinaatsysteem via een lineaire afbeelding (rotatie en translatie) de zijden van het vlak niet meer parallel aan de coördinaat assen. Bij niet lineaire afbeeldingen zoals bijvoorbeeld de conversie tussen UTM en RD (zie coördinaatsystemen) zal ook de vorm, zij het in geringe mate, veranderen.

Specificaties voor veldwerk

Bij de planning, voorbereiding, uitvoering, evaluatie en vastlegging van veldwerk is er sprake van specificaties, die afhankelijk van het stadium de status gepland, in uitvoering, of gerealiseerd

kunnen hebben. Deze specificaties kunnen betrekking hebben op:

- de uitvoering van de bewerking;
- de toestand van het perceel of het gewas;
- gegevens verzameld tijdens veldwerk.

Alle gemeenschappelijke gegevens voor het uit te voeren veldwerk zijn vastgelegd in de super-entiteit "Specification", en de specifieke eigenschappen in de respectievelijke sub-entiteiten.

Specificatie van bewerkingen

De specificaties van bewerkingen geven aan hoe de bewerking moet worden (of is) uitgevoerd. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen product specificaties en andere specificaties voor de bewerking (figuur 3).

Product specificaties zijn beschreven door de entiteit *ConsumptionYield* en geven aan welke producten in welke hoeveelheden toegediend worden of zijn. Dit kan ook betrekking hebben op te oogsten producten. Deze entiteit heeft een relatie met *ProductProduce*, die een aantal karakteristieke eigenschappen van het produkt omvat. Niet produkt afhankelijke specificaties van het veldwerk zijn beschreven door de entiteit *ProcessData*. Voorbeelden zijn specificaties als bewerkingssnelheid, bewerkingssnel-

heid, haksellengte, etc. Het zijn de eigenschappen, de *ProcessVariables*, van de bewerking zoals die onafhankelijk van het te gebruiken werktuig door een management systeem kunnen worden opgesteld of geïnterpreteerd. Het is de taak van de proces computer van het werktuig, of daaraan gerelateerde software op het management systeem, om deze specificaties van de bewerking om te zetten in de specifieke machine instellingen.

Toestanden van perceel en gewas

Deze gegevens beschrijven de toestand van de bodem of het gewas. De entiteit *SoilCropCondition* geeft de waarde van *SoilCropVariables* zoals vochtgehalte, nitraatgehalte, gewaslengte, LAI etc. Ze refereert naar bodem- en gewasvariabelen die een agronomische betekenis hebben.

Gegevens verzameld tijdens veldwerk

In veel gevallen is het wenselijk om tijdens de uitvoering van veldwerk een aantal oorspronkelijke gegevens vast te leggen die op zichzelf geen informatie zijn over het produkt, de bewerking, het gewas of de bodem. Dit is de entiteit *MeasuringData* die refereert naar *MeasuringVariable*. Dit kunnen werktuig specifieke va-

riabelen zijn zoals toerentallen, rijsnelheid, spuitdruk en meer of minder bewerkte sensor signalen zoals gewas reflectie, trekkracht, produktstroom of positie verkregen via een Global Positioning System (GPS) ontvanger.

Deze oorspronkelijke gegevens worden vastgelegd omdat ze niet "real time" verwerkt kunnen worden, of omdat correctie van deze variabelen met later beschikbaar komende informatie moet plaats vinden.

Ruimtelijke specificaties

De genoemde soorten gegevens moeten in geval van plaats specifiek werken aan een locatie of aan een vlak binnen het perceel worden toegekend. Alle onder *MapLayer* genoemde ruimtelijke objecten worden gezien als een *TopologicalObject* en de hieraan gekoppelde specificaties als een *TopologicalObjectSpecification*. Laatst genoemde entiteit verwijst uiteraard naar het *TopologicalObject* en naar de *Specification*. In *TopologicalObjectSpecification* wordt de waarde van de specificatie aangegeven. Een tweede attribuut specificiert of het hier om een absolute of een relatieve waarde gaat. Alle andere eigenschappen zoals de eenheid (kg/ha, m, etc.), de referentie naar het produkt of de variabele en de status van de waarde (gepland, actueel, etc.) wordt eenmalig gedefinieerd in *Specification* of de daarvan afgeleide sub-entiteiten.

Coördinaatsystemen

Om ruimtelijke informatie vast te leggen zijn er meerdere coördinaatsystemen beschikbaar en afhankelijk van de actuele toepassing of de beschikbare middelen voor positie bepaling heeft gebruik van een bepaald coördinaatsysteem de voorkeur. Bij gebruik van verschillende coördinaatsystemen is het noodzakelijk dat ze naar elkaar getransformeerd kunnen worden.

Voor universele uitwisseling van plaats specifieke gegevens zal er verwezen moe-

ten worden naar een aantal hoofd coördinaatsystemen. Hiervoor komen in aanmerking:

- World Geodetic System 1984 (WGS 84). Dit is een referentie coördinaatsysteem gedefinieerd door het Amerikaanse Ministerie van Defensie dat wordt gebruikt door GPS. Een punt is in dit systeem beschreven door longitude, latitude en hoogte, waarbij de eerste twee worden uitgedrukt in graden minuten en seconden en de laatste in meter boven de GPS geode.
- Universal Transversal Mercator projectie (UTM). Dit is een geodetisch coördinaatsysteem dat veel wordt gebruikt in militaire toepassingen. Het systeem is een specifieke keuze voor een kaart projectie en is universeel in toepassing om zijn systematische rangschikking van UTM projecties die de hele aardbol omvat.
- Rijks Driehoek (RD) is het vrij algemeen toegepaste coördinaatsysteem binnen Nederland.

Deze drie coördinaatsystemen kunnen naar elkaar geconverteerd worden. Het zijn echter geen lineaire afbeeldingen. De conversie verloopt via polynoom benaderingen.

Naast deze hoofd coördinaatsystemen is het in veel gevallen handig om ook een veldspecifiek coördinaatsysteem te hebben en een coördinaatsysteem specifiek voor de trekker-werktuig combinatie. Voor een veld is het dan eenvoudiger bepaalde plaatsen te lokaliseren. Bij een trekker-werktuig combinatie is het noodzakelijk om de offset van een aan te sturen deel van het werktuig ten opzichte van het referentie punt voor de hele werktuigset te bepalen. Hierbij verandert de oriëntatie ten opzichte van het hoger gelegen coördinaatsysteem gedurende de uitvoering van de bewerking. Voor alle coördinaatsystemen is het van belang dat ze de zogenaamde "righthand-thumbs rule" volgen. Dit betekent dat X en Y het horizontale vlak vormen en Z de verticale richting met de positieve richting omhoog gericht. Indien deze veld en werktuig coördinaatsys-

temen hun oorsprong vinden in UTM of RD zijn de coördinaten via een combinatie van translatie en rotatie een voudig te verwerken naar het hoofd coördinaatsysteem.

WGS84 is uitgedrukt in graden, minuten en seconden. Het moet daarom geconverteerd worden om positie bepaling op basis van WGS84 te combineren met gegist bestek. Een "metrisch" coördinaatsysteem heeft daarom onze voorkeur om als basis systeem gebruikt te worden. Het vrij algemene civiele gebruik van RD in Nederland, en het feit dat de grens van twee UTM projecties over Nederland loopt pleiten voor het gebruik van RD als basis coördinaatsysteem.

Discussie

Het resultaat van de informatieanalyse is een generiek informatiemodel voor de uitvoering van locatie specifiek veldwerk dat onderdeel uitmaakt van een groter model opgesteld in het project Computer Integrated Agriculture. Dit grotere model omvat meer aspecten van de landbouw. Dit garandeert dat de ruimtelijke informatie goed aansluit bij andere delen van het totale informatie systeem. De werkdocumenten van genoemd informatie model zoals die in ISO/TC23/SC19 worden gebruikt zijn bij de auteurs verkrijgbaar.

Literatuur

- Molenaar, M. (1993)
Enkele informatie theoretische aspecten van GIS, *Agroinformatica*, 6(2):9-13.
- Knaap, W. G. M. van der, en A. M. van der Meer. (1993)
Zelfstudiepakket ARC/Info, Werkgroep geografische informatiesystemen en teledetectie, Wageningen.
- Goense, D. en J. W. Hofstee (1994)
Communication between and within Agricultural Equipment, Paper presented at 1994 SAE International Off Highway & Powerplant Congress & Exposition, Milwaukee, september 12-14, 1994. SAE Technical Paper Series No. 941763, SAE, Warrendale, PA, 1994.