



Rapport

RK BF1 Bæredygtige Fødevarer

Realtidsovervågning af slagtekyllingers vægt og vægtvariation

24. oktober 2022
Proj.nr. 2008875-01-03
Init. JOKL/MT/GLN

Baggrund

Dyrevelfærd, produktivitet og klimaeffektivitet i slagtekyllingeproduktion kan optimeres med bedre monitorering af kyllingernes vækst, fordi det assisterer kyllingeproducenterne i daglige managementbeslutninger, som har stor indvirkning på dyrenes velbefindende og ydelse. Slagtekyllingeflokkene består ofte af 30.000 kyllinger, som går sammen i ét stort kyllingehus. I dag monitoreres kyllingeflokkens vækst og velbefindende dels ved at kigge på data fra udfodrings- og vandanlæg, dels ved at veje en stikprøve af kyllingerne for at få et estimat på gennemsnitsvægten af flokken. Det, kyllingeproducenter ønsker, er en vækst, der følger en bestemt kurve, samt en lille variation i vægt inden for flokken. Vejning af kyllingerne foregår ved, at små vægte placeres rundt omkring i stalden, hvorpå kyllingerne selv hopper op, hvormed deres vægt registreres. Henover dagen indsamles data om kyllingernes vægt, og dagligt genereres et estimat af gennemsnitsvægten i flokken. Udfordringen med denne metode er, at jo tungere kyllingerne bliver, jo mindre har de lyst til at hoppe op på vægten. Haner, som typisk er større end hønniker, har i særdeleshed ikke lyst til at hoppe op på vægten. I dagen op til, at kyllingerne sendes til slagting, er det særdeles vigtigt med et korrekt estimat af flokkens gennemsnitsvægt, da kyllingeproducenter får bonus eller fradrag i afregningen afhængig af, hvor godt de rammer en målvægt fastsat af slagteriet, og hvor ens kyllingernes vægt er.

Et visionsystem, som kan estimere kyllingers vægt baseret på billeder af kyllingerne, vil kunne "veje" en større og mere repræsentativ stikprøve af kyllinger af variende størrelse i stalden og dermed give et mere retvisende estimat af flokgennemsnitsvægten.

Projekt mål

Et aktuelt projekt (Resultatkontrakt RK BF-1: Bæredygtige Råvarer) har til formål at udvikle algoritmer til overvågning af slagtekyllingers vækst i kommercielle kyllingehuse. Dette kan på sigt indgå i et visionsystem, der automatisk kan estimere kyllingeflokkens gennemsnitsvægt på et givet tidspunkt samt prædiktere tilvækst hen over opvækstperioden.

Målgruppe

Kyllingeproducenter.

Værdiskabelse

Den potentielle værdiskabelse ved at veje kyllinger ved brug af kamera frem for manuelle vægte er at øge præcisionen af estimatet for flokvægt samt vægtvariation inden for kyllingeflokken, og dette vil medføre:

- Større omsætning for kyllingeproducenten.

- Bedre dyrevelfærd som følge af en mindre variation i vægt inden for flok (Vasdal et al., 2019).

Metode

Dette projekt er et samarbejde mellem Teknologisk Institut, SKOV AVS og en konventionel slagtekyllingeproducent. En kameraopstilling bestående af et *3D time of flight* kamera fastmonteret på en stang, der hviler på en stige, blev monteret i et kyllingehus inden indsætning af daggamle kyllinger, se billede 1 og 2. Kameraet var tilkoblet strøm for optagelse af kyllingerne 24 timer i døgnet over hele opvækstperioden på 35 dage. Referencematerialet består af vægtestimater fra to manuelle vægte, som registrerer kyllingernes vægt og overfører vejedataene til en tilsluttet produktionscomputer. To manuelle vægte blev placeret under kameraet, som registrerede vægten på alle kyllinger, der hoppede op på dem. Data fra vægte og billedoptagelse blev sammenført vha. tidsstempel. Indsamling af billeddata skete hen over en hel opvækstperiode (35 dage) fra kyllingerne var små daggamle kyllinger på 50 g til færdigudvoksede slagtekyllinger på 2,2 kg. Algoritmeudviklingen fandt sted i Taastrup på Teknologisk Institut.



Billede 1 og 2. Forsøgsopstillingen i kyllingestalden. Til venstre: Inden kyllingerne blev indsat. Til højre: I slutningen af vækstperioden.

Algoritmeudvikling

Data består af en lang serie af billeder og vægtmålinger. Billederne er dybde og infrarøde billeder af kyllingerne på vægten. Den første opgave er at annotere de rå billeder dvs. at tegne omridset af kyllingen for derefter at fjerne baggrunden, så man kun har omridset af kyllingen tilbage, se billede 3 og billedserie 4.

Anden opgave er at udvælge de tidspunkter, hvor både referencevægten (fra de manuelle vægte) og billedet er af tilstrækkelig god kvalitet til at kunne anvendes til træning af vægtmodellen.

Vi opstillede følgende kriterier, som skulle være opfyldt, for at en måling egnede sig som referencemateriale:

1. Der må kun befinde sig én kylling på vægten.
2. Den ene kylling, der står på vægten, skal have hele sin masse placeret på vægten.
3. Udlæsningen fra vægten skal være tilstrækkelig stabil til, at vi må forvente, at den giver en præcis værdi for kyllingens vægt.

I jo højere grad disse kriterier overholdes, i jo højere grad vil man forvente præcise referencemålinger. Omvendt vil der være færre målinger, som overholder de strenge udvalgskrav, og dermed vil man ende med et mindre referencedatasæt. Udvælgelse af de præcise udvalgsriterier vil derfor være en balance mellem kvaliteten af træningsdata og antal træningsdata.

Ud fra en præliminær analyse af data blev kriterie 1 og 2 yderligere præciseret:

1. Der må kun være én kylling med mere end 1/10 af sit areal placeret på vægten.
2. Den ene kylling, der er placeret på vægten, skal have mere end 70% af sit areal placeret på vægten.

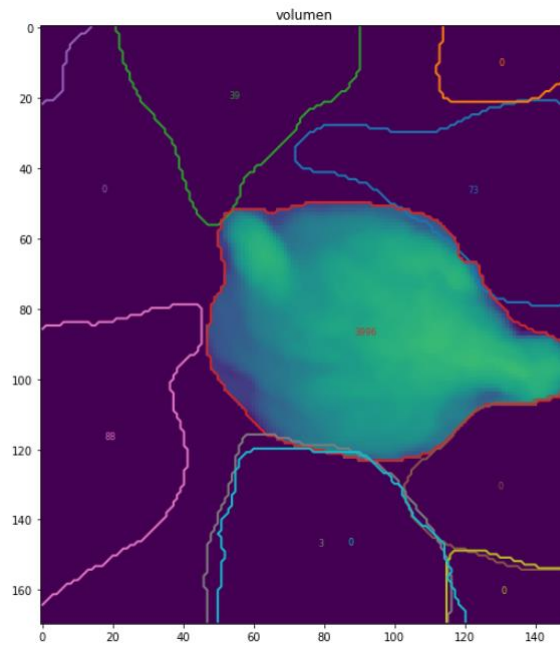
Til at uddybe kriterie 3 benyttes middel af den absolutte afvigelse imellem vægtmålingen og en udglattet vægtmåling (20 s median filter) (σ_1). Dette bruges som et mål for den lokale variation af vægten, da et godt datapunkt kendetegnes ved en stabil vægt, hvor kyllingen står stille over længere tid. Desuden anvendes også standardafvigelsen af vægtmålingen (σ_2). Begge i et vindue på 10 sekunder. Mere specifikt kræves det at:

- $\sigma_1 < 20$ g
- $\sigma_2 < 50$ g

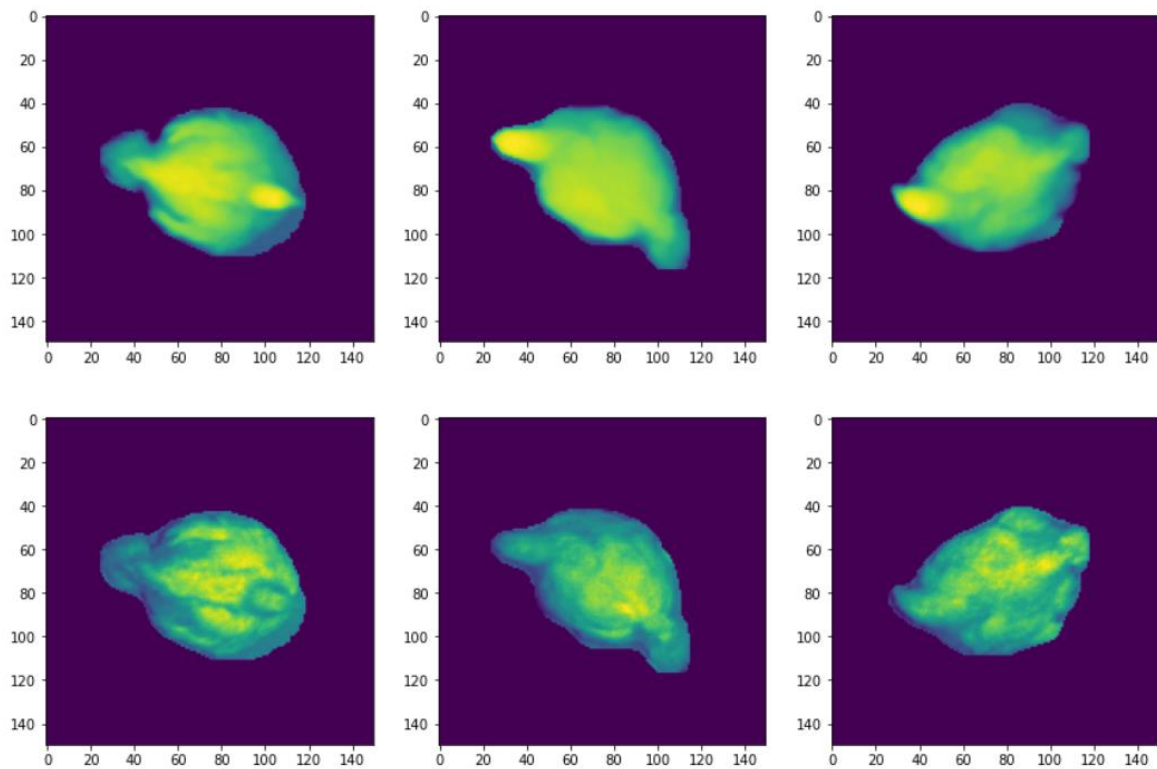
Graf 1 viser henholdsvis de rå vægtdata, de filtrerede vægtdata og det vindue af vægtmålinger, som bruges som reference til træning.

Den endelige inddeling laves ved at inddele datapunkter, som overholder de angivne kriterier i grupper af $n \times 250$ g og dernæst udvælge maksimalt 2.000 tilfældige datapunkter fra hver gruppe. Endelig inddeles data tilfældigt med 80%/20% i trænings- og valideringsdatasæt resulterende i 12.760 billeder i træningssættet og 3.190 billeder i valideringssættet.

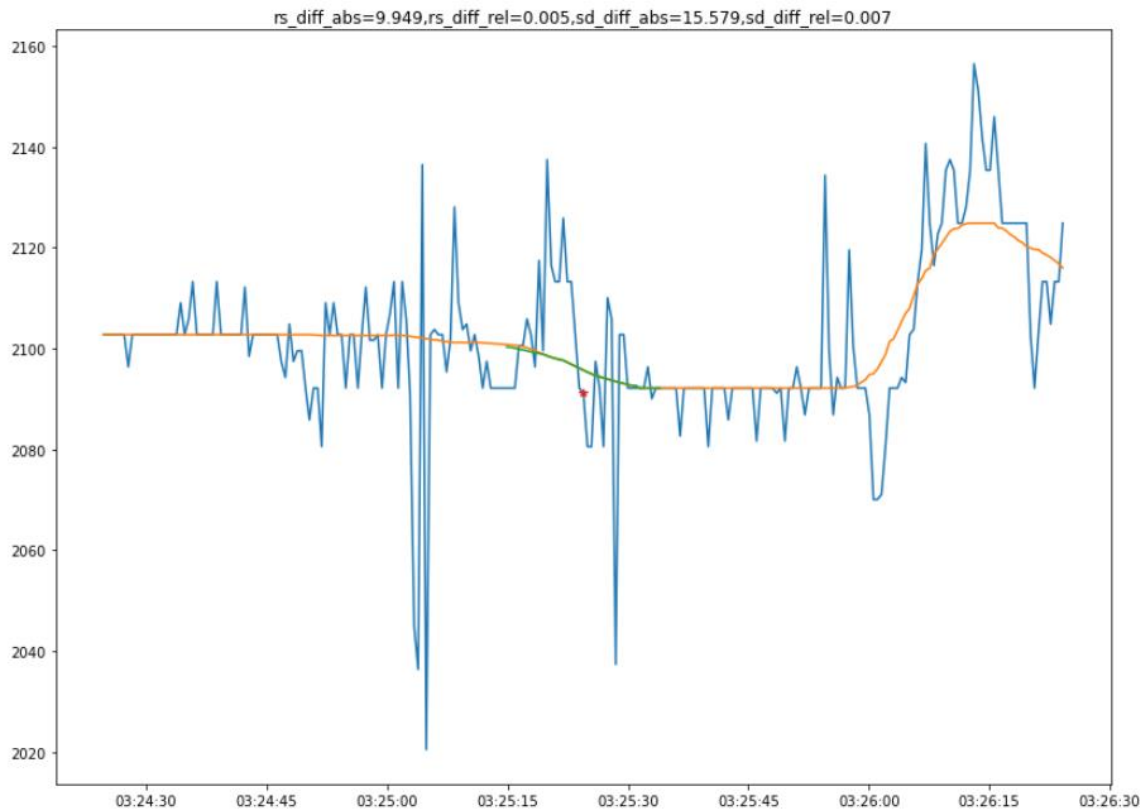
Modellen består af en resnet50 backbone med et lineært outputlag, der estimerer vægten.



Billede 3. Eksempel på annoteringsarbejde, der inkluderer at tegne omridset af kyllinger.



Billedserie 4. Seks eksempler på dybde og infrarøde billeder af kyllinger, hvor baggrunden er filtreret væk efter annoteringsarbejde.



Graf 1. Rød prik = Vægten af kyllingen på tidspunktet. Blå streg = Rådata fra vægten. Orange streg = Filtrerede vægtdata. Grøn streg = Vindue af vægtmålinger, som bruges som reference til træning af modellen.

Resultater og diskussion

Resultaterne består af forskellige estimater for modellens evne til at estimere kyllingernes vægt ved sammenligning med den manuelle vægt og kan ses i tabel 1.

De estimerede vægte dvs. root mean square error, RMSE, for alle målinger i valideringssættet viser en gennemsnitlig fejl, på tværs af alle vægtklasser, på 63 g svarende til en R^2 på 0,99 på valideringsdatasættet ved sammenligning med den manuelle vægt, se figur 1. Scatterplottet i figur 1 viser en større absolut fejl, jo tungere kyllingerne er. For at undersøge modellens evne til at estimere kyllingernes vægt nærmere er der udregnet gennemsnitlige fejl for de forskellige vægtklasser i intervaller på 250 g, se tabel 1.

De første to kolonner (markeret som nr. 1 i tabellen) angiver henholdsvis nedre og øvre vægtgrænse for den vægtklasse, der er udregnet de næste værdier for. "rmse" (markeret som 2 i tabellen) angiver *root mean square error* og beskriver forskellen mellem de individuelle kyllinger estimeret af henholdsvis referencen (den manuelle vægt) og vores model. Det vil sige, at "rmse" beskriver, hvor god modellen er til at estimere vægten af den individuelle kylling.

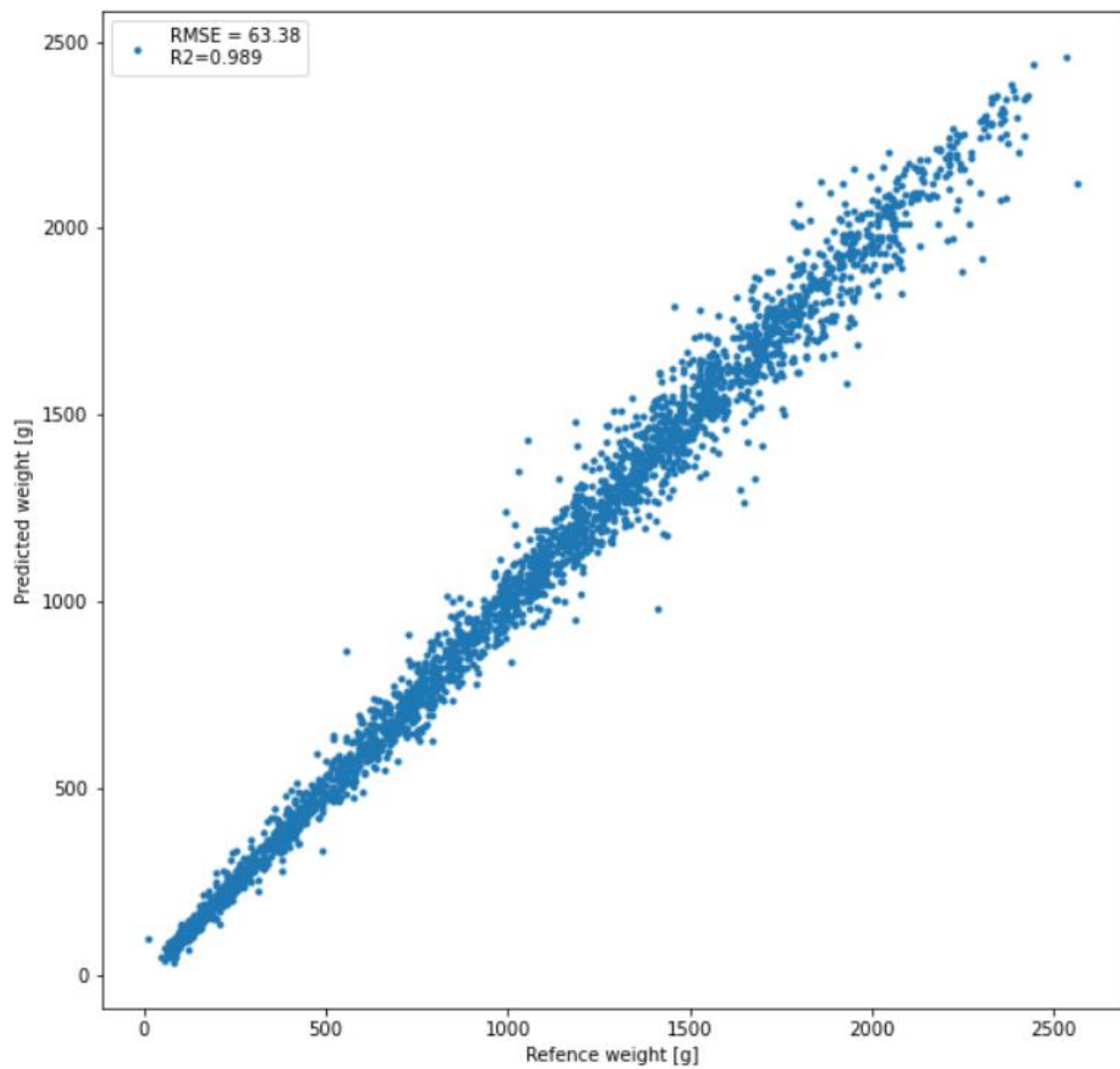
"n" (markeret som nr. 3 i tabellen) er stikprøven af kyllinger, som estimeringen er lavet på baggrund af. Man kan se, at denne bliver mindre og mindre jo højere vægtklasse. Som det blev beskrevet i baggrundsafsnittet, så er kyllinger mere modvillige til at gå op på vægten, jo tungere de er. Det resulterer naturligt i færre egnede billeder efter dataudvælgelsesprocessen.

Den sidste kolonne i tabellen "avg_diff" (markeret som nr. 4 i tabellen) angiver forskellen mellem gennemsnitsflokvægt estimeret af henholdsvis referencen (den manuelle vægt) og vores model. Dette er særligt interessant, da dette tal derved kan ses som et estimat for den populationsfejl, man kan forvente på vægten. Med andre ord så beskriver den, hvor god vores model er til at estimere flokgennemsnitsvægten i forhold til den manuelle vægt. Set i lyset af, at kyllingeproducenter får enten fradrag eller bonus i afregningen afhængig af en grænseværdi på plus/minus 50 g fra målsætningen, så er resultaterne generelt gode. Men modellen bliver dårligere, jo større vægtklasse. Det er forventeligt, da større fugle har større variation i fjerdragten sammenlignet med små kyllinger, hvilket især kan give problemer, hvis kyllingerne er i bevægelse, når billedet tages. Man kan også argumentere for, at der i de højere vægtklasser er mere kylling, der kan give variansen. Den lille stikprøvestørrelse associeret med de højere vægtklasser kan også ses i lyset af, at der er meget stor usikkerhed forbundet med disse resultater. Sammenlignes "rmse" og "avg_diff" dvs. modellens evne til at estimere vægten af de individuelle kyllinger versus modellens evne til at estimere gennemsnitsflokvægten ses det, at modellen er betydeligt bedre til at estimere gennemsnitsflokvægten end det, der observeres på individuelt niveau. Det er information om gennemsnitsflokvægten, kyllingeproducenten skal videregive til slagteriet, og som denne blandt andet bliver afregnet efter. Derudover bliver kyllingeproducenten også afregnet efter variationen i vægt imellem de individuelle kyllinger (bedre kendt som CV), hvorfor det er vigtigt, at modellen også kan estimere dette med høj præcision.

CV er udregnet således:

$$CV\% = \frac{\text{standard deviation}}{\text{average body weight}} * 100$$

for både de manuelle vægte "cv_ref" og for modellen "cv_pred". Dertil er også forskellen mellem de to angivet som "cv_delta" (markeret som nr. 5 i tabellen). Det ses, at CV er tilknyttet de manuelle vægte, og at modellen falder jo højere vægtklasse. En slagtekyllingeflok med CV på mellem 10 og 12% ved 40-42 dage anses for at være ensartet (Corzo et al., 2004; Griffin et al., 2005). Ved sammenligning er estimaterne for CV fra tabellen betydeligt mindre. Det kan sandsynligvis forklares af dataudvælgelsesprocessen beskrevet tidligere, som havde strenge kriterier for kvaliteten af vægtmålinger og billeder, der indgik i valideringssættet. Derudover kan det forklares yderligere af den faldende stikprøvestørrelse "n" jo tungere vægtklasse. Derfor betragtes estimaterne for CV udregnet på baggrund af henholdsvis de manuelle vægte samt modellen ikke for at være realistiske. Til gengæld kan man udlede på baggrund af forskellen mellem de to, "cv_delta", at modellen estimerer en større variation i vægt i forhold til de manuelle vægte på mellem 1,3-2,5 procentpoint, hvis man ser bort fra sidste vægtklasse. Der er altså også plads til forbedringer af modellen i denne henseende.



Figur 1. Scatterplot, som viser en større absolut fejl tilknyttet den estimerede vægt (y-akse) i forhold til referencevægten (x-akse), jo tungere kyllingerne er.

Tabel 1. Resultater bestående af forskellige estimater for modellens evne til at estimere kyllingernes vægt ved sammenligning med den manuelle vægt.

①		②			③	⑤	④			
weigh_min	weigh_max	rmse	rmse_rel	mae	r2	n	cv_ref	cv_pred	cv_delta	avg_diff
0.0	250.0	18.799903	0.150399	13.354703	0.882324	410	36.635924	38.533407	-1.897483	-0.125015
250.0	500.0	28.664380	0.076438	20.838231	0.822845	392	18.446143	19.866307	-1.420163	-0.088289
500.0	750.0	43.798617	0.070078	31.487626	0.591424	398	10.744558	12.306202	-1.561644	1.550845
750.0	1000.0	51.010399	0.058298	38.047415	0.600983	377	9.226054	11.038401	-1.812347	-3.969043
1000.0	1250.0	65.164231	0.057924	46.789992	0.076597	386	6.037579	8.265784	-2.228205	-3.321310
1250.0	1500.0	75.933872	0.055225	55.703012	-0.145542	439	5.178393	7.422126	-2.243733	-4.838637
1500.0	1750.0	80.075639	0.049277	58.636371	-0.108002	375	4.686937	6.424155	-1.737218	1.948812
1750.0	2000.0	96.143753	0.051277	70.039248	-0.792548	231	3.844306	6.367132	-2.522825	19.342217
2000.0	2250.0	87.655593	0.041250	62.886628	-0.426510	137	3.490396	4.828887	-1.338490	38.824087
2250.0	2500.0	120.385928	0.050689	83.947525	-4.974757	44	2.101777	4.553082	-2.451305	81.714155
2500.0	2750.0	320.546863	0.122113	260.973240	-368.473115	2	0.653877	7.401522	-6.747646	260.973240

Perspektivering

Under dette forsøg er vægtmålinger fra de manuelle vægte blevet brugt som referencemålinger. Med andre ord er modellen trænet til at blive lige så god til at estimere kyllingernes vægt som de manuelle vægte. Udfordringen med de manuelle vægte er, at kyllingerne er modvillige til at hoppe op på dem, jo tungere de bliver. Ud fra "n" (stikprøvestørrelsen) i tabel 1 ses denne tendens at optræde, når kyllingerne når 1.750 g, hvor målvægten oftest er mellem 2,1 og 2,3 kg. Udfordringen med de manuelle vægte i produktionen afspejles dermed også i vores forsøg, hvilket understøtter potentialet i at lade kameraer veje kyllinger, idet en kameraløsning ikke vil afhænge af kyllingernes villighed til at hoppe op på vægten. Vores model har brug for mere træning for at opnå den præcision, der kræves for at have værdi for kyllingeproducenter. Mere træning af modellen forudsætter flere egnede billeder at træne på. En fremtidig indsats for udvikling af software med bedre præcision vil derfor inkludere indsamling af flere referencemålinger – højst sandsynlig muliggjort af manuelle vejninger, hvor kyllinger manuelt placeres på vægten af personale.

Konklusion

Projektet har udviklet software til at estimere vægten af individuelle kyllinger samt flokvægten på baggrund af billeddata. Dette har vist lovende resultater med potentiale til at kunne erstatte de nuværende manuelle vægte, der bruges i produktionen. Softwaren vurderes for nuværende ikke til at have opnået tilstrækkelig præcision til at realisere dette, hvilket kræver gentræning af modellen, herunder indsamling af flere egnede billeddata til at fungere som referencemåling.

Referencer

A Corzo, CD McDaniel, MT Kidd, ER Miller, BB Boren, BI Fancher. 2004. Impact of dietary amino acid concentration on growth, carcass yield, and uniformity of broilers. Australian Journal of Agricultural Research 55(11): 1133-1138.

AM Griffin, RA Renema, FE Robinson, MJ Zuidhof. 2005. The influence of rearing light period and the use of broiler or broiler breeder diets on forty-two-day body weight, fleshing, and flock uniformity in broiler stocks. *Journal of Applied Poultry Research* 14: 204-216.

G Vasdal, EG Granquist, E Skjerve, IC Jong, C Berg, V Michel, RO Moe. 2019. Associations between carcass weight uniformity and production measures on farm and at slaughter in commercial broiler flocks. *Poultry Science* 98(10): 4261-4268.

Kontaktinformation Joanna Klaaborg Stang
Mail: jokl@teknologisk.dk. Tlf.: 7220 1409