




Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union 

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union 



UDVIKLING AF ET UDDANNELSESPROGRAM TIL FORBEDRING AF BRUGEN AF IKT-VÆRKTØJER I GENNEMFØRELSEN AF PRÆCISION LANDBRUG

2018-1-ES01-KA202-050709

Udviklingspakke 5

Automation og robotteknologi i jordbruget: Lektion 4: Robotter i afgrøder

Vejledning til underviseren

Forfattere: INRAE

Dato: Juli 2021

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Indhold

1	Mål.....	2
2	Vejledningsinstruktioner.....	2
3	Robotter i landbruget.....	2
4	Niveau II: Autonom ukrudtslugning.....	3
4.1	Kontekst og problemer	3
4.2	Mekanisk lugning og andre ukrudtsløsninger	3
4.3	Løsninger tilpasset til store marker	5
4.4	Virkningen af maskinens størrelse/vægt.....	5
4.5	Præcisionslugning inde i rækken.....	6
4.6	Autonom slåning.....	7
5	Niveau III: Robotter, der tillader fysisk kontakt og grebning.....	8
5.1	Eksempler	8
5.2	Nødvendigheden af konvergens mellem robotteknologi og Agro-systemer.....	8
6	Niveau I: Robotter uden fysisk kontakt eller grebning.....	9
7	Hovedudfordringer og muligheder	10
8	Relaterede links	11

1 Mål

Målene med denne lektion er:

- Give et overblik over behovene, de vigtigste anvendelsesområder og brugen af robotter i markafgrøder
- Forstå de forskellige niveauer af autonomi inden for ukrudtsbekæmpelse og lugning og høst af frugt.

Bemærk, at der gives introduktion til robotteknologi inden for husdyrbrug i introduktionsmodulet.

2 Vejledningsinstruktioner

Det er en 2 timers lektion med tilstedeværelse. Denne præsentation vil give deltageren et overblik i mekanisering af fuldt autonome systemer til afgrødedyrkning.

3 Robotter i landbruget

Slide 3 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Det verdensomspændende marked for Ag Robotics vokser eksponentielt.

Slide 4 fra dokument Lecture_Robot_AS.pptx

Ag-robotter kan klassificeres efter en TRL-skala (Technology Readiness Level). Det ser ud til, at robotter, der anvendes til husdyrproduktion, har et voksende marked sammenlignet med de fleste anvendelser inden for afgrødeproduktion. En lignende situation findes for ukrudtsrobotter.

En anden klassificering foretages af Bechar et al., Baseret på 2 funktionaliteter:

- Behovet for kontakt med omgivelserne (jord eller vegetation)
- Behovet for gribning (ex robotten griber om en frugt ved frugtplukning)

Disse to funktioner kan kræve mere eller mindre komplekse styresystemer ud over funktioner, der allerede er implementeret for at flytte robotten i en åben mark sammenhæng, for eksempel.

Slide 5 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Tre niveauer af funktionaliteter i afgrøderoboter kan skelnes, og Slide 6 fra dokument Lecture_Robot_AS.pptx introducerer niveau II, der svarer til en situation, hvor robotten skal håndtere fysisk kontakt med jorden eller vegetationen, men der kræves ingen gribning.

4 Niveau II: Autonom ukrudtslugning

4.1 Kontekst og problemer

Slide 7 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Autonom robotlugning kræver stadig noget udviklinger for at blive en voksende teknologi.

Slide 8 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Manuel lugning har været en traditionel, men besværlig og krævende nødvendighed for udviklingen af landbruget. I dag har den globale tendens til at minimere brugen af herbicider i det moderne landbrug fornyet interessen for denne markoperation og samtidig begrænset manuel arbejde.

4.2 Mekanisk lugning og andre ukrudtsløsninger

Slide 9 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Mekanisk lugning er det logisk svar. Imidlertid blev alternative termiske teknikker udviklet mod ukrudt, men omkostningerne ved gas er en begrænsende faktor for udviklingen af denne teknik i stor skala (Slide 10 fra dokument Lecture_Robot_AS.pptx)

Slide 11 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Andre alternative teknikker med damplugning blev undersøgt, men omkostningerne såvel som produktiviteten er begrænsende faktorer.

Slide 12 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Elektrisk lugning er udviklet baseret på brugen af en elektrisk lysbue mellem en elektrode og anlægget. En anden elektrode er forbundet med jorden. Da den elektriske lysbue passerer gennem hele anlægget, har den en systemisk virkning.

Slide 13 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Eksempler på autonome AgBots, der anvendes til lugning:

University Illinois - USA <https://csl.illinois.edu/news/illinois-team-looks-robots-not-chemicals-weed-free-crops-future>

Ladybird (University Sydney - Australien) er en autonom løsning til monitorering, men også mekanisk ukrudtsbehandling.

<https://www.sydney.edu.au/news/84.html?newsstoryid=13686>

RIPPA (University Sydney - Australien) anvender mikrodoser af herbicid:
<https://www.sydney.edu.au/news-opinion/news/2015/10/21/rippa-robot-takes-farms-forward-to-the-future-.html>

AgBot II Queensland University of Technology Australia:
<https://research.qut.edu.au/future-farming/projects/robot-platform-design-agbot-ii-a-new-generation-tool-for-robotic-site-specific-crop-and-weed-management/>

Slide 14 fra dokument Lecture_Robot_AS.pptx

Agrointelli - Danmark : <https://www.agrointelli.com/>

BoniRob2 (video)

Lincoln Uni og Norwegian Uni of Life Science. Thorvald : <https://www.robot-advance.com/EN/actualite-robotics-and-agriculture-thorvald-the-savior-111.htm>

Slide 15 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Frankrig: CENTEOL, OZ, Vitibot var de første teknologier på markedet

Slide 16 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Produktivitet var en flaskehals til udvikling af mekanisk lugning i fortiden. Det var ikke muligt at reagere på hurtig ukrudtsfremkomst

Slide 17 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Nye generationer af AgBots i Frankrig, men spørgsmålet om produktivitet og økonomisk interesse er stadig aktuelt.

Slide 18 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

En mellemvej er at udvikle smart lugning (ved hjælp af kunstig syn), hvor ruten (sporet) gives til traktorførerne som første skridt. Kørehastigheden kan være ca. 10 km/t

Agronomic – Frankrig : 3D kamera <https://www.agronomic.eu/desherbagemecanique/bineuses/>

Carre - Frankrig: række genkendelse ved hjælp af ultralydssensorer eller fotoelektriske celler <https://www.carre.fr/entretien-des-cultures-et-prairies/guidage/?lang=en>

Garford – UK <https://garford.com/> ; <https://garford.com/products/robocrop-guided-hoes/>

Steketee – NL: <https://www.steketee.com/camera-technology/>

F. Poulsen DK : <http://www.visionweeding.com/>

4.3 Løsninger tilpasset til store marker

Slide 19 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Interessen for smart lugning i forbindelse med store gårde. Smart lugning er kombineret med autostyring på traktoren.

Slide 20 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Udvikling af autonom smart lugning til store marker: eksempel fra RHEA European Project. Se flere detaljer her: <http://www.rhea-project.eu/>

Slide 21 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Ideen om at konvertere en traditionel traktor til en robot, eksemplet med Xpert fra Precision Makers: <https://precisionmakers.com>

I dette tilfælde lærer systemet af manuel betjening (styring, PTO-styring osv. og læring ved efterligning)

4.4 Virkningen af maskinens størrelse/vægt

Slide 22 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Ag Robotics-udvikling er også inspireret af ideen om en smart og smidig flåde af små maskiner snarere end en enkelt stor maskine. Fordele findes i mindre pakning af følsom jord. Denne slide forklarer de vigtigste faktorer, der påvirker jordkomprimering.

Slide 23 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Eksempler på alternativer til store Ag. maskiner præsenteres her. RHEA-projektet sigter mod at bruge flåder af droner til at overvåge marker, der vil blive dyrket af flåder af små robotter.

Den "3. vej" er et koncept studeret ved IRSTEA (INRAE) baseret på et semi-autonomiprincip (master-slave-koncept). Kun en traktor har en chauffør, to andre maskiner følger bare efter og arbejder i overensstemmelse hermed.

Slide 24 fra dokument *Lecture_Robot_AS.pptx*

At udvikle robotteknologi til høj landbrugsproduktivitet er en udfordring i en åben markkontekst. Dette slide introducerer et prisbelønnet industriprojekt, der sigter mod at håndtere 5 markoperationer på en 50 ha flad majsmark med robotter.

4.5 Præcisionslugning inde i rækken

Slide 25 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Et andet spørgsmål om mekanisk lugning er begrænsningen til lugning imellem rækkerne. Generelt er mekanisk ukrudtslugning inde i rækken ikke rigtig muligt for rækkeafgrøder. De vigtigste anvendelser findes i vinmarker og frugtplantager (intercep-teknologi).

I tilfældet af rækkeafgrøder blev en prototype undersøgt ved UC Davis, Californien. In-the-row knive føres automatisk ind for at undgå de dyrkede planter. Detektion kan ske ved hjælp af billedanalyser eller efter en RTK GPS-assisteret såning (Slide 26 fra dokument *Lecture_Robot_AS.pptx*). visionsteknikker, der anvendes til ukrudt mellem rækker, er tilpasset operationer inden for rækken.

Slide 27 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Mere komplekse algoritmer bruges til at detektere ukrudt i området inde i rækken. Ukrudtsdetektering kan betjenes ved hjælp af multispektral information, bladmorfologi, billedstruktur eller plantehøjde.

Slide 28 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Deepfield-robotik bruger deep learning teknikker <https://www.farming-revolution.com/>

Slide 29 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Løsninger fra Intelligent Lokalt Sprøjte-projektet

Ecorobotix: <https://www.ecorobotix.com/en/>

Blueriver : <https://bluerivertechnology.com/>

Slide 30 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

F. Poulsen termisk lugning. <http://www.visionweeding.com/removing-weed-in-rows-of-sugar-beets-with-flames-of-propane-without-herbicides/>

Lav energy laser lugning: <https://www.harper-adams.ac.uk/research/project/185/weed-management-using-low-energy-lasers-alone-and-in-combination-with-low-dose-photosynthetic-electron-transport-inhibitors>

Weedelec: elektrisk lugning af INRAE: <http://challenge-rose.fr/en/projet/weedelec2017-2/>

Slide 31 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Integrationen af alle funktionaliteter (finde, detektore, analysere og luge) på den samme maskine kan være problematisk, fordi hele maskinen er afhængig af kædens langsomste proces. Derfor undersøges alternative løsninger baseret på specialiserede elementer. Eksempel på RHEA-projekt, hvor optimeringskriterier blev undersøgt: tid, energi, angrebsniveau osv.

Slide 32 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

En anden måde at integrere teknologier på er at forbedre den spatiale nøjagtighed og plante frø med et parallelt eller diamantmønster ved hjælp af en GPS RTK. Robotiseringen af lugningen (diagonal vandring) men også andre dyrkningsoperationer (høstrobotter) kan lettes.

Slide 3 from document Lecture_Robot_AS.pptx

Eksempel på mekanisk plantning af træer for at lette yderligere anvendelse af lugning i skovbruget.

4.6 Autonom slåning

Slide 34 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Efter kommercielle indenlandske applikationer er autonom slåning også et anvendelsesområde inden for robotteknologi i landbruget.

Vitirover - Frankrig: <https://www.vitirover.fr/en-home>

Slide 35 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Precision Makers : GreenBot <https://precisionmakers.com/en>

5 Niveau III: Robotter, der tillader fysisk kontakt og gribning

5.1 Eksempler

Slide 36 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Denne kategori svarer til plukke- / høstrobotter, der for det meste er koncepter og prototyper, selvom der kommer kommercielle løsninger på markedet. Slide 37 fra dokument Lecture_Robot_AS.pptx

Slide 38 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Da høst af frugt og grøntsager for det meste er en manuel opgave, er det besværligt og krævende. Der er stor interesse for at udvikle autonome løsninger til mekanisk høst. University of Florida sammenlignede mekanisk citrushøstning med en robotløsning.

<https://www.energicid.com/industries/agricultural-robotics>

I New Zeland blev et autonomt køretøj med flere funktioner designet til frugtplantager <http://www.roboticsplus.co.nz/multipurpose-orchard-robotics>

Slide 39 fra dokument Lecture_Robot_AS.pptx

En anden applikation til plukning af frugt i Californien.

<https://www.abundantrobotics.com/>

Slide 40 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Eksempel på et EU-Chile-projekt om robotik til afgrøder: <http://crops.sweeper-robot.eu/>

5.2 Nødvendigheden af konvergens mellem robotteknologi og Agro-systemer

Slide 41 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Begrænsninger findes, når der udvikles robotter til landbrug:

- Vælg miljøet for basis robotter (ex rækker i frugtplantager)
- Eller tilpas afgrøden for at lette passagen og arbejde med robotter (beskæringsmuligheder, afgrødestørrelse, plantestrategier osv.)

Slide 42 fra dokument Lecture_Robot_AS.pptx

Kompleksiteten af et træ i en åben frugtplantage gør tingene meget besværlige. Her er en sammenligning af frugtplukning i 3 forskellige træarkitekturer: central Leader, Tall Spindle eller Y trellis. Omkostningerne (ex beregningstid, bevægelser osv ...) til høst kan være mere end to til tre gange større afhængigt af antallet af frihedsgrader (DOF).

Slide 43 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Et eksempel på forenklede systemer, der bruger en enkelt arm til frugtplukning

<https://www.frobotics.com/>

Slide 44 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Frugter er generelt skrøbelige, og der er behov for smarte gribe-systemer. Her er to eksempler:

En fleksibel mikro aktuator

En fangearm : <https://www.festo.com/group/en/cms/12745.htm>

6 Niveau I: Roboter uden fysisk kontakt eller gribning

Slide 45 fra dokument Lecture_Robot_AS.pptx

Slide 46 fra dokument Lecture_Robot_AS.pptx

Hjælp til operatøren ved transport af tunge laster og værktøjer er meget værdsat i landbruget. BAUDET ROB Projektet sigtede mod at udvikle denne type løsninger. Blandt forskellige teknikker bruges en 2D Lidar til at scanne miljøet og til at følge operatøren.

Slide 47 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Autonome bæltekøretøjer er også nyttige i marken til at bære last. <https://www.windegger.eu/en>

Slide 48 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

To eksempler på modne avancerede markrobotter:

Cäsar er dedikeret til markoperationer i vinstokke og frugtplantager: jordbearbejdning, gødskning, plantebeskyttelse og høst (Uni Dresden - Tyskland) <https://www.raussendorf.de/en/fruit-robot.html>

TED (NAIO Frankrig) er en tværgående robot til mekanisk ukrudt i vinavl <https://www.naio-technologies.com/en/agricultural-equipment/vineyard-weeding-robot/>

Slide 49 fra dokument Lecture_Robot_AS.pptx

Ved at kombinere flere samtidige handlinger opnås en vis produktivitet ved lav kørehastighed

Slide 50 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Parallele funktioner kan være slåning og sprøjtning, (Cäsar)

Mekanisk ukrudtsbekæmpelse og slåning eller sprøjtning (NAIO TED)

Slide 51 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

En tværgående robot som set tidligere er et stort udstyr. En alternativ løsning kan findes ved hjælp af autonomt udstyr, der arbejder på hver side af vinstokken, men følger hinanden parallelt.

Slide 52 fra dokument Lecture_Robot_AS.pptx

Afgrøndeundersøgelse (undersøgelser på nært hold) har mange anvendelser i landbruget

VINBOT : <https://robotnik.eu/projects/vinbot-en/>

INESTEC: <https://www.inesctec.pt/en/centres/cras>

VINEROBOT <https://cordis.europa.eu/project/id/610953/fr>

7 Hovedudfordringer og muligheder

Slide 53 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Spørgsmål, der stadig er en udfordring inden for landbrugsrobotteknologi

Slide 54 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Teknologiske og videnskabelige udfordringer til udvikling af AgBots

Slide 55 fra dokument Lecture_Robot_AS.pptx

Flere begrænsninger inden for anvendelsesområdet

Slide 56 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Fuld (integreret) automatisering af landbruget er et nyt concept

Slide 57 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Antallet af funktioner, der skal integreres, bliver talrige: 3-punkts kobling eller Syn-trac koblingssystem, automatisk brændstofpåfyldning, batteriopladning osv.

Slide 58 fra dokument Lecture_Robot_AS.pptx

Et spørgsmål, der skal rejses, vedrører sikkerhedsaspekterne ved autonome køretøjer: detektion af forhindringer og tilbagetrækning af værktøj, dynamisk ustabilitet i autonome køretøjer og definition af et sikkert arbejdsområde for robotter i åbne marker.



Slide 59 fra dokument Lecture_Robot_AS.pptx

Slide 60 fra dokumentet Lecture_Robot_AS.pptx

Slide 61 fra dokument Lecture_Robot_AS.pptx

8 Relaterede links

Videolinks kan findes direkte på slide

Webstedslinks kan findes på kommentarsiderne