

Naar een autonome kas: voorbij groene vingers

Anja Dieleman, Anne Elings, Ilias Tsafaras, Anna Petropoulou, Guido Jansen, Bart van Marrewijk, Selwin Hageraats, Feije de Zwart, George Ntakos, Monique Bijlaard

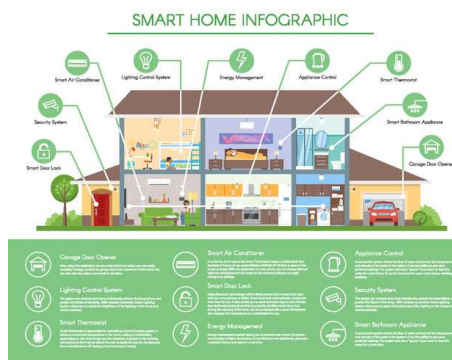


DigitaliseringsEvent, 4 oktober 2023, Gameren



1

Snelle ontwikkelingen in automatisering, AI, etc.



2

2

Volgende stap: kunstmatige intelligentie in de glastuinbouw: naar een autonome kas

Complexiteit:

- Arbeid
- Energie
- Water en nutriënten
- Productie en kwaliteit
- Timing van productie



3

Autonoom telen

- Begrip “autonoom telen”
- AGROS: Teelt aansturen via intelligente algoritmes op basis van een objectieve doelfunctie.
- Gewas staat centraal, klimaat is een hulpmiddel.



4

AGROS "Naar een autonome kas"



Stichting
Kennis in je Kas



GenNovation

GREENPORT



5

5

Stappen naar een autonome kas

**Begrip van fysiologie
van het gewas**



Sensoren



Intelligente algoritmes



**Modellen voor kasklimaat
en gewasgroei**



KASPRO & INTKAM

6

6

Data voor aansturing

Kasklimaat

Setpoints
Gerealiseerd klimaat

Gewasmanagement

Bladplukken/streef LAI
Vruchtdunning
Gemiddeld
vruchtgewicht (FW)
Aantal oogsten/week

Gewas

Lichtonderschepping
Aantal nieuwe bladeren
Uitgroeiduur
Oogst (aantal en gewicht)

Waterbalans

% drain



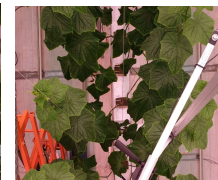
Handmatige metingen

- Nu nog weinig plantsensoren in gebruik in de kas
- Gewasstatus wordt voornamelijk handmatig gemeten
- Arbeidsintensief, foutgevoelig
- Voor autonome aansturing nodig: continu, geautomatiseerde data, via sensoren



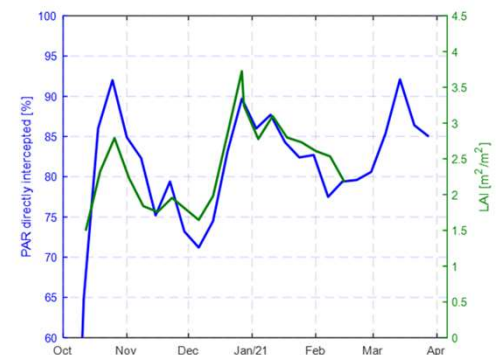
Veel sensoren toegepast in komkommerproeven

- Weeggoten
- Sapstroom en stengeldiameter
- EC, watergehalte en temperatuur substraat
- PAR lijnsensoren op verschillende hoogtes
- Planttemperatuur
- Camera's



Slim gebruik van sensoren

- LAI wordt gezien als belangrijke eigenschap: inschatting van lichtonderschepping
- Praktijk: handmatige metingen
- PAR metingen op 2 hoogtes kan handmatige LAI metingen vervangen
- Nauwkeuriger, continu, geautomatiseerd



Sensorontwikkeling: camera met software

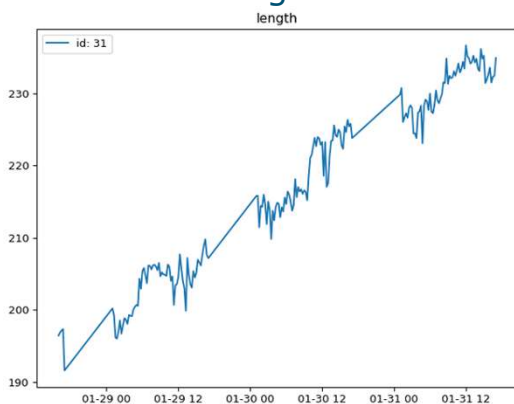
- Eigenschappen als # nieuw gevormde bladeren niet automatisch te bepalen
- Optie: camera's en beeldverwerking
- Kas is complexe omgeving: groen op groen, occlusie, definitie nieuw blad
- Algoritme trainen: handmatige labelling met gekleurde labels



11

Versgewicht van de vruchten: oogstvoorspelling

- Algoritme getraind om komkommers te vinden
- Bepaalt nu de lengte van de komkommers
 - Wordt omgerekend naar versgewicht
 - Te gebruiken voor oogstvoorspelling



12

Intelligente algoritmes in AGROS

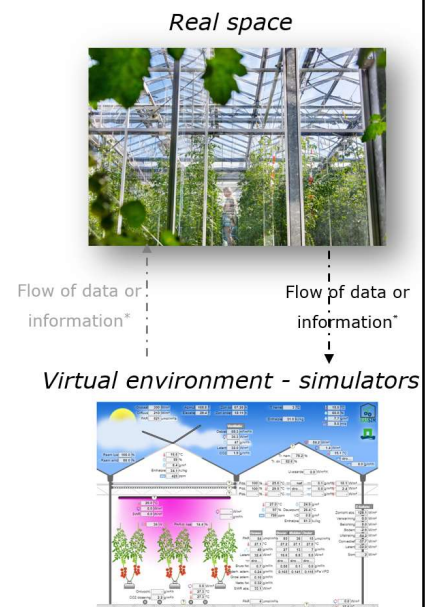
- Ontwikkeling van intelligente algoritmes voor autonome aansturing van kasklimaat en gewasmanagement
 - Op basis van mechanistische kasklimaat- en gewasgroeimodellen: Digital Twin
 - Op basis van AI: Reinforcement Learning



13

Digital Twin

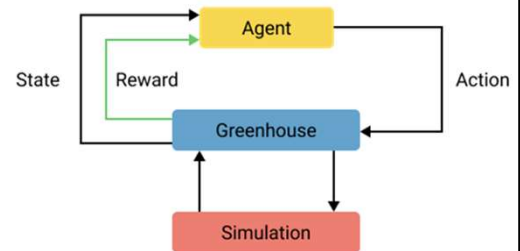
- Een "digitale kopie" van de kas, gebaseerd op mechanistische kasklimaat- en gewasmodellen, die continu feedback krijgt van data
- Stuur aan:
 - Verwarming (gebaseerd op RTR) en ventilatie
 - Gebruik van schermen
 - Belichting
 - CO₂
 - Watergift
 - Snoeistrategie vruchten



14

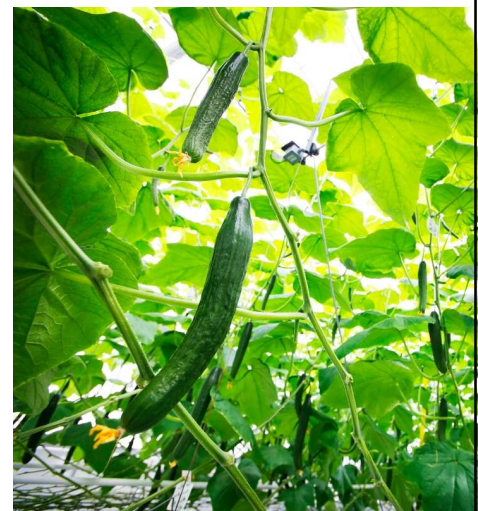
AI gebaseerd op Reinforcement learning

- Computer leert beste beslissingen te nemen door omgeving te verkennen en “straffen” of “beloningen” te ontvangen voor zijn acties
- Stuur aan:
 - Verwarming
 - Gebruik van schermen
 - Belichting
 - CO₂
- Extern model voor watergift
- Vaste, van te voren bepaalde snoeistrategie



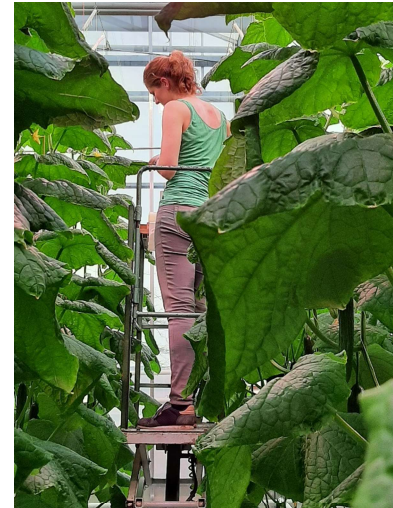
Validatie proef: teelt van komkommers

- Aansturing via:
 - Referentie: “telers”
 - Digital Twin
 - AI - Reinforcement learning
- Januari - mei 2023
- Data verzameling via camera’s en sensors, validatie door handmatige metingen
- Doel: winst (komkommers – energie en CO₂)



Referentie: aansturing door “telers”

- Teelt op basis van teeltplan en plan voor watergeefstrategie
- Teeltdeskundigen partners
- Tweewekelijks proefbezoek
- Beoordeling gewas, evaluatie vorige acties, voorstel voor nieuwe acties
- Afleiden van “telers model”



Resultaten validatieproef

Meest belangrijke:

- Digital Twin heeft hele teeltperiode teelt autonoom aangestuurd
- Reinforcement Learning heeft ruim twee maanden klimaat autonoom aangestuurd
- Referentieteelt: teelt volgens teeltplan, weinig bijstellingen nodig.
- Vision: goede resultaten meten planteigenschappen
- Datasets met kasklimaat-, teelt- en sensordata gegenereerd

Conclusies - teelt en aansturing

- Teelten met succes autonoom aangestuurd
- Digital Twin: goed in staat doelfunctie vast te houden
- Reinforcement Learning: klimaat autonoom aangestuurd, moet nog verder uitgebreid worden met irrigatie en gewas
- Telers: gewerkt volgens teeltplan, hebben gestuurd op kwaliteit gewas

Conclusies - sensoren

- Autonoom aansturen vereist betrouwbare (sensor)data
- Risico: sensor verschuift, slang schiet los, etc., met gevolgen voor aansturing
- Noodzakelijk: betrouwbare sensordata
 - Soft sensoren: koppeling van meerdere sensoren of sensor en model/berekening

Toekomstperspectief

- Het is mogelijk een kas autonoom aan te sturen
- Zowel kasklimaat als teelt
- Kan goed om gaan met onzekerheden – weersvoorspellingen, variabele elektriciteitsprijzen, variabele productprijzen, ...
- Digital Twin: toepasbaar in de praktijk
- AI heeft potentie, maar moet nog veel “leren”
- Uitdagingen: betrouwbaarheid van datastromen, beschikbaarheid van internet, cybersecurity, etc.

Bedankt voor uw
aandacht

Contact: anja.dieleman@wur.nl