

CIP-gegevens Koninklijke Bibliotheek, Den Haag

van Bergeijk, J.

Design and Integration of Components for Site Specific Control of Fertilizer Application

Thesis Wageningen University - With ref. - With summaries in English and Dutch

ISBN 90-5808-535-X

Keywords: Precision Agriculture, Site Specific Agriculture, Global Positioning System, GPS, Fertilizer Application, Information System.

## Abstract

Spatial and temporal variability in soil, crop and climate characteristics results in non optimal use of fertilizers when the application rate is kept constant within agricultural fields. Components to adapt the fertilizer rate to site specific conditions are identified and discussed. One of the basic components is positioning; both for data acquisition and for site specific control, a reliable and accurate positioning device has to be available. For a correct description of the spatial variability of soil properties often many samples are required. The possibility to reduce the number of soil samples by means of correlation with recorded plough draught is presented. Next to data recording, site specific control of a fertilizer spreader is discussed. Not just adaption of fertilizer rate to local requirements but also recording of applied fertilizer amount is important. Calculation of the required amount of fertilizer is based on information from different sources. To accommodate this data exchange, an information model for processing of spatial and temporal data is presented. Field experiments were conducted to evaluate the components and determine the required spatial scale of operation. To describe the soil variability, a grid with a cell size of 5 by 5 meter was necessary. The positioning system was sufficiently accurate but the implements for the application of fertilizer had to be modified to vary application rate that precise.

## *Summary*

The spatial and temporal variability, as present in soil, crop and climate, results in differences in utilization of nutrients and in the need for cultivation activities. Traditionally, the spatial resolution for cultivation activities is equal to the size of the fields. With recent technological developments such as satellite based positioning and automated control systems it is possible to increase the spatial resolution. In this approach, within-field variability is not neglected but instead used as a source of information. The concept behind this approach is that the availability of more detailed information leads to a more accurate farming method resulting in no or minimal emission of minerals and agrochemicals to the environment. The abstract formulation of this concept already shows that for a successful implementation, cooperation between several disciplines is necessary. It might start with technology that offers certain tools or possibilities but the applications depend on the knowledge on the interactions between soil, crop and climate and of the ability in the farming system to utilize this knowledge.

This research focuses on the development and evaluation of a system for site specific application of fertilizer. A number of components that are required for the definition of a site specific fertilizer advice and for the evaluation of crop nutrient efficiency and leaching are: positioning systems, soil characterization, crop status monitoring and crop yield determination, control of fertilizer application and processing of spatial and temporal data. The central issue with several of these components is: “what spatial resolution is required to describe and address the variability correctly?”.

Positioning systems that combine a number of distance to beacon measurements are common practice. When satellites are used as beacons it might happen that calculation of a location fails when satellites are not in line of sight or that the accuracy degrades when satellite constellation is not optimal. It is therefore important that a positioning system that has to guarantee continuous position updates also uses information from other sensors. The reliability and the accuracy of the position measurements increase when driving speed and heading are combined with distance to satellite measurements

by means of a Kalman filter.

Determination of the spatial variability in soil characteristics requires a large number of soil samples. This number can be reduced when correlated measurements with a large resolution are available with less effort. An example is the correlation between specific plough draught and clay content in the top soil layer. On a 6 ha size research field, information on specific plough draught could reduce the number of soil samples from 60 per ha to 18 per ha while the prediction error for clay content increased by 20%.

One of the causes of inaccurate application of fertilizer are application errors due to incorrect calibration of the fertilizer flow control device. Adjustment of this calibration can be automated by means of dynamic weighing of the fertilizer decrease during fertilizer spreading. Another benefit of this system is that the actual applied amount of fertilizer can be logged. In case of incorrect dosing, this can be corrected during succeeding applications.

Processing of a large amount of data is currently one of the major bottlenecks in the precision agriculture concept. Combination of basic structures from geographic information systems (GIS) with entities valid for farm management are required to build an information system capable of both handling spatial data and processing data from farm activities. Using the unified modelling language (UML) a prototype of an information system is presented.

A number of factors play a role when the spatial resolution and accuracy is determined. A practical consideration is the accuracy of available positioning systems and the working width of the available implements. With regard to positioning systems 1 to 5 m deviation is common practice although technically a deviation of maximally a couple of centimeters is achievable. The working width of implement tends to be larger. Nevertheless, for precision agriculture, smaller, individually controllable sections are necessary. The developments in implement automation go in this direction. The more fundamental determination of spatial resolution should be based upon soil and crop analysis. Measurements carried out on the research field indicated that a spatial resolution of 5 by 5 meter was adequate to describe the variation.

## *Samenvatting*

De ruimtelijke en temporele variabiliteit, aanwezig in bodem, gewas en klimaat, resulteert in verschillen in de benutting van meststoffen en in de behoefte aan gewasverzorgende maatregelen. Traditioneel is de ruimtelijke resolutie waarmee gewasverzorgende maatregelen uitgevoerd worden gelijk aan de grootte van de percelen. Met behulp van technische ontwikkelingen zoals plaatsbepaling op basis van satellietsignalen en het toepassen van geautomatiseerde regelsystemen is het mogelijk de ruimtelijke resolutie te verhogen. Met deze aanpak wordt de variabiliteit binnen percelen niet genegeerd maar juist als informatiebron benut. Het idee achter deze aanpak is dat met gedetailleerdere informatie de bedrijfsvoering nauwkeuriger uitgevoerd kan worden en dat hierdoor uitspoeling of emissie van mineralen en gewasbeschermingsmiddelen te minimaliseren is. De brede formulering van deze gedachte geeft al aan dat voor een succesvolle uitwerking een geïntegreerde aanpak noodzakelijk is. Enerzijds is het technologie die bepaalde mogelijkheden biedt maar anderzijds is de toepassing afhankelijk van kennis van de interacties tussen bodem, gewas en klimaat en van de ruimte binnen de bedrijfsvoering om deze kennis te benutten.

In dit onderzoek ligt de nadruk op de ontwikkeling en evaluatie van een systeem voor het plaats specifiek toedienen van kunstmest. Enkele componenten die noodzakelijk zijn voor het opstellen van een plaats specifiek stikstof bemestingsadvies en het kunnen evalueren van de stikstof benutting c.q. uitspoeling zijn: plaatsbepaling, bodemkarakterisering, gewasstoestandbepaling en gewasopbrengstmeting, regeling van kunstmestdosering en het verwerken van ruimtelijke en temporele gegevens. De centrale vraag bij diverse componenten is: “welke ruimtelijke resolutie is noodzakelijk om de variatie correct te beschrijven?”.

Voor plaatsbepaling is het combineren van afstanden ten opzichte van meerdere bakens een gangbare methode. Wanneer satellieten als bakens gebruikt worden kan het voorkomen dat berekening van een positie faalt doordat satellieten niet ‘in zicht’ zijn of dat de nauwkeurigheid afneemt doordat de satelliet constellatie niet optimaal is. Voor gebruik bij bewerkingen die een gegarandeerde plaatsbepaling nodig hebben is het daarom van belang informatie van andere sensoren te benutten. De betrouwbaarheid en

de nauwkeurigheid van de plaatsbepaling verbeteren wanneer de rijsnelheid en de rijrichting van het werktuig door middel van een Kalman filter gecombineerd wordt met de afstandmeting tot satellieten.

Bepaling van ruimtelijke variatie in bodemkarakteristieken vergt een groot aantal bodemmonsters. Dit aantal is te reduceren wanneer gecorreleerde gegevens eenvoudiger en met hogere resolutie te verkrijgen zijn. Een voorbeeld is de correlatie tussen de trekkracht tijdens het ploegen en het kleigehalte in de bouwvoor. Op een 6 ha groot onderzoeksperceel kon met informatie over de ploegweerstand het aantal bodemmonsters van 60 per ha tot 18 per ha gereduceerd worden waarbij de kleigehalte voorspellingsfout met 20% toenam.

Eén van de oorzaken van het onnauwkeurig toedienen van kunstmest zijn doseringsfouten door onjuiste calibratie van het doseermechanisme van de kunstmeststrooier. Deze calibratie is te automatiseren door dynamisch, tijdens het strooien, de gewichtsafname te bepalen. Bijkomend voordeel is dat de daadwerkelijk verstrooide hoeveelheid vastgelegd kan worden zodat eventuele afwijkingen bij een volgende bemesting te corrigeren zijn.

Het verwerken van de grotere hoeveelheid gegevens is op dit moment één van de lastigste punten aan het precisie landbouw concept. Het combineren van de technologie achter geografische informatie systemen (GIS) met entiteiten uit de bedrijfsvoering van een landbouwbedrijf is noodzakelijk om een informatie systeem te bouwen dat zowel met ruimtelijke gegevens om kan gaan als data van de bewerkingen kan verwerken. Met behulp van de modelleertaal UML (Unified Modelling Language) is een concept van een dergelijk informatie systeem uitgewerkt.

Bij de bepaling van de ruimtelijke resolutie en nauwkeurigheid van deze componenten spelen een aantal factoren een rol. Een praktische beperking is in eerste instantie de nauwkeurigheid van beschikbare plaatsbepalingstechnieken en de werkbreedte van de gebruikte werktuigen. Voor de plaatsbepaling geldt dat 1 tot 5 meter afwijking standaard is maar dat technisch een afwijking van maximaal enkele centimeters haalbaar is. De werkbreedte van werktuigen tendert breder te worden. Voor precisie landbouw is echter het aantal en de breedte van de individueel aan te sturen elementen van belang. Hiervoor geldt dat door de toenemende werktuig automatisering de mogelijkheden voor een hogere ruimtelijke resolutie toenemen. De meer fundamentele bepaling van de vereiste ruimtelijke variatie moet vanuit de bodem en gewas analyses komen. Voor metingen uitgevoerd op het onderzoeksperceel bleek een ruimtelijke resolutie van 5 bij 5 m voldoende om de variatie te beschrijven.