



Bedre Arbejds miljø - Projekt nr.: 2009605

Projektets formål og resultat

Projektets formål Projektet vil muliggøre udvikling og optimering af robotstyring og kunstig intelligens uden forudgående kendskab til programmering. Samtidig skal det understøtte arbejdet med at forbedre arbejdsmiljøet ved at levere analyseværktøjer, som kan bevidstgøre operatøren om uhensigtsmæssige bevægemønstre.

Forventet effekt af projektet Projektet har udviklet nye analyseværktøjer, der bygger på kendte teknologier inden for tracking af bevægemønstre og muskeltræthed hos operatøren. Analyseværktøjerne kan dels understøtte træning i sundere arbejdsrutiner, og samtidig kan de bruges til automatisere arbejdsprocesser, hvilket på sigt muliggør udvikling og optimering af robotstyring og kunstig intelligens uden forudgående kendskab til programmering. I projektets næste fase vil analyseværktøjerne testes og videreudvikles i samarbejde med branchen. Den forventede effekt er en styrket rekruttering til kødindustrien gennem mere attraktive arbejdspladser og en højere værdiskabelse ved at kunne inddrage en bredere medarbejdergruppe i optimering og anvendelse af ny teknologi.

Forventet 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. Processer præget af ensidigt-gentaget-arbejde (EGA) og problemer med muskel-skelet-besvær (MSB) vil kunne analyseres med henblik på at forbedre arbejdsmiljøet gennem træning og nye arbejdsrutiner. I de tilfælde hvor processen kan automatiseres, vil EGA- og MSB-arbejdspladser erstattes af overvågningsarbejde og kvalitetskontrol. Ved at have fokus på arbejdsmiljø og gøre ny teknologi tilgængelig for en bredere medarbejdergruppe vil slagterierne blive mere attraktive som arbejdsplads og opleve en nemmere rekruttering af kvalificeret arbejdskraft. Samtidigt opnås en effektivisering af produktionsplanlægningen, da arbejdsmiljøbetingede bindinger fjernes. En mere fleksibel produktion vil øge kødindustriens konkurrenceevne og fremme værdiskabelsen gennem en optimeret udnyttelse af ressourcerne. På længere sigt vil samfundet få reducerede udgifter til sundhedssektoren og sygefravær blandt lønmodtagerne i industrien.

Oplæg til videre arbejde Projektet fortsætter i 2023, hvor analyseværktøjerne videreudvikles i samarbejde med branchen. Der vil blive arbejdet med aktuelle cases fra slagterierne i samarbejde med arbejdsmiljøorganisationer.

Beskrivelse af aktiviteter

Beskrivelse af funktionsprincip Projektet er indledt med en analysefase, hvor kødindustriens generelle udfordringer med MSB og EGA er undersøgt. Dette har afgrænset projektets mulige fremtidige samarbejdspartnere til vurdering af arbejdsmiljøudfordringer samt de tekniske løsningsmuligheder, der skal undersøges i projektet. Derudover er samarbejds muligheder med Arbejdsmedicinsk Klinik samt Nationalt Forskningscenter for Arbejdsmiljø belyst ift. at få den bedste viden om vurdering af, hvilke bevægelsesmønstre, der potentielt medfører skader.

Projektet har efterfølgende gennemløbet idéfasen og befinder sig med udgangen af 2022 i metodefasen. Der er udviklet metoder til at tracke og afkode operatørens bevægelsesmønstre og arbejdsbelastning, og det er undersøgt, hvordan denne information kan anvendes til programmering af en robot eller i et analyseværktøj til arbejdsmiljø. Omdrejningspunktet er *Digitalisering af arbejdsbevægelser*, og der har været arbejdet med afledte udviklingsspor under dette tema. Fælles for aktiviteterne i projekterne er intens brug af data fra sensorer, som har betydet et omfattende arbejde med at finde, afprøve og kombinere de sensorsystemer, der kan levere den nødvendige information. Projektet har også afsøgt muligheder for samarbejde med eksterne partnere og har i den forbindelse etableret en god dialog med den interne arbejdsmiljøorganisation i Danish Crown, Environment Health & Safety (EHS), som fungerer som sparringspartner i projektet.

De tekniske løsninger, som projektet er i gang med at undersøge og udvikle, falder i tre kategorier:

- **Måling af muskeltræthed:** Der er indhentet et trådløst elektromyografisk sensorsystem (EMG) til bioelektriske målinger af muskelaktivitet. Ud fra muskelaktiviteten er det muligt at udlede information om niveauet af muskelbelastning og muskeludtrætning under arbejdet, og det kan anvendes til analyse af MSB og EGA. Der er udviklet software til at analysere signalet fra sensorerne i henhold til den standardiserede metode *Joint Analysis of EMG Spectrum and Amplitude* (JASA), som inddeler mønstre i muskelaktiviteten i kategorierne *recovery*, *force increase*, *force decrease*, *fatigue*. Det er særligt sidste kategori, *fatigue*, dvs. muskeltræthed, der er interessant i denne sammenhæng.
- **Måling af ergonomi:** Der er udviklet en AI-baseret software til analyse af operatørens bevægelsesmønstre. Der tager udgangspunkt i body pose tracking, hvor nøglepunkter på operatørens krop trackes (f.eks. hofter, skulder, albue og håndled). Ud fra disse data kan en RULA-score udregnes, hvor RULA (Rapid Upper Limb Assessment) er en standardiseret metode til vurdering af arbejdspositioner ift. ergonomi.

- **Sensorfusion til præcisionsmålinger:** Der er udviklet et sensorfusion system, der kombinerer flere målinger til at give et præcist og robust estimat af position og orientering af operatørens værktøj, f.eks. en kniv. Målingerne kommer fra et visionsystem, der tracker værktøjets position og fra en Inertial Measurement Unit (IMU), der tracker værktøjets acceleration, hvorfra positionen kan udregnes. Den præcise måling af værktøjets bane danner grundlag for at kunne automatisere processen.

Projektet arbejder med forskellige use-cases til at illustrere funktionaliteten af de tekniske løsninger. Bl.a. bruges casen fra SAF-projektet "Automatisk pudsning af mørbrad", som også afvikles i 2022-2023 til at udvikle de tekniske løsninger. I projektets andet år vil flere cases identificeres i samarbejde med EHS og indgå i udviklingsarbejdet. I casen med pudsning af mørbrad bruges en opstilling i DMRI's forsøgsrum til at undersøge og analysere slagterens bevægemønstre og muskelbelastning, når mørbraden pudses med en kniv.

Beskrivelse af mekaniske delsystemer

De mekaniske delsystemer består primært af tilpasninger og komponenter til montage af sensorer. Der er også udviklet et aggregat, der sidder i forlængelse af håndtaget på en kniv, der gør det muligt at placere synlige markører til et af tracking-systemerne. Derudover deler projektet forsøgsopstilling med SAF-projektet "Automatisk pudsning af mørbrad".

Beskrivelse af elektriske delsystemer

Der bruges flere forskellige kameraer, sensorer og mini-PC'er til databehandling i de målesystemer, der indgår i forsøgsopstillingen.

Nedenfor er de elektriske delsystemer beskrevet:

- **DELSYS Trigno EMG-sensorsystem:** EMG-sensorsystem til at måle muskelaktivitet og detektere muskeltræthed. Systemet består af seks sensorer, der påsættes direkte på huden oven på musklen. De seks sensorer fordeles på relevante muskler, og signalerne sendes trådløst til en opsamlingsenhed. Hver sensor indeholder også en IMU til positionsbestemmelse. Systemet kan have op til 12 sensorer tilknyttet samtidigt.
- **Polhemus VIPER-tracker:** Tracking-system der genererer et magnetfelt, i hvilket tracking-enhedens position og orientering kan beregnes. Systemet opererer ved en frekvens op til 960 Hz og bruger Fly True Technology til at korrigere for forstyrrelser i magnetfeltet fra eksterne kilder.
- **Microsoft Azure Kinect:** 3D-kamera der dels indeholder et farvekamera og derudover benytter sig af Time-of-Flight (ToF) vha. amplitude-moduleret infrarødt lys til at bestemme et dybdekort. Kameraet opererer med en frekvens mellem 5-30 Hz.
- **Zivid Two:** 3D-kamera til præcisionsmålinger, der fungerer vha. stereo-vision med structured light. Kameraet opererer ved en frekvens mellem 1-12 Hz.

- **Luxonis:** Både 3D-kameraer og 2D farve-kameraer. 3D-kameraet benytter sig af stereo-vision til at beregne et dybdekort. Kameraerne opererer ved en frekvens mellem 30-60 Hz.
- **Zed II:** Et 3D-kamera, der benytter sig af stereo-vision til at producere et dybdekort.
- **Allied Vision:** Flere forskellige kamerahuse og linser, der kan kombineres. Kamerahusene operer ved frekvenser mellem 30-60 Hz.
- **NVIDIA Jetson boards:** Flere forskellige enheder, der bruges til processing af data fra kameraer og sensorer.
- **Tablet:** Til integration af sensorer og software. Bruges som mobil enhed, der kan medbringes i produktionen til at analysere arbejdsmiljøet.

Til processen med pudsning af mørbrad bruges en robot af mærket Fanuc, som har en payload på 25 kg. Den maksimale hastighed ved robotflangen er 4 m/s afhængig af, hvilke led på robotten, der bruges under bevægelsen.

Beskrivelse af software

Softwarens kerneelementer er analysemoduler til at behandle data fra de forskellige sensorer. Analysemodulerne bygger på metoder til digital signalbehandling, computervision-teknikker samt dedikerede løsninger til databehandling under dataopsamling og til beregning af f.eks. RULA-score og JASA-kategori.

Testresultater

Resultat af indledende test

De indledende test har primært bestået af validering af datakvalitet fra sensorsystemer og tilhørende præprocessing af dataene. Derudover er sensorsystemerne testet på et slagteri for at undersøge, om udstyret kan holde til barske forhold med kulde, høj luftfugtighed og elektromagnetiske forstyrrelser uden, at det går ud over præcisionen af målingerne. De fleste af de undersøgte systemer kan modstå forholdene på slagteriet, dog med undtagelse af Polhemus VIPER Tracker, hvor magnetfeltet fra systemet bliver påvirket af de massive stålkonstruktioner, der typisk befinder sig i produktionen. Derfor er dette system ikke velegnet til videre test i projektet.

Afvielser fra oprindelig kravspecifikation

Projektet afviger ikke fra den oprindelige beskrivelse i SAF-ansøgningen.

Projekthistorik

Projektets historie opdelt efter innovationsmodellens faser og med tidslinje

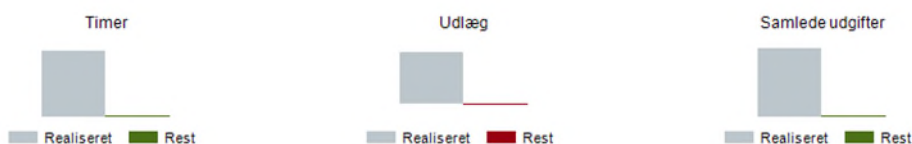
Projektet følger DMRI's innovationsmodel og har i Q1-Q3 gennemløbet de først to faser, analysefase og idéfase, og er i metodefasen i Q4 2022. Projektet forventes at bruge Q1-Q2 2023 i metodefasen og derefter fortsætte til funktionsmodelfasen.

Økonomi

Projektrekningskab med noter

Projektets økonomi i 2022 var 2.220 t.kr., fordelt på 2.020 t.kr. til timer og 200 t.kr. til udlæg. Projektøkonomien er forløbet i henhold til projektplanen. Nedenfor ses økonomien fordelt på timer og udlæg.

	Realiseret	Budget	Rest budget	FG
Antal timer	2.139,60	2.144,15	4,55	99,8 %
Beløb, Timer	2.015.614,60	2.019.963,18	4.348,58	99,8 %
Udlæg	202.526,48	200.000,00	-2.526,48	101,3 %
Samlede udgifter	2.218.141,08	2.219.963,18	1.822,10	99,9 %
Faktureret		2.220.000,00	2.220.000,00	
Indtægtsberegning	2.218.177,87	2.220.000,00	1.822,13	



Figur 1: Projektøkonomi for SAF 76 Bedre arbejdsmiljø 2009605.

Konklusion

I projektets første år er kødindustriens generelle udfordringer med MSB (muskel/skeletbesvær) og EGA (ensidig gentaget arbejde) undersøgt, og det er lykkedes at definere praktisk anvendelige metoder til måling af arbejdsmiljø. Flere udviklingsspor er startet vedrørende udviklingen af egentlige analyseværktøjer til at tracke og afkode operatørens bevægemønstre og arbejdsbelastning og undersøge, hvordan denne information kan anvendes til programmering af en robot eller i et analyseværktøj til arbejdsmiljø. Projektet har brugt en case fra SAF-projektet "Automatisk pudsning af mørbrad" og dertilhørende forsøgsopstilling til at udvikle og validere de tekniske løsninger.

Projektet forløber i henhold til tidsplanen, og aktiviteterne i det første år danner et godt udgangspunkt for det videre arbejde i projektets andet år, hvor det forventes, at analyseværktøjerne færdigudvikles, integreres og afprøves på flere cases fra slagterierne.