



Multifunktionsrobotter til tredeling

Projektets formål og resultat

Projekts formål Målet med projektet var at reducere enhedsomkostningerne, skabe grundlaget for at udnytte digitale løsninger, forbedre arbejdsmiljøet, styrke rekrutteringen og ruste slagteribranchen til en ny markedssituation, hvor kundetilpassede produkter er et nøgleord.

Projektet har udviklet en funktionsmodel, hvor den halve slagtekrop opmåles med et visionsystem. Billeder af slagtekroppen opsamles med kamera og processeres af en algoritme, som genererer en skærekurve. Skærekurven eksekveres af en industrirobot, som med et robotværktøj skærer slagtekroppen i 3 dele.

Opnåede effekt af projektet I dette projekt har man opnået at tredele slagtekroppen med en industrirobot på samme måde, som man kender fra et traditionelt opskæringsanlæg, dog med den store ændring, at man kan foretage individuelle snit på slagtekroppen. Det betyder, at slagterierne kan udnytte grisen bedre, få optimeret udskæringer på forende, midterstykke og skinke samt mindre udbyttetab. Det giver en fleksibilitet i produktionen og på længere sigt bedre muligheder for at øge indtjeningen.

Resultat vs. formål opdelt på bruger, sektor og samfund Den enkelte operatør på slagteriet vil få et forbedret arbejdsliv gennem et mindre fysisk belastende arbejde. En væsentligt højere automatiseringsgrad i industrien vil eliminere det hårde fysiske arbejde og erstatte det med overvågningsarbejde og kvalitetskontrol. På længere sigt vil samfundet få reducerede udgifter til sundhedssektoren og sygefravær.

Oplæg til videre arbejde I samarbejde med slagterierne er der mulighed for, at en række afledte effekter ved omstillingen til en fuldautomatisk produktion kan vise reduktionen af enhedsomkostningerne. De afledte effekter kan være besparelser på oplæring af operatører, besparelser på mandskabsfaciliteter og areal til disse faciliteter. Tredelingen af slagtekroppen giver nye muligheder for opskæring som mulighed for at udnytte grisen bedre.

Beskrivelse af løsningen

Beskrivelse af funktionsprincip

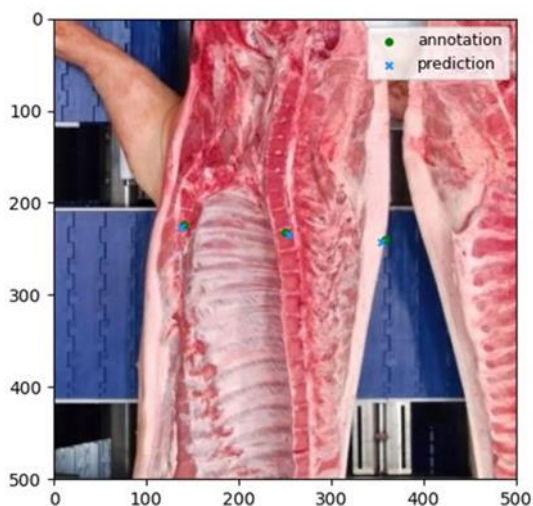
Tredeling starter med, at 2 halve grise på et transportbånd med et passende mellemrum imellem venstre og højre halvdel kører ind i cellen, hvor tredelingen skal foregå.

Opmåling:

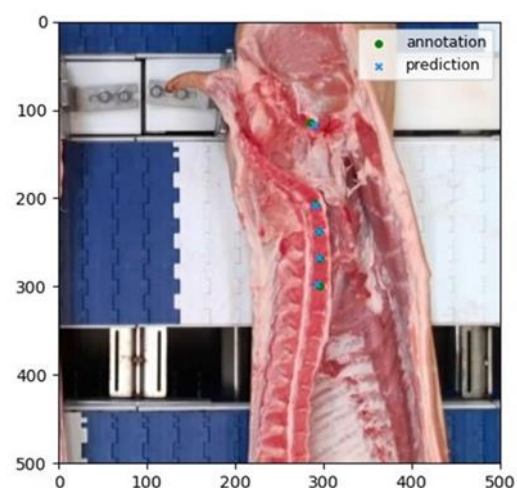
For hver gris findes en unik skærelinje til henh. forende og skinke vha. vision-algoritmer baseret på kunstige neurale netværk (deep learning). Ved forenden identificeres 3 punkter ortogonalt på grisens længderetning ved henh. brystbenet, rygsøjlen, og fedtkanten på ryggen (se billede 1). Grisens længderetning er bestemt ved linjen mellem genikket og nøglebenet. De tre punkter bruges som referencepunkter til at definere skærelinjen.

Ved skinken identificeres 4 punkter langs ryghvirvlerne samt ét på nøglebenet (se billede 2). Punkt 2 målt fra skinken (hvor halebenet og ryghvirvler mødes) bruges til korte skinker, mens punkt 3 (samlingen mellem de to ryghvirvler umiddelbart efter halebenet) bruges til lange skinker. Orienteringen af rundklingen fås fra målingen af grisens længderetning som beskrevet ovenfor.

Idet grisens længderetning implicit bestemmes gennem de 3 nøglepunkter fra forendemålingen, er der intet inputkrav til grisens orientering, når den ankommer i cellen på transportbåndet. Skærelinjerne fra målesystemet vil automatisk tilpasse sig, hvis f.eks. grisen ligger lidt skævt.



Billede 1. Referencepunkter på forende.



Billede 2. Referencepunkter på skinke.

Skæring:

På en robot er monteret en klinge med en diameter på \varnothing 730 mm. Hvis skærelinjen er vinklet, skæres et lige snit i den retning som robotten køres.

Skæring med stor \varnothing 730 mm klinge viser, at klingens ikke behøver at komme sidelæns igennem grisen, som den gør i det eksisterende opskæringsanlæg. Ved i stedet at

nedsænke den ovenfra, lidt forskudt fra grisens midte, og så kun køre meget kort sidelæns (5-10 cm) opnås et ensartet snit, hvor risikoen for, at grisene bevæger sig under indgrebet minimeres. Samtidig reduceres procestiden og det samlede footprint af cellen i forhold til hvis klingerne skal køre sidelæns igennem grisekroppen.

Beskrivelse af mekaniske del-systemer

Robotværktøjet består af en elektrisk motor med gear, hvor på der er monteret en stor savklinge. Det hele er monteret i en flange som er påsat en industrirobot.



Beskrivelse af elektriske del-systemer

Der bruges to 3D kameraer af typen Microsoft Azure Kinect, der producerer et RGB-billede og et tilhørende dybdekort vha. IR-stråling ved en frekvens på 30, 15 eller 5 Hz. Opløsningen i RGB-billedet er 1080x1920 pixels, mens dybdekortet har en præcision på ca. et par millimeter afhængig af refleksionsevnen af IR-strålingen på emnet. Integration af kameraer og robot sker på en stationær PC, som er udstyret med to store grafikkort samt en kraftig processor, som driver både kameraer og en række deep learning algoritmer samt robotstyrings- og visualiserings-software. Robotten er af mærket Fanuc og har en payload på 165 kg. Den maksimale hastighed ved robotflangen er 2 m/s afhængig af, hvilke led på robotten, der bruges under bevægelsen.

Beskrivelse af software

Kommunikation mellem kameraer og robot sker på den stationære PC via robotstyringssoftwaren ROS (Robot Operating System). Billeder opsamles fra kameraerne og behandles med deep learning algoritmer på Pc'en via ROS. Efter at punkterne er identificeret i RGB-billedet som beskrevet, bruges kameraets interne kalibrationsparametre samt dybdekortet til at få 3D koordinaterne (x,y,z). Efterfølgende transformeres koordinaterne til robottens koordinatsystem og bruges som referencepunkter til at definere skærelinjerne. Når skærelinjerne er beregnet, kommunikeres disse til robotten, som eksekverer en fast sekvens givet ved skærelinjerne, hvorefter den returnerer til sin hjemmeposition, klar til næste slagtekrop.

Testresultater

Resultat af afsluttende test

Projektteamet har arbejdet efter følgende succeskriterier under test af målesystem:

- *Forende:*
Succesraten er vurderet ud fra et skøn omkring dels udbyttetab og hvorvidt bovbladet vil blive ramt ved deling på angivne sted.
- *Skinke (kort):*

Succesraten er vurderet ud fra, om det skønnes, at samlingen mellem haleben og hofteben vil deles således at 3.5(+/-0.5) cm af samlingen efterlades på skinken.

Resultat:

Den opnåede kvalitet er baseret på en test, hvor alle parametre er fastlåst over 3 dage, i alt 80 grise:

- 20 grise (7. okt. 2021)
- 30 grise (11. okt. 2021)
- 30 grise (14. okt. 2021)

Skinke		
Succesrate	Distance fra nøgleben til snit	Distance til optimale snit (positiv = for lang skinke)
88.8%	94.1 (+/-7.8) mm	3.3 (+/-5.0) mm

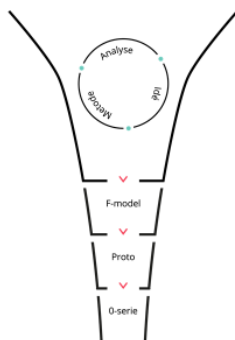
Forende		
Succesrate	90 grader snit ift. grisens retning	Distance til optimale snit (negativ = for lang forende)
86.3%	98.8%	-4.4 (+/-4.9) mm

Afvigelse fra oprindelig kravspecifikation

Evt. kun venstre side

Projekthistorik
Projektets historie opdelt efter innovationsmodellens faser og med tidslinje

Projektmål: Tredeling – ekstra proces i multifunktionsrobotcellen



Faser	Periode	Aktiviteter	Leverancer
Analyse	Jan. og feb. 2021	<ul style="list-style-type: none"> • Afdækning af behov • Beregning af potentiale/benefit • Kravspecifikation • Afdækning af patentforhold 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyserapport • Kravspecifikation
Ide	Feb. 2021	<ul style="list-style-type: none"> • Idégenerering • Patentering af ideer 	<ul style="list-style-type: none"> • Idérapport • Indleveret patentansøgning
Metode	Marts til juni 2021	<ul style="list-style-type: none"> • Værktøjsudvikling • Analyse af data (RGB og 3D billeder) • Detektion af keypoints- algoritmeudvikling • Udvikling af robotbaner • Testarbejde 	<ul style="list-style-type: none"> • Mekanisk metodeværktøj til deling af slagtekrop • Algoritmer • Robotbaner • Metoderapport
F-model	Juli til dec. 2021	<ul style="list-style-type: none"> • Videreudvikling af værktøjer, robotbaner og algoritmer • Testarbejde • Dokumentation af kvalitet • Kommerciel samarbejdspartner 	<ul style="list-style-type: none"> • Mekanisk funktionsmodelværktøj til deling af slagtekrop • Algoritmer • Robotbaner • F-modelrapport • Samarbejdsaftale med partner
Proto			
0-serie			

Økonomi

Projektregnskab med noter Se general SAF projektøkonomi i noter.

Konklusion

Med multifunktionsrobotten er det lykkedes at udvikle skærelinjer til deling af forende/midterstykke og skinke/midterstykke, som autonomt styres af vision-algoritmer. Dette er eftervist med to separate og supplerende test, som alle blev gennemført på venstregrise af hensyn til opstillingen.

- Test af værktøj på robot: Manuel styring af robot med påmonteret rundklinge til skæring hele vejen igennem halv grisekrop.
- Test af målesystem: Autonom styring af robot vha. vision-algoritme med påmonteret rundklinge til overflademarkering af skærelinjer på halv grisekrop.

Teamet har arbejdet efter følgende succeskriterier under test af målesystem:

- *Forende:*
Succesraten er vurderet ud fra et skøn omkring dels udbyttetab og hvorvidt bovbladet vil blive ramt ved deling på angivne sted.
- *Skinke (kort):*
Succesraten er vurderet ud fra, om det skønnes, at samlingen mellem haleben og hofteben vil deles, således at 3.5(+/-0.5) cm af samlingen efterlades på skinken.

Appendix

A1: Oprindelig kravspecifikation

A2: CAD-dokumentation
Inventor\P2008825\SAF38\AP2\tredeling

A3: Dokumentation fra afsluttende test
Se funktionsrapport

A4: Oprindelig tidsplan og realiserede tidsplan
Se projekthistorik

A5: Budget ved projektstart