Automatiseret genkendelse og længde-estimering af fisk på fiskefartøjer

Torskebestandene i de indre danske farvande og Østersøen er i dag kollapset. Fiskefartøjer er derfor blevet pålagt at montere videokamera som filmer fangsten til kontrolbrug. Anvendelse af kunstig intelligens til automatiseret dokumentation af fangsten er derfor en perspektivrig løsning til kontrol samt forsknings- og forvaltningsmæssig brug, der kan bidrage til at genopbygge torskebestandene og sikre fremtidens bæredygtige fiskeri.

Stefan Hein Bengtson, Malte Pedersen & Niels Madsen

Baggrund

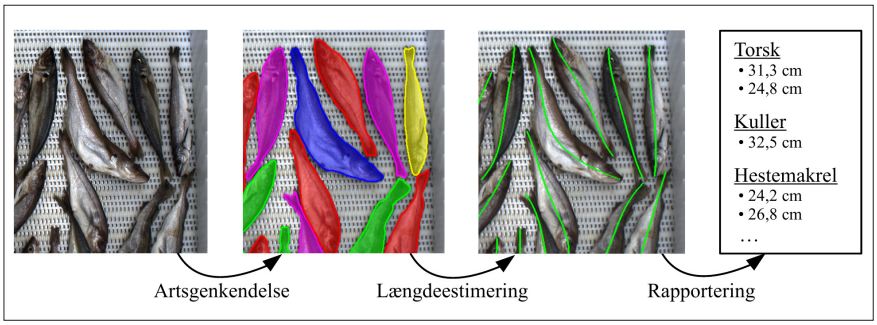
Torsk (*Gadus morhua*) var tidligere en af de væsentligste fiskebestande for erhvervs- og rekreativt fiskeri i de indre danske farvande og Østersøen. Torskebestandene i Kattegat samt den vestlige og østlige Østersø er i dag kollapset og har nået historiske lave niveauer. Det Internationale Havundersøgelsesråd (ICES) anbefaler derfor EU at der anvendes et forsigtighedsprincip hvor der ikke længere fiskes målrettet efter torsk. Der kan stadig fiskes efter andre arter, men der vil uundgåeligt være en utilsigtet bifangst af torsk. Selv når bifangsten er lav, er det yderst vigtigt at den registreres af hensyn til kontrol og løbende reguleringer af fiskeriet. Derudover er det også hensigtsmæssigt at kunne estimere udviklingen i bestandsstørrelsen således at der kan gennemføres en effektiv og bæredygtig forvaltning.

EU har en landingsforpligtigelse som pålægger fiskefartøjerne at registrere og ilandbringe hele fangsten af torsk og øvrige kommercielle arter. Dette gælder også selvom de ikke må sælges videre til menneskekonsum. Ikke desto mindre indikerer undersøgelser at dette ikke altid er tilfældet /1/. Fysisk fiskeriinspektion er meget omkostningstungt. Det samme gælder for anvendelse af observatører som opmåler fangsten til forsknings- og forvaltningsmæssigt brug, som er essentielt for at monitere bestandsudviklingen. I begge tilfælde gælder at det kun er promiller af fiskeriet der kan kontrolleres og moniteres.

Der har gennem en årrække været gennemført forsøg med elektronisk monitering hvor videokamera filmer fangsten. I dag er fiskefartøjer, der fisker i Kattegat efter jomfruhummer, blevet pålagt at montere videokamera som filmer transportbåndet og derfor giver mulighed for registrering af fangsterne til kontrolbrug. Manuel inspektion af videoerne hvor videomaterialet gennemses er tidsmæssigt krævende og der kan kun udtages begrænsede stikprøver. Derudover har denne type monitering medført en bekymring fra fiskernes side vedrørende indskrænkning af privatlivet. Derfor ses også en stigende interessere for mere effektive og skalerbare inspektionsredskaber, der ikke baserer sig på manuel verifikation og som ikke inkluderer generel overvågning af fiskernes gøren og laden.

Automatiseret dokumentation

En metode, der har potentiale til at gavne både fiskere, forskere og myndigheder, er automatiseret dokumentation af fangsten ved hjælp af skræddersyet kameraopsætninger, billedgenkendelse, og kunstig intelligens. Disse installationer skal være fokuseret på kritiske områder, der direkte vedrører fangsten, og ikke inkludere unødig overvågning af den resterende del af båden. Registreringsmetoder baseret på automatiseret genkendelse gør det i høj grad muligt at understøtte fiskerne i væsentlige beslutninger i forhold til målarterne, der kan være med til at sikre et mere bæredygtigt og klimavenligt fiskeri. Ydermere vil systemet også kunne anvendes til forsknings- og forvaltningsbrug, som er helt essentielt hvis torskebestanden skal genopbygges og potentialet er derfor enormt. I



Figur 1. Automatisk artsgenkendelse samt længdeestimering af fangsten. Et kamera er placeret over et transportbånd og optager løbende billeder af fangsten. Herefter detekteres og artsbestemmes hver fisk ved hjælp af kunstig intelligens og længden for hver fisk estimeres i centimeter. Til sidst genereres en rapport for fangsten automatisk.

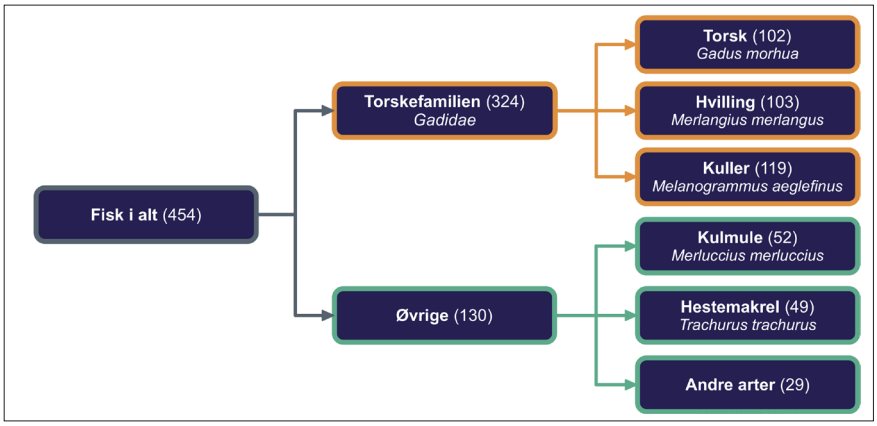
dette projekt kigger vi på den del, som vedrører billedanalyse vha. kunstig intelligens i form af automatiseret artsgenkendelse og længdeestimering som illustreret i figur 1.

I modsætning til traditionel elektronisk monitering, involverer automatiseret dokumentation af fangst ikke manuel inspektion af video- eller billedmateriale. Det gør løsningen omkostningseffektiv og skalerbar. Derudover minimeres problemstillingen vedrørende indskrænkning af privatliv, da billed- og videomateriale fokuseres på få relevante områder på fartøjet, der vedrører landingen. Anvendes et tilsvarende system herefter på land til at dokumentere lasten kan tallene desuden sammenlignes som en del af myndighedskontrollen. Billedanalysen kan udføres i realtid ombord på fartøjet, hvilket giver fiskeren mulighed for at følge direkte med i hvad der kommer ombord, inklusiv artssammensætning, størrelse og mængde med mere. Kobles disse informationer sammen med skibets lokation, tidspunkt, og fiskeriaktivitet åbner det for muligheden for at føre detaljeret statistik over fangsterne. Dette kan målrette fiskeriet og gøre det mere bæredygtigt ved at danne grundlag for kvalificerede reguleringer, der eksempelvis begrænser sig til specifikke områder hvor der observeres høj forekomst af yngel fisk, truede arter eller uønsket bifangst.

Dataindsamling

For at udvikle et visuelt inspektionssystem baseret på kunstig intelligens er det essentielt med data af høj kvalitet til at træne og evaluere effektiviteten af systemet. Med høj kvalitet menes ikke nødvendigvis at billedkvaliteten skal være af særlig karakter, derimod er det kritisk at trænings- og test data ikke indeholder de samme individer af fisk. Dette er for at undgå at ende med en model, der ikke generaliserer til hidtil uset data. I dette projekt er datagrundlaget 454 individuelle fisk primært fordelt på fem forskellige arter, som illustreret i figur 2. Udover disse fem arter indeholder data også en kategori bestående af 'andre' arter. Fiskene stammer fra en fangst fra dansk farvand og repræsenterer derfor et realistisk eksempel på hvordan en fangst kan se ud. Der en overvægt af fisk fra torskefamilien (torsk, hvilling og kuller) i det indsamlede data, hvilket betyder at fiskene har mange visuelle ligheder, da de er nært beslægtet.

Dataindsamlingen foregik i et kontrolleret miljø, som illustreret i figur 3. Fiskene var placeret på et transportbånd for at efterligne miljøet på en fiskerbåd. Et kamera var placeret over fiskene med en afstand på knap 1,5 meter. Hovedformålet med at bruge et kontrolleret miljø er at holde styr på fiskene i forhold til art og længde, men også for at gøre det muligt at variere tætheden og mængden af fisk på billederne. Der blev i alt indsamlet 1500 billeder med 14-24 fisk i hvert billede. Hver fisk optræder desuden flere gange i den indsamlede data i forskellige positioner. Dette sker for at sikre nok data til at træne systemet, samt at få det optimale ud af de fisk, som var til rådighed. Desuden efterligner det også en situation, hvor fiskene kører på et transportbånd og dermed kan blive skubbet rundt. Hver fisk blev herefter manuelt annoteret med art, længde og en maske svarende til fiskens kontur. Dette resulterede i 18.160 annoteringer, som danner grundlag for træning og evaluering af systemet.



Figur 2 – Oversigt over artssammensætningen i dataindsamlingen med antal angivet i parentes. Kulmulen regnes her som en del af kulmulefamilien (Merlucciidae) /2/.

Artsgenkendelse

Den automatiske artsgenkendelse er baseret på kunstig intelligens og benytter en model /3/ som er trænet på forhånd til at detektere og genkende objekter som mennesker og køretøjer. Denne model finjusteres til det specifikke formål at genkende fiskearter igennem en træningsfase hvor systemet bliver præsenteret for 80% af de 18.160 annoteringer fra datasættet. Herefter evalueres systemet på de resterende 20%, der ikke indgik i træningsfasen. Et par eksempler fra det trænede system kan ses i figur 4. Resultaterne viser at systemet generelt er yderst godt til at detektere de enkelte fisk idet 95,1% af alle fiskene bliver detekteret korrekt. I nogle af de tilfælde hvor detekteringen mislykkes skyldes det at fiskene ikke ligger i ét lag og derfor skygger for hinanden.

I tabel 1 ses resultaterne for selve artsgenkendelsen. Her ses bl.a. at torsk genkendes korrekt i 98,4% af tilfældene og for de øvrige arter er systemet korrekt mellem 98,4% og 100% af tilfældene. Desuden indikerer resultaterne at systemet ikke har sværere ved at genkende arterne indenfor torskefamilien imod de øvrige arter, såsom hestemakrel. Yderligere test viste desuden at mængden af data i træningsfasen kan reduceres med op til 50% med kun en marginal forringelse i evnen til at artsgenkende fiskene. Denne observation er vigtig når systemet evt. skal udvides til andre arter eller miljøer, idet indsamling af ny data til at træne og evaluere systemet oftest er en af de mest tidskrævende processer indenfor brugen af kunstig intelligens.

Længdeestimering

Den automatiske længdeestimering er baseret på maskerne fra detektionsmodulet, der blev beskrevet i forrige afsnit. En algoritme /4/ reducerer først disse masker til en linje, som herefter benyttes til at estimere midterlinjen for hver fisk. Dette er illustreret i figur 5. Ud fra midterlinjen kendes fiskens længde i pixels samtidig med at der tages højde for de tilfælde hvor fiskene buer. Den estimerede længde i pixels konverteres herefter til centimeter. Denne konvertering af baseret på en stationær opsætning, hvor afstanden mellem kamera og fiskene ikke ændrer sig. Desuden antages det

Figur 3. Til venstre: opsætningen benyttet til dataindsamling. Midten: billede fra kameraet. Til højre: samme billede efter manuel annotering med masker omkring hver enkel fisk.

Tabel 1. Succesraten i procent for den automatiske genkendelse af de forskellige fiske arter.

Torsk	Hvilling	Kuller	Kulmule	Hestemakrel	Andre arter
98,4%	99,3%	99,7%	98,4%	100,0%	98,6%

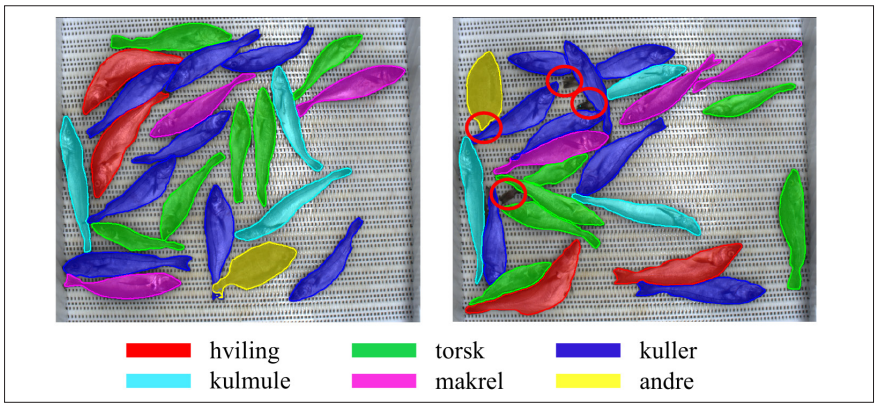
at fiskene ligger plant i et lag. Disse antagelser gør det muligt at estimere forholdet mellem pixels og centimeter ved at benytte et referenceobjekt med en kendt størrelse, såsom bredden på transportbåndet.

Nøjagtigheden af den automatiske længdeestimering evalueres ved at sammenligne den estimerede længde med en manuel opmåling. Den manuelle opmåling er udført én person og i intervaller af 5mm, og er derfor forbundet med en vis unøjagtighed. Forskellen mellem de manuelle opmålinger og automatiske estimeringer kan ses i tabel 2. Her rapporteres både de gennemsnitlige afvigelser på tværs af alle fiskene samt spredningen af disse. Desuden rapporteres resultaterne for tre forskellige niveauer af tæthed; høj, lav og varierende tæthed. Lav tæthed betegner situationer hvor fiskene ligger med afstand til hinanden, og derfor kun ligger i ét lag. I situationer med høj tæthed kan fiskene ligge oveni hinanden og dermed i flere lag. Dette forklarer også hvorfor forskellen generelt er højere i situationer med høj tæthed sammenlignet med lav tæthed. Desuden har systemet en tendens til at undervurdere længden af fiskene. Dette skyldes højst sandsynligt at fiskene fremstår kortere end de reelt er, f.eks. hvis systemet ikke detekterer en hale eller et hoved, som det var tilfældet i figur 4. En potentiel løsning kunne være at underbygge længdeestimeringen udfra fikspunkter på fiskens krop, såsom distancen fra øje til mund, brystfinne til ryg, eller lignende. En anden løsning kunne være en anordning på transportbåndet, som rystede fiskene fra hinanden, så situationer med høj tæthed minimeres.

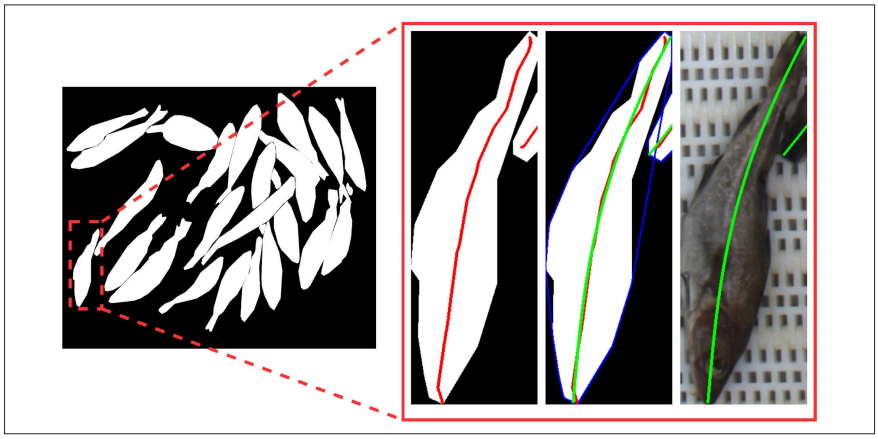
Fremtidsaspekter

Evalueringen af det udviklede system viste at det er muligt både at genkende de forskellige arter med en høj nøjagtighed på over 98% i et kontrolleret miljø. Desuden kunne den automatiske længdeestimering opnå en nøjagtighed på omkring 0,34 cm i situationer med lav tæthed af fisk. Disse resultater indikerer at teknologien indenfor automatisk billedbehandling og kunstig intelligens er ved at nå et niveau hvor det er anvendeligt i praksis.

Indenfor den nærmeste fremtid forventes det derfor at der vil blive udviklet og kommercialiseret automatiserede systemer, der overgår nøjagtigheden af trænede inspektører til at dokumentere fangsten på de fleste typer af fiskefartøjer. På mindre fartøjer anser vi det for plausibelt at registrere og dokumentere hver eneste fisk, hvorimod det på større både anses for et mere realistisk scenarie blot at registrere et udsnit af fangsten på individniveau og herefter bruge denne data som udgangspunkt for et kvalificeret bud på artssammensætning og størrelse af hele fangsten.



Figur 4. Automatisk detektering og artsgenkendelse af fisk i to forskellige eksempler. Til venstre: fiskene ligger kun i ét lag og systemet detekterer samt genkender alle fisk korrekt. Til højre: fiskene kan ligge oveni hinanden og systemet får derfor ikke nødvendigvis halen på alle fiskene med (vist med røde cirkler).



Figur 5. Maskerne (hvid) reduceres til linjer (rød) som bruges til at estimere midterlinjen (grøn) for hver fisk. Midterlinjen bruges til at estimere længden af fiskene i pixels da den tager højde for de tilfælde hvor fiskene ikke er helt udstrakt.

Projektet er finansieret af Den Europæiske Union, Den Europæiske Hav og Fiskerifond (EHFF) og Ministeriet for Fødevare Landbrug og Fiskeri, Fiskeristyrelsen (AUTOFISK-33113-I-20-175).

Referencer

/1/ Fiskeristyrelsen 2023. Elektronisk monitorering af jomfruhummerfiskeriet i Kattegat - Samlet evaluering af projektet. Fiskeristyrelsen, oktober 2023.

/2/ Carl, H., J.G. Nielsen & P.R. Møller, En kommenteret og revideret oversigt over danske fisk. Flora og Fauna 110(2): 29-39, 2004

/3/ B. Cheng, I. Misra, A. G. Schwing, A. Kirillov and R. Girdhar, "Masked-attention Mask Transformer for Universal Image Segmentation," 2022 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), New Orleans, LA, USA, 2022, pp. 1280-1289

/4/ Tongjie Y Zhang and Ching Y. Suen, "A fast parallel algorithm for thinning digital patterns", Communications of the ACM, 27(3), 1984, pp. 236–239

Stefan Hein Bengtson er postdoc ved Institut for Arkitektur og Medieteknologi, Visual Analysis and Perception Lab, Aalborg Universitet og er affilieret med Pioneer Center for AI, København, Danmark. shbe@create.aau.dk

Malte Pedersen er postdoc ved Institut for Arkitektur og Medieteknologi, Visual Analysis and Perception Lab, Aalborg Universitet og støttet af Pioneer Center for AI, København, Danmark. mape@create.aau.dk

Niels Madsen er professor ved Institut for Kemi og Bio-videnskab, Environmental Biology Monitoring, Aalborg Universitet. nm@bio.aau.dk

Tabel 2. Resultater for den automatiske længdeestimering sammenlignet med manuel opmåling. Forskellen er angivet i cm for både gennemsnittet samt spredningen.

Forskel (cm)	Høj tæthed	Lav tæthed	Varierende tæthed
Gennemsnit	-1,56	-0,34	-0,93
Spredning	4,38	0,68	3,16