

Computers en Elektronica op Landbouwwerktuigen voor Precisie Landbouw

Ir. J. v. Bergeijk en Dr. Ir. D. Goense

Assistent in opleiding en universitair hoofddocent

Vakgroep Agrotechniek en -fysica, Landbouwuniversiteit, Wageningen

Bomenweg 4, 6703 HD Wageningen

Telefoon 0317-482889 en 0317-484138, telefax 0317-484819

E-mail Jaap.van.Bergeijk@User.AenF.WAU.NL en Daan.Goense@User.AenF.WAU.NL

Referaat

In precisie landbouw wordt door het plaats specifiek uitvoeren van bewerkingen ingespeeld op verschillen die binnen percelen optreden. Landbouwwerktuigen spelen niet alleen een belangrijke rol bij het uitvoeren van de bewerkingen, maar ook bij het verzamelen van informatie over de toestand van gewas en grond. Hiervoor zijn sensor systemen in ontwikkeling. Naast positie bepaling is ook een methode van vast leggen van ruimtelijke kenmerken nodig die op mobiele computers hanteerbaar is. Voor de gegevens uitwisseling met, en tussen werktuigen onderling, is een data communicatie infrastructuur vereist. Bij de beslissing ondersteunende systemen voor lokatie specifieke teelt zullen we een geleidelijke ontwikkeling zien waarin over de tijd de toeneemende kennis over gewas reactie onder verschillende omstandigheden wordt geïncorporeerd.

Trefwoorden: Precisie landbouw, Geografisch informatie systeem, Global Positioning System, sensoren, communicatie protocol.

Verschillen

Binnen veel percelen zijn duidelijke verschillen aanwezig. In een natte winter zijn soms plassen water zichtbaar, onkruid is vaak duidelijk pleksgewijs aanwezig en gedurende het groeiseizoen en bij de oogst zijn op het oog verschillen in ontwikkeling en opbrengst waar te nemen.

In 1993 varieerde de opbrengst van een perceel tarwe in de Wieringermeer tussen 6000 en 14000 kg/ha. (gemiddeld 11300 kg/ha met een standaardafwijking van 1400 kg/ha). In 1994 liep de aardappelopbrengst op een ander perceel uiteen van 25 tot 45 ton/ha. Resultaten van de kartering van de stro opbrengst zoals weergegeven in figuur 1 laten duidelijke verschillen zien. Deze verschillen betekenen bij de toegepaste uniforme behandeling een groot verschil in de efficiency van de input in de vorm van meststoffen en bestrijdingsmiddelen.

Zoals in het artikel van Bouma in deze uitgave is aangegeven wordt er bij plaats specifieke teelt, als onderdeel van precisie landbouw, rekening gehouden met de optredende verschillen en wordt er daarmee zowel een beter rendement van input gerealiseerd als aan milieu doelstellingen tegemoet gekomen. In het zelfde artikel wordt ook aangegeven dat een dynamische controle van de teelt een essentieel element is in precisie landbouw. Deze benadering geldt ook voor homogene percelen, maar in geval van plaats specifieke teelt

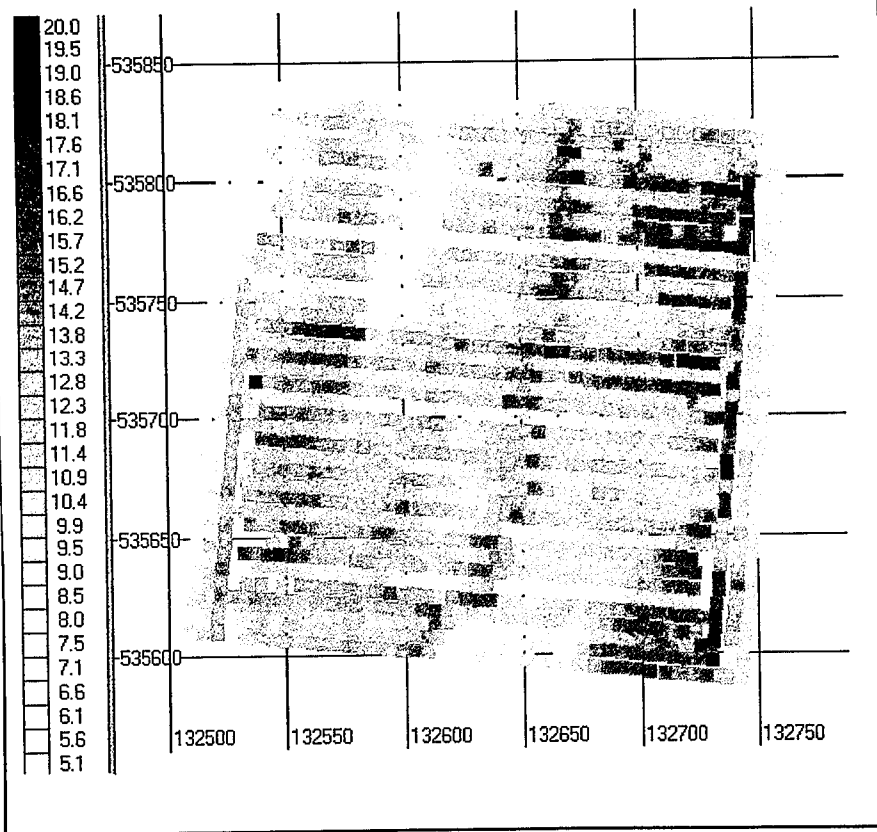
wordt daarbij nadrukkelijk rekening gehouden met ruimtelijk bepaalde invloed factoren op het verloop van de groei.

Deze benadering heeft consequenties voor de landbouwwerktuigen die in de teelt worden gebruikt. De werktuigen moeten niet alleen in staat zijn om de bewerkingen met een voor iedere positie in het veld specifieke instelling uit te voeren, maar spelen een hele nadrukkelijke rol in de dynamische controle van het teelt proces. Er ontstaat een gesloten regel lus, waarbij een geavanceerd beslissing ondersteunend systeem zorgt dat optimale keuzes van de hoeveelheid toe te dienen grondstoffen en de waarden van andere proces variabelen, de setpoints, tot stand komen. Het werktuig systeem zorgt dat de setpoints worden uitgevoerd en meldt de werkelijk gerealiseerde variabelen terug. Daarnaast worden met de sensor systemen op de werktuig combinatie zo veel mogelijk gewas en bodem variabelen gemeten en teruggemeld aan het beslissing ondersteunend systeem. Met het terugmelden van de gewastoeestand als gevolg van eerder genomen teeltmaatregelen is de regel lus gesloten.

De belangrijke rol van landbouwwerktuigen blijkt uit activiteiten van de grotere landbouwwerktuigen firma's. John Deere met zijn "Precision Agricultural Taskforce" is een voorbeeld, maar op de laatste "Agritechnica" in Hannover liet ook het Europese concern Claas zien op dit gebied actief te worden.

Figuur 1 - De opbrengst van stro in ton/ha van een perceel op de van Bommelhoeve in de Wieringermeer, zoals gemeten tijdens de oogst in augustus 1995.

agro.informatica 9(1) / maart 1996



In-Space

De gedachten achter precisie landbouw en plaats specifieke teelt is voor de vakgroepen Agrotechniek en -Fysica en Bodemkunde en Geologie van de Landbouwwuniversiteit aanleiding geweest om eind 1993 een project op te starten waarbij een systeem wordt ontwikkeld voor plaats specifiek kunstmest strooien. In dit project, gefinancierd door de EG, wordt samengewerkt met de Katholieke Universiteit Leuven (België), Cemagref, ITCF (Frankrijk) en Silsoe (Engeland). Het Nederlandse deel wordt uitgevoerd op een van de percelen van de van Bemmelenhoeve in de Wieringermeer. Een deel van de ervaringen in dit artikel zijn gebaseerd op de activiteiten binnen dit project.

Het systeem

Voor een systeem van precisie landbouw met plaats specifieke teelt zijn een aantal aspecten van belang:

- De ruimtelijke kenmerken van elk perceel moeten worden vastgelegd en in-

formatie daarover moet makkelijk toegankelijk zijn om ze verder te kunnen verwerken.

- Tijdens het veldwerk moet de positie van de actieve werktuig delen binnen het perceel bekend zijn.
- Voor het waarnemen van proces variabelen en gewas- en grond eigenschappen is een divers scala van intelligente sensor systemen nodig.
- Er dient een data communicatie infrastructuur te zijn zowel binnen de trekker werktuig combinatie als tussen deze combinatie en het management systeem.
- Er is een toegesneden beslissing ondersteunend systeem voor het opstellen van de specificaties voor plaats specifieke teeltmaatregelen.

Ruimtelijke kenmerken.

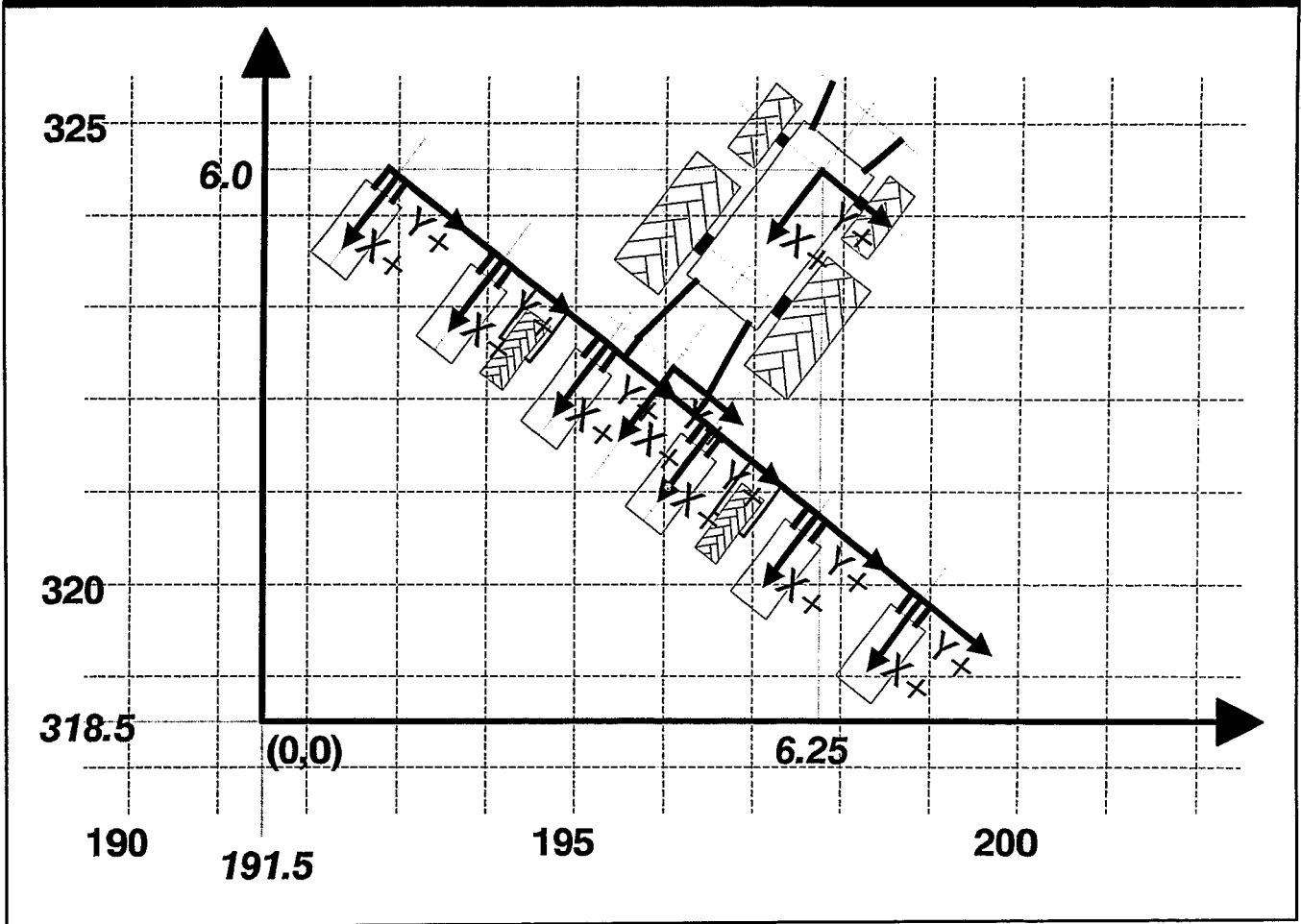
Voor het vast leggen van ruimtelijke kenmerken zijn topologische objecten zoals punten, lijnen en vlakken die de geometrische aspecten weergeven en de specificatie variabelen die de toestand van die ruimtelijke objecten beschrijven. In de

computer die voor beslissing ondersteuning wordt gebruikt kan van meer of minder geavanceerde GIS pakketten gebruik worden gemaakt voor opslag, presentatie en verdere verwerking. Voor de "task controller" op de trekker werktuig combinatie zal een presentatievorm worden gekozen die real-time toegang van de ruimtelijke setpoint variabelen goed mogelijk maakt. In dit stadium van ontwikkeling kiezen fabrikanten voor verschillende vormen van presentatie, afhankelijk van het feit of ze meer of minder krachtige processoren gebruiken. Als voorstel voor uitwisseling van ruimtelijke gegevens is een aantal topologische objecten gedefinieerd en een aantal objecten die de eigenschappen van die objecten beschrijven (Goense et al., 1995; Goense et al., 1996). De meeste van deze topologische objecten hebben hun equivalent in GIS systemen, maar de Lane-Table met zijn Lane's en LanePoint's is een manier van beschrijven die het mogelijk maakt om zonder positie systeem toch ruimtelijk te werken en/of te registreren. Er wordt in dat geval toegediend en geregistreerd op basis van de afgelegde weg in de diverse werkgangen.

Voor de topologische objecten kunnen verschillende soorten specificaties worden gedefinieerd.

TopologicalObjectConsumptionYield specificificeert de toe te dienen of geoogste hoeveelheid produkt, TopologicalObjectProcessData de specificaties voor een bewerking zoals bv werkdiepte, TopologicalObjectCropSoilData de gewas of bodem eigenschappen (Goense et al., 1995; Goense et al., 1996). TopologicalObjectMeasuringData is bedoeld om gemeten sensor waarden vast te leggen die via een extra bewerking op de management computer in een van de drie eerder genoemde variabelen kan worden omgezet. Alle vier de objecten zijn sub-entiteit van TopologicalObjectSpecification waarin onder andere attributen zijn gedefinieerd die aangeven of het hier gaat om de setpoint-, de gerealiseerde-, de maximum waarde etc.

Figuur 2 - Voorbeeld van een veld coördinaat systeem in een nationaal coördinaat systeem. De trekker heeft zijn eigen coördinaat systeem, net zoals het werktuig en een aantal werktuigen delen (Goense en Hofstee, 1994).



agro informatica 9(1) / maart 1996

Positie bepaling.

Het Global Positioning System (GPS) wordt algemeen gebruikt voor positie bepaling van een trekker-werktuig combinatie in het veld. Een enkelvoudige civiele ontvanger geeft een fout tussen de 50 en 100 m. Met behulp van het radiografisch verzonden signaal van een tweede, in de omgeving vast opgestelde, GPS ontvanger wordt in de differentiële modus een fout van 2-3 m gemaakt. Met moderne 10 kanaal ontvangers en verbeterde software kan de fout tot binnen een meter beperkt blijven. In het project dat in de Wieringermeer wordt uitgevoerd wordt een eigen differentieel station gebruikt. Er zijn een aantal landen, waaronder Nederland, waar referentie signalen beschikbaar zijn op het kanaal van de publieke radio of op speciale radio frequenties. Meestal moet een abonnement worden betaald. Auernhammer (1995) heeft in zuid Duitsland een aantal referentie signalen vergeleken en constateerde duidelijke verschillen in de nauwkeurigheid van de positie bepaling. Kwaliteit van het radio signaal en frequentie

waarin nieuwe data wordt verstuurd zijn van invloed. Op de vakgroep Agrotechniek en -fysica is een robuust positie bepaling systeem ontwikkeld dat naast de GPS informatie ook de gegevens van een kompas en de rijsnelheid gebruikt. Als het satelliet signaal even weg valt door een obstakel blijft hiermee een ononderbroken berekening van de positie mogelijk. Daarnaast compenseert dit systeem automatisch voor systematische afwijkingen in de gemeten rijsnelheid.

Voor plaats specifiek werken is niet de positie van de GPS antenne van belang maar die van het uitvoerende deel van het werktuig. Dit is bijvoorbeeld de positie van het maaibord van een maaidorser, of die van het strooi- of spuitbeeld van een aan te sturen sectie van een kunstmeststrooier of spuit. Er wordt voorgesteld een driedimensionaal coördinaat systeem te hantieren voor ieder werktuig en ieder relevant werktuig deel. Dat systeem volgt de "right hand rule" van ISO9787:1990(E) volgt. (ISO, 1990). Zo'n coördinaat systeem

heeft een translatie en rotatie ten opzichte van een hogere orde coördinaat systeem. Het spuitbeeld van een spuitdop heeft een positie binnen het coördinaat systeem van de spuitboom sectie, het coördinaat systeem van de spuitboom sectie een positie in die van het werktuig. Het werktuig heeft weer een positie in die van de trekker. Deze relatieve positie kan door verandering van de hoogte van de hef variëren, en bij getrokken werktuigen is de rotatie in het aankoppel punt variabel. De trekker heeft weer een translatie en rotatie ten opzichte van het perceel (Goense en Hofstee, 1994) (figuur 2). GPS ontvangers geven standaard hun positie volgens WGS84 in lengte en breedte graden. Het heeft de voorkeur om in een geodetisch coördinaat systeem te werken zoals het in Nederland gebruikte Rijks Driehoek (RD) systeem. Dit is uitgedrukt in meters wat zich in het intelligente positie bepaling systeem goed laat combineren met de andere informatie. Veel ontvangers kunnen rechtstreeks naar een aantal geodetische systemen omreke-

nen, maar omrekening naar RD is niet altijd voorzien.

Meten

Landbouwwerktuigen dienen de setpoints voor input en andere proces variabelen die door het beslissing ondersteunend systeem zijn bepaald zo nauwkeurig mogelijk uit te voeren. Dat kan worden gerealiseerd door aan het proces te meten en in een, binnen het proces, gesloten regelkring op eventuele afwijkingen te reageren. Sensoren die de hoeveelheid zaad tellen, de flow van een spuitvloeistof meten en continue de massa van een kunstmeststrooier wegen zijn voorbeelden. De informatie van deze sensoren wordt ook gebruikt om aan het beslissing ondersteunend systeem terug te melden wat daadwerkelijk is gerealiseerd. Daarnaast kan van een aantal sensoren die oorspronkelijk voor de proces regeling zijn bedoeld informatie over gewas en grond worden verzameld. Een voorbeeld is de meetpennen in de hefinrichting van een trekker die informatie voor de trekkracht regeling geven, maar waaruit in principe ook informatie over de weerstand tijdens het ploegen kan worden afgeleid. Graan flow meters op maaidorsers maken het karteren van de opbrengst mogelijk en hebben met name de aanzet tot precisie landbouw gegeven. In eerste instantie waren ze bedoeld als extra informatie voor bewaking van het niveau van dorsverliezen. Nu wordt er gezocht naar specifieke sensoren om tijdens bewerkingen, waarbij systematisch een route over een perceel wordt afgelegd, zoveel mogelijk informatie over gewas en bodem te verzamelen. Voorbeelden zijn de meting van gewas reflectie, op afstand meten van bodemvocht (Stafford 1988), met beeldbewerking meten van de mate van verkruiemeling van een zaaibed en bepalen van de onkruid bezetting (Thomson et al., 1991). De mogelijkheden van meting van organische stof- en stikstofgehalte worden onderzocht. Deze nieuwe sensor technologieën maken het ook mogelijk om direct in het veld op lokale verschillen te reageren. In bepaalde gevallen is plaats specifiek spuiten op basis van real-time gemeten informatie uitvoerbaar.

Bij het verzamelen van informatie zijn er in principe twee benaderingen mogelijk. De gemeten sensor waarden worden real-time verwerkt tot relevante gewas-, bodem- en proces variabelen die direct aan topologische objecten binnen het perceel worden gekoppeld. Dit stelt hoge eisen aan de processor capaciteit. "Time stamped data logging" is wat betreft verwerking veel eenvoudiger maar vraagt veel meer geheugen. Uit de vastgelegde gegevens wordt door post verwerking op de management computer de relevante informatie berekend. Onze ervaring is dat de originele sensor data vaak correctie behoeft, waarvoor informatie nodig is die pas later beschikbaar komt. Daarom zal het loggen van sensor data een belangrijke functionele eis van boordcomputer systemen zijn.

Data infrastructuur

Voor realisatie van precisie landbouw is communicatie tussen management systeem

en werktuig systeem noodzakelijk. Binnen ISO/TC23/SC19 wordt gewerkt aan een standaard voor deze gegevens uitwisseling op basis van ISO 11787, het ADIS protocol. Naast het ADIS protocol is een data dictionaire noodzakelijk waarvan een concept beschikbaar is als ISO/CD 11783 Part 9. In deze data dictionaire, waaraan een informatie model ten grondslag ligt, zijn veel van de eerder genoemde objecten terug te vinden. De mogelijkheden van draadloze communicatie zullen mogelijk om een ander protocol vragen, maar die kan gebruik maken van dezelfde data-dictionaire. Tele-communicatie maakt het mogelijk dat de scheiding tussen het stationaire management- en het mobiele procesbesturing deel niet meer met de fysieke scheiding van computer platforms hoeft samen te vallen. Er is al een applicatie bekend waar de task controller op een computer in het kantoor draait en op de trekker in feite alleen nog een terminal aanwezig is. Van de andere kant is ook te overwegen een deel van de algoritmen voor bijvoorbeeld de optimalisatie van de mestgift op de task controller real-time te laten werken met meenemen van actuele gegevens van sensoren. Welke oplossingen gekozen

worden hangt van diverse factoren af waarbij bedrijfszekerheid een rol zal spelen. Aspecten van gedistribueerde, real time data-bases komen aan de orde.

Voor de beschreven sensor systemen, de procesregelaars, de interface met de bestuurder is een gedistribueerd systeem van processoren op de trekker-werktuig combinatie aanwezig. Hiervoor is in de concepten van verschillende delen van ISO 11783 een oplossing op basis van CAN uitgewerkt. Bij de huidige technologie en sensor systemen is de capaciteit van dit systeem in een DIN variant met 50 kbit voldoende. (Hofstee en Goense, 1994) Op dit moment wordt onderzocht of de zorg over gebrek aan bandbreedte bij 250 kbit in toekomstige systemen gerechtvaardigd is.

Beslissing ondersteuning

Het principe van precisie landbouw valt en staat met daarop toegesneden beslissing ondersteuning. Vanuit landbouwtechnisch oogpunt valt er op detail punten nog veel te verbeteren maar het principe van plaats specifiek uitvoeren van bewerkingen is mogelijk en voor granen kan het uiteindelijke resultaat van de teeltmaatregelen door opbrengstmeting worden bepaald. Bestaande adviezen zijn gebaseerd op gemiddelde omstandigheden en voor precisie landbouw slechts beperkt geschikt.

De eerste stap voor beslissing ondersteunende systemen, gericht op plaats specifiek werken, moet de boer op een overzichtelijke, gebruikersvriendelijke manier een overzicht geven over wat, waar en op welk tijdstip aan de hand is. De presentatie mogelijkheden van een toegesneden GIS pakket bieden hiervoor goede mogelijkheden. Het beslissing ondersteunend systeem hoort de kennis te hebben hoe er overlays gemaakt moeten worden, welke data op welke manier geïnterpoleerd mag worden etc.

Simulatie modellen die rekening houden met meerdere opbrengst bepalende variabelen kunnen in de toekomst een belangrijke rol gaan spelen om de effecten van mogelijke teeltmaatregelen op zowel op-

brengt als milieu te evalueren. De opbrengst verwachting en neveneffecten zullen daarbij altijd een stochastische grootheid blijven door de onzekerheid over het weer op lange termijn, ook al is er met moderne sensor systemen veel informatie over bodem en actuele stand van het gewas bekend. Optimalisatie routines zullen op basis van mogelijke effecten, met hun kans daar op, een optimale oplossing moeten bepalen. Naast de hoeveelheid produktiemiddelen of de waarde van proces variabelen die per plaats zullen variëren zal ook het optimale tijdstip van uitvoering van het werk per locatie verschillend kunnen zijn. Het plannen van werkzaamheden krijgt hierdoor een extra, ruimtelijke, dimensie.

Vooruitzichten

Het tempo waarin precisie landbouw zijn intrede in Nederland zal doen hangt in sterke mate af van de verwachtingen die boeren hebben over de financiële

voordelen. Prijsontwikkelingen in de elektronica zijn zodanig dat de technologie binnen korte tijd te overwegen is. Bekendheid met de mate van variabiliteit binnen de percelen van het bedrijf is nodig, maar de beslissing ondersteunende systemen zullen zover ontwikkeld moeten zijn dat ze kunnen aangeven wat bij die variabiliteit te verbeteren valt.

Literatuurlijst

Auernhammer H. 1995.

Mondelinge presentatie tijdens de Agri-technica, Hannover, november 1995.

Goense, D. and J. W. Hofstee. 1994.

Communication Between and Within Agricultural Equipment. SAE Technical Paper Series No. 941763. SAE Warrendale, PA, USA, 1994.

Goense, D., J. W. Hofstee en J. van Bergeijk. 1995.

Geografische informatie voor plaats specifieke werkzaamheden. *Agro-Informatica* 8 (3):28-32.

Goense D., J. W. Hofstee en J. van Bergeijk. 1996.

An information model to describe systems for spatially variable field operations. *Computers and Electronics in Agriculture*, in press for 1996

ISO; International Organisation for Standardisation (1990) ISO 9787:1990 (E)

Manipulating industrial robots - Coordinate systems and motions, 5pp.

Stafford. J.V. 1988.

Remote, Non-contact and in-situ Measurement of soil moisture content: a review. *J. agric. Eng Res.* (1988) 41, 151-172.

Thomson, J.F., J.V. Stafford, P.C.H. Miller. 1991.

Potential for automatic weed detection and selective herbicide application. in *Crop Protection* volume 10 August 1991.