



Plantspecifieke data uit onkruidherkenning

PPL-138

Ard Nieuwenhuizen, Jochen Hemming & Ben Verwijs





Plantspecifieke data uit onkruidherkenning

PPL-138

Ard Nieuwenhuizen, Jochen Hemming & Ben Verwijs

© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Plant Research International. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Plant Research International, Business Unit Agrosystemkunde.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.



PPL-Project: Plantspecifieke data uit onkruidherkenning
PPL Projectnr/kenmerk: PPL-138 / ZGLE.12.0159
Opdrachtgever: Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie

Projectnummer PRI: 3310390408 / Steketee Specifieke Data

Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Agrosysteemkunde

Adres : Postbus 16, 6700 AP Wageningen
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
Tel. : 0317 – 48 05 82
Fax : 0317 – 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1. Inleiding	1
2. Toevoegen geolocatie mbv GPS	2
3. Ontwikkelen van rekenregels voor het tellen van planten en het meten van onkruiddruk	4
Gewasplanten tellen	5
Onkruiddruk meten	6
4. Datalogging en visualisatie	8
5. Conclusie	10

1. Inleiding

Het ontwikkelen van cameragestuurde intrarijwieders is een van de voorbeelden van ontwikkelingen richting hightech precisielandbouw. Voor deze vorm van precisielandbouw wordt veel informatie verzameld die maar ten dele gebruikt wordt in het gewasmanagement en bedrijfsvoering van het akkerbouwbedrijf. Bij de ontwikkeling van een cameragestuurde intrarijwieder wordt de opgenomen informatie alleen verwerkt en gebruikt voor het op het juiste moment aansturen van schoffelelementen die in de rij werken. Met de recent ontwikkelde plantentelmachine worden, op dit moment, alleen suikerbietenplanten geteld. Bij beide machines bevatten de beelden ook informatie waarmee bijvoorbeeld de onkruiddruk, groeistadium en plantkleur van het cultuurgewas opgenomen kan worden. Wanneer de verkregen data aan GPS data wordt gekoppeld kan locatie specifieke data verzameld worden waardoor de data onder andere ook grafisch gepresenteerd kan worden.

Binnen dit PPL project is tot doel gesteld om hard- en software te ontwikkelen waarmee gewenste eigenschappen uit opgenomen camerabeelden kunnen worden gehaald. Na selectie van de gewenste eigenschap wordt de data met bijbehorende GPS-locatie vastgelegd. Met het op deze wijze vastleggen van de onkruiddruk is het onkruidmanagement beter uitvoerbaar waardoor de groei van het te telen gewas minder concurrentie heeft van de niet gewenste planten. Bij precisiebemesting wordt het tijdstip en hoeveelheid meststof bepaald door het groeistadium van het gewas cq het groeistadium van de individuele plant. Bij plaatsspecifieke informatie over planten kan ook plaatsspecifiek bemest worden en gewasbeschermingsmiddelen worden toegediend. Plantkleur en/of indexen zijn ook parameters om hiermee het bemestingsniveau en de aanwezigheid van ziekten en plagen op te sporen waarna actie kan worden ondernomen om het gebrek aan voedingsstoffen op te heffen of aantastingen te bestrijden. Op basis van de verkregen informatie kan gestuurd worden op vervolgacties in het complete gewasmanagement.

Dit rapport bevat de voortgang, resultaten en conclusies van het project “Plantspecifieke data uit onkruidherkenning” (PPL-138/ZGLE.12.0159) dat Wageningen UR in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie heeft uitgevoerd. Het project kent 4 fases die nader in dit rapport worden beschreven:

Fase 1

Aan de beeldvormende camerabeelden van de bestaande intra-rij schoffelmachine wordt, met behulp van GPS, de geolocatie toegevoegd (Geo tagging). Hiervoor moet in hardware de GPS module toegevoegd worden. Tevens moet in software de geolocatie ingelezen worden en op de juiste wijze gekoppeld worden aan de gegenereerde plantspecifieke data.

Fase 2

Ontwikkelen van rekenregels voor het tellen van planten en onkruiddruk. Met het tellen en bepalen van de grootte van de onkruidplanten kan de onkruiddruk gekwantificeerd worden. Ook van het cultuurgewas kan het aantal planten en de grootte van de planten bepaald worden.

Fase 3

Datalogging wordt gerealiseerd zodat ook kaarten gemaakt en gevisualiseerd kunnen worden van de activiteiten die uitgevoerd zijn in een perceel. Dit betekent dat zoveel mogelijk aangesloten wordt bij bestaande standaarden zodat bijvoorbeeld via Editeelt plus / Editeelt 4.0 gevisualiseerd kan worden op bestaande platforms van telers. Ook wordt de data gevisualiseerd op www.akkerweb.nl of www.gpsvisualizer.com, open platforms voor visualisatie van geodata.

Fase 4

In fase 4 van het project worden voorbeelden van gemeten en gevisualiseerde data van de onkruiddruk en aantal planten weergegeven.

2. Toevoegen geolocatie mbv GPS

Hardware

Aan de bestaande hardware van de schoffelmachine is een Navilock MP-420 dGPS antenne gekoppeld (zie Figuur 1). Deze dGPS antenne krijgt via het Egnos systeem correctiesignalen voor het GPS signaal binnen, daardoor komt de nauwkeurigheid van de positiebepaling op ongeveer een halve meter te liggen. De antenne kan 12 GPS satellieten tracken en heeft snel een positie beschikbaar die in de machine software kan worden gebruikt.



Figuur 1. Navilock MP-422 dGPS antenne

De antenne is midden bovenop de schoffelmachine geplaatst. Daardoor is de positie die gemeten is altijd direct gekoppeld aan het beeld dat op dat moment opgenomen is. De machine kan ook GPS data van reeds beschikbare systemen inlezen via een seriele poort. Dan is het echter wel van belang dat de opgeslagen GPS positie een correctie of offset meekrijgt zodat de opgeslagen positie klopt met de werkelijke positie waar het beeld is opgenomen in het veld. Zogenoemde referentie frames voor de positie van de antenne t.o.v. de machine moeten dan nog meegenomen worden in de berekening van de positie.

Data

Gps-coördinaten die worden toegevoegd bestaan uit een tijd waarop het coördinaat is vastgelegd en de lengte- en breedtegraad. Om de betrouwbaarheid van de data aan te geven wordt ook de kwaliteit van het signaal en het aantal satellieten in bereik vastgelegd. In Figuur 2 wordt een voorbeeld weergegeven van gelogde data waarbij het aantal planten per rij zijn geteld die op de betreffende gps coördinaat met de beeldvormende camera's werden waargenomen. Ook andere belangrijke machine informatie wordt in hetzelfde databestand vastgelegd. Met behulp van de vastgelegde coördinaten kan op een later tijdstip van deze planten bijvoorbeeld ziekte detectie of waarnemingen gedaan worden op het gebied van bemesting en op deze wijze het groeiverloop van het gewas gevolgd worden.

eg.dat - Notepad													
		# images	in queue	# buf pos	in Queue	CAN #	elements in queue	CPU usage	TrigNumber	BufIndex	System timer	Last error	
45	0	51.5105873	4.6726218		105333.148		391566.824	2	8	6	1	1	0.274785
45	1	51.5105945	4.6726142		105333.931		391567.8	2	8	6	1	1	0.214441
45	2	51.5105988	4.6726063		105330.621		391568.666	2	8	7	1	1	0.179834
45	3	51.5105903	4.6726015		105329.403		391569.55	2	8	6	1	1	0
45	4	51.5105927	4.6725967		105328.126		391570.359	2	8	9	3	1	0
45	5	51.5105972	4.6725885		105326.792		391571.151	2	8	8	1	1	0
45	6	51.5106025	4.6725795		105325.494		391572.091	2	8	7	2	1	0.146738
45	7	51.5106075	4.6725672		105324.101		391572.828	2	8	9	1	3	0.047392
45	8	51.510614	4.6725538		105322.733		391573.713	2	8	6	1	1	0.366773
45	9	51.5106202	4.6725392		105321.364		391574.542	2	8	6	1	1	0.353881
45	10	51.5106262	4.6725242		105320.006		391575.279	2	8	5	1	1	0.229012
45	11	51.510632	4.672509		105318.914		391576.068	2	8	6	1	1	0.373249
45	12	51.5106387	4.6724948		105317.823		391576.839	2	8	6	1	1	0.371482
45	13	51.5106447	4.6724802		105316.545		391577.538	2	8	6	1	1	0.338661
45	14	51.5106503	4.6724653		105315.432		391578.458	2	7	5	1	1	0.362504
45	15	51.5106565	4.6724512		105314.191		391579.304	2	8	6	1	1	0.353821
45	16	51.5106625	4.6724365		105312.915		391580.151	2	8	6	1	1	0.369569
45	17	51.5106677	4.67242		105311.673		391580.979	2	8	6	1	1	0.373837
45	18	51.5106742	4.672405		105310.409		391581.826	2	8	5	1	1	0.334982
45	19	51.5106802	4.6723897		105309.109		391582.673	2	8	6	1	1	0.368833
45	20	51.5106858	4.6723737		105307.765		391583.577	2	8	5	0	1	0.321736
45	21	51.5106925	4.6723583		105306.42		391584.536	2	8	6	1	1	0.371924
45	22	51.5106987	4.6723422		105305.398		391585.287	2	8	6	1	1	0.358531
45	37	51.5107058	4.6723263		105304.287		391586.466	2	8	6	1	1	0.370305
45	38	51.5107128	4.6723095		105304		391586.71	2	8	6	1	1	0.3784
45	39	51.5107197	4.6722928		105303.437		391587.124	2	8	6	1	1	0.376634
45	40	51.510726	4.6722753		105302.563		391587.689	2	8	6	1	1	0.33351
45	41	51.5107325	4.6722578		105301.482		391588.293	2	8	5	1	0	0.347934
45	42	51.5107387	4.6722397		105300.286		391589.046	2	8	6	1	1	0.356223
45	43	51.5107458	4.6722223		105299.055		391589.8	2	8	5	1	1	0.357353
45	44	51.5107527	4.6722048		105297.872		391590.683	2	8	6	1	1	0.36015
45	45	51.5107598	4.672189		105296.55		391591.603	2	8	6	1	1	0.352496
45	46	51.5107663	4.6721727		105295.181		391592.397	2	8	6	1	1	0.35647
45	47	51.510773	4.6721562		105293.929		391593.299	2	8	6	1	1	0.362799
45	48	51.5107797	4.6721395		105292.63		391594.165	2	8	6	1	1	0.354557
45	49	51.5107853	4.6721218		105291.296		391594.976	2	8	6	1	1	0.380019
45	50	51.5107903	4.6721055		105290.054		391595.822	2	8	6	1	1	0.344107
45	51	51.5107958	4.67209		105288.789		391596.558	2	8	6	1	1	0.371041
45	52	51.5108022	4.6720748		105287.441		391597.183	2	8	5	1	0	0.296273
45	53	51.5108083	4.672058		105286.259		391598.122	2	8	6	1	1	0.368833
45	54	51.5108147	4.67204		105285.052		391598.987	2	8	6	1	1	0.374573
45	55	51.510821	4.6720222		105283.846		391599.851	2	8	6	1	1	0.357206
45	56	51.5108272	4.6720045		105282.778		391600.659	2	8	6	1	1	0.350288
45	57	51.5108343	4.6719883		105281.951		391601.298	2	8	6	1	1	0.362799
45	58	51.5108407	4.6719737		105281.525		391601.469	2	8	6	1	1	0.368392
45	59	51.5108458	4.6719562		105281.801		391601.392	2	8	6	1	1	0.354115
46	0	51.5108535	4.6719412		105281.859		391601.317	2	8	6	1	1	0.368833
46	1	51.5108593	4.671924		105281.893		391601.298	2	8	6	1	1	0.369569
46	2	51.5108663	4.6719073		105281.973		391601.205	2	8	6	1	1	0.357647
46	3	51.5108728	4.6718903		105282.1		391601.111	2	8	6	1	1	0.367656
46	4	51.51088	4.671874		105282.351		391600.793	2	8	6	1	1	0.375751
46	5	51.5108868	4.6718572		105282.567		391600.383	2	8	6	1	1	0.324238
46	6	51.5108935	4.67184		105282.545		391600.476	2	8	6	1	1	0.353379
46	7	51.5109007	4.6718235		105282.419		391600.644	2	8	6	1	1	0.258595
46	8	51.5109075	4.6718068		105282.362		391600.719	2	8	6	1	1	0.374573
46	9	51.5109143	4.6717897		105282.374		391600.737	2	8	6	1	1	0.378989
46	10	51.5109213	4.671773		105282.351		391600.756	2	8	6	1	1	0.355293
46	11	51.5109283	4.671756		105282.316		391600.793	2	8	5	1	1	0.37737

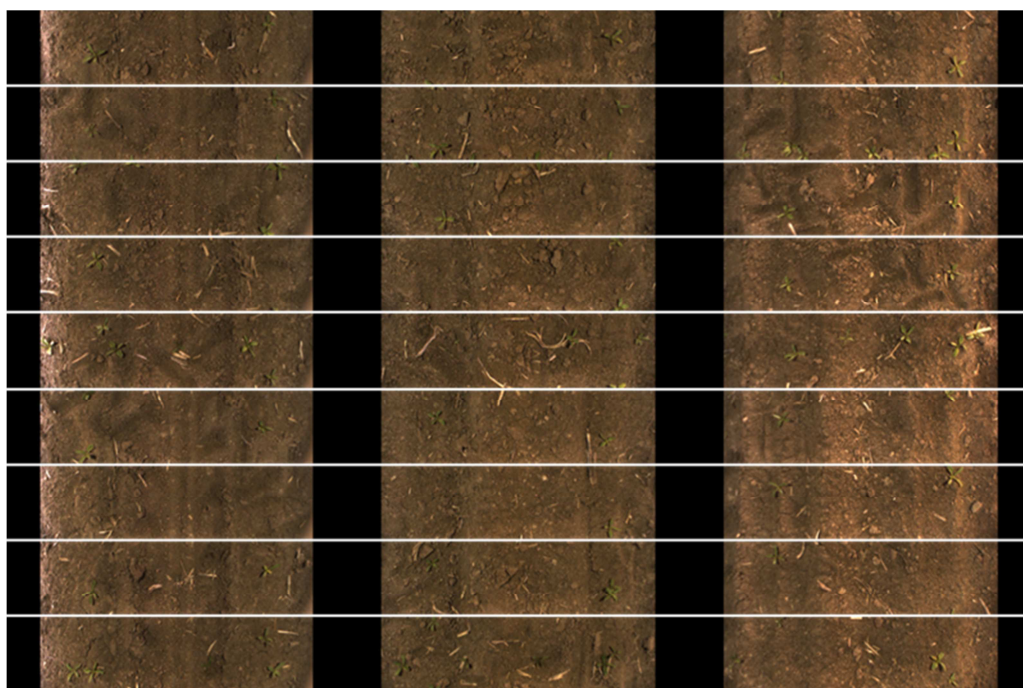
Figuur 2. Een voorbeeld van een tab-delimited databestand wat voor verdere verwerking ingelezen kan worden in excel of andere software.

Met de combinatie van de gps coördinaten en gelogde meetwaarde kan gelogde data gevisualiseerd worden. Op basis van de locatiespecifieke data kan de variatie op plekniveau alsook op perceelsniveau geanalyseerd worden en vergeleken worden met eventuele andere gemeten componenten.

3. Ontwikkelen van rekenregels voor het tellen van planten en het meten van onkruiddruk

Vertrekpunt voor het tellen van planten van bijvoorbeeld proefvelden en het meten van de onkruiddruk in een perceel is de eerder ontwikkelde software voor de Steketee IC cultivator (zie bijv. PPL rapportages “Plant specifieke GB (onkruiddetectie in de rij)” <http://www.pplnl.nl/Documenten/Resultaten/007.aspx> en “Automatisch onkruid bestrijden in de rij Fase4C-II” <http://www.pplnl.nl/Documenten/Resultaten/086.aspx>)

In de machine zijn 3 camera's gemonteerd (Sony HAD CCD) die elk opnamen maken van 2 rijen op 50 cm rijafstand. De camera's detecteren niet het volledige grondoppervlak binnen de 3 meter werkbreedte van de machine maar dit is voldoende voor het tellen van planten en voor het meten van de onkruiddruk. In Figuur 3 worden aan elkaar gemonteerde beelden weergegeven van de 3 camera's van de telmachine. Op de zwarte stroken staat geen gewasrij. Deze stroken worden ook niet meegenomen bij het meten van de onkruiddruk. Afhankelijk van de machineconfiguratie kunnen ook meerdere camera's gemonteerd worden zodat het hele zichtveld beeldvullend opgenomen kan worden. Dan wordt wel een volvelds camerabeeld gegenereerd.



Figuur 3. Aan elkaar gekoppelde beeldopnames van de camera's die zijn gemonteerd op de plantentelmachine.

In de opgenomen camerabeelden worden allereerst de planten van de grond gescheiden. Dit gebeurt d.m.v. het zogenaamde “excessive green” algoritme en een drempelwaarde en resulteert in een binair beeld met planten (waarde=1) en achtergrond (waarde=0). In de volgende stap wordt de positie van de plantenrijen met een template matching algoritme bepaald (voor details zie bovengenoemde rapporten). Deze informatie wordt vervolgens gebruikt om met een hydraulische sideshift mechanisme de machine altijd exact boven de plantenrijen te positioneren. Of er (sterk) gecorrigeerd moet worden hangt af van de rijpositie en slingerbeweging van het trekkende voertuig. De berekening van de individuele gewasplantposities in de rij, die noodzakelijk is voor een correcte werking van de intrarij schoffelelementen, wordt in de volgende stap per rij afzonderlijk uitgevoerd. Zoals in eerdere rapportages beschreven is deze berekening gebaseerd op een Fast Fourier Transformatie (FFT) algoritme. Hierbij wordt het plantsignaal, door middel van de FFT, omgezet in het frequentiespectrum. De bijdrage van de gewasplanten aan dit signaal bevindt zich in een beperkt frequentieband omdat de gewasplanten op min of meer regelmatige afstand van elkaar staan. Onkruidplanten staan, in tegenstelling tot het cultuurgewas, op toevallige posities in het veld zodat het

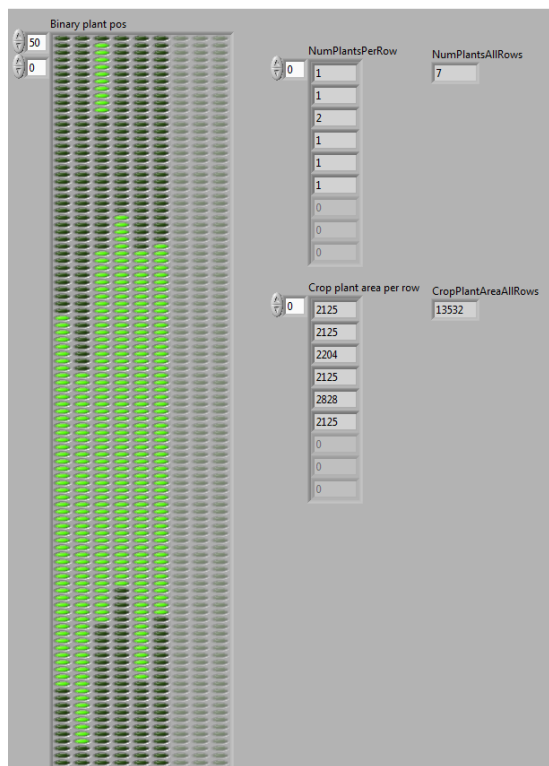
signaal van de onkruidplanten een bijdrage levert aan alle frequenties van het spectrum. Door alleen de frequentieband van de gewasplanten verder te gebruiken is het mogelijk om, d.m.v. van een inverse FFT berekening, de werkelijke gewasplanten posities en grootte te reconstrueren. Hiervoor is het niet noodzakelijk dat de gewasplanten op exact dezelfde regelmatige afstand staan.

Na het doorlopen van deze stappen zijn volgende gegevens per opgenomen beeld beschikbaar:

- Het aantal pixels (en percentage) plantmateriaal (gewasplanten + onkruid) in het beeld t.o.v. totaal oppervlak van het beeld.
- De posities van de gewasplanten in het beeld.
- De lengte van het stuursignaal voor het schoffelelement (maat voor de grote van de plant).
- De relatieve positie van de machine (de camera' s) per beeld(lijn) gebaseerd op de triggerpulsen uit de encoder van het meeloopwiel.

Gewasplanten tellen

Op basis van de boven genoemde, per opgenomen beeld beschikbare gegevens, is het aantal planten per gewasrij bekend en kunnen deze planten per plantenrij bij elkaar opgeteld worden. Bij de software van de Steketee IC cultivator worden hiervoor de overgangen van schoffelactuator dicht (onkruid) naar actuator open (gewasplant) bij elkaar opgeteld. Over een lengte van een (proef)perceel is het aantal van deze overgangen van sluiten en openen van de actuator gelijk aan het aantal gewasplanten. In het screenshot in Figuur 4 wordt een uitvergroet actuator stuursignaal van de 6 gewasrijen weergegeven. Het beeld zoals weergegeven is een binair beeld van het stuursignaal voor een opgenomen camerabeeld. Het lichtgroene deel van de curve geeft aan dat de actuator open is voor het passeren van een onkruidplant. De actuator is dicht in het donkergroene deel van het figuur. Bij een dichte actuator wordt er in de rij geschoffeld. In het rechter deel van het scherm wordt het getelde aantal planten en het oppervlak van de gevonden gewasplanten weergegeven. Met de additioneel beschikbare encoderinformatie en positie informatie van de GPS module kan de exacte positie per plant worden gelogd.



Figuur 4. Screenshot uitvergroet binair stuursignaal van actuator per rij (6 rijen). Licht groen = actuator open = gewasplant, donker groen = actuator dicht en resultaat van het planten tellen (rechts).

Onkruidruk meten

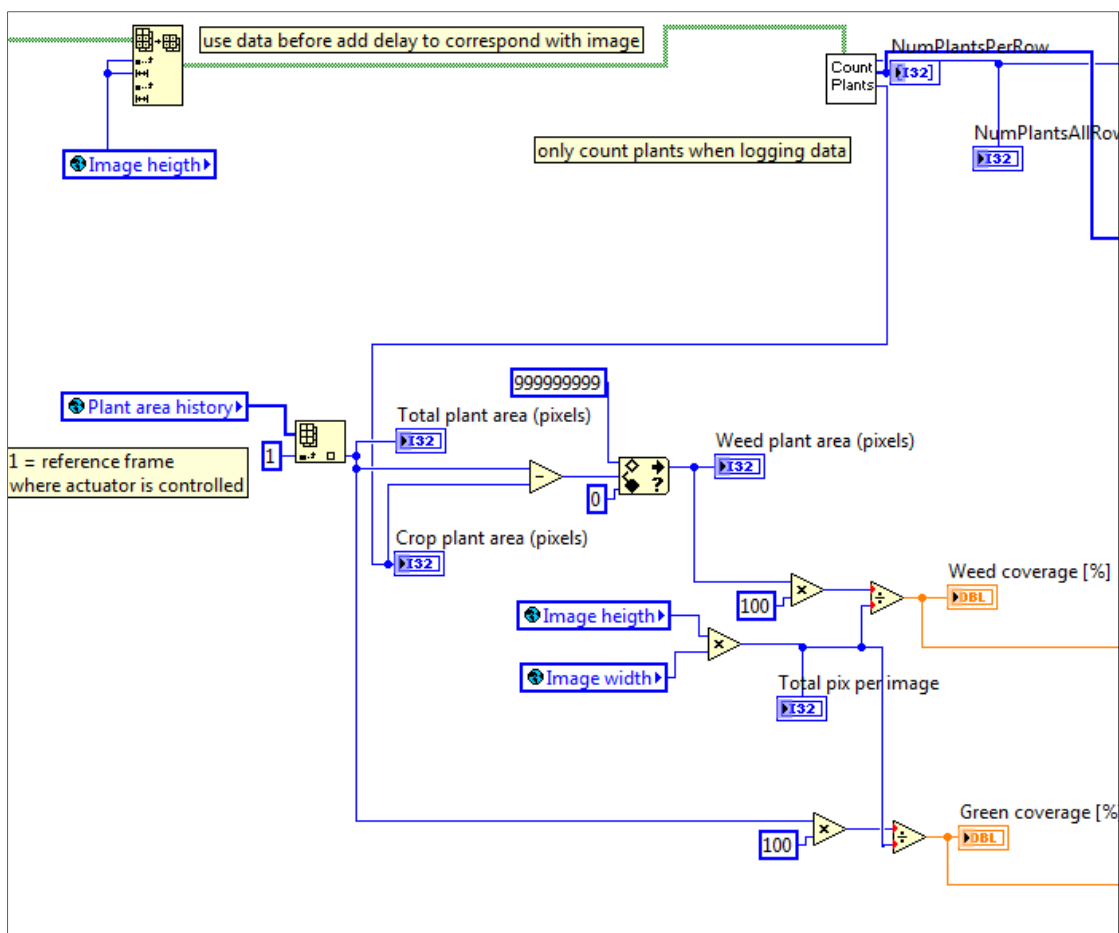
De onkruidruk wordt gemeten in termen van het percentage grondoppervlak wat door onkruid is bedekt. Bij de camerabeelden is dit dus het oppervlak in beeld wat voor de camera groen is. De waarde “percentage plantmateriaal [% green coverage]” die de software berekend, moet voor het oppervlak van de gewasplanten gecorrigeerd worden. Hiermee wordt voorkomen dat gewasplanten ook als onkruid worden meegenomen. Het aantal open en dichtgaande bewegingen en de lengte van het stuursignaal voor de actuator is bekend. Als benadering voor het oppervlak dat de gewasplanten bedekken wordt de plant als cirkelvormig object beschouwd en dus berekend met:

$$cpc = \left(\frac{l}{2}\right)^2 \pi \quad \text{waarbij } cpc = \text{crop plant coverage, oppervlakte plant [pixel}^2], l = \text{lengte stuursignaal [pixel]}.$$

De onkruidruk (weed coverage) wordt berekend door:

$$\text{weed coverage}(\text{pixel}^2) = \text{green coverage}(\text{pixel}^2) - \text{crop plant coverage}(\text{pixel}^2)$$

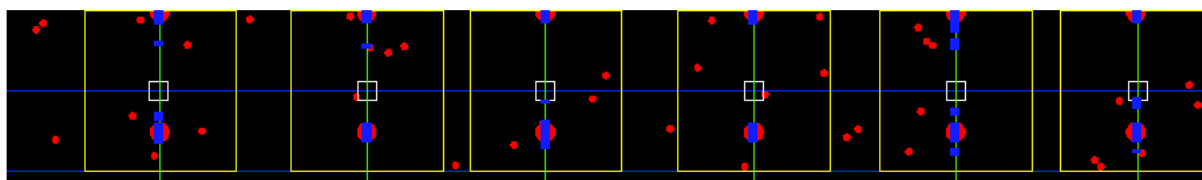
Deze absolute pixelwaardes worden vervolgens nog omgerekend naar percentages (Figuur 5) en samen met de geolocatie in een logfile opgeslagen.



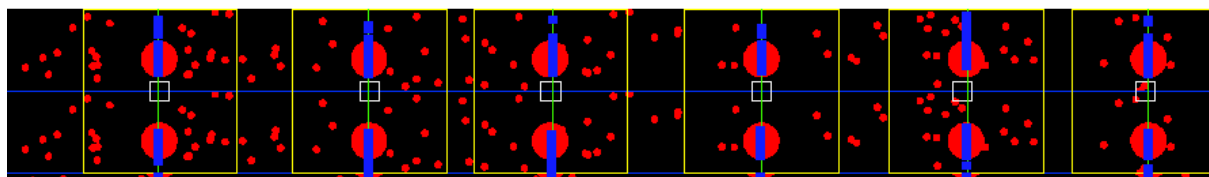
Figuur 5. Labview code voor berekenen green coverage and weed coverage.

Om na te gaan of de juiste rekenmethoden worden gehanteerd en of het onkruid onderscheiden kan worden van het cultuurgewas, zijn gesimuleerde camerabeelden gebruikt. Voor een controle van een juiste werking zijn 2 situaties

gebruikt waarbij de grootte van het cultuurgewas en het aantal onkruidplanten verschillend waren. In Figuur 6 wordt de situatie weergegeven waarbij het cultuurgewas nog relatief klein was en het aantal onkruidplanten gering is. Het berekende totale groen oppervlak bedraagt in deze simulatie bijna 3% van het grondoppervlak. Het aandeel onkruid van het grondoppervlak is nog geen 0,1%. Figuur 7 geeft de situatie weer van een groter cultuurgewas en een flink aantal onkruidplanten. De onkruidplanten (het oppervlak van elke individuele onkruidplant) zijn, ten opzichte van de situatie in Figuur 6 niet in omvang toegenomen. Door het groter aandeel aan aantal planten is het grondoppervlak wat bedekt wordt door het onkruid toegenomen naar 3,5%. Inclusief de, ten opzichte van de situatie in Figuur 6 toegenomen groei van het cultuurgewas, is het totale groenoppervlak 10,7%. Het cultuurgewas bedekt in Figuur 7 een grondoppervlak van 7,3%.



Figuur 6. Voorbeeld weed coverage = 0.08% en green coverage=2.99%.



Figuur 7. Voorbeeld weed coverage = 3.39% en green coverage=10.70%.

4. Datalogging en visualisatie

Uit de simulaties die zijn gedaan voor de controle van de wijze van berekenen van het bedekte groene oppervlak en het oppervlak wat op een perceel wordt ingenomen door onkruid blijkt dat dit een betrouwbare methode is. In Figuur 8 wordt het percentage bedekt grondoppervlak weergegeven wat wordt ingenomen door het onkruid en het cultuurgewas. Dit is dus al het groene oppervlak wat door de camera wordt gesignaleerd.



Figuur 8. Variatie in het percentage bedekt oppervlak (= groen oppervlak van cultuurgewas en onkruid) op een perceel.

In Figuur 9 is weergegeven het percentage onkruidbedekking op basis van de rekenregels en de gesimuleerde data. Uit de data blijkt dat minder dan 1 procent van de grondbedekking uit onkruid bestaat en dat er plekken zijn aan te wijzen waar hogere en lagere bedekkingen voorkomen. Dit zijn nu gebieden die aan de teler getoond kunnen worden om nader te bekijken in het veld en waar meer aandacht voor gevraagd is in de onkruidbestrijding.



Figuur 9. Variatie in het percentage bedekt grondoppervlak door het onkruid op een perceel.

De opbrengst van een gewas is, naast vele andere factoren, ook afhankelijk van het aantal planten per oppervlakte-eenheid. Bij voldoende planten wordt het beschikbare grondoppervlak optimaal benut voor productie. Met de machine kan het aantal planten per oppervlakte-eenheid geteld worden. Wanneer dit tellen in een vroeg stadium plaats vindt, kan er spoedig na opkomst een beslissing worden genomen of het gewas overgezaaid moet worden of niet. Des te sneller deze beslissing na opkomst gemaakt kan worden, des te minder groeidagen gaan verloren om toch nog een goede opbrengst te kunnen halen. In Figuur 10 is een voorbeeld gegeven van het aantal planten en de variatie van het plantaantal over het perceel. De verschillende kleuren vertegenwoordigen de verschillende plantaantallen per 0.6 m² grondoppervlak.



Figuur 10. Variatie in het gemeten aantal planten van het cultuurgewas op een perceel.

5. Conclusie

In dit PPL project is het gelukt om geolocatie te koppelen aan de camerabeelden opgenomen door de schoffelmachine. Hierdoor is het mogelijk geworden tot op centimeter niveau informatie te verzamelen over gewassen en onkruiden in percelen, immers de camera's leggen alles vast op video. Vervolgens zijn uit de camerabeelden in realtime gegevens verzameld over aantal planten, percentage groenbedekking, en percentage onkruidbedekking in de beelden. Hiervoor zijn rekenregels ontwikkeld die op basis van plantgrootte en plantafstand geparameteriseerd zijn. Deze getallen zijn met behulp van simulatie beelden gevalideerd en worden correct berekend. De berekende data wordt vastgelegd in datalogfiles. Deze files kunnen worden overgezet en op een desktop pc met internetverbinding worden gevisualiseerd op bijvoorbeeld www.akkerweb.nl