



NTNU

Kunnskap for en bedre verden

Bacheloroppgave

IE303612 Automatiseringsteknikk

Pusserobot

Kandidatnummer: 811, 814

Totalt antall sider inkludert forsiden: 136

Innlevert Ålesund, 25.05.2016

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. **Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.**

Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none">• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å betrakte som fusk og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter NTNUs studieforskrift.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

Publiseringsavtale

Studiepoeng: 20

Veileder: Ottar Osen, Anders Sætersmoen, Ola Jon Mork

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten ([Åndsverkloven §2](#)).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved NTNU i Ålesund en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

ja nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja nei

Er oppgaven unntatt offentlighet?

ja nei

(inneholder taushetsbelagt informasjon. [Jfr. Offl. §13/Fvl. §13](#))

Dato:

TITTEL:

Pusserobot

KANDIDATNUMMER(E):

811, 814

DATO:

27 mai 2016

FAGKODE:

IE 303612

FAGNAVN:

Bacheloroppgave i automatisering

DOKUMENT TILGANG:

STUDIUM:

Automatiseringsteknikk

ANT SIDER/VEDLEGG:

62/10

BIBL. NR:

VEILEDER(E):

Ottar Osen, Anders Sætersmoen, Ola Jon Mork

SAMMENDRAG:

Formålet med oppgaven er å utforske muligheten for å automatisere pussestasjonen hos Sandella. Per idag pusses alle putene manuelt. For å pusse puten er det brukt en robot som pusser rundt kanten til puten. Det brukes et kamera for å gjenkjenne og kalkulere banen til roboten. Banen til puten er forhåndslaget. Signaturen til puten blir brukt for å trene et nevralt nettverk for å gjenkjenne hvilken type pute det er på bildet. Signaturen er en samling av vektorer fra putens midtpunkt til kanten på puten, det blir laget en vektor for hver grad rundt puten, altså 360 vektorer. Når puten er gjenkjent blir den ferdiglagede banen for den aktuelle puten rotert og flyttet ved hjelp av homografi. Homografi er en metode for å utføre regresjon mellom to sett punkter, fra bilde og målt fysisk. Den nye banen vil da bli sendt til roboten som utfører pussingen. Det har blitt vist med den utviklede prototypen av pussestasjonen, at det er gjennomførbart, men besparelsen på den robotiserte løsning er ikke spesielt gunstig på kort sikt. Det vil være høye kostnader i programvare og tidsforbruket knyttet til implementeringen av robotbane og signatur for alle de ulike typene puter som blir produsert på Sandella.

Denne oppgaven er en eksamensbesvarelse utført av studenter ved NTNU i Ålesund.

Postadresse

NTNU Ålesund
PB 1517
6025 Ålesund
Norway

Besøksadresse

Larsgårdsvegen 2
6009 Ålesund
Internett
www.ntnu.no

Telefon

73 59 50 00

Epostadresse

postmottak@alesund.ntnu.no

Faktura

PB 50, Økern
0508 Oslo

Foretaksregisteret

NO 974 767 880

Forord

Bacheloroppgaven er skrevet av to ingeniørstudenter ved Automatiseringsteknikk på NTNU i Ålesund. Oppgaven er utarbeidet i samarbeid med Amatec for Sandella, og utført på NTNU i Ålesund. Formålet med prosjektet er å utforske mulighetene for å automatisere pussestasjonen på Sandella. Vi vil gjerne benytte anledningen til å takke alle bidragsytere som har gitt oss støtte i form av tjenester og produkter, og gode faglige innspill. Takk til

- Amatec og Sandella for en utfordrende og spennende problemstilling.
- Veiledere ved NTNU i Ålesund, Ottar Osen, Anders Sætersmoen og Ola Jon Mork. For gode tips og hjelp til å løse oppgaven.
- Ibrahim A. Hameed for rådgivning til nevrale nettverk.
- Hans Støle for rådgivning til bildebehandling.

Innhold

Sammendrag	v
Terminologi	vi
Begreper	vi
Notasjoner	vi
Forkortelser	vii
Liste av Figurer	viii
Liste av Tabeller	ix
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn for oppgaven	1
1.2 Oppgaven	2
1.3 Oppdragsgiver	3
1.3.1 Sandella	3
Bakgrunn	3
Utfordringer	3
Grad av automatisering	3
1.3.2 Amatec	3
2 Teoretisk Grunnlag	4
2.1 Programvare	4
2.1.1 Matlab	4
Camera Calibration App	4
Fuzzy Logic Toolbox	4
Neural Network Toolbox	4
2.1.2 OpenCV	4
2.1.3 ShareLaTeX	4
2.2 Robot	5
2.3 Intelligente systemer	5
2.3.1 Nevron	5
2.3.2 Back-propagation	5
2.3.3 Scaled Conjugate Gradient	6
2.3.4 Nevrale Nettverk	7
ANN	7
BAM	7
ANFIS	8
2.4 Minste kvadraters metode	9
2.5 Bildebehandling	10
2.5.1 Fargespekter	10
RGB	10

2.5.2	Kamerakalibrering	11
2.5.3	Homografi	11
2.6	Kommunikasjon	12
2.6.1	Modbus	12
2.6.2	TCP/IP	12
2.6.3	USB	12
2.7	GUI	12
2.8	Polyscope	12
2.9	Vakuu	12
2.9.1	Vakuumejektor	12
2.10	Polyuretanskum	13
2.11	3D printing	13
3	Materialer og Metoder	14
3.1	Prosjektmetodikk	14
3.2	Materialer	14
3.2.1	UR10	14
3.2.2	Webkamera	15
3.2.3	Vakuu	15
	Vakuumejektorer	15
3.2.4	Pusseverktøy	16
	Lamellrondell	16
	Sliperuller	16
	Griptape	16
	Luftventil	16
3.3	Metode	16
3.3.1	Bruk av vakuu	16
3.3.2	Utvikling av Robotarm	17
	I/O	17
	Programmer UR10	17
	Bevegelsestyper	17
	Feste av pusseverktøy på UR10	18
	Arbeidstasjon	20
	Kinematikk til Robot	20
	Kommunikasjon til UR10	21
	URscript	22
3.3.3	Kamera kalibreing	22
	Kalibreingsmønster	22
	Bilder til kalibreing	22
3.3.4	Bildebehandling	23
	Binær bildematrise	23
	Regionprops	23
	Imcrop	24
	Morfologi	24
	Signatur til puten	24
	Homografi	26
	Boundarytrace og FFT	27
3.3.5	Nevrale nettverk	27

Pattern net	27
ANN	27
ANFIS	28
BAM	28
4 Resultater	30
4.1 Prototype	30
4.1.1 Endelig arbeidsstasjon	30
Oversikt over operasjonene	31
4.1.2 Kostnader	31
4.2 Bildebehandling	32
4.2.1 Kamera kalibreing	32
4.2.2 Puten som eneste objekt	32
4.2.3 Finne data til putene ved bruk av signatur	33
4.2.4 Homografi	34
4.3 Nevrale nettverk	35
4.3.1 ANN	35
4.3.2 ANFIS	39
4.3.3 BAM	40
4.4 Robotstyring	41
4.4.1 Opplæring av banen	41
4.4.2 Lage ny bane	42
4.4.3 Sende URscript til roboten	43
4.5 Vakuumløftere	43
5 Drøfting	45
5.1 Oppgaven	45
5.2 Gjenkjenning av puten	45
5.2.1 ANFIS	46
5.2.2 BAM	46
5.3 Fjerne overflødig skum	46
5.4 Løfte og bevege puten	46
5.5 Utvikling av Prototypen	47
5.5.1 Programmeringsmetoder robot	47
5.5.2 Oppsett av prototypen	47
5.6 Muligheter for Sandella	47
6 Konklusjon	49
6.1 Videre forskning og arbeid	49
6.1.1 Utarbeide programvaren	50
6.1.2 Sensorer	50
6.1.3 Kvalitetssikring	50
6.1.4 Sikkerhet	50
7 Referanser	51
Vedlegg	52

Sammendrag

Formålet med oppgaven er å utforske muligheten for å automatisere pussestasjonen hos Sandella. Per idag pusses alle putene manuelt. For å pusse puten er det brukt en robot som pusser rundt kanten til puten. Det brukes et kamera for å gjenkjenne og kalkulere banen til roboten. Banen til puten er forhåndslaget. Signaturen til puten blir brukt for å trene et nevralt nettverk for å gjenkjenne hvilken type pute det er på bildet. Signaturen er en samling av vektorer fra putens midtpunkt til kanten på puten, det blir laget en vektor for hver grad rundt puten, altså 360 vektorer. Når puten er gjenkjent blir den ferdiglagede banen for den aktuelle puten rotert og flyttet ved hjelp av homografi. Homografi er en metode for å utføre regresjon mellom to sett punkter, fra bilde og målt fysisk. Den nye banen vil da bli sendt til roboten som utfører pussingen. Det har blitt vist med den utviklede prototypen av pussestasjonen, at det er gjennomførbart, men besparelsen på den robotiserte løsning er ikke spesielt gunstig på kort sikt. Det vil være høye kostnader i programvare og tidsforbruket knyttet til implementeringen av robotbane og signatur for alle de ulike typene puter som blir produsert på Sandella.

Terminologi

Begreper

Waypoint	Et fysisk referansepunkt brukt til å flytte roboten.
Nevron	Byggesten i nevralt nettverk, prosesserer data.
Fuzzy logic	Logikk med grad av sannhet for eksempel 60% sant, i kontrast til binærlogikk (sant eller usant)
Crisp verdi	Numerisk verdi med binært medlemskap. f.eks. 20 grader celsius.
Fuzzy verdi	Språklig verdi med en grad av medlemskap. f.eks. litt varmt.
Firing strength	Grad av samsvar mellom input og regel.
Activation Function	Funksjon for å beregne output til et neuron.
Vekt	I nevralt nettverk er en vekt en skalar som multipliseres med en inngangsverdi for å bestemme input til et nevron.
Terskel	I nevralt nettverk er en terskel en verdi som bestemmer hva utgangsverdi skal bli basert på inngangsverdi.
Teaching pendant	Bruker grensesnitt for robotarm. Brukes av operatør til å lære robot konfigurasjon og bygge program
Singularitetsproblemer	Oppstår når robotens posisjon er slik at neste posisjon ikke er mulig å nå uten å endre posituren.
Validering	Er en analysemetode, der man verifiserer og dokumenterer at en metode er egnet til sitt formål
Iterasjon	Er å gjenta en eller flere operasjoner flere ganger
Flow	Strømningen til luften
Socket	Endepunkt under toveiskommunikasjon
Konvergere	Å nærme seg en grense eller verdi.

Notasjoner

H= Homografimatrise

W= Vekt eller vektmatrise

X= Innganger

Y= Utganger

Forkortelser

NN Neural Network

AI Artificial Intelligence

ANN Artificial neural network

BAM Bidirectional Associative Memory

ANFIS Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System

FFT Fast Fourier transform

UP Unified Process

UR10 Universal Robot 10

GUI Graphical User Interface

TCP Transmission Control Protocol

IP Internet Protocol

SCG Scaled Conjugate Gradient

Figurer

1.1	Knuser	1
1.2	Pussestasjon	2
1.3	Støpekarusell	3
2.1	Neuron oppbygging	5
2.2	Biologisk nevralt nettverk	7
2.3	ANN nettverksarkitektur	7
2.4	ANFIS nettverksarkitektur	9
2.5	Lineær regresjon	10
2.6	RGB spekter	10
2.7	Vakuumejektor	13
3.1	Robot ledd, A: Base, B: Skulder, C: Albue og D, E, F:håndledd 1, 2, 3	15
3.2	Robotenarbeidsområdet	15
3.3	Pusseverktøy med holder	18
3.4	Konfigrasjon av midtpunkt av verktøy	19
3.5	Arbeidstasjon til prototypen	20
3.6	Oppsett av kommunikasjonen for prosjektet	21
3.7	Matlab kode for TCP/IP socket	22
3.8	Kalibreing mønster for kamera kalibreing	22
3.9	Plassering av kalibreing mønster under kamera kalibreing	23
3.10	Kode for å finne 360 punkt	25
3.11	Beregning av vektor lengden av signaturen	26
3.12	Fysisk modell av homografi	27
3.13	BAM main	29
4.1	Arbeidsområdet (a) er reelt arbeidsområdet (b) tegnet arbeidsområdet	30
4.2	Før og etter kamera sin linsefeil er rettet	32
4.3	Kode for å finne det største objektet	32
4.4	Før og etter det største objektet er funnet	33
4.6	Nøyaktighet Homografi bane	34
4.7	Confusion matrix T.V. ANN bildematrise T.H. ANN signatur	36
4.8	Performance T.V. ANN bildematrise T.H. ANN signatur	36
4.9	Treningsresultat av ANN signatur 360 med FFT	37
4.10	Treningsforløp ANN med 36 verdier	38
4.11	Anfis struktur	39
4.12	ANFIS Error plot	40
4.13	Anfis Signatur testresultat	40
4.14	Probe BAM	41
4.15	Merket pute hver 10. grad for å lage banen	42

4.16	Original bilde og bane til roboten	42
4.17	Bilde og bane som er rotert og blir sendt til roboten	43
4.18	3d-modellert sugekopp	44

Tabeller

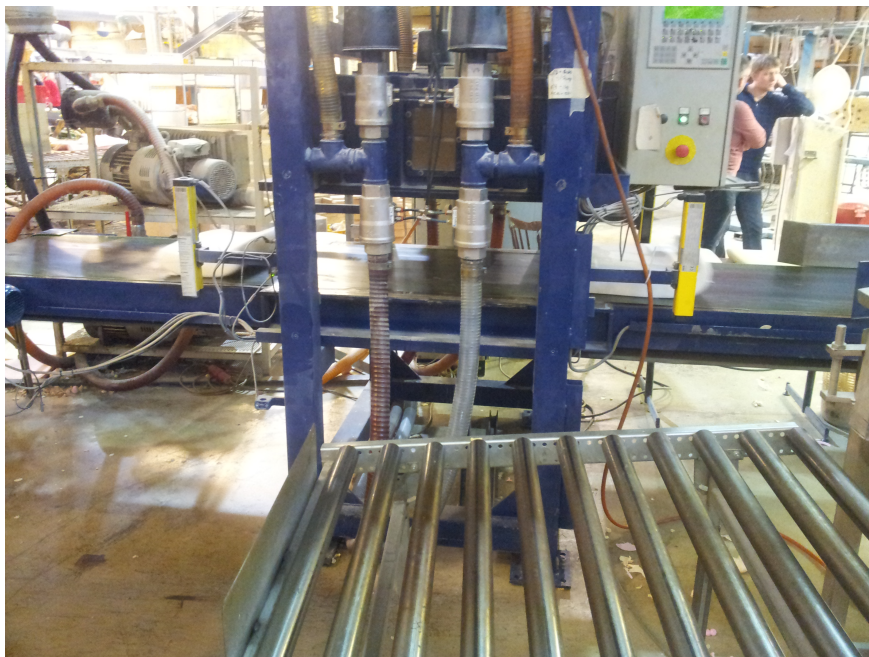
3.1	Utstrysliste	17
4.1	Kostnader av prototypen	31
4.2	Tabell over signatur med 10 punkter(alle verdier i piksler)	34
4.3	Feilmargin nevralt nettverk	35
5.1	Fordeler og ulemper med manuell og robot pussing	48

Kapittel 1

Innledning

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Møbelprodusenten Sandella i Sykkylven ønsket å undersøke om en spesifikk arbeidsoperasjon kan automatiseres på en gunstig måte. Arbeidsoperasjonen går ut på å trimme vekk overflødig skum, som kan oppstå under støping grunnet slitasje på støpeformene. Per i dag tas putene manuelt ut av støpeformene og legges på et samlebånd, som fører putene videre til knusing. Knuseren vist i figur 1.1 er et vakuumkanter som fjerner porøse fiber fra puten.



Figur 1.1: Knuser

Når putene kommer ut av knuseren går putene fra samlebånd(1) via samlebånd(2) til rullebånd(3). På rullebåndet(3) pusses putene manuelt og legges på samlebånd(4) hvor det går videre i produksjonslinjen se alle markeringer i figur 1.2.



Figur 1.2: Pussestasjon

Ved en potensiell automatisering vil et av insentivene til bedriften være at det kan spares inn et årsverk ved å automatisere denne arbeidsoperasjonen. Det er også starten på et større skift mot en større grad av automatisering av produksjonen.

1.2 Oppgaven

Forskningsspørsmålene som skal undersøkes i denne oppgaven er:

1. Hvordan vi kan identifisere noen av de forskjellige skumformene.
2. Finne en god metode for å pusse vekk overflødig skum.
3. Finne en løsning for å løfte og bevege skumputen.
4. Utvikle en prototype for systemet.

1.3 Oppdragsgiver

1.3.1 Sandella

Bakgrunn

Sandella Fabrikken A/S ble startet i 1960 i Straumgjerde som en utløper fra Sande Fabrikker A/S. I 1968 flyttet Sandella all produksjon fra Østlandet til Vik i Sykkylven. Dette på bakgrunn av den store møbelindustrien på Sunnmøre og spesielt Sykkylven. I 1970 startet Sandella å støpe i polyuteranskum, etter 23 år med ren skummiproduksjon. Skummiproduksjonen ble i 1974 lagt ned på grunn av oljekrisen, og Sandella satset fullstendig på polyuteranskum. I dag leverer Sandella produkter til 15 ulike land i Europa, Nord-Amerika og Australia, etter en satsning på 90-tallet. Sandella eier og driver tre fabrikker i Sykkylven, Sverige og Litauen. Sandella gruppen har en omsetning på NOK 140 millioner og støper 1,4 millioner puter per år. I Sykkylven produseres det hovedsaklig formstøpt, kaldherdet polyuteranskum, både vanlig type og brannhemmende type.[17]

Utfordringer

Grunnet store bemanningskostnader, er det ønskelig for bedriften å undersøke muligheten for automatisering av produksjonen. Sandella produserer kun etter ordre, noe som gjør at balansering av bemanningsnivå blir en utfordring i forhold til bestillingene. Andre utfordringer i produksjonen er den store variasjonen på putene. Putene kan ha forskjellige former og innlegg(stålramme, borrelås osv). Sandella produserer anslagsvis 3000 ulike typer puter, men på den aktuelle linjen er det mellom 500-600 ulike puter.

Grad av automatisering

I dag utføres all produksjon manuelt, med unntak av støpingen. Støping blir gjort i en karusell. Karusellen registrerer hvilken type form som skal støpes. Skummet blir blandet, og eser ut i formen ved hjelp av en kjemisk reaksjon. Puten må herdes inni formen, det gjør den når karusellen som er vist i figur 1.3 går rundt igjen til start. Grunnen til den nåværende lave graden av automatisering er at dagens driftsmåte er konkurransedyktig i idagens markedet. Sandella mener selv at i løpet av de neste 10 til 15 år vil produksjonen gå mot helautomatisering.



Figur 1.3: Støpekarusell

1.3.2 Amatec

Amatec er et firma som leverer automatiserte løsninger til blant annet møbelindustrien. Ved eventuell automatisering hos Sandella ville oppdraget blitt utført av Amatec, noe som gjør de til en naturlig samarbeidspartner til denne bacheloroppgaven.

Kapittel 2

Teoretisk Grunnlag

2.1 Programvare

2.1.1 Matlab

MATLAB er et avansert interaktivt utviklingsmiljø for numeriske beregninger, visualisering og programmering. Med MATLAB er det mulig å analysere data, utvikle algoritmer, lage modeller og applikasjoner. Programmet, med sine mange og varierte verktøykasser og innebygde funksjoner er utviklet for effektivt å komme opp med en løsning, enklere og raskere enn med tradisjonelle programmeringsspråk som C/C++ eller Java. Matlab sin programvaren kan kjøres på Windows, Linux og MAC OS. [14]

Camera Calibration App

Camera Calibration App brukes til å estimere ytre-, indre- og forvregings-parameter til kameraet. Disse parameter brukes til

Fuzzy Logic Toolbox

En verktøykasse for å designe, trene, analysere og simulere Fuzzy Inference System. Verktøyet er brukt for å lage ANFIS.

Neural Network Toolbox

En verktøykasse med støtte for å designe, trene, analysere og simulere nevralt nettverk. Denne er brukt til designe de nevralt nettverkene.

2.1.2 OpenCV

OpenCV er en "open source" bildebehandlingsprogramvare som ble utviklet for å gi en felles plattform for utvikling av «vision»-applikasjoner og øke bruken av dette i kommersielle produkter. OpenCV er et BSD-lisensiert produkt som gjør det enkelt for bedrifter å ta i bruk og eventuelt endre programvaren. OpenCV støtter programmeringsspråkene C++,C, Python, Java og MATLAB og er kompatibelt med både Windows, Linux, Android og MAC OS.[16]

2.1.3 ShareLaTeX

ShareLaTeX er en webbasert tekstbehandling program som bruker LaTeX-editor. Flere brukere kan redigere på det samme dokument og i sanntid se hva de andre gjør. Dette er et program for samarbeid om LaTeX-

dokumenter. Siden det er et webbasert program, kan en bruke ShareLaTeX overalt hvor det er tilgang til en nettleser.[15]

2.2 Robot

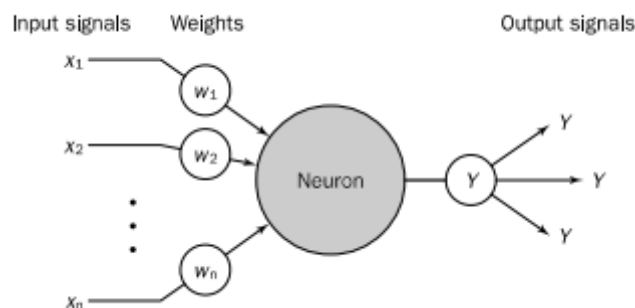
Ordet robot kommer fra det tsjekkiske ordet robota som betyr arbeid. Roboter har blitt brukt innen litteratur og senere brukt i film. I film er roboter ofte vist i framtiden, som viser at roboter har en framtreende rolle i framtiden. Idag brukes roboter hovedsaklig i industrien, der de utfører arbeidsoppgaver som er monotone eller farlige for mennesker. Denne typen robot er det vi kaller for en industrirobot. En industri robot er ifølge ISO 8372 er en "An automatically controlled, reprogrammable, multipurpose manipulator programmable in three or more axes, which may be either fixed in place or mobile for use in industrial automation applications".[6]

2.3 Intelligente systemer

2.3.1 Neuron

Et neuron er den fundamentale byggestenen i nevralt nettverk. Nevronet kalkulerer en utgang ved å summere produktet av en eller flere innganger med tilhørende vekt. Nevroner bruker en aktiveringsfunksjon.

$$Y = \sum_{i=1}^n X_i W_i \quad (2.1)$$



Figur 2.1: Neuron oppbygging

2.3.2 Back-propagation

Back-propagation er den vanligste metoden for å trene nevralt nettverk med flere lag.

1. Steg 1: Setter alle vekter og terskler til tilfeldige tall innenfor intervallet: $(-\frac{2.4}{F_i}, +\frac{2.4}{F_i})$ hvor F_i er antall innganger til neuron i .
2. Steg 2: Aktivering
Finner faktiske utgangsverdier i de skjulte lagene:

$$y_j(p) = \text{sigmoid} \left[\sum_{i=1}^n x_i(p) * w_{ij}(p) - \theta_j \right] \quad (2.2)$$

Finner faktiske utgangsverdier i utgangslaget:

$$y_k(p) = \text{sigmoid} \left[\sum_{j=1}^m x_{jk}(p) * w_{jk}(p) - \theta_k \right] \quad (2.3)$$

3. Steg 3: Trening av nevronvekt

a) Finner vekstfarten for nevroner i utgangslaget:

$$\delta_k(p) = y_k(p) * [1 - y_k(p)] * e_k(p) \quad (2.4)$$

hvor

$$e_k(p) = y_{d,k}(p) - y_k(p) \quad (2.5)$$

Kalkulerer vektkorreksjon

$$\Delta W_{jk}(p) = \alpha * y_j(p) * \delta_k(p) \quad (2.6)$$

Oppdaterer vektor

$$W_{jk}(p+1) = W_{jk}(p) + \Delta W_{jk}(p) \quad (2.7)$$

b) Finner vekstfarten for nevroner i de skjulte lagene:

$$\delta_j(p) = y_j(p) * [1 - y_j(p)] * \sum_{k=1}^l \delta_k(p) * W_{jk}(p) \quad (2.8)$$

Kalkulerer vektkorreksjon

$$\Delta W_{ij}(p) = \alpha * x_i(p) * \delta_j(p) \quad (2.9)$$

Oppdaterer vektor

$$W_{ij}(p+1) = W_{ij}(p) + \Delta W_{ij}(p) \quad (2.10)$$

4. Steg 4: Iterasjon Ved sette $p=p+1$ og gjenta steg 2-3 fortsettes treningen til feilkriteriet er nådd.

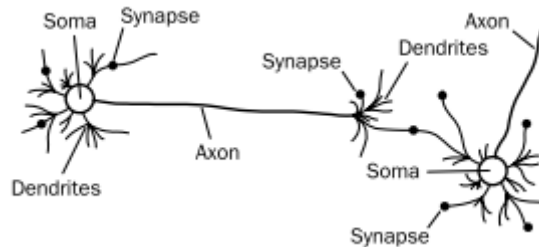
2.3.3 Scaled Conjugate Gradient

SCG er en metode for å gjøre back-propagation algoritmen raskere. Dette gjøres ved å bruke skalert konjugat gradient, istedenfor kun gradient. [12]

$$\tilde{S}_k = E''(\tilde{W}_k) \tilde{p}_k \approx \frac{E'(\tilde{W}_k + \sigma_k \tilde{p}_k) - E'(\tilde{W}_k)}{\sigma_k} \quad (2.11)$$

2.3.4 Nevrale Nettverk

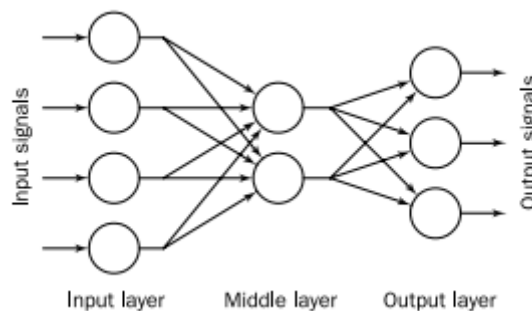
Et nevralt nettverk er en samling av nevroner, som kan utføre hjernefunksjoner som for eksempel klassifisering eller gjenkjenning av mønster. Det finnes biologiske og kunstige nevralt nettverk.



Figur 2.2: Biologisk nevralt nettverk

ANN

ANN er samlebetegnelsen på kunstige nevralt nettverk. ANN er basert på biologiske nevralt nettverk. Nettverket består av en mengde nevroner konfigurert til inngangslaget, gjemte lag og utgangslaget. Mellom disse nevronene er det tilkoblinger(vekt) som bestemmer nettverkets utgang basert på inngangene. [13]



Figur 2.3: ANN nettverksarkitektur

BAM

BAM assosierer mønster fra et inngangssett A med et utgangssett B. Oppbyggingen av nettverket består av et inngangsslag og et utgangsslag som har tilkoblinger mellom alle nevroner i motstående lag. Hensikten med et BAM-nettverk er å kunne gjenskape en komplett inngangssett eller utgangssett fra et sett (inngang eller utgang) som ikke nødvendigvis trenger å være komplett. Nettverket lages ved å bygge en vektmatrise ved å summere matrisemultiplikasjonene fra alle tilhørende parene med sett. Deretter kan en presentere nettverket med et sett som vil gi et motstående sett. Etter flere iterasjoner vil det konvergeres mot to tilhørende sett. [8]

Vektmatrisen bygges på følgende måte:

$$W = \sum_{m=1}^M X_m * Y_m^T \quad (2.12)$$

Hvor x_m og y_m er inngangssett og utgangssett som skal assosieres W er vektmatrisen.
For å gjenkalle et utgangssett:

$$Y_n = \text{sign}(W^T * X_n) \quad (2.13)$$

For å gjenkalle et inngangssett:

$$X_n = \text{sign}(W * Y_n) \quad (2.14)$$

For å gjenkalle et sett og finne en assosiasjon mellom to sett, økes p til en stabil tilstand i energifunksjonen til nettverket er nådd.

1. Tar inn en probe X .
2. Initialiserer algoritmen ved å sette $X(0)=X, p=0$.
3. Finner utgangssett

$$Y(p) = \text{sign}(W^T * X(p)) \quad (2.15)$$

$$X(p+1) = \text{sign}(W * Y(p)) \quad (2.16)$$

Energifunksjonen til nettverket er en modell av tilstanden til systemet. Energifunksjonen er gitt ved:

$$E = - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_i W_{ij} Y_j \quad (2.17)$$

Energien for et inngangssett X og utgangssett Y :

$$E = -XWY^T \quad (2.18)$$

Energien vil enten bli mindre, eller være den samme ved å iterere i formel 2.3.4. Når energien har nådd en stabil tilstand, har en funnet en lagret assosiasjon. [8] Av denne definisjonen følger det også at nettverket vil alltid komme fram til en assosiasjon.

ANFIS

ANFIS er et "hybrid intelligent system", dvs. at det kombinerer flere AI metoder. ANFIS kombinerer ANN og Fuzzy Logic. Et ANFIS system består av 7 lag se figure 2.4 under.[13]

1. lag 1: Inngangslaget tar inn en crisp verdi fra inngang.

$$y_i^1 = x_i^1 \quad (2.19)$$

2. lag 2: Fuzzification-laget omgjør en crisp verdi til fuzzy verdi ved hjelp av en aktiveringsfunksjon.
3. lag 3: Regellaget bestemmer grad av medlemskap til en fuzzy verdi i de forskjellige medlemskapfunksjonene.

$$y^{(3)} = \prod_{j=1}^k x_{ji}^{(3)} \quad (2.20)$$

4. lag 4: Normalisasjons-laget normaliserer firing strength ved å finne forholdet mellom firing strength og sum av alle firing strengths.

$$y_i^{(4)} = \frac{x_{ii}^{(4)}}{\sum_{j=1}^n x_{ji}^{(4)}} \quad (2.21)$$

5. lag 5: Defuzzification-laget: hvert nevron er tilkoblet et nevron i normalisasjonslaget, samt de orginalinn- gang til nettverket.

$$y_i^{(5)} = x^{(5)}[k_{i0} + k_{i1}x1 + k_{i2}x2] \quad (2.22)$$

6. lag 6: Summasjonslaget summerer alle verdiene fra lag 5 og produserer den endelige utganger til nettverket.

$$y = \sum_{i=1}^n x_i^{(6)} \quad (2.23)$$

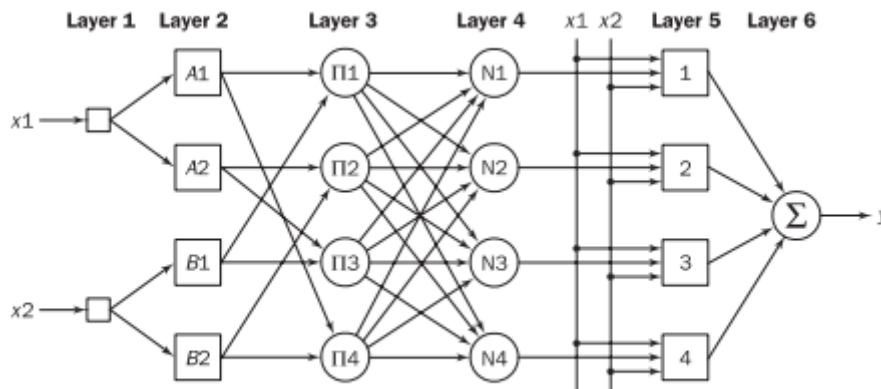


Figure 8.10 Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

Figur 2.4: ANFIS nettverksarkitektur

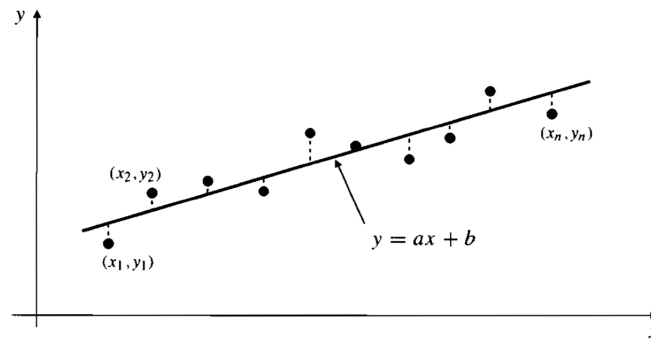
2.4 Minste kvadraters metode

$$S = \sum_{i=1}^n r_i^2 \quad (2.24)$$

Minste kvadraters metode brukes til å finne modellen som passer best til de faktiske dataene. Ved å endre styringsparameterene til $f(x_i, \theta)$ og se endringen i S, kan en finne et sett optimale verdier av styringsparameterene for å minimere S.

$$r_i = y_i - f(x_i, \theta) \quad (2.25)$$

Ved å kvadrere r_i vil større feil gi større utslag for endelig S-verdi, mens mindre feil vil gi mindre utslag for endelig S-verdi.[2]



Figur 2.5: Lineær regresjon

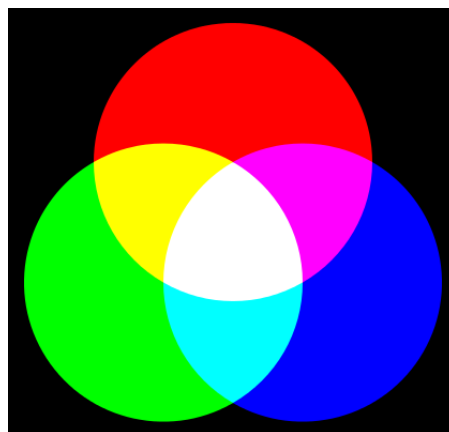
2.5 Bildebehandling

Bildebehandling vil si at en ser på bilder som matriser. Størrelsen på matrisen er avhengig av antall piksler i bredden og høyden, som tilsvare bildets oppløsning. Alle pikslene i matrisen har en gitt tallverdi, som representerer den gitte pikselens farge. Hvis en tar en bildematrise og benytter seg av algoritmer fra signalbehandling kan en framtvinge og manipulere bildet, slik at en får de dataene en er ute etter. Eksempler på verktøy som ofte brukes er: kantdeteksjon, fouriertransformasjoner, objektgjenkjenning, mønstergjenkjenning og geometriske transformasjoner.[21]

2.5.1 Fargespekter

RGB

Et RGB-bilde bestemmes av 3 bildematiser som har lik størrelse som bildeoppløsningen. En bildematrise for hver farge: en rød (R), en grønn (G) og en blå (B). Når en bruker RGB-bilde i en bildebehandlingsprosess må programmet prosessere tre matriser.[21]



Figur 2.6: RGB spekter

2.5.2 Kamerakalibrering

Kamerakalibrering brukes for å utføre nøyaktige målinger med et kamera. En kalibrering av et kamera retter opp i eventuelle geometriske forvrenginger, forårsaket av objektivet på kameraet.[7]

2.5.3 Homografi

Homografi er en matematisk metode for å kompensere for posisjon, rotasjon og linsefeil i kamera. [20]

$$\begin{bmatrix} p'_i x'_i \\ p'_i y'_i \\ p'_i \end{bmatrix} = \tilde{X}'_i = H \tilde{X}_i = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2.26)$$

Ved å ekspandere får en:

$$h_{11}x_i + h_{12}y_i + h_{13} - h_{31}x_i x'_i - h_{32}y_i x'_i = x'_i \quad (2.27)$$

$$h_{21}x_i + h_{22}y_i + h_{23} - h_{31}x_i y'_i - h_{32}y_i y'_i = y'_i \quad (2.28)$$

Dermed kan en sette dette i et lineært system av likninger for alle punktene.

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1 x'_1 & -y_1 x'_1 \\ & & & \vdots & & & & \\ x_n & y_n & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_n x'_n & -y_n x'_n \\ & & & \vdots & & & & \\ 0 & 0 & 0 & x_n & y_n & 1 & -x_n y'_n & -y_n y'_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11} \\ h_{12} \\ h_{13} \\ h_{21} \\ h_{22} \\ h_{23} \\ h_{31} \\ h_{32} \\ h_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x'_1 \\ \vdots \\ x'_n \\ y'_1 \\ \vdots \\ y'_n \end{bmatrix} \quad (2.29)$$

Dette likningssettet kan løses ved minste kvadraters metode for å produsere en homografimatrise H .

$$H = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) & t_x \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.30)$$

2.6 Kommunikasjon

2.6.1 Modbus

Modbus protokollen er en kommunikasjonsmodell utviklet av Modicon (seinere Schneider Electric) i 1979. Modbus er en måte og opprette forbindelse mellom master-slave/client-server. Modbus er en såkalt "open source" protokoll. En enkel og fleksibel protokoll for overføring av diskrete og analoge data. Sluttbrukere er klar over at om en velger Modbus som krav til kommunikasjonsmetode vil en ofte oppnå et fleksibelt anlegg med lavkostnader.[11]

2.6.2 TCP/IP

TCP/IP er en kommunikasjonsprotokoll som består av to hovedprotokoller. TCP har ansvaret for å segmentere data, som sendes mellom to verter. IP har ansvaret for adresseringen til pakkene, som sendes mellom vertene.[4]

2.6.3 USB

USB, Universal Serial Bus, er en industristandard som definerer kabler, kontakter og protokoller som brukes i seriell kommunikasjon og strømstyring mellom datamaskiner og elektroniske komponenter. USB 2.0 HighSpeed har en kommunikasjons hastighet på 480Mbit/s USB 3.0 SuperSpeed har en kommunikasjons hastighet på 5 Gbit/s.[22]

2.7 GUI

GUI er samlebetegnelsen på brukergrensesnitt hvor brukeren kan navigere rundt i et program ved hjelp av en muspeker. I en GUI kan en bruker for eksempel trykke på forskjellige knapper, informasjonsfelt og tekstbokser for å utføre operasjoner.[5]

2.8 Polyscope

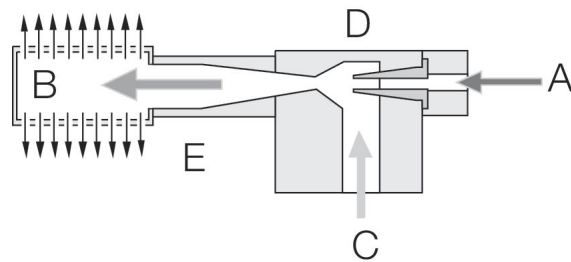
Polyscope er et GUI-basert program som styrer UR10(se avsnitt 3.2.1). Det finnes eksisterende program eller en kan lage nye. [1]

2.9 Vakuum

Et vakuum er fysikkbegrep som beskriver et rom som ikke inneholder materie. Vakuum i en industrisammenheng er et volum hvor trykket er mindre enn atmosfæretrykket. [19]

2.9.1 Vakuumejektor

Vakuumejektor fungerer ved at den kobles til trykkluft, videre vil den dra med seg luften fra T-kobling med tilbakeslagsventil. Når luften strømmer fra A til B dras luft opp gjennom C, som skaper et undertrykk i C, og det blir dannet et vakuum som er vist i figur 2.7.



Figur 2.7: Vakuumejektor

2.10 Polyuretanskum

Polyuretanskum brukes i møbelindustrien. Det fremstiles ved hjelp av “one-shot” metoden. Hvor blir polyeter med få hydroksylgrupper, et isocyant, vann og katalysator blandet. Når det blir blandet begynner eser blandingen utover fordi vannet reagerer med isoyantet, noe som utvikler en gass. Samtidig blir støpen herdet. Herding skjer siden at en økende polymerisasjon og fornetting av polyeteren til et herdet polyuretan.[19]

2.11 3D printing

3D printing er en metode for å printe en tredimensjonal fysisk modell som er basert på en tredimensjonal digital modell. For å lage den fysiske modellen varmes et stoff(for eksempel plast) opp til det blir flytende og mates ut av en dyse hvor det modelleres punkt for punkt.

Kapittel 3

Materialer og Metoder

3.1 Prosjektmetodikk

Gruppen valgte i starten av prosjektet å lage en progresjonsplan over prosjektet, utformet i et gantt-diagram. Her kan en se hvilke oppgaver som skal gjennomføres og når de skal ferdigstilles. Etterhvert som oppgavene blir utført blir de kvittert ut, og gruppemedlemmene har med dette verktøyet en tydelig oversikt over hvilke oppgaver som gjenstår til hvilken tid. Hver student på gruppen har et overordnet ansvar for hvert hovedmål, hvor personen skal påse at framdriftsplanen ble overholdt, eventuelt endret om nødvendig. Hovedmålene har underliggende delmål. Delmålene ble utdelt til hver enkelt person, vider har vedkommende ansvar for å få det gjennomført i forhold til forventet tidsprang og kvalitet på produktet. Store deler av prosjektplanen ble diskuteres i plenum.

Annenhver uke har det vært formelle gruppemøter med veiledere om status på prosjektet. Her ble det fremlagt status for pågående aktiviteter, avvik i forhold til fremdriftsplan og videre fremdrift. Det ble også diskutert løsninger.

Uformelle statusmøter innad i gruppen ble holdt hver uke hvor det ble fremlagt status for pågående aktiviteter, avvik i fremdriftsplan og videre fremdrift. Det ble diskutert tekniske løsninger hvor hver student fikk ordet for sine ideer og løsninger.

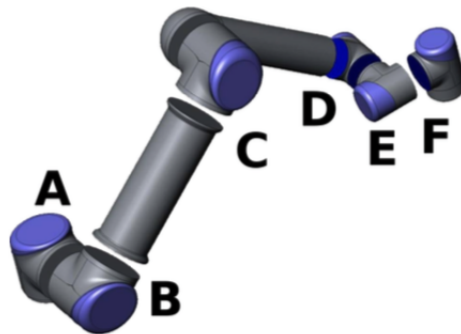
Det ble opprettet et felles område på en web-basert lagringstjeneste hvor begge gruppemedlemmene hadde tilgang. Området ble oppdelt i kategorier i form av mappestruktur for å holde orden på prosjektets dokumentasjon. En tanke bak var også å ha en sikkerhetskopi av prosjektet. Det ble også opprettet en diskusjonsgruppe på et sosialt media hvor det ble gjort avtaler, diskutert løsninger og fremlagt problemstillinger.

For å loggføre aktivitetene til gruppa ble det opprettet en loggrapport i Google Drive, hvor hver student i gruppen loggførte hva som hadde blitt gjort til hvilket tidsformat. Loggrapporten var påtenkt som et hjelpemiddel for å kunne se tilbake på problemstillinger og forsøk som ble utført i prosjektperioden.

3.2 Materialer

3.2.1 UR10

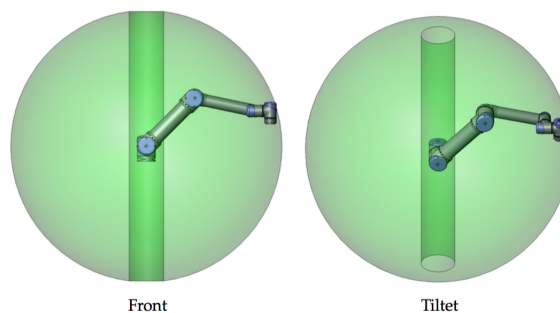
UR10 roboten er brukt for å pusse putene etter støping. Valget av roboten ble gjort på bakgrunn av løftekapasitet og rekkevidde til å utføre pussing av skumputene. UR10 er en allsidig robot som kan ha tilleggsutstyr (griper, skrumaskin og lignendene) og er brukervennlig. Roboten kan styres ved hjelp av et styringspanel, eller ved URscript.[1]



Figur 3.1: Robot ledd, A: Base, B: Skulder, C: Albue og D, E, F:håndledd 1, 2, 3

Ved å koordinere bevegelsene kan roboten bevege seg fritt i 6 frihetsgrader. Alle leddene er vist i figure 3.1. Roboten er roterende med én frihetsgrad per ledd.

Arbeidsområdet til UR10 er på 1300mm fra baseleddet. For å oppnå effektiv bruk av roboten bør roboten monteres den slik at verktøyet ikke kommer inni sylindriske volum som vist i figure 3.2 under. Da vil roboten jobbe ineffektiv og det vil bli vanskeligere å ta en risikovurdering av operasjonen.



Figur 3.2: Robotenarbeidsområdet

3.2.2 Webkamera

Det har blitt tatt en mengde bilder av de forskjellige skumputene. Bildene er tatt med et Logitech Carl Zeiss Tessar HD 1080p. Oppløsningen er 5168x2907.[10]

3.2.3 Vakuum

Til å løfte skumputen var det tenkt å bruke vakuum. Planen var å bruke 2-4 sugekopper sammen med hver sin vakuumejektor. Å løfte puten med vakuum, er en skånsom og effektiv løfte metode, som ikke skader putene.

Vakuumejektorer

Det ble prøvd med to ulike typer vakuumejektorer. Den ene ejektoren var en ZH-07BS-06-06 fra SMC. Ejektoren har en flow rate på 40 l/min og et max vakuum trykk på -88kPa.[18] Den andre ejektoren som ble prøvd var en

VN-10-L-T3-PQ2-VQ2-RQ2 fra Festo. Festo sin ejetor har en flow rate på 62,8l/min og et max vakuu trykk på -93kPA.[3]

3.2.4 Pusseverktøy

Ingersoll Rand LA429-EU ble valgt som pusseverktøy og har en motor på 0,42 kW og omdreining på 22,000 rpm. Den har en vinkel frempå, som gjør den til en vinkelsliper. Alle slipedeler må ha en akseldiameter på 6mm for kunne festes i vinkelsliperen, ellers må det brukes en overgang. [9]

Lamellrondell

Er et pusseverktøy som er satt sammen av flere pussepapir som overlapper i en sylinderform. Dette verktøyet blir ofte brukt for å polere, rengjøre, malings-/rustfjerning, lettere avgradering og utjevning av overflater.

Sliperuller

Sliperuller har en ekspanderende gummikropp, noe som gjør at pussepapiret blir festet. Pusserene brukes til å pusse plane og krumme overflater.

Griptape

Å ha et samleband med mye friksjon, gjør at skumputen ikke beveger seg under pussing. Det er blitt brukt antiskliteip som blir brukt på brygger, båter og steder det er fare for å skli.

Luftventil

Til å styre pusseverktøyet er det brukt en Burkert 125333 luftventil er en 3/2 monostabil luftventilen. Det er en El-operert monostabil 3/2 ventil. Den opereres av en 24V spole, med en fjærdrevet retur. Ventilen er laget for arbeidstrykk mellom 0-10 bar.

3.3 Metode

3.3.1 Bruk av vakuu

Når en skal bruke vakuu på skum er det viktig å ha mye flow. Flowen gjør at sugekapasiteten blir større og det blir mer vakuu. Vakuu skal igjen føre til at puten skal bli løftet. Vakuu var en god plan med tanke på ikke skade putene som andre metoder ville ha gjort, som for eksempel nåler. Det ble testet med ulike vakuu ejetorer og sugekopper.

3.3.2 Utvikling av Robotarm

Utstyr	Spesifikasjoner	Leverandør
Robot	UR10	Universal Robots
Pneumatikkverktøy	LA429-EU	Ingersoll Rand
Sliperverktøy	Sliperull sett	biltema
Webkamera	Carl Zeiss Tessar HD 1080p	Logitech
Antiskliteip	b:50mm, l:5m	Biltema
Luftventilen	125333 3/2 monostabil	Burkert

Tabell 3.1: Utstrysliste

I/O

UR10 roboten har 10 digitale innganger, 10 digitale utganger, 2 analog innganger, og 2 analog utganger. I dette prosjektet blir det kun brukt en utgang til å styre det pneumatiske pusseverktøyet. All I/O kan overvåkes på touch panelet, samtidig via modbus.[1]

Programmer UR10

Det er 3 ulike måter å programmere en UR10.[1]

1. **URScript robot-programmering:** Der laster en opp programmet på robot-kontrolleren eller kjører det på en ekstern enhet via socket programmering TCP/IP. URscript har mange innebygde variabler og funksjoner som overvåker robotens bevegelser og I/O. Ellers programmeres URscript som et vanlig type programmeringsspråk, med variabler, typer også videre.
2. **Programmer via GUI:** Her bruker en teaching pendant der robotens bevegelser og programmets flyt programmeres inn, via av et grafisk brukergrensesnitt. Denne programmeringsmetoden gir den tilgang til punkt-til-punkt kontroll av bevegelsene til roboten. Alle vinkler og posisjoneringer av leddene til roboten blir lagret, slik at programmet kan gjentas.
3. **C-API:** C-API er en driver på kontrollenheten som endrer styringen av roboten til et lavt-nivå språk. Her vil en kunne kontrollere robotarmens moment i hver enkelt ledd individuelt. Robotarmen kan beveges i et "closed-loop"oppsett der roboten responderer på sensor sine innganger mens den beveger seg. Det som menes med dette er at robotens bane er ikke bestemt før robotens bevegelse er startet.

Bevegelsestyper

UR10 har 3 ulike typer bevegelsestyper[1]

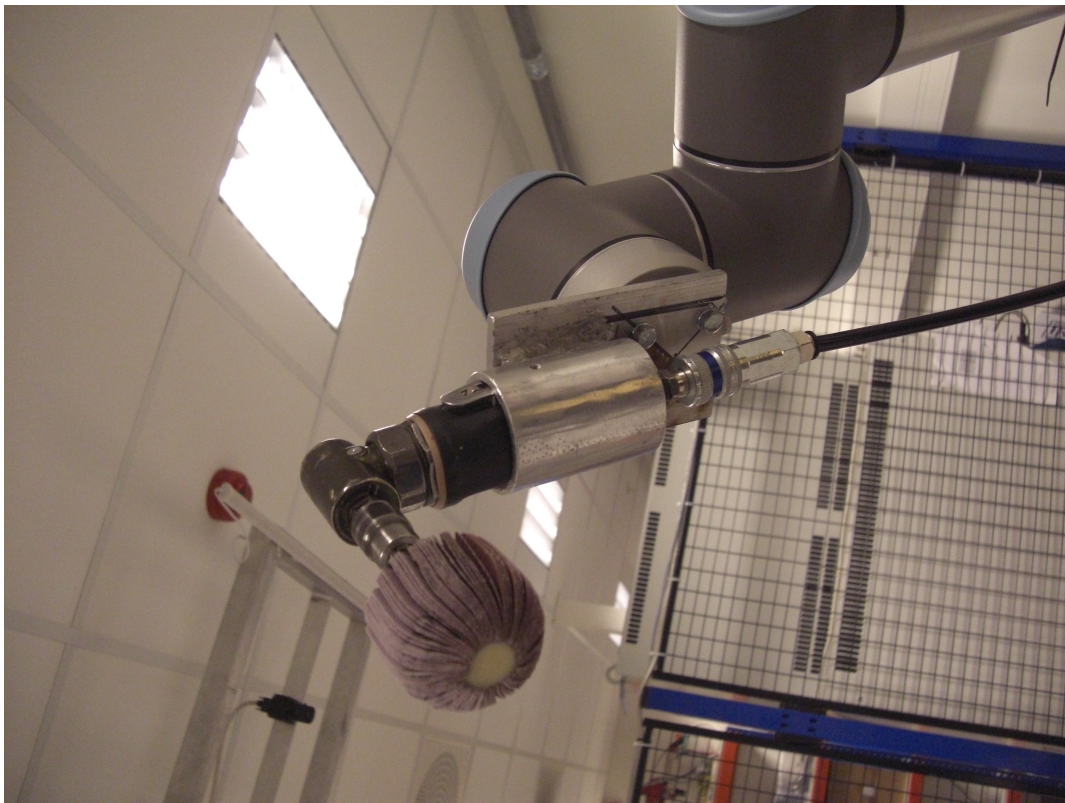
1. **MoveJ** utføres bevegelser som er kalkulert i leddområdet til robotarmen. Leddene kontrolleres slik at alle ender i samme endeposisjon samtidig. For å nå endeposisjon beveger den seg i en buet bane for verktøy. For bevegelser som ikke trenger en bestemt bane mellom vendepunkt, er det ønskelig å bruke moveJ ettersom

den er raskest og en unngår singularitetsproblemer. Typisk bruk er alle bevegelser der en ikke navigerer i trange operasjoner i arbeidsområdet.

2. **MoveL** gjør sånn at verktøyet beveger seg lineært mellom vendepunktene. Da gjør ledden mer kompliserte bevegelser for å holde verktøyet i en lineær bevegelse.
3. **MoveP** beveger verktøyet lineært med konstanthastighet med sirkulæreblandinger, og er tiltenkt for enkelte prosessbetjening, slik som liming eller dispensering. Blandingsradiusen sin størrelsen er en fellesverdi fra alle vendepunktene. Endre blandingradiusen til mindre verdier vil den få en skarper sving om en setter den opp blir bevegelsen jevnere. Problemer med denne funksjonen er at roboten kontrollboks kan stoppe prosessen når kraften blir for stor.

Feste av pusseverktøy på UR10

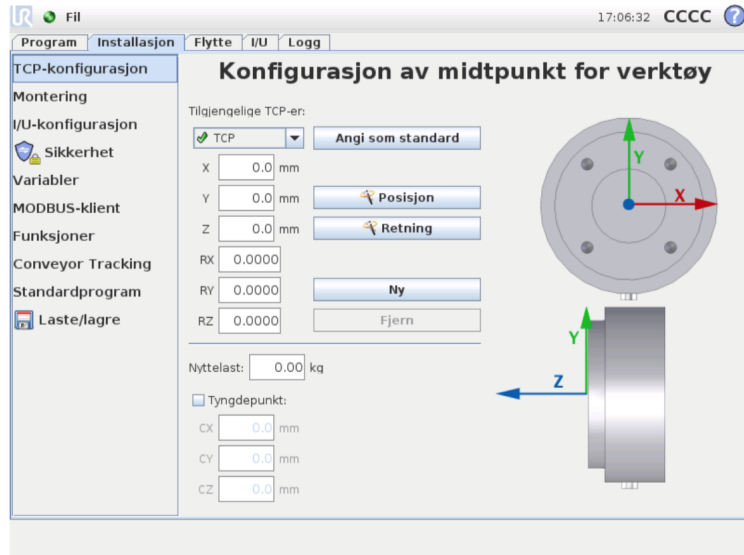
Pusseverktøy skal festes på UR10 roboten. Det er blitt laget et eget feste til det pneumatiske pusseverktøyet. Feste er laget av et aluminiumrør og en aluminiumplate. Platen og røret er blitt sveiset sammen med TIG sveis. Røret har en dimensjon slik at pusseverktøyet passer inni og kan festes med en skrue, slik at den ikke faller ut eller endrer posisjon under pussing. Festet er laget slik at det passer rett på flensen til UR10 roboten se figure 3.3 under.



Figur 3.3: Pusseverktøy med holder

Konfigurering av verktøyet slike at senterpunktet til verktøyet blir brukt istedetfor midten på flensen til roboten.

Posisjonskoordinatene, X, Y og Z, angir plasseringen av verktøyet senterpunkt, mens RX, RY og RZ styrer orienteringen av verktøyet. Vekten på verktøyet må også konfigureres. Dette er slik at tyngdepunktet blir riktig. Verktøyet sitt senterpunkt blir konfigurert på UR10 sin GUI se figure 3.4 under.



Figur 3.4: Konfigurasjon av midtpunkt av verktøy

Arbeidstasjon



Figur 3.5: Arbeidstasjon til prototypen

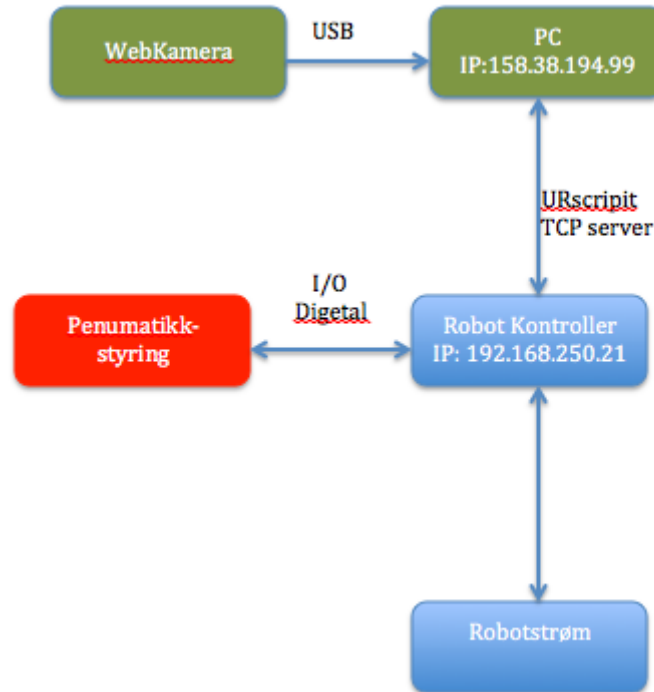
I figur 3.5 over ser en Arbeidstasjon til prototypen. Siden det blir laget en prototype til dette prosjektet er det blitt valgt å teipet ett bord med antiskliteip, istedenfor å bruke transport bånd med grip tape. For å utvikle roboten i henhold til et transportbånd senere, kan en bruke Conveyor funksjonen til UR10 roboten. Conveyor gjør at roboten flytter seg etter transportbåndet, i samme farten som transportbåndet [13]. Det er blitt montert et webkamera over bordet, slik at alle bildene blir tatt fra samme posisjon. Da blir det lettere å prosessere bildet. Roboten er montert i samme høyde som bordet. Høyden har ikke noe å si i forhold til programmeringen av roboten. Høyden kan endres ved at Z verdiene til roboten blir endret.

Kinematikk til Robot

Fremover kinematikk tar i bruk lengden til å linke alle ledden sine vinkeler sammen. Med dette kan en finne posisjonen til hvert punkt i koordinatsystemet.

Invers kinematikk tar i bruk lengden til hver link og den ønskede posisjonen til endeposisjon på verktøyet. Med dette finner en vinklene som trengs. Da har en posisjonen leddene vil oppnå.

Kommunikasjon til UR10



Figur 3.6: Oppsett av kommunikasjonen for prosjektet

Over i figur 3.6 ser en oversikt til roboten sin kommunikasjon. For å kommunisere med PC blir protokollen TCP/IP brukt. Datamaskinen tar et bilde med webkamera via USB port. PCen prosesserer bildet og sender et URscript til robotkontrolleren med posisjoner til roboten. Da vil roboten kjøre programmet som pusser puten.

Det er blitt brukt socket programmering via matlab. Først opprettes det kommunikasjon mellom robot og datamaskin, hvor roboten er server som leser data og dataskinen er client som sender data. Dataene som sendes til roboten er i form av en string som inneholder en URscript-kommando gjør at roboten utfører en bevegelse eller setter innganger eller utganger høy/lav. Når en bruker TCP/IP socketprogrammering trenger en ikke program på roboten, alle parametere blir sendt fra datamaskinen.


```
t = tcpip('192.168.250.21', 30002);
fopen(t);
pause(1);
% s1=['move(p[-444.35,-948,494,3,-0.6,-0.16], a=0.0396263401595463, v=0.0471975511965976)' '\n'];
% s1=['move(p[-566.30, -883.25, 433.76, -1.4399,2.7526,-0.2762],a=0.5,v=0.5,t=1)' '\n'];
% s1=['movej(p[-378.23,-870.61,571.37,-1.6354,2.6581,-0.3014],a=0.5,v=0.5,t=1)' '\n'];
s1=['move(p[-0.550,-0.824,0.5,3,0,0],a=0.5,v=0.2)' '\n'];
fprintf(t,s1);
pause(1);
fclose(t);
```

Figur 3.7: Matlab kode for TCP/IP socket

Over i figur 3.7 ser en hvordan socket koden i matlab fungerer. Først setter en opp ip-adressen og port til serveren (altså roboten), porten er endeposisjonene til systemet. For å kunne sende data via matlab må en først åpne en socket-tilkobling (fopen). Så blir det laget en URscript-kommando som blir skrevet til roboten med metoden fprintf. Når datamaskinen har sendt alle kommandoene den skal, blir koblingen stengt med fclose.

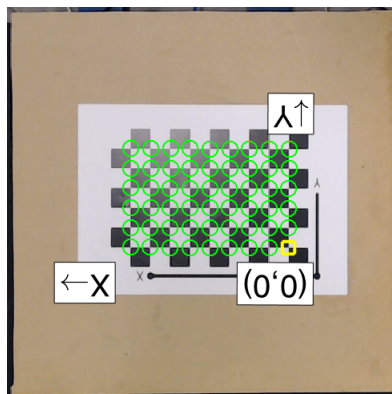
URscript

I denne oppgaven blir det brukt URscript til å programmere UR10 roboten med. URscript er brukt på grunn av at det er den mest fleksible måten å programmere roboten på. Det blir skrevet URscript kommandorer i matlab som sendes via socket programmering.

3.3.3 Kamera kalibreing

Kalibreingsmønster

For kunne kalibrere kameraet, må en ha et rektangulært sjakkmønster. Sjakkmønsteret skal ha like store ruter, men hele brettet må være rektangulært. I dette prosjektet er hver rute 31mm*31mm, det er blitt brukt et rutemønster på 10*7 ruter. Da får en 9*6 målepunkt vist i figur 3.8 under.

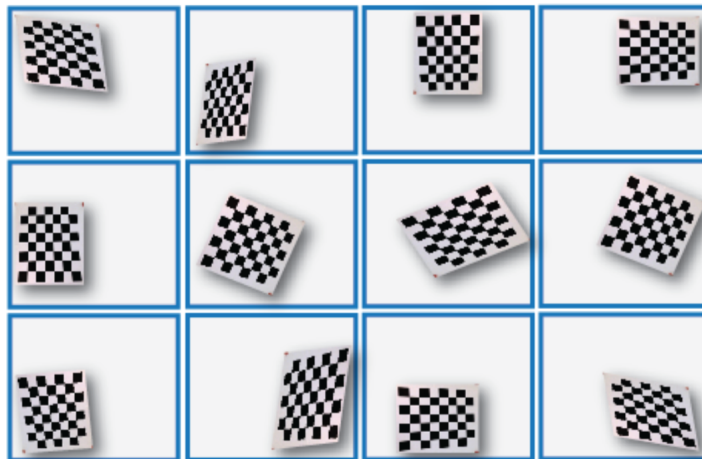


Figur 3.8: Kalibreing mønster for kamera kalibreing

Bilder til kalibreing

For å kalibrere kameraet, må en ta bilder av sjakkmønsteret. Sjakkmønsteret blir satt på forskjellige plasser i bildet, slik at en skal få dekket mesteparten av synsvinkelen til kameraet, som vist i figur 3.9 under. For å oppnå

en god kalibreing av kameraet må det taes mellom 10-20 bilder samtidig dekke mesteparten av synsvinkelen til kameraet. For å kunne kalibrere må kamera sin fokus og zoom være avgrenset til arbeidsområdet, som kameraet skal brukes i.



Figur 3.9: Plassering av kalibreing mønster under kamera kalibreing

Det brukes en applikasjon i matlab som heter Camera Calibration app se 2.1.1. Først importeres alle bildene inn i applikasjonen. Deretter må en spesifisere størrelsen til rutene på sjakkbrettet. I dette tilfellet er rutene på 31mm. Applikasjon går igjennom alle bildene. I bildene blir mønstrene gjenkjent. Om det er dårlige bilder, der det for eksempel er mye bevegelese, blir bildene forkastet.

3.3.4 Bildebehandling

Bildebehandling blir brukt til å orientere og beregne avstander på putene og til å gjenkjenne de ulike skumputene. Det er blitt prøvd ut ulike metoder, for å finne de beste løsningene til dette prosjektet.

Bildet fra kameraet inneholder store mengder data. Ikke all dataen som er i et bilde, er nødvendig for prosjektet. Derfor er det nødvendig å gjøre ulike operasjoner, for å kunne redusere mengden data, slik at den nødvendige dataene er igjen. Bildet har i utgangspunktet en bildeoppløsning på 5168x2907, og en fargeoppløsning på 24 bit (8 bit per primærfarge RGB) som tilsvarer 256^3 mulige verdier for farge.

Binær bildematrise

Ved å gjøre om dataene fra bildet om til en svart-hvitt bildematrise reduseres datamengden betraktelig, og gjør behandling av dataene mindre ressurskrevende. Bildet gjøres om til en binærmatrise med dimensjoner lik oppløsningen på bildet, det vil si at hver celle i matrisen har to mulige verdier: 0 (svart) og 1 (hvitt).

Regionprops

RegionProps er en allsidig funksjon som gir muligheter til å benytte seg av informasjon av et objekt i bildet. Denne informasjonen gjør at det er mulig å analysere objektene, for så å behandle bildet. Regionprops har et stort utvalg av metoder som gir informasjon om bildet. I dette prosjektet blir hovedsaklig centroid, area og orientation brukt. Centroiden finner senteret til objektet. Orientation retter opp objektet. Area ser hvor stort arealet til objektene i bildet er.

Imcrop

For å få bilde til å kun vise informasjon fra arbeidsområde brukes det imcrop til å klippe bildet. Imcrop kutter bildefilen til en størrelse og område en ønsker. En skriver inn pikselverdien en ønsker å ha området i med `imcrop(obj,Xpos,Ypos,x-dist,y-dist)`

Morfologi

For å filtrere vekk hull og uønskete objekter i bildene, er det blitt brukt morfologi. Først blir det laget et strukturelement av typen `strel`. Det ble brukt formen `disk`. `Disk` blir brukt ettersom formen på putene er runde i kantene. På enkelte bilder, gjør lyset at det kan komme "hull" på puten. Det som skjer er at det blir små skygger på putene, når en bruker `imfill` blir hullene fylt opp med 1 verdier eller 0 verdier. Når objektet er fylt, vil små hull forsvinne. Prosessen gjøres ved å sjekke nabopikslene til hver svarte piksel, for å bestemme om pikselen er et hull eller ligger på kanten av objektet.

For å fjerne det overfladiske skummet på puten, brukes det `imerode`. `Imerode` krymper et gråtone eller et binær bilde og returnerer et krympet bilde. Antall piksler som blir tatt vekk fra puten er avhengig av strukturelementet. `imdilate` brukes til utvide der `imerode` har tatt for mye av puten. `imdilate` utvider et gråtone eller et binær bilde og returnerer et utvidet bilde. Legger altså til piksler på ett objekt. Antall piksler og plassering er avhengig av strukturelementet og objektets plassering.

Signatur til puten

Ved å lage en signatur av objektet i bildet, får en den viktigste fysiske informasjonen om puten. Signaturen består av vektorer med lengden fra senterpunkt på objektet til et ytterpunkt. Det ble laget 360 vektorer, altså en vektor per grad. Dermed reduseres datamengden til 360 verdier av typen `double`. For å finne signaturen må en bruke `regionprops` for å finne centroiden. Centroiden blir da et punkt midt på puten. Vinkeloppløsningen kan endres for hvor mange punkter en vil at signaturen skal ha.

```

for degree = 0:degreeStep:360-degreeStep
    edgePos(degree/degreeStep+1,4)=degree;
    centroid = stat(1).Centroid(); % senter
    tempPos = centroid; % midlertidig posisjon
    centroid(1)=round(centroid(1));
    centroid(2)=round(centroid(2));
    tanDeg=tan(degree*pi/180); % tangens til vinkelen tan(vink) =y/x
    x=0;
    y=0;
    %   enhetssirkelen er vridd -45 grader, så den starte ved -90 grader og går
    %   rundt.
while edgePos(degree/degreeStep+1,2) == 0; % Går helt til en endeosisjon er funnet

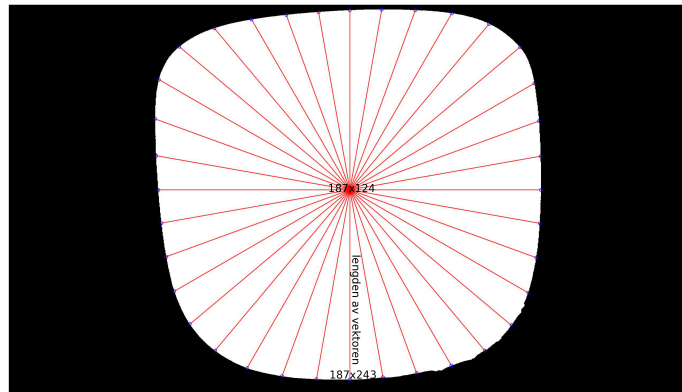
    if degree==180 % her går tanDeg mot 0
        y=y-1;
    elseif degree==360 % her går tanDeg mot 0
        y=y+1;
    elseif degree<45||degree>315 % for å få høy nøyaktighet når tanDeg går mot 0
        y=y+1;
        x=round(y*tanDeg);
    elseif degree<225&&degree>135 % for å få høy nøyaktighet når tanDeg går mot 0
        y=y-1;
        x=round(y*tanDeg);
    elseif (degree>180) % for å regne ut andre halvdel
        x=x-1;
        y=round(x/tanDeg);
    else % for å regne ut første halvdel
        x=x+1;
        y=round(x/tanDeg);
    end
    tempPos(1) = centroid(1)+x;
    tempPos(2) = centroid(2)+y;
    plot(tempPos(1),tempPos(2),'r.')
    edgePos(degree/degreeStep+1,3)=sqrt((x^2)+(y^2));%vektorene

```

Figur 3.10: Kode for å finne 360 punkt

Når en skal lage vektoren må en først finne alle punktene på kantene av puten. For å finne disse punktene er det blitt laget en while-løkke som går rundt hele puten 360 grader, der alle punktene blir satt. De stedene hvor punktet sin verdi er 1 og hvor neste piksel på linjen er 0 (fra hvitt til svart), blir satt som et endepunkt. Når en har funnet punktet kan en finne vektoren, ved å trekke en linje fra centroiden til endepunktene. Alle disse lengdevektorene er signaturen til puten. For å beregne disse lengdene bruker en Pytagoras sin formel. Eks om en har disse punktene fra figuren 3.11 under (187, 124) til (187, 243) blir lengden på vektoren.

$$\sqrt{(X_{endepunkt} - X_{centroid})^2 + (Y_{endepunkt} - Y_{endepunkt})^2} = \sqrt{(187 - 187)^2 + (243 - 124)^2} = 119$$



Figur 3.11: Beregning av vektor lengden av signaturen

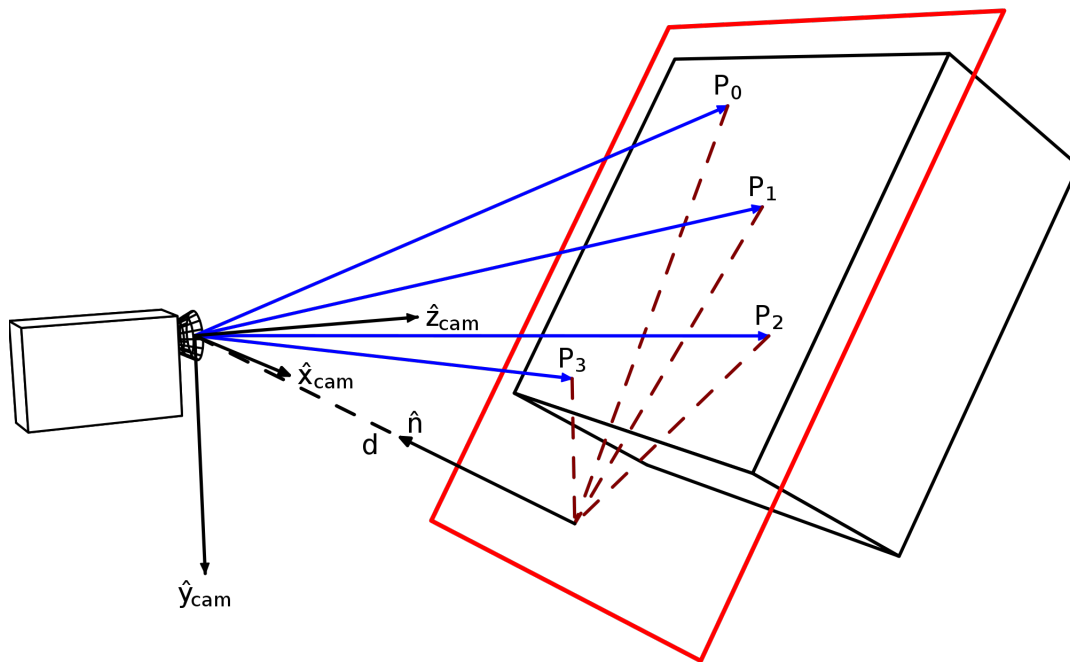
Signaturen er blitt brukt til å gjenkjenne putene ved trene opp et Nevralt nettverk, som klassifiserer de ulike putene. For å finne startposisjonen på roboten, altså der roboten skal starte å pusse, er det blitt brukt signaturen sin korteste vektor. Signaturen er justert for å begynne på det minste punktet og reduserer antall utvalg som kreves, for å få sammenlignbare resultater.

Homografi

Homografi er brukt til å kompensere for posisjon, rotasjon og linsefeil i kamera se figur 3.12 under. Ved å gjøre regresjon mellom to sett punkter, fra bilde og målt fysisk, brukes det minste kvadraters metode for å finne den mest passende modellen se avsnitt 2.4. Av dette får man en homografimatrise som en kan multiplisere med et koordinat fra bilde for å finne koordinater i robotens fysiske referansesystem.

Homografi har blitt prøvd ut med følgende punkter:

1. En predefinert bane med 36 fysiske punkter fra robot opp i mot 36 punkter fra kantdeteksjonen fra bilde. Puten ligger i senter av arbeidsbord.
2. 8 fysiske punkter fra robot opp i mot 8 punkter fra bilde.



Figur 3.12: Fysisk modell av homografi

Boundarytrace og FFT

Boundarytrace blir brukt til å finne grensen på et objekt i et binært bilde. Det vil si at den finner omrisset av skulpturene. FFT gjør om signalet fra tidsplanet til frekvensplanet.

3.3.5 Nevrale nettverk

I alle de ulike nettverkene som er bygde er det valgte å bruke supervised learning. Supervised learning vil si at med hvert utvalg tilhører det en verdi som forteller hvilken klasse det er. Denne verdien blir utgangen på det endelige nettverket.

Pattern net

Pattern net er en metode i matlab som implementerer ANN, og brukes til å spesifikt gjenkjenne mønster. Nettverketstypens metoder er en del av verktøykassen Neural Network Toolbox 2.1.1. Nettverket bygges i tre steg: Først bygger en nettverket med spesifisert dimensjonalitet på det skjulte laget. Deretter konfigureres nettverket, det vil si at det gjøres dataregresjon for å sette grensene på verdiene på inngangen og utgangen, samt definere antall nevner i inngangslaget og utgangslaget. Til slutt trenes nettverket for å løse den gitte klassifiseringsoppgaven. Inngangene og utgangene er radvektorer.

ANN

Nettverkene er trent med scaled conjugate gradient backpropagation se avsnitt 2.3.2. Det har også vært testet med forskjellige antall skjulte lag. For en felles referanse bygges nettverkene med 10 nevner i et skjult lag og 14 utvalg. Utgangskriteriet for treningen er et error på 0. Når det gjelder valg av størrelsen på det skjulte laget, er

den generelle regelen at de fleste problem løses best med et skjult lag. En tommelfingerregel for antall nevroner i det skjulte laget, er at størrelsen generelt sett ligger mellom antall nevroner i inngangslaget og utgangslaget. Antall nevroner i det skjulte laget er noe som må optimaliseres for det spesifikke nettverket.

1. Binærbilde
Bilder på matriseform gjøres til radvektorer på formen $1 \times \text{antall piksler}$. Det er brukt $20 \times 36 = 720$ verdier. Nettverket består dermed av 720 innganger og en utgang.
2. Signatur
Signaturen er tatt ut fra bildebehandlingen som vektor med 360 verdier. Nettverket består av 360 innganger og en utgang. Det er også undersøkt med hver 10. verdi i signalet.
3. Signatur FFT
Bygget med 720 verdier. Det tas en FFT av signaturen med 360 verdier. Deretter tas den imaginære delen og den reelle delen ut av signalet og blir en ny vektor med 720 verdier. Nettverket blir da 720 innganger og en utgang. Det er også undersøkt med hver 10. verdi i signalet.

ANFIS

Det er brukt 14 utvalg. De 14 utvalgene er delt opp til 9 treningssett, 4 valideringssett og et testsett. Til ANFIS er det brukt ferdige metoder i Fuzzy Logic Toolbox se 2.1.1.

1. Signatur Laget med 36 verdier av signaturen, dvs. hver 10. verdi i 360-punktsverdi fra signaturen. Nettverket har 36 innganger og en utgang.
2. Signatur FFT Laget med 36 verdier av signaturen som blir 72 ved å ta FFT(reell del og kompleks del). Nettverket blir dermed 72 innganger og 1 utgang.

BAM

Programmet tar inn 2 vektorer fra signaturen med dimensjonene 36×1 , en for hver forskjellige type pute. Signaturene er i reelle tall. Fra signaturene konverteres det til bipolar form (-1 og 1) ved å gjøre hver verdi om til en binær representasjon av tallet med dimensjonene 1×7 , og deretter endre alle 0 til -1 for å få bipolar form. Alle binærverdiene kombineres til en felles vektor med dimensjonene 252×1 (7×36), som blir inngangssett for nettverket. Utgangssettet er valgt som en 1×4 vektor. Vektmatrisen bygges opp med likning vist i avsnitt 2.12. Matrisen får en dimensjon på 252×4 . Til BAM er det utviklet et script for som lager nettverkets vektmatrise. Grunnen til at det er brukt bipolar form er at bipolar form gjennomsnittlig fungerer bedre enn binær form. [8] I figur 3.13 ser en hvordan nettverket er implementert i matlab.

```
1 %% BAM Signatur
2 %Funksjon sig2bin.m brukes til å lage bipolare verdier av heltall.
3 close all; clear;
4 path(path, 'C:\Users\Vegard\Desktop\skole\[Vår 2016\Bachelor\BAM')
5 dataset=load('dataset.txt');
6
7 x1=round(dataset(1:10:360,1)); %Signal 1: 362 pute
8 x2=round(dataset(1:10:360,12)); %Signal 2: 1471 pute
9 x3=round(dataset(1:10:360,4)); %Signal 3: 362 pute
10 x4=round(dataset(1:10:360,10)); %Signal 4: 1471 pute
11 x5=dataset(1:10:360,15); %Signal 5: 1471 pute
12 noise=30*rand(36,1);
13 x5=round(x5+noise);
14
15 [b1,b2]=sig2bin(x1,x2); %konverterer signaturens vektor til bipolar form
16 [b3,b4]=sig2bin(x3,x4); %testvektorer
17 [~,b5]=sig2bin(x2,x5); %testvektor
18
19 %Assosiasjonene som skal lagres i nettverket
20 x=[b1 b2]; %Inngangssett
21 y=[-1 1 -1 1; 1 1 -1 1]; %Utgangssett
22
23
24 sizeX=size(x);
25 sizeY=size(y);
26 m=sizeY(2);
27 n=sizeX(1);
28 o=sizeX(2);
29
30 w=zeros(n,m); %Vektmatrise
31
32 for i=1:o; %Bygger vektmatrise
33     w=w+x(:,i)*y(i,:);
34 end
35
36 %Tester settene
37 y1test=sign(w'*b1);
38 y2test=sign(w'*b2);
39 y3test=sign(w'*b3);
40 y4test=sign(w'*b4);
41 y5test=sign(w'*b5);
```

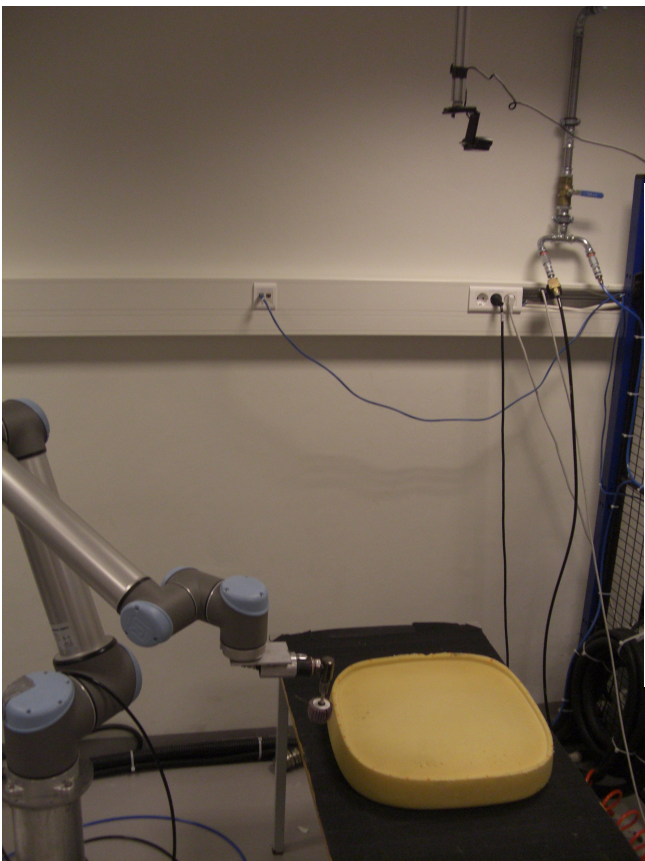
Figur 3.13: BAM main

Kapittel 4

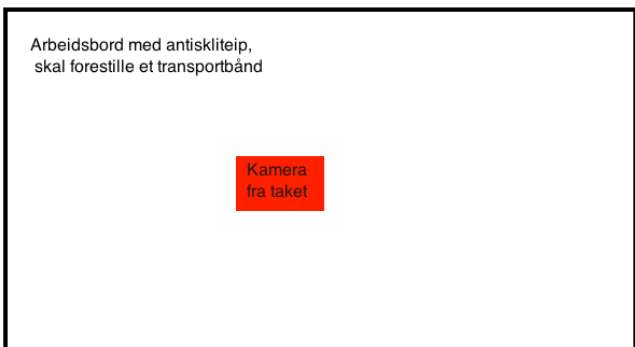
Resultater

4.1 Prototype

4.1.1 Endelig arbeidsstasjon



(a)



(b)

Figur 4.1: Arbeidsområdet (a) er reelt arbeidsområdet (b) tegnet arbeidsområdet

Oversikt over operasjonene

1. Puten på transportbånd.
2. Tar bilde av puten.
3. Bildebehandling av puten.
 - (a) Morfologi
 - (b) Regionprops til å skille ut det største objektet og finner centroiden
 - (c) Finne signaturen
4. Gjenkjenning av puten
 - (a) Bruker hvert punkt(360) til signaturen som input i ANN
 - (b) Utgangen til ANN er et tall som forteller hvilken type pute det er.
5. Finner banen til roboten
 - (a) Når puten er kjent, velges banen for den spesifikke puten, som er manuelt laget.
 - (b) Bruker 36 punkt fra signaturen, begynner med den minste vektoren i signaturen til puten.
 - (c) Ny bane blir laget av å multiplisere hver koordinat med homografimatrisen, som roterer og flytter banen til å passe med putens plassering.
6. Sender bane til roboten
 - (a) Oppretter kommunikasjon mellom datamaskin og robotkontroller via TCP/IP.
 - (b) Sender den nye banen til roboten.
 - (c) Puten blir pusset.
 - (d) Roboten tilbake til sitt faste start- og slutt punkt.

4.1.2 Kostnader

Utstyr	Spesifikasjoner	Leverandør	Eier	Pris(kr)	Antall(stk)	Sum(kr)
Robot	UR10	Universal Robots	NTNU i Ålesund	380000	1	380000
Pneumatikkverktøy	LA429-EU	Ingersoll Rand	Sandella	1300	1	1300
Pneumatikkventil	125333 24V DC, 0-10 BAR	Burkert	NTNU i Ålesund	1	550	550
Slipeverktøy	Sliperull sett	Biltema	NTNU i Ålesund	59,90	1	56,90
Webkamera	Carl Zeiss Tessar HD 1080p	Logitech	NTNU i Ålesund	999	1	999
Antiskliteip	b:50mm, l:5m	Biltema	NTNU i Ålesund	39,90	3	119,70
Beregnet sum				382900,8		382980,6

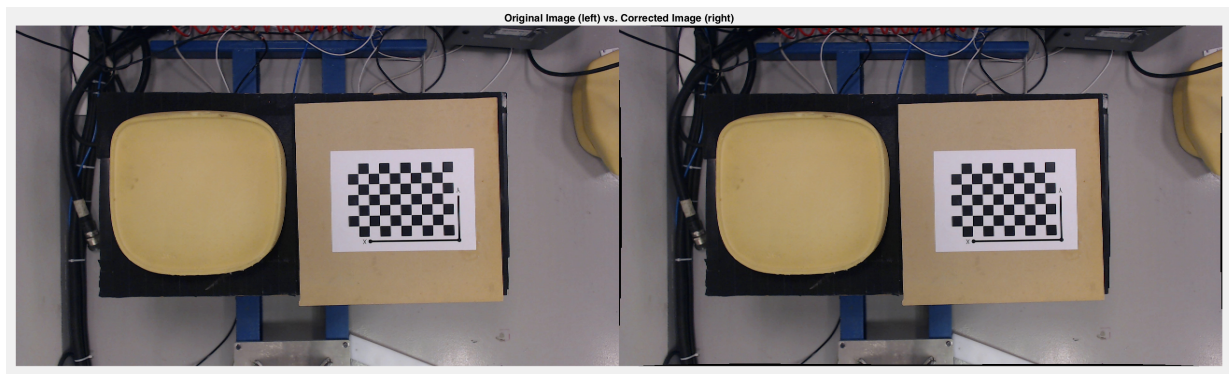
Tabell 4.1: Kostnader av prototypen

Kostnaden i tabell 4.1 over er et grovt anslag av prisene. Grunnet at NTNU i Ålesund eier det meste av materialene, som gjør det enkelt at utstyr kan brukes av prosjektgruppen under gjennomføringen av prosjektet. Alle prisene er funnet på internett og kan ikke brukes som en fastsatt pris.

4.2 Bildebehandling

4.2.1 Kamera kalibrering

For å redusere linsefeil på kameraet er det gjort et forsøk på å bruke kamerakalibrering.



Figur 4.2: Før og etter kamera sin linsefeil er rettet

I figure 4.2 over ser en at det ikke er alt for stor forskjell på det originale bildet og det redigerte bilde etter kamerakalibrering.

4.2.2 Puten som eneste objekt

```
[L, num] = bwlabel(Ibw, 8);  
count_pixels_per_obj = sum(bsxfun(@eq,L(:),1:num));% teller alle pikslene i objektene  
[~,ind] = max(count_pixels_per_obj);%finder det største objektet  
Ibw2 = (L==ind);%fjerner alle objektene unntatt det største.
```

Figur 4.3: Kode for å finne det største objektet

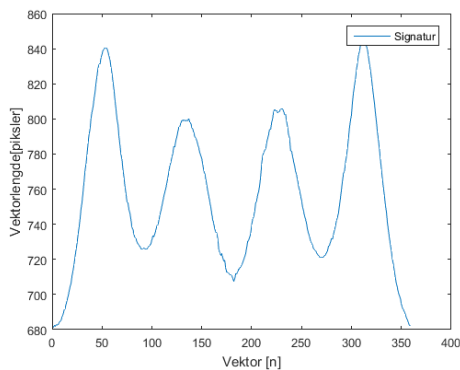
For å fjerne alle objektene unntatt puten. Er det blitt laget en funksjon som teller alle pikslene av objektene i bildet. Puten er alltid den som har mest piksler, ettersom puten alltid er det største objektet i bildet. Alle andre objekter vil bli fjernet, puten står igjen alene. I figure 4.4 under ser en bilde før og etter en slik prosess.



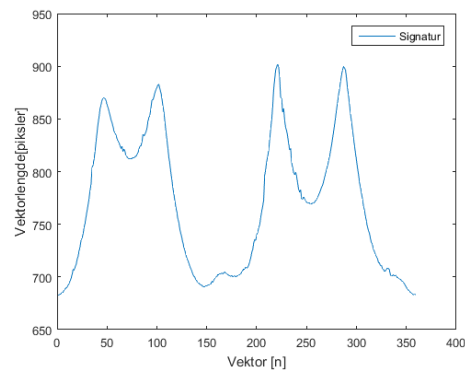
Figur 4.4: Før og etter det største objektet er funnet

For å få en jevn kant rundt puten brukes det morfologi. Morfologien funksjonen som blir brukt er imerode og imdilate. Imerode fjerner alle støperester på bildet, altså det som skal pusses vekk. Imdilate gjør at kantene blir tydeligere.

4.2.3 Finne data til putene ved bruk av signatur



(a) Signatur pute 362



(b) Signatur pute 1471

I figurene 4.5a og 4.5b ser en signatur til de to putene. Hver topp i signalet samsvarer med et hjørne av puten. Her kan en se at det er mulig å gjenkjenne putene ved å bruke signatur. En annen viktig karakteristikk av signatur, er at signalet vil bli likt uavhengig av roteringen og plasseringen av objektet.

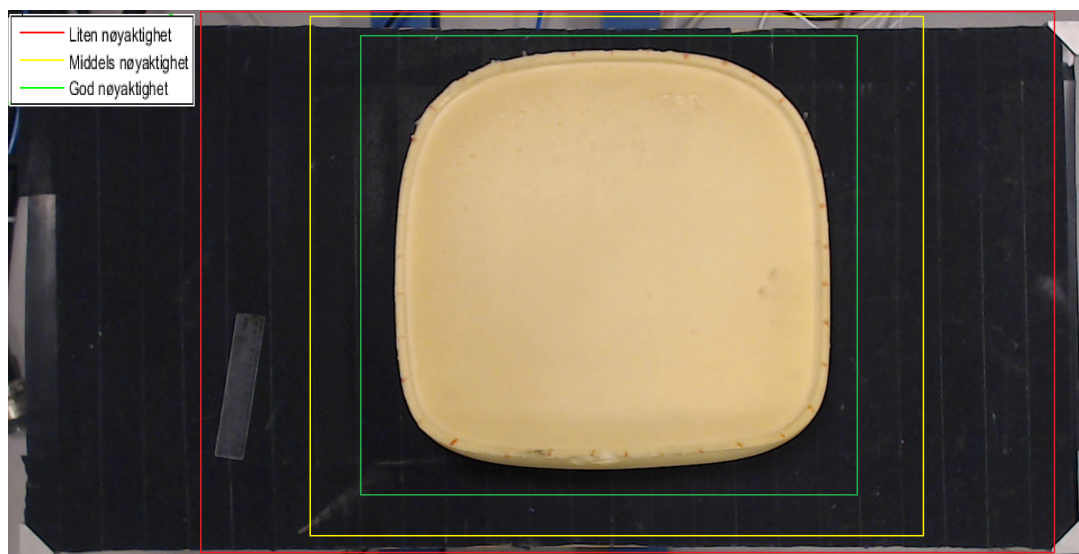
Signaturen gir et relativt lite datasett, med den viktigste informasjonen om puten. Ved bruk av signaturen kan en finne et felles referansepunkt for putene, som er symmetrisk rundt én akse. Dette gjøres ved å finne signatursens minste verdi. For å flytte alle verdiene i signatur, slik at det minste signalet alltid blir den første verdi. Dermed kan en si at signatur for puten med symmetri om én akse, er uavhengig av fasen. Dette gjør at signatur er til stor hjelp når nevrale nettverk skal brukes. I tabellen 4.2 under ser en et eksempel på verdien som signatur lager.

X	Y	Vektor lengde	Grader
1086	858	297	0
1270	814	312.833821700915	36
1362	651	290.303289681671	72
1384	464	313.389533966915	108
1251	334	280.63143088399801	144
1086	256	305	180
909	318	300.62933988551401	216
807	470	293.46550052774501	252
775	662	326.98929646090897	288
928	778	268.426898801145	324

Tabell 4.2: Tabell over signatur med 10 punkter (alle verdier i piksler)

4.2.4 Homografi

Ved å lage en homografimatrise med 36 punkter fra banen opp i mot 36 punkter fra bildet, blir de nye koordinatene veldig nøyaktig når puten var posisjonert nærmest det originale punktet av banen se avsnitt 2.5.3. Når puten er lengre unna sin originale banen, er det mer feil i banen til puten se figur 4.6 for nøyaktighet under. Dette tydet på at vi burde prøve å bruke flere punkter som dekker mer av arbeidsområdet.



Figur 4.6: Nøyaktighet Homografi bane

Det ble også bygget en homografimatrisen med de 8 punktene tatt fysisk på bordet, og tilsvarende punkter på kameraet. Ved bruk av denne matrisen økte nøyaktigheten lengre unna senterpunktet på arbeidsbordet, samtidig som formen på banen ble dårligere.

4.3 Nevrale nettverk

Nettverkstype	ANN	Anfis
Bildematrise	$4.0e - 02$	Na
Signatur360	$2.5e - 07$	Na
Signatur360 FFT	$2.6e - 06$	Na
Signatur36	$3.3e - 07$	$3.5e - 07$
Signatur36 FFT	$3.7e - 07$	$4.4e - 04$

Tabell 4.3: Feilmargin nevralt nettverk

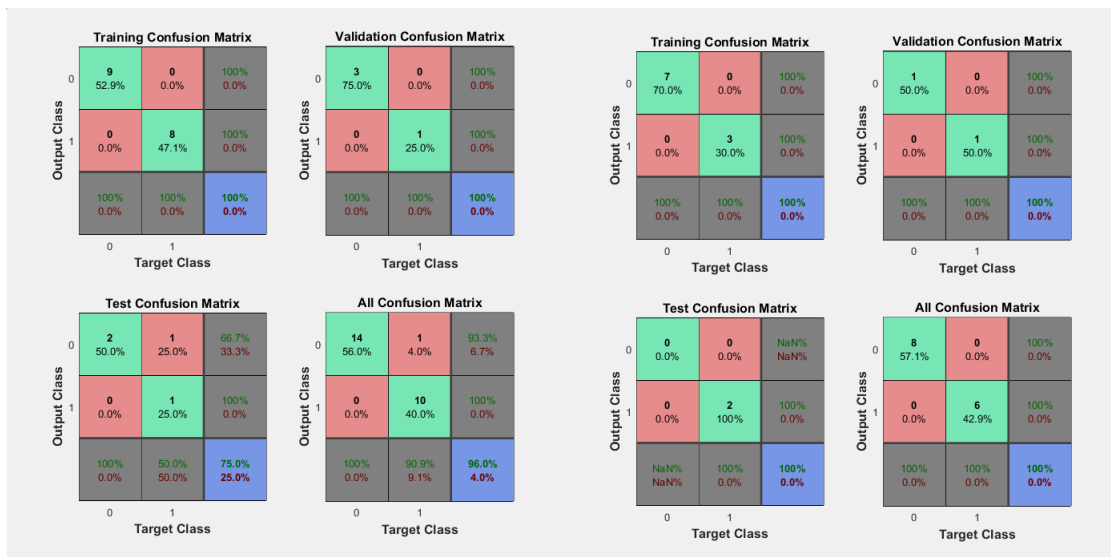
I tabell 4.3 over ser en feilmarginen til nettverkene. Feilmarginen er hvor ofte nettverket vil klassifisere feil. For eksempel så vil ANN med bildematrise teoretisk ta feil på 4% av klassifiseringene til putene. Det er også et tydelig skille ved bruk av de forskjellige typene inngangssignal. Bildematrise fungerte dårligst, FFT av signatur fungerte middels bra og signatur fungerte best. Siden nettverkene vil variere for hver gang en trener det, er det valgt ut den beste validerte ytelsen av ti treninger til sammenligning. Feilmarginen er oppgitt som beste validerte resultat.

4.3.1 ANN

Å trene nettverket med bildematrise var et naturlig utgangspunkt. Problemet er at implementeringen har noen fundamentale begrensninger.

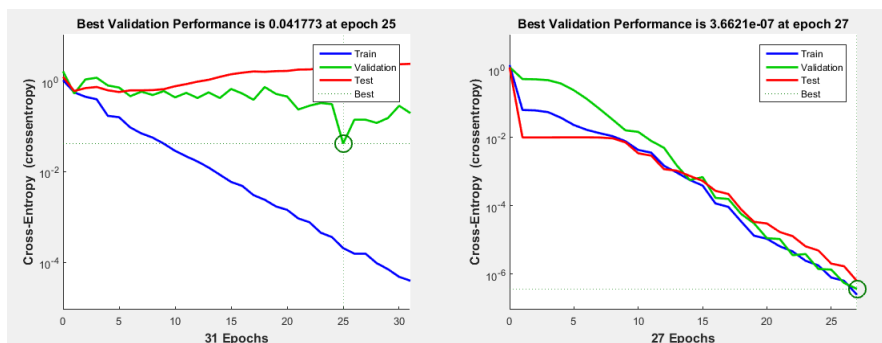
1. Avhengig av fase ved gjenkjenning.
2. Stor mengde utvalg for å vise nettverket flere forskjellige orienteringer av objektet.
3. Det er også en fare for forvirring ved en eventuelt utbygging av netterverket, med tanke på flere klasser objekt, for det meste grunnet lav oppløsning på bildet som ikke får med alle konturene til putene.

Ved bruk av signatur ser man en stor reduksjon i feilmarginen til nettverket.



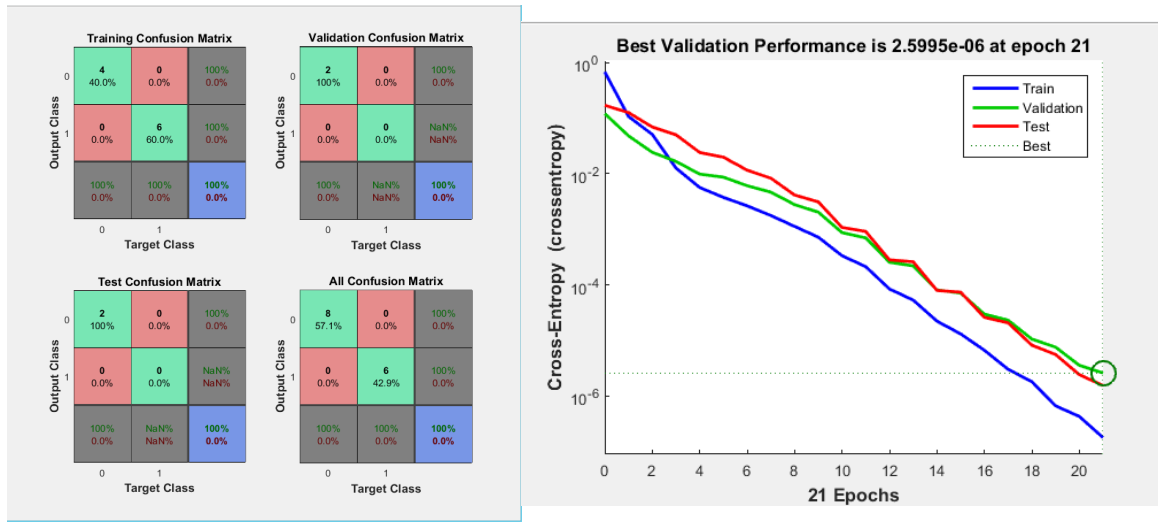
Figur 4.7: Confusion matrix T.V. ANN bildematrixe T.H. ANN signatur

I figur 4.7 over ser en i hvilke deler av læringsprosessen til nettverket gjetter riktig eller feil. De grønne rutene viser hvor nettverket gjettest riktig, de røde rutene viser hvor nettverket gjettest feil, og de blå rutene viser oppsummeringen av gjettingen. For å se helheten til nettverkene ser en på den blå ruten i "All Confusion Matrix".



Figur 4.8: Performance T.V. ANN bildematrixe T.H. ANN signatur

I figur 4.8 over vises det en sammenligning av ytelsene på de to nettverkene, ved bruk av forskjellige typer inngangsdata. Her kommer den tydelige forskjellen mellom to av de trente nettverkene fram, det beste resultatet ble oppnådd ved å bruke signaturen til putene.

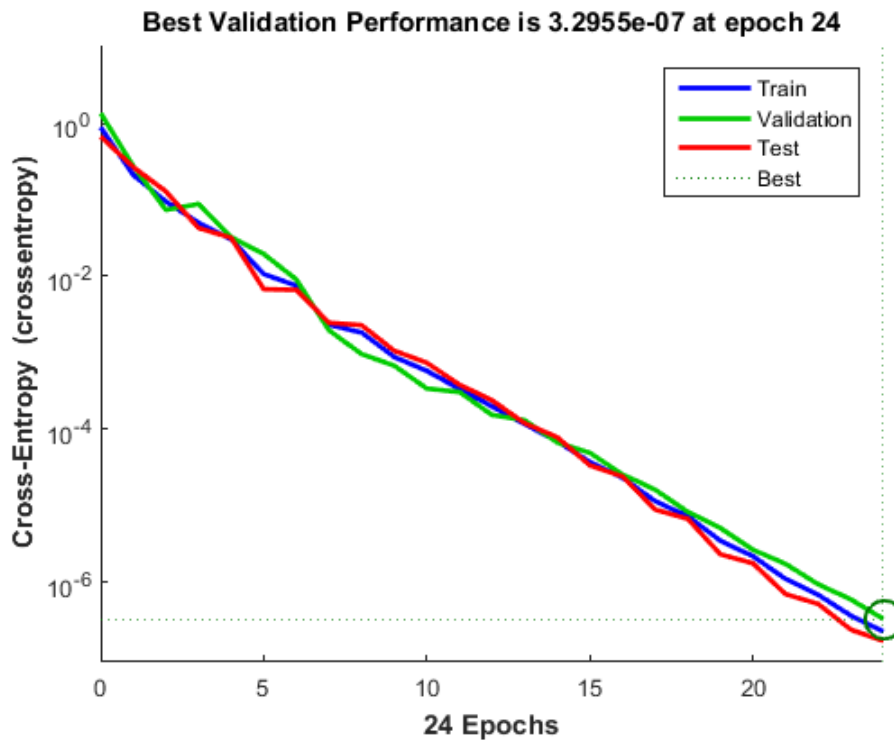


(a) ANN FFT Confusion

(b) ANN FFT Performance

Figur 4.9: Treningsresultat av ANN signatur 360 med FFT

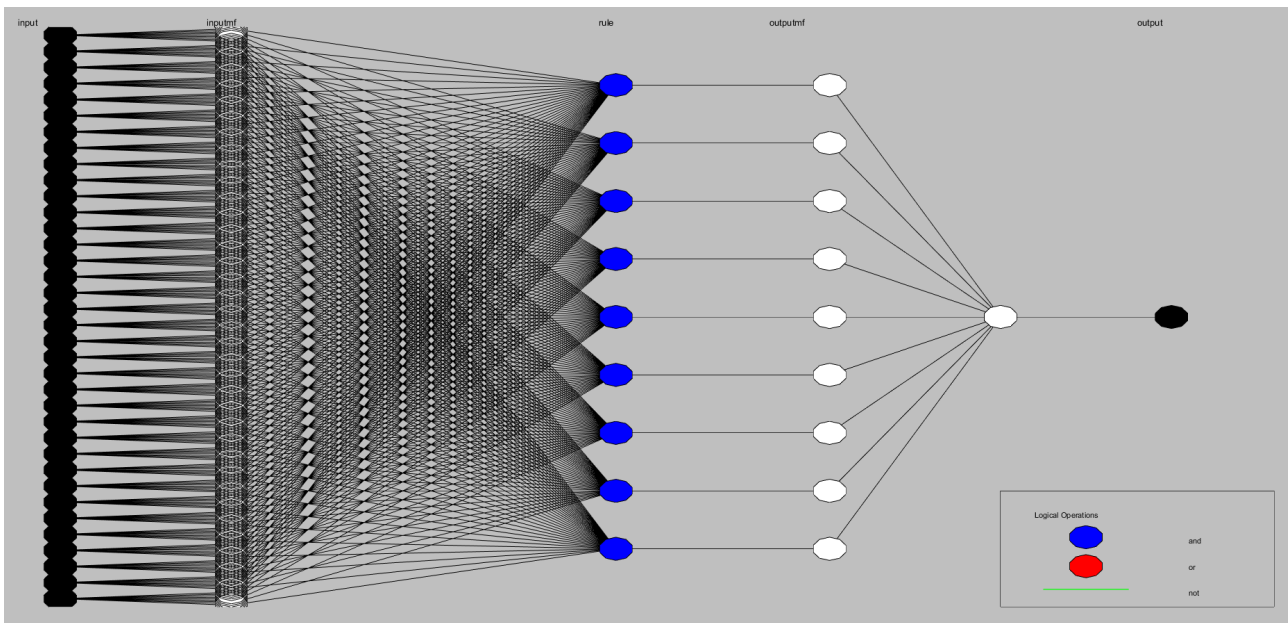
I figur 4.9b ser en treningsforløpet til ANN med signatur på 360 og med FFT. I figur 4.9a ser en læringsprossen til de samme inngangene.



Figur 4.10: Treningsforløp ANN med 36 verdier

Figur 4.10 viser treningsforløpet til ANN med 36 verdier, hvor en kan se at ytelsen ikke lider så veldig mye ved å redusere utvalget med en faktor av 10. Dette gir muligheten til å redusere inngangslaget til 36 nevroner, i tilfelle nettverket blir stort og resursskrevende ved utbygging til flere klasser.

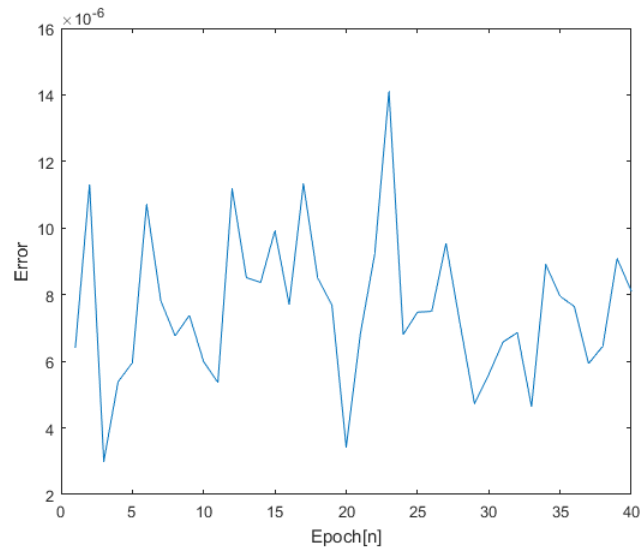
4.3.2 ANFIS



Figur 4.11: Anfis struktur

I figur 4.11 ser en strukturen på et ANFIS nettverk bygget med 36 innganger og 1 utgang. Det beste resultatet ble oppnådd ved å bruke 9 medlemskapsfunksjoner til hver inngang og 9 nevroner i regellaget (hvert nevron har 36 regler).

Når det blir brukt signaturen til puten i ANFIS nettverket resulterer det i en feilmargin på $3.5e-07$ etter 40 treningsepoker. Signatur med FFT har en feilmargin på $4.4e-04$ etter 40 treningsepoker i ANFIS.



Figur 4.12: ANFIS Error plot

I figure 4.12 ser en at det beste resultatet oppnås etter 3 epoker. Nettverket blir ikke bedre ved lengre trening. Selv om nettverket ikke nødvendigvis blir bedre over tid, er resultatet til nettverket godt nok til å kunne klassifisere putene.



Figur 4.13: Anfis Signatur testresultat

4.3.3 BAM

BAM blir en vektmatrise med dimensjonene $252 * 4$. Ved å søke gjennom matrisen med en inngangsvektor som vist i figur 4.14 klarer nettverket å finne fram til de assosierte settene. BAM klarer å klassifisere de forskjellige type putene. BAM bruker også en mindre mengde prosesseringskraft enn de andre nettverken som er blitt prøvd ut. En annen gunstig karakteristikkk for BAM er at etter formel 2.12 både fjerne og legge til nye assosiasjoner

fra nettverket etter trening. Dette er en stor fordel i forhold til de andre nettverkstypene som en må trene på nytt dersom det skal legges til eller fjernes ett sett.

```

1  %Iterative probing BAM network
2  setX=b4; %The set to probe the network with
3  counter=0;
4
5  while(true)
6      counter=counter+1; %Counts number of iterations
7      setY=sign(w'*setX); %Probes network from left to right, produces output
8      E1=-setX'*w*setY; %Calculates the energy of the first association
9
10     setX=w*setY; %Probes network from right to left, produces input
11     E2=-setX'*w*setY; %Calculates the energy of the second association
12     if(E1==E2)
13         c=int2str(counter);
14         displayString=['Energy is stable after' ' ' c ' ' 'iterations.'];
15         disp(displayString);
16
17         break
18     end
19 end

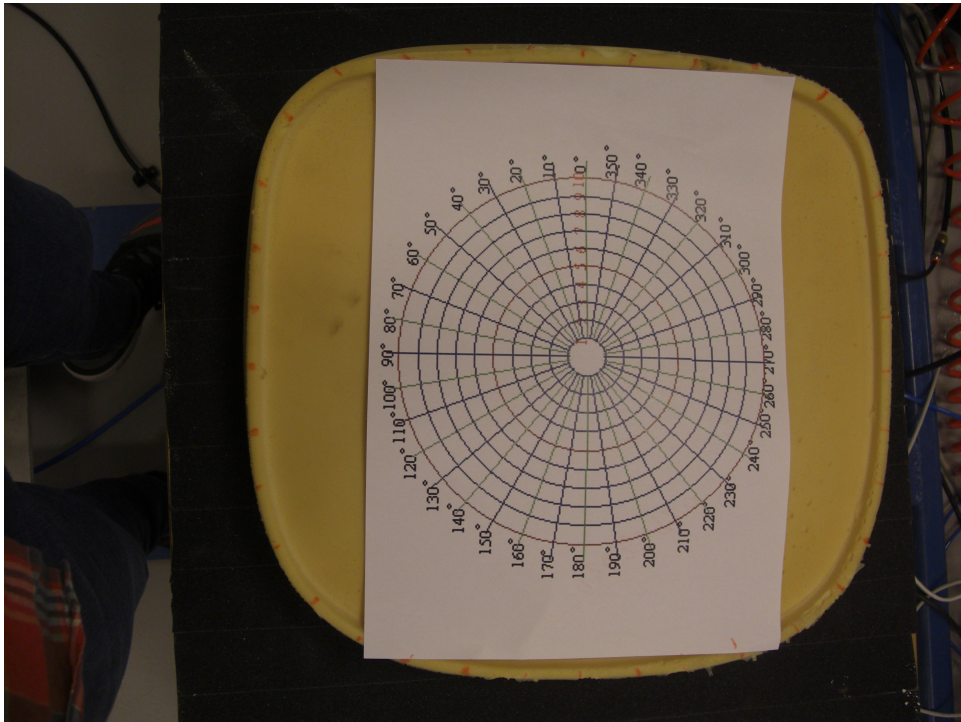
```

Figur 4.14: Probe BAM

4.4 Robotstyring

4.4.1 Opplæring av banen

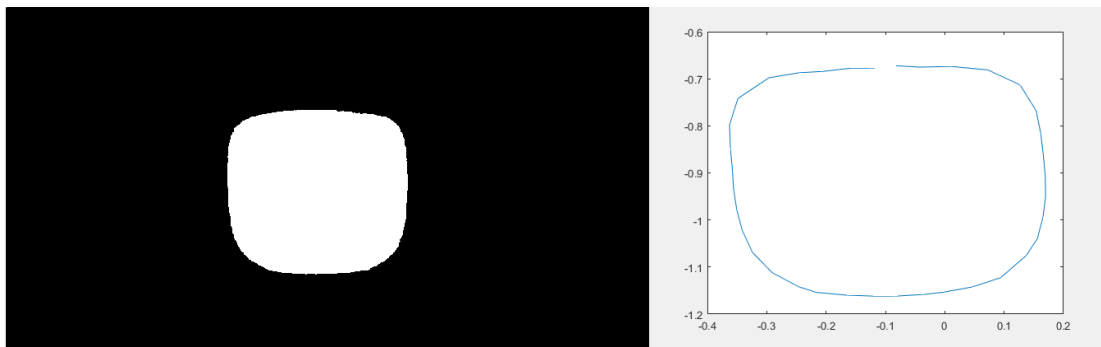
For at roboten skal lære seg ruten til roboten må banen lages manuelt. Banen ble laget med å merke opp hver 10. grad rundt puten, altså 36 punkter. Robotarmen ble satt på alle de 36 punktene se figure 4.15. Fra punktene ble det skrevet ned alle [X Y] koordinatene til roboten. Det ble også tatt bilde slik at en kan gjøre om pikselene til meter verdier som roboten bruker.



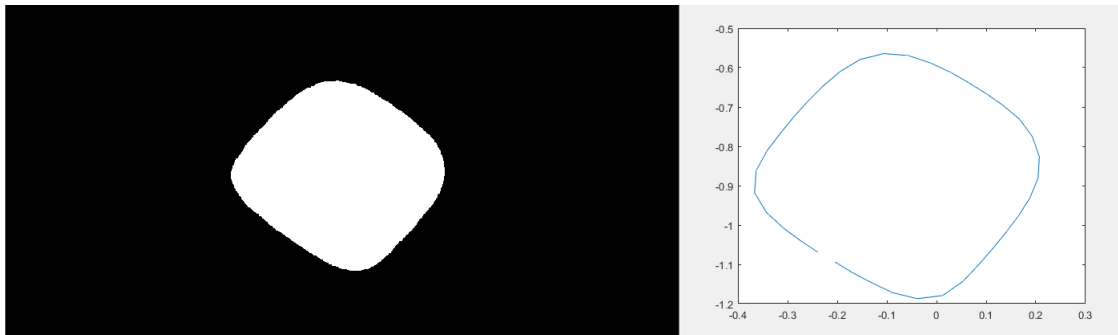
Figur 4.15: Merket pute hver 10. grad for å lage banen

4.4.2 Lage ny bane

Puten kan ligge i forskjellige posisjoner på transportbåndet. Da må den forhåndslagde banen flyttes og roteres slik at den treffer der puten ligger se figur 4.16 for original banen. Dette gjøres med homografi se avsnitt 3.3.4. Resultatet etter å ha brukt homografi gir nye punkter XY koordinater til banen. Da er banen riktig rotert og plassert se eksempel i figur 4.17.



Figur 4.16: Original bilde og bane til roboten



Figur 4.17: Bilde og bane som er rotert og blir sendt til roboten

For å få den nye banen til å fungere på roboten må den gjøres om til koordinater i robotens referansesystem. Deretter lages det en string som består av en UR-script kommando på formen: `moveL(p[X Y Z RX RY RZ])`. `moveL` er en lineær bevegelse, mens `p` gjør at XYZ-koordinatene kan brukes til roboten, istedenfor alle ledene sine vinkler til roboten. Å bruke denne type funksjon kalles å sette waypoints.

4.4.3 Sende URscript til roboten

For å sende scriptet til roboten brukes det TCP/IP se avsnitt 3.3.2. IP adressen til roboten er satt til 192.168.250.21 og bruker port 30002. Det blir laget waypoints som blir sendt til roboten via socket programmering. Waypoint-sene blir laget i en for-løkke, der den tar alle XY koordinatene til banen. Hvert waypoint blir sendt med 0,2sek forsinkelse for hvert eneste punkt. Forsinkelsen er lagt inn slik at roboten rekker å bli ferdig med hver bevegelse før det blir sendt et nytt waypoint. Roboten har også en fast start og stopp posisjon. Start og stopp posisjonen er satt slik at roboten ikke er med på bilde som blir tatt.

Pusseverktøyet blir startet ved å sette den digitale utgangen på roboten sin kontroller som er koblet til ventilen til høy. Verktøyet blir startet før socketen sender waypointsene i for-løkken. Når for løkken er ferdig blir utgangen satt til null, som stopper pusseverktøyet.

4.5 Vakuumløftere

Den første som ble prøvd var en ZH-07BS-06-06 ejetektor fra SMC sammen med en silikon sugeskopp. På første test med vakuum, satt puten fast. Da det ble prøvd en gang til var resultatet negativ. Det ble også prøvd med ulike puter, men med negativt resultat.

Etter gruppen hadde tatt en prat med Festo, som er en av de ledene bedriftene innen luftstyringer og vakuum. Ble det bestemt at det kanskje var for lite flow. Det er viktig med mye flow for å løfte porøse materialer, noe som skum er. Det ble bestilt en ny vakuumejektore fra Festo. Den nye ejetektoren har 1,5 ganger høyere flow enn den fra SMC.

Den nye Festo ejetektoren girde negative resultater den også. Det ble også prøvd ut ulike sugkopper. Det var 3 ulike sugkopper som ble prøvd to typer av silikon, og en som var 3d-modellert og printet se figure 4.18 under. Dette fungerte heller ikke.



Figur 4.18: 3d-modellert sugeskopp

Kapittel 5

Drøfting

5.1 Oppgaven

Problemstillingen har endret seg noe siden oppstarten av prosjektet. Prosjektet har blitt mer teoretisk, noe som skjedde naturlig ettersom det er ble prøvd ut ulike metoder. Vi har hentet inn ny kunnskap for å løse de nye problemstillingene. Den nye kunnskapen har gitt oss verdifull hjelp videre i prosjektet. Gruppen jobbet målrettet og fokusert for å komme fram til en prototype.

5.2 Gjenkjenning av puten

Det ble brukt mange forsøk på å undersøke ulike løsninger for å gjenkjenne putene. Tidelig bestemte vi at det skulle trenes opp et nevralt nettverk for å gjenkjenne puten. Tatt en del tid å sette seg inn i alle de ulike nettverkene. Ettersom det anslagsvis er 500-600 ulike typer puter, ønsket vi en effektiv måte å gjenkjenne putene på, med mindre bruk av data. På grunn av at gjenkjenningen av putene er gjort med kun 2 typer puter, kan man se på de ulike nettverkene kun som et gjennomførbarhetsbevis. Ytelsene vil synke gradevis ved å introdusere flere klasser. Likevel gir det en pekepinne på hvordan de ulike nettverkene vil takle klassifiseringsoppgaven. Når det kommer til hva som er akseptabel feilmargin på en slik gjenkjenning vil en feilmargin på $\frac{1}{1000}$ være godtatt.

Det ble prøvd å nedskalere bildene, boundarytrace, FFT og ta ut informasjon fra regionprops(omkrets, rundhetsgrad,) alle disse forsøkene ble forkastet ettersom data mengden ble for store. Ved større datamengde tar prosesseringen for lang tid, noe som fører til at operasjon ikke kan gjøres innenfor en gunstig tidsramme.

Å bruke signaturen til puten var den løsningen som brukte minst datamengde. Putens signatur gir nøyaktig data av putens utformning, til å skille de fra hverandre. Datamengden til signaturen ble på 360 verdier, som gjør at prosesseringstiden blir minimal sammenliknet med andre metoder, som har blitt prøvd i dette prosjektet.

Å bruke et nevralt nettverk er en god metode for å skille putene. Den negative siden med nettverket er at implementering tar lang tid. Grunnen til dette er at det er veldig tidskrevende å samle inn signaturer fra 500-600 ulike typer puter. Det positive er at dette vil være en prosess som kan gjøres en gang. En annen fordel ved å bruke ANN er at en kan holde tellingen på antall av de ulike former som er produsert på linjen, som igjen gir Sandella en bedre oversikt over produksjonstall.

5.2.1 ANFIS

En av de store fordelene med ANFIS er at nettverket er en hvit boks, det vil si at en kan gå inn å se på nettverket del for del og finne ut av hvilke regler som fungerer optimal og hvilke som ikke gjør det. Denne informasjonen kan brukes til videre redesign. Et ANN er til kontrast en svart boks, hvor en kun kan betrakte innganger og utganger. Det forventede resultatet ved implementeringen av ANFIS, var at det ville ha en høyere ytelse enn ANN, dette stemte ikke med det oppnådde resultatet. Det var også overraskende å se hvor dårlig ANFIS taklet bruken av FFT-verdiene i forhold til ANN. ANFIS er et mer ressurskrevende type nettverk, med tanke på prosesseringskraft.

5.2.2 BAM

BAM-nettverket var spennende å bygge, ettersom dette er et lite utbredt nettverk og det er et type nettverk som ikke er like godt forstått som andre mer populære nettverk (som for eksempel ANN og ANFIS). Nettverket har en karakteristikk som kan være veldig interessant for denne oppgaven, ettersom en kan legge til og fjerne assosiasjoner uten å endre på resten av de eksisterende assosiasjonene i nettverket. BAM har to store begrensninger: lagringskapasitet og ukorrekt konvergens. Lagringskapasiteten til nettverket er begrenset i form av at antall assosiasjoner bør være mindre enn antall nevroner, i laget med minst nevroner. Med ukorrekt konvergens menes det at man kan risikere at nettverket oppnår en stabil assosiasjon (en minimumsverdi i energifunksjonen) som har lite til felles med den originale proben.

5.3 Fjerne overflødig skum

Når vi skulle fjerne det overflødig skummet støtte vi på flere problemer. Det mest forkommende problemet er at pusseverktøyet pusser for mye eller for lite av putene. Det er minimalt med kraft som skal til for å pusse vekk det overflødig skummet. Dette er et aspekt som det ikke har blitt forsket så mye på, men testet litt og har funnet ut at lameller er det beste. Med lameller har man en relativ liten kontaktflate, som gjør arbeidet mer nøyaktig. Bakdelen med å bruke pusseskiven var større krav til programmet til roboten, ettersom det kreves at planet i skiven tangerer banen kontinuerlig mens banen kjører. Ved å bruke sliperuller kan orienteringen på rulleren holdes konstant, men sliperulleren pusset ikke til en tilfredsstillende grad.

5.4 Løfte og bevege puten

Planen for prosjektet var å løfte puten, for å så ta den videre bort til en pussestasjon med det mest kvalifiserte pusseverktøyet for de ulike putene. Tanken var å bruke vakuum til å løfte puten. Dette var en løsning vi hadde trodd skulle fungere. Fordelen med vakuum er at det er skånsomt i forhold til å ikke ødelegge putene. Etter mange tester med ulike ejetorer og sugekopper ble vakuum forkastet. Ettersom putene blir utsatt for vakuum, mister puten motstand og det blir lettere for luft å strømme igjennom puten. Dette svekker løfteevnen til vakuumsugekoppene. Derfor ble ikke vakuum videreført i denne oppgaven.

En annen løsning som ble vurdert, var å bruke nåler. Med nåler var vi redde for at putene eller nålene skulle bli skadet. Nålen kunne blitt ødelagt på grunn av at det er noen av putene som har innlegg, som for eksempel fjærer og/eller stålrammer. Putene kan også skades når nålen blir stukket inni puten, ettersom de hadde måtte vinkles slik at puten blir holdt fast. Dette kan føre til at det blir hull i putene. En annen ting med nåler er at det ikke alltid er like enkelt å ta av putene etter pussing.

Målet har endret seg noe siden at vi ikke fant en god løsning på å holde putene. Derfor endret vi i løsningen slik at putene blir liggende på et transportbånd med høy friksjon. Deretter vil roboten bevege seg i bane og pusse rundt puten. I prosjektet brukte vi antiskliteip for å få høy friksjon. Antiskliteip fungerte meget bra, i og med at det må påføres en god del kraft for at puten skal bevege seg.

5.5 Utvikling av Prototypen

Utviklingen av prototypen har medført en del utfordringer. Det har blitt brukt mye tid på å finne en god løsning på å gjenkjenne og hvordan løfte putene. Det er også brukt mye tid på finne en god løsning for hvordan man skal lage program til robotarmen.

5.5.1 Programmeringsmetoder robot

Vi har prøvd ut flere ulike metoder for å programmere robotarmen. Første metode var å anvende teaching pendant. Her lages banen manuelt ved å bestemme waypoints, hvor vinkelen til hvert ledd blir lagret. Til denne metoden fant vi ingen god måte på å kompensere for offset, og det var heller ikke en pålitelig måte på å ha en standardposisjon for putens posisjon og orientering. Verdiene til leddene var vanskelig å bruke, ettersom vi skal anvende informasjon fra kameraet, som omgjøres til X og Y koordinater. Det var heller ikke hensiktsmessig å bruke tid på å regne ut kinematikken til bevegelsene til roboten, når kontrolleren til roboten kan kalkulere dette ut ifra XYZ-koordinater til leddbevegelser. Å sette waypoints på denne måten var en tungvint måte og det tok lang tid å lage programmet. Vi anvendte denne metoden, men vi satte ikke waypoints. Alle X og Y koordinatene til verktøyet ble skrevet inn som et URscript og lagret.

Det som var vanskeligst med å programmere roboten, var å finne en god løsning på hvordan man skal uthente informasjon om banen via kamera. Det første som ble prøvd var å lage en mappe-funksjon som skalerte pikselverdiene til roboten sitt referansesystem. Dette fungerte svært dårlig, ettersom verdiene ble altfor unøyaktige koordinater for roboten, noe som skyldes linsefeil i kameraet. Som løsning ble det brukt homografi for å korrigere linsefeilen, som gav relativt nøyaktige punkter som videre ble sendt til roboten.

5.5.2 Oppsett av prototypen

Oppsett av prototypen ble litt annerledes enn planlagt ettersom det å løfte putene ikke gikk som forutsett. Den nye løsningen er ikke dårlig, men gir større muligheter for feil, med tanke på at puten kan komme ut av posisjon. Dette vil føre til at putens bane blir feil, noe som kan medføre skade på puten. Det hadde vært mer ideelt å kunne bevege puten med roboten, istedenfor å bevege roboten rundt puten festet. Dette hadde gitt større frihet for bruk av ulike pusseverktøy uten å endre verktøy på roboten.

5.6 Muligheter for Sandella

Å utvikle en pusserobot for Sandella vil være positivt. Det kan hindre overbelastning på personell, som per idag står hele arbeidsdager og pusser puter manuelt. Akkurat sånn som prototypen er nå vil det ikke være gunstig å erstatte den manuelle arbeidsoppgaven. Problemet er at det er dyrt å implementere alle putene sine baner og trene opp et nettverk. Ettersom dette var gjort manuelt kommer det til å forekomme store kostnader ved å legge inn 500-600 typer puter. Dette vil føre til store kostnader knyttet til arbeidskraft.

Manuell pussing		Robot pussing	
Fordeler	Ulemper	Fordeler	Ulemper
Litt opplæring	Montering tar lang tid	Raskere	Høy investeringskostnad
Lav investeringskostnad	Lønning	Bedre kvalitet	Dyr programvare
	Ikke jevn kvalitet	Reduserte lønningskostnader	Vedlikehold
	Lav repeterbarhet	Nøyaktighet	
	Sykdom og ferie	Unngår belastninger på mennesker	
	Tregt	Automatisere bedriften	

Tabell 5.1: Fordeler og ulemper med manuell og robot pussing

Kapittel 6

Konklusjon

Opgavens overordnede mål var å se muligheten for å automatisere pussestasjon hos Sandella. Dette har blitt vist gjennom prototypen av pussestasjonen som har blitt laget. Potensiell besparelse på den robotiserte løsning er ikke spesielt gunstig på kort sikt. Under avsnitt videre forskning og arbeid 6.1 er det gitt foreslåtte endringer, som kan føre til at prototypen forbedres og gjøres mer besparelsevennlig.

For gjenkjenning av putene ble det brukt signatur og ANN. Signaturen fungerer meget bra til å gjenkjenne puten og til å finne banen for roboten. Som man kan se i tabellen 4.3, fungerer implementeringene godt, med unntak av ANN bildematrise, for å gjenkjenne putene. Når det kommer til ytelse, er de to beste valgene ANN signatur og BAM signatur. På grunnlag av det som er gjennomgått i 5.2 mener vi at det beste valget vil være å bruke ANN med signatur.

Å løfte og bevege puten ble endret til å ha puten på et stillestående transportbånd som roboten pusser rundt. Dette grunnet at vakuum ikke fungerte og andre metoder medførte for stor fare for å skade putene. Dermed ble det brukt antiskliteip på et bord, som gjorde at puten ikke bevegde seg under pussing.

Prototypen som har blitt utformet har et stort forbedringspotensiale. For hver løsning prototypen har et stort forbedringspotensial, som kan forbedre prototypen. Resultatet er ikke endelig, men har gitt oss en pekepinn på hva som er mulig og hva som må gjøres videre.

6.1 Videre forskning og arbeid

For å ta pusseroboten videre mot en industriell prototype bør det installeres et bedre kamera, som er mer tilpasset industrielt bruk. Et industrielt kamera gir full kontroll over alle kameraparametere. Da kan kameraet enklere tilpasses og modifiseres til å håndtere spesielle oppgaver.

Siden de nevrane nettverkene er bygget med kun to klasser, bør det undersøkes om nettverkene er skalerbare ved å implementere flere typer i nettverkene.

Å utvikle en GUI som en kan implementere nye typer puter og trene opp nettverket. Vi anbefaler også å ha overvåking i GUIen, slik at man har oversikt over hvilken type puter som har blitt pusset og hvilke som er godkjent i henhold til Sandella sin standard (se avsnitt 6.1.3 om utvikling og kvalitetssikring).

6.1.1 Utarbeide programvaren

For å få en raskere prosesseringstid kan det være hensiktsmessig å gjøre om på programvaren slik at den kan brukes i C eller Java. For å få inn bildebehandlings delen må man bruke openCV (se avsnitt 2.1.2). En implementering i C eller Java vil være mye raskere enn Matlab, og dermed mindre tidskrevende.

Toveiskommunikasjon med roboten: Det bør utvikles program på roboten som lytter etter koordinater fra dataprogrammet og flytter roboten deretter.

6.1.2 Sensorer

Ettersom prototypen vår ikke har transportbånd er det ikke satt av tid for å installere fotocelle som registrerer at det på vei inn en ny pute til pussing og at pussingen er ferdig. Dette er noe som bør implementeres i pussestasjonen.

6.1.3 Kvalitetssikring

Å kvalitetsikre arbeidet underveis når pussingen holder på og etter pussingen ferdig. Dette kan gjøres ved hjelp av et vision system som tar bilder underveis og ser at puten ikke har beveget seg ut av posisjon. Også et kamera som tar bilde etter pussing for å sjekke at det er godkjent innenfor standarden til Sandella bør monteres.

6.1.4 Sikkerhet

I denne prototypen er det gjort følgende sikkerhetstiltak: Roboten står inne i et bur, så den er skjermet for personell. Døren på buret er ikke tilkoblet en sikkerhetsbryter. Det er også en nødstopp på robotens touch-panel. Roboten har en innebygde sikkerhetsfunksjon, som at roboten stopper hvis den kommer i kontakt med noe med en kraft som er unormal. Videre her ville vi ha lagt inn endebryter på dører og luker slik at roboten slår seg ut når mennesker kommer nær roboten. Dette er på grunn av at pusseverktøy på roboten, som kan lage farlige situasjoner i samhandling med personell.

Kapittel 7

Referanser

- [1] *About Universal Robots*. 2016. URL: <http://www.universal-robots.com/about-universal-robots/our-history/>.
- [2] Robert A. Adams og Christopher Essex. *Calculus*. Eighth edition. Pearson, 2012.
- [3] *Festo VN-10-L-T3-PQ2-VQ2-RQ2*. 2015. URL: https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ENGB/PDF/EN/VN_EN.PDF.
- [4] James F.Kurose og Keith W.Ross. *Computer Networking A top-down approach*. Pearson, 2012.
- [5] *GUI*. 2004. URL: <http://www.linfo.org/gui.html>.
- [6] *ISO8373*. 2015. URL: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-2:v1:en>.
- [7] *Kamera kalibrering*. 2016. URL: <http://se.mathworks.com/help/vision/camera-calibration.html>.
- [8] Bart Kosko. «Bidirectional associative memories». I: *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* SMC-18.1 (1988), 49–60.
- [9] *LA429-EU*. 2015. URL: <http://www.ingersollrandproducts.com/eu-en/products/tools/surface-preparation-finishing-tools/grinders/maintenance-automotive-grinders/straight-die-grinders/la429-eu>.
- [10] *Logitech C920 HD Pro webkamera*. 2016. URL: <http://www.logitech.com/no-no/product/hd-pro-webcam-c920>.
- [11] *Modbus*. 2016. URL: http://www.modbus.org/about_us.php.
- [12] Martin Fodslette Møller. «A Scaled Conjugate Gradient Algorithm for Fast Supervised Learning». I: *Neural Networks* Vol. 6.0893-6080/93 (1993), s. 525–533.
- [13] Michael Negnevitsky. *Artificial Intelligence-A Guide to Intelligent Systems*. Pearson, 2002.
- [14] *Om Matlab*. 2015. URL: www.mathworks.com/products/matlab.
- [15] *Om Sharelatex*. 2016. URL: www.sharelatex.com.
- [16] *OpenCV*. 2016. URL: <http://opencv.org>.
- [17] *Sandella*. 2016. URL: <http://www.sandella.no/sandella/historie/>.
- [18] *SMC ZH-07BS-06-06*. 2015. URL: <http://www.farnell.com/datasheets/309118.pdf>.
- [19] *Store Norske Leksikon, begrep*. 2015. URL: https://snl.no/spor%2Fzoologi_%E2%80%931.
- [20] Richard Szeliski. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Springer Science & Business Media, 2010.
- [21] Scott E Umbaugh. *Digital Image Processing and Analysis*. Second edition. Taylor og Francis Group, 2011. ISBN: 978-1-4398-0205-2.
- [22] *USB*. 2016. URL: <http://www.usb.org/home>.

Vedlegg

- Vedlegg 1 Forprosjektrapport
- Vedlegg 2 Gantt diagram
- Vedlegg 3 Framdriftsplan
- Vedlegg 4 Møtereferat
- Vedlegg 5 Intervju Sandella
- Vedlegg 6 Kode:Hovedprogram
- Vedlegg 7 Kode:Homografi
- Vedlegg 8 Kode:ANN
- Vedlegg 9 Kode:BAM
- Vedlegg 10 Kode:ANFIS

Vedlegg 1

Forprosjektrapport

TITTEL: PUSSEROBOT

KANDIDATNUMMER(E):

Vegard Kvalvaag Farstad og Nikolai Vestrheim Skavhellen

DATO:	EMNEKODE: IE303612	EMNE: Bacheloroppgave	DOKUMENT TILGANG: - Åpen
STUDIUM: AUTOMATISERINGSTEKNIKK		ANT SIDER/VEDLEGG: 9/2	BIBL. NR: - Ikke i bruk -

OPPDRAGSGIVER(E)/VEILEDER(E):

Oppdragsgiver: Sandella Odd-Harald Gjersdal
Amatec: Terje Riksheim, Tor Ronny Gjelstenli, Erik Rørhuus-Øie
NTNU i Ålesund: Ottar Osen, Anders Sætersmoen

OPPGAVE/SAMMENDRAG:

HENSIKTEN MED DENNE FORPROSJEKTRAPPORTEN ER Å DEFINERE RAMMENE FOR GJENNOMFØRING AV BACHELOROPPGAVEN.

OPPGAVEN ER TILDELT AV TEKNOLOGILEVERANDØREN AMATEC PÅ VEGNE AV MØBELPRODUSENTEN SANDELLA. VI SKAL UNDERSØKE MULIGHETEN FOR Å AUTOMATISERE TRIMMING AV RESTER ETTER SKUMSTØP, OG LAGE EN PROTOTYPE FOR DETTE.

PROTOTYPEN SKAL INNEHOLDE ET VISION-SYSTEM OG EN KUKA-ROBOT. PROSJEKTET SKAL VÆRE ET GRUNNLAG FOR EN EVENTUELL AUTOMATISERING AV ARBEIDSOPERASJONEN.

Denne oppgaven er en eksamensbesvarelse utført av student(er) ved NTNU i Ålesund.

Postadresse
Høgskolen i Ålesund
N-6025 Ålesund

Norway
572 140

Besøksadresse
Larsgårdsvegen 2
Internett
Foretaksregisteret
www.hials.no

Telefon
70 16 12 00
Epostadresse
postmottak@hials.no

Telefax
70 16 13 00

Bankkonto
7694 05 00636

NO 971

Innhold

1	INNLEDNING	3
2	BEGREPER	3
3	PROSJEKTORGANISASJON	3
3.1	Prosjektgruppe	3
3.1.1	Oppgaver for prosjektgruppen - organisering.....	4
3.1.2	Oppgaver for prosjektleder.....	4
3.1.3	Oppgaver for sekretær	4
3.2	Styringsgruppe (veileder og kontaktperson oppdragsgiver)	4
4	AVTALER	4
4.1	Arbidssted og ressurser	4
4.2	Gruppenormer - samarbeidsregler - holdninger	5
5	PROSJEKTBEKRIVELSE	5
5.1	Problemstilling - målsetting - hensikt	5
5.2	Krav til løsning eller prosjekresultat - spesifikasjon	5
5.3	Planlagt framgangsmåte(r) for utviklingsarbeidet - metode(r)	5
5.4	Informasjonsinnsamling - utført og planlagt.....	5
5.5	Vurdering - analyse av risiko	6
5.6	Hovedaktiviteter i videre arbeid.....	6
5.7	Framdriftsplan - styring av prosjektet	7
5.7.1	Hovedplan.....	7
5.7.2	Styringshjelpemidler	7
5.7.3	Utviklingshjelpemidler	7
5.7.4	Intern kontroll - evaluering.....	7
5.8	Beslutninger - beslutningsprosess.....	7
6	DOKUMENTASJON	8
6.1	Rapporter og tekniske dokumenter.....	8
7	PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER	8
7.1	Møter	8
7.1.1	Møter med styringsgruppen	8
7.1.2	Prosjektmøter	8
7.2	Periodiske rapporter	8
7.2.1	Framdriftsrapporter	8
8	PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING	8
9	UTSTYRSBEHOV/FORUTSETNINGER FOR GJENNOMFØRING	8

1 INNLEDNING

Bakgrunnen for oppgaven er å gjøre hverdagen enklere, for de som jobber på Sandella. I dag gjøres arbeidsoperasjonen manuelt og det brukes per i dag et årsverk på dette. I oppgaven skal det begynnes på et forarbeid for en eventuell automatisering av en robot som skal kunne fjerne skjegg som er igjen etter støp.

Vi skal skrive oppgaven for Sandella i samarbeid med Amatec. Sandella er en produktutvikler. De lager produkter fra en god idé til et sluttprodukt. Sandella har spisskompetanse innen mange felt vi ta frem prototyper ved hjelp av 3D-konstruksjon, scanning, fresing eller manuell modellering av fysiske modeller. De er mest kjent for sitt fleksible formstøpte polyuretanskum. De har over 600 forskjellige former de produserer. Skummet er også lovpriset i blant kunder i Europa og i Nord-Amerika for sin gode kvalitet og komfort.

Amatec er Norges og Skandinavias største leverandør inne sømindustrien. De er totalleverandør av maskiner og utstyr for søm, tilskjæring, sveising, pressing, brodering, lasergraving, strikking. Dette strekker seg fra enkle maskiner for håndverk og småindustri opp til store komplekse automater for industrien. Har også egen automasjonavdeling som utvikler og automatiserer løsninger for kunder.

Møbelprodusenten Sandella i Sykkylven vil undersøke om en spesifikk arbeidsoperasjon kan automatiseres på en gunstig måte. Arbeidsoperasjonen går ut på å trimme av overflødig skum som kan oppstå under støping grunnet slitasje på støpeformene.

Vi valgte oppgaven siden at den er relevant i forhold til fagene vi har hatt på skolen. Ser på det å utvikle en robot som svært lærerikt og vi vil kunne utvikle vår kompetanse. Vi ser også på et samarbeid med Sandella og Amatec som veldig spennende.

2 BEGREPER

Skjegg- Er rester av skumstøp, som henger igjen etter støping.
Polyuretanskum- et polymer brukt til støpingen.

3 PROSJEKTORGANISASJON

3.1 *Prosjektgruppe*

Rollene som prosjektleder og sekretær vil rullere mellom gruppemedlemmene etter hvem som er den ansvarlige på aktiviteten det jobbes med. Se punkt 5.7.1. Den ansvarlige for aktiviteten som er aktiv blir prosjektleder, mens det andre gruppemedlemmet blir sekretær.

Navn/Studentnummer	Adresse	Mobil	E-post
Vegard Kvalvaag Farstad 130718	Borgundvegen 461. 6015 ÅLESUND	41357311	vegard.kvalvaag.farstad@gmail.com
Nikolai Vestrheim Skavhellen 130170	Rådstugata 3. 6003 ÅLESUND	93480974	nikolaiskavhellen@gmail.com

3.1.1 Oppgaver for prosjektgruppen - organisering

Gruppen skal være løsningsorientert, samarbeide om å diskutere løsninger og komme fram til gode løsninger. Alle løsninger skal begrunnes med hensyn på faglig kompetanse.

3.1.2 Oppgaver for prosjektleder

Prosjektleder har hovedansvaret for fremdriftsplanlegging, overordnede mål (løsninger til oppgaven) og utstyr for utvikling.

3.1.3 Oppgaver for sekretær

Sekretær har hovedansvaret for møter (alt for- og etter-arbeid), dokumentere arbeid som blir gjort underveis og ha hovedansvaret for rapportering.

3.2 Styringsgruppe (veileder og kontaktperson oppdragsgiver)

Navn	Tilhørighet	Rolle	E-post
Odd-Harald Gjersdal	Sandella	Oppdragsgiver	odd-harald@sandella.no
Ottar Osen	NTNU i Ålesund	Veileder	ottar.l.osen@ntnu.no
Anders Sætersmoen	NTNU i Ålesund	Veileder	anse@hials.no
Terje Riksheim	Amatec	Veileder	terje.riksheim@amatec.no
Tor Ronny Gjelstenli	Amatec	Veileder	trg@amatec.no
Erik Rørhuus-Øie	Amatec	Veileder	erik@amatec.no

4 AVTALER

4.1 Arbeidssted og ressurser

Prosjektgruppen vil i hovedsak gjennomføre oppgaven på NTNU i Ålesund, men har anledning til å reise til Amatec og Sandella om nødvendig. Styringsmøter vil bli holdt enten på NTNU i Ålesund eller hos Amatec i Sykkylven.

Kontaktpersonene i Amatec og Sandella vil bistå prosjektgruppen med nødvendig informasjon. De er også tilgjengelige til å ha en dialog med prosjektgruppen under gjennomføringen av prosjektet.

Budsjettet for utstyr til prosjektet er ikke spesifisert. Veileder kan gi tillatelse til å kjøpe utstyr for 3000,- men alt utstyr skal godkjennes og bestilles av prosjektets veileder, Ottar Osen. Mer kostbart utstyr må eventuelt søkes om og begrunnes godt for å få innvilget.

4.2 Gruppenormer – samarbeidsregler – holdninger

Gruppemedlemmene skal være plikttoppfyllende og punktlig med tanke på oppmøte og arbeidsinnsats. Gruppemedlemmene skal tillegg behandle hverandre med respekt, opptre saklig og lytte til hverandres forslag og argumenter. Ansvarsfordelingen internt i gruppen er veiledende, og fraskriver ingen av gruppemedlemmene ansvaret for en helhetlig god utførelse av prosjektet.

5 PROSJEKTBEKRIVELSE

5.1 Problemstilling - målsetting - hensikt

Møbelprodusenten Sandella i Sykkylven vil undersøke om en spesifikk arbeidsoperasjon kan automatiseres på en gunstig måte. Arbeidsoperasjonen går ut på å trimme av overflødig skum som kan oppstå under støping grunnet slitasje på støpeformene.

Forskningsspørsmålene som skal undersøkes i denne oppgaven er:

1. Hvordan vi kan identifisere noen av de forskjellige skumformene.
2. Finne en god metode for å trimme.
3. Finne en løsning for å løfte og bevege skumputen.
4. Utvikle en prototype for systemet.

5.2 Krav til løsning eller prosjektresultat – spesifikasjon

Resultatet av prosjektet skal være en ressurs for en eventuell automatisering av den spesifiserte arbeidsprosessen. Prosjektgruppen skal dermed vektlegge, kartlegging og vurdering av løsningsalternativer, samt prøve å bevise at en automatisering er gjennomførbar på en rimelig måte ved å lage en prototype.

Videre stilles det krav om at løsningen er realistisk i forhold til kostnad, plass og effektivitet.

Med effektivitet menes det at løsningen må klare å holde følge med den øvrige produksjonsprosessen, samt å møte Sandella sine krav i forhold til kvalitet.

Med tanke på kostnad så brukes det i dag et årsverk på arbeidsoppgaven, noe som må taes med i vurderingen for anbefalt løsning.

5.3 Planlagt framgangsmåte(r) for utviklingsarbeidet – metode(r)

Ved informasjonsinnsamling samt testing og drøfting av forskjellige løsninger og produkter for problemstillingen skal prosjektgruppen kunne bestemme seg for en eller flere løsning(er) som skal prioriteres. Etter dette skal denne/disse løsning(ene) videreutvikles ved å lage en prototype.

5.4 Informasjonsinnsamling – utført og planlagt

Ved besøk hos Sandella og Amatec fikk vi se på dagens løsning og fikk innblikk i hvilken tanker de hadde for å utvikle et verktøy til å fjerne skjegg. Idag gjøres det manuelt, men Sandella vil utvilke en løsning som gjøre det automatisk.

Det må videre gjøres en informasjonsinnsamling i sammenheng med de forskjellige punktene i "5.1 Problemstilling".

5.5 Vurdering – analyse av risiko

Etter prosjektgruppens vurdering skal en løsning for oppgaven kunne utbedres og utvikles. Om løsningen blir realisert og installert på Sandella er vanskelig å fastslå før det er større klarhet i hvilken løsning som blir prioritert. Prosjektgruppen vil velge å prioritere en mest mulig gjennomførbar og god løsning foran noe som tar kortere tid å utvikle for å installere hurtigere.

For å lykkes med å fullføre oppgaven på en best mulig måte, må gruppe medlemmene ha høy innsats, planlegge prosjektet godt og ha god dialog med bedriften(e) og veilederen.

5.6 Hovedaktiviteter i videre arbeid

Nr	Aktiviteter	Ansvar	Tidsomfang(dager)
A1	Definere bacheloroppgave	VF	10
A1.1	Møte med oppdragsgiver og veiledere.	NS	1
A1.2	Kartlegge bedriftens idè	VF	2
A1.3	Lage problemstilling og definere hovedmål	NS	3
A1.4	Lage framdriftsplan(ganttdiagram)	VF	2
A1.5	Definere delmål	NS	2
A2	Kartlegge forskjellige løsningsalternativer	NS	10
A2.1	Lage en liste over potensielle løsninger	VF	2
A2.2	Drøfte de løsningene	NS	3
A2.3	Velge løsning	VF	2
A2.4	Presentere løsning for oppdragsgiver og veiledere	NS	1
A2.5	Anskaffelse av nødvendig utstyr	VF	2
A3	Utvikle prototype av valgt løsning	NS	40
A3.1	Lage en konkret plan for utvikling av prototype	VF	5
A3.2	Utvikle og teste prototype	NS	30
A3.3	Anskaffe resultat	VF	5
A4	Fullføre prosjektrapport	VF	25
A4.1	Teori	NS	5
A4.2	Material og metode	VF	5
A4.3	Resultat	NS	7

A4.4	Drøfting og konklusjon	VF	8
------	------------------------	----	---

5.7 Framdriftsplan – styring av prosjektet

5.7.1 Hovedplan

Hovedaktivitet	Ansvar	Startdato	Sluttdato
Definere bacheloroppgave	VF	22.01	04.02
Kartlegge forskjellige løsningsalternativer	NS	05.02	18.02
Utvikle prototype av valgt løsning	NS	19.02	15.04
Fullføre prosjektrapport	VF	18.04	13.05

For en mer detaljert plan se gantt-diagram i vedlegg 1.

5.7.2 Styringshjelpemidler

Prosjektgruppen bruker et gratis web-basert verktøy som heter Asana. Asana har en plug-in som heter In og å lage gantt-diagram. Dokumentering og rapportering foregår i Google Drive.

5.7.3 Utviklingshjelpemidler

- Matlab
- Netbeans
- Eclipse
- KUKA programming
- OpenCV

5.7.4 Intern kontroll – evaluering

Alle oppgaver og deloppgaver er blitt opprettet i Asana. Oppgavene er blitt fordelt mellom medlemmene i prosjektgruppen. Når en oppgave blir ferdig utført kvitteres den ut. Gruppemedlemmene har med dette verktøyet en tydelig oversikt over hvilke oppgaver som gjenstår og til hvilken frister de skal ferdigstilles.

5.8 Beslutninger – beslutningsprosess

Medlemmene i prosjektgruppen har diskutert og blitt enige før beslutninger har blitt tatt underveis i arbeidet med forprosjektet.

Prosjektgruppen kommer til å bruke samme metode i hovedprosjektet, men ved store beslutninger, eller ved uenigheter vil gruppen rådføre seg med veiledere.

6 DOKUMENTASJON

6.1 *Rapporter og tekniske dokumenter*

Gruppen skal før prosjektets slutt ha produsert en hovedrapport med tillegg som inneholder en detaljert beskrivelse av metodikken underveis i prosjektet. Rapporten skal også ha vedlagt datablader, priser og kontaktinfo for leverandører for produkter som brukes til en løsning, samt kildekode for programvare prosjektgruppen har utviklet.

Sandella har ikke spesifikke krav til dokumentasjon i prosjektet utover hva som allerede er nevnt.

7 PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER

7.1 *Møter*

7.1.1 Møter med styringsgruppen

Møter normalt innen hver 14. dag med veiledere. Kontaktpersonen i Amatec og Sandella er med når de har tid.

7.1.2 Prosjektmøter

Prosjektgruppen møtes normalt hver dag og jobber side om side med prosjektets arbeidsoppgaver. Formelle møter internt i prosjektgruppen vil bare bli holdt ved spesielle anledninger, eksempelvis ved større interne beslutninger.

7.2 *Periodiske rapporter*

7.2.1 Framdriftsrapporter

Framdriftsrapport vil bli levert til veileder minimum hver 14. dag. Den skal minimum bestå av en utfylt rapport utfra framdriftsrapport-malen samt gantt-diagram som illustrerer hvilke oppgaver som er fullført, underveis og gjenstår.

8 PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING

Dersom prosjektgruppen ikke klarer å holde frister for noen av oppgavens sentrale oppgaver, eller prosjektgruppen innser grove feilvurderinger som kan sette prosjektets suksess i fare, vil prosjektgruppen kalle inn veileder for råd. Alle mål og/eller forutsetninger som ikke blir gjennomført eller vellykket vil bli grundig drøftet og dokumentert i hovedrapporten.

9 UTSTYRSBEHOV/FORUTSETNINGER FOR GJENNOMFØRING

Utstyrbehov avhenger av hvilken løsning på problemstillingen prosjektgruppen velger å gå videre med. Som utgangspunkt vil et kamera, pusseutstyr og KUKA-robot. Til organisering av prosjektet brukes Google Drive og ASANA samt diverse programvare-utviklerverkøy. Alle

disse produktene er gratis til ikke-kommersielt bruk.

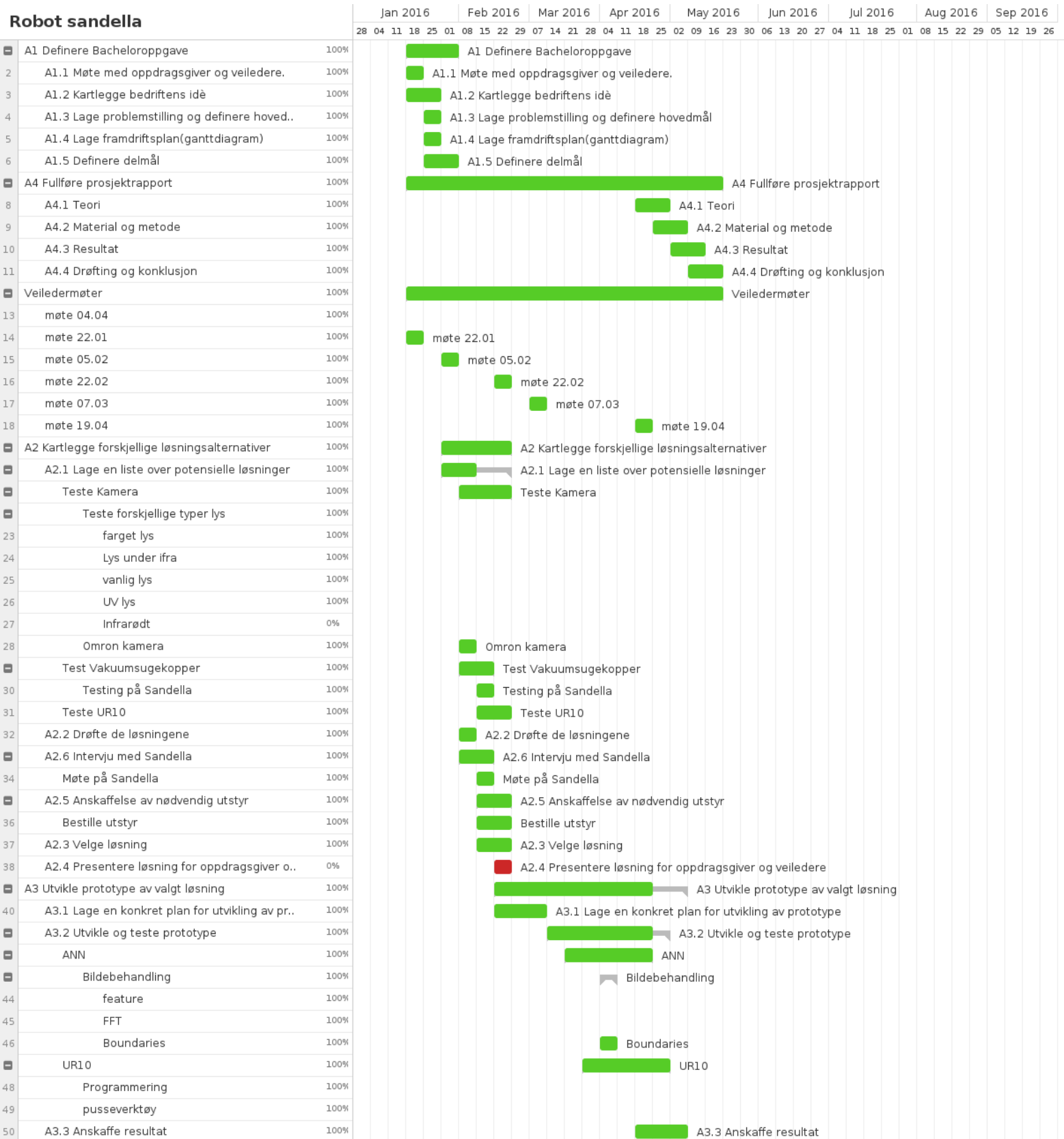
VEDLEGG

Vedlegg 1	Gantt diagram
Vedlegg 2	Møtereferat

Vedlegg 2

Gnattdiagram

Robot sandella



Vedlegg 3

Framdriftsplan

IE303612 Hovedprosjekt	Pusherobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 1 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 5 og 6	Antall timer denne perioden 80t	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 04.02.2016

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden

I denne perioden har vi fokusert på oppstarten av prosjektet. Vi har jobbet med å definere bacheloroppgaven og skrevet forprosjektrapport.

Planlagte aktiviteter i denne perioden

Aktivitet	<i>Ansvarlig/ deltagere</i>	Beskrivelse
Møte med veiledere	<i>NS/VF</i>	Internmøte med veiledere på NTNU.
Styringsmøte	<i>NS/VF</i>	Møte med styringsgruppe hos Amatec/Sandella.
Skrive møtereferat.	<i>VF/NS</i>	Skrive møtereferat fra styringsmøte.
Kartlegge bedriftens idé	<i>VF/NS</i>	Kartlegge bedriftens behov samt krav til løsning.
Lage problemstilling	<i>NS/VF</i>	Drøfte og utarbeide problemstillingen.
Definere hovedmål	<i>NS/VF</i>	Sette opp konkrete hovedmål.
Lage en framdriftsplan	<i>VF/NS</i>	Framdriftsplan med gantt-diagram.
Forprosjektrapport	<i>VF/NS</i>	Skrive og levere en forprosjektrapport.
Saksliste	<i>NS/VF</i>	Lage en saksliste til neste veiledermøte.

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IE303612 Hovedprosjekt	Pusherobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 2 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 5 og 6	Antall timer denne perioden 80t	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 04.02.2016

Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden

Aktivitet	<i>Ansvarlig/ deltagere</i>	Beskrivelse
Møte med veiledere	<i>NS/VF</i>	Internmøte med veiledere på NTNU.
Styringsmøte	<i>NS/VF</i>	Møte med styringsgruppen hos Amatec/Sandella.
Skrive møtereferat.	<i>VF/NS</i>	Skrive møtereferat fra styringsmøte.
Kartlegge bedriftens idé	<i>VF/NS</i>	Kartlegge bedriftens behov samt krav til løsning.
Lage problemstilling	<i>NS/VF</i>	Drøfte og utarbeide problemstillingen.
Definere hovedmål	<i>NS/VF</i>	Sette opp konkrete hovedmål.
Lage en framdriftsplan	<i>VF/NS</i>	Framdriftsplan med gantt-diagram.
Forprosjektrapport	<i>VF/NS</i>	Skrive og levere en forprosjektrapport.
Saksliste	<i>NS/VF</i>	Lage en saksliste til neste veiledermøte.

Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter

For denne perioden har vi ingen avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter.

Beskrivelse av/begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen

Ingen avvik.

Hovederfaring fra denne perioden

Hovederfaringen vår fra denne perioden er hvor viktig det er å planlegge ting, dokumentere underveis og skrive logg.

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IE303612 Hovedprosjekt	Pusherobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 3 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 5 og 6	Antall timer denne perioden 80t	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 04.02.2016

Hovedhensikt/fokus neste periode		
For neste arbeidsperiode skal vi kartlegge, drøfte og velge en løsning. Hovedansvarlig for denne aktiviteten er NS.		
Planlagte aktiviteter neste periode		
Aktivitet	Ansvarlig/ deltagere	Beskrivelse
Lage en liste over potensielle løsninger	VF/NS	Få en oversikt over forskjellige løsninger.
Drøfte løsningene	NS/VF	Drøfte de potensielle løsningene innad i prosjektgruppen.
Velge løsning	VF/NS	
Veiledermøte	VF/NS	Internmøte med veiledere på NTNU.
Presentere valgt løsning	NS/VF	Presentere valgt løsning for styringsgruppen (veiledere + Amatec og Sandella).
Skrive møtereferat.	VF/NS	Skrive møtereferat fra styringsmøte.
Bestille utstyr/materiale.	VF/NS	Bestille nødvendig utstyr/materiale for den valgte løsningen.
Saksliste	NS/VF	Lage en saksliste til neste veiledermøte.
Oppdatering av ganttogrammet	NS/VF	Oppdatere/utvide etter behov.

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IE303612 Hovedprosjekt	Posserobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 4 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 5 og 6	Antall timer denne perioden 80t	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 04.02.2016

Annet	
Avklare hvilken robot som skal brukes budsjett til vacuum sugeskopper og pusseinnetning.	
Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers	
Godkjenning/signatur gruppeleder	Signatur øvrige gruppedeltakere

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IE303612 Hovedprosjekt	Pusherobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 1 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 7 og 8	Antall timer denne perioden 80t	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 16.02.2016

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden

I denne perioden har vi fokusert på å teste og finne de beste løsningene til prosjektet videre. Vi har sett på ulike løsninger for å holde oppe putene. Sett på ulike måter å detektere putene. Også sett på ulike roboter og løsninger for å holde putene oppe.

Planlagte aktiviteter i denne perioden

Aktivitet	<i>Ansvarlig/ deltagere</i>	Beskrivelse
Lage en liste over potensielle løsninger	<i>VF/NS</i>	Få en oversikt over forskjellige løsninger.
Drøfte løsningene	<i>NS/VF</i>	Drøfte de potensielle løsningene innad i prosjektgruppen.
Velge løsning	<i>VF/NS</i>	
Veiledermøte	<i>VF/NS</i>	Internmøte med veiledere på NTNU.
Presentere valgt løsning	<i>NS/VF</i>	Presentere valgt løsning for styringsgruppen (veiledere + Amatec og Sandella).
Skrive møtereferat.	<i>VF/NS</i>	Skrive møtereferat fra styringsmøte.
Bestille utstyr/materiale.	<i>VF/NS</i>	Bestille nødvendig utstyr/materiale for den valgte løsningen.
Saksliste	<i>NS/VF</i>	Lage en saksliste til neste veiledermøte.
Oppdatering av gantt-diagrammet	<i>NS/VF</i>	Oppdatere/utvide etter behov.

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IE303612 Hovedprosjekt	Pusherobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 2 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 7 og 8	Antall timer denne perioden 80t	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 16.02.2016

Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden		
Aktivitet	<i>Ansvarlig/ deltagere</i>	Beskrivelse
Lage en liste over potensielle løsninger	<i>VF/NS</i>	Få en oversikt over forskjellige løsninger.
Drøfte løsningene	<i>NS/VF</i>	Drøfte de potensielle løsningene innad i prosjektgruppen.
Velge løsning	<i>VF/NS</i>	Avvik: delvis fullført
Veiledermøte	<i>VF/NS</i>	Internmøte med veiledere på NTNU.
Skrive møtereferat.	<i>VF/NS</i>	Skrive møtereferat fra styringsmøte.
Saksliste	<i>NS/VF</i>	Lage en saksliste til neste veiledermøte.
Oppdatering av gantt-diagrammet	<i>NS/VF</i>	Oppdatere/utvide etter behov.
Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter		
<p>Vi har teste ulike type løsninger, men etter vi var hos Sandella denne uken å testet vacuumsuge kopper, at det ikke funket helt som planlagt. Her fant vi ut at vi må prøve med mer flow enn det de hadde/ kunne levere på Sandella. Om vi får vacuum sugeskoppene til å virke er dette den beste</p>		

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IE303612 Hovedprosjekt	Posserobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 3 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 7 og 8	Antall timer denne perioden 80t	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 16.02.2016

løsningen forhold til ikke å skade skummet. Dette gjør at vi må utsette presentasjon av hvilke løsninger vi skal bruke.

Beskrivelse av /begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen

Vi har enda ikke avklart om vakuumsugekopper er gjennomførbart.

Hovederfaring fra denne perioden

Hovederfaringen vår fra denne perioden er at ikke alltid alt fungerer som planlagt. Det viktig å være åpen for innspill til ulike løsninger.

Hovedhensikt/fokus neste periode

For neste arbeidsperiode skal vi velge en løsning når vi er ferdig med testing og begynne å utvikle prototype av valgt løsning. Hovedansvarlig for denne aktiviteten er NS.

Planlagte aktiviteter neste periode

Aktivitet	<i>Ansvarlig/</i> deltagere	Beskrivelse
Plan for prototype	<i>VF/NS</i>	Lage en konkret plan for utvikling av prototypen
Utvikle prototypen	<i>NS/VF</i>	Begynne å utvikle prototypen
Velge løsning	<i>VF/NS</i>	
Veiledermøte	<i>VF/NS</i>	Internmøte med veiledere på NTNU.
Presentere valgt løsning	<i>NS/VF</i>	Presentere valgt løsning for styringsgruppen (veiledere + Amatec og Sandella).
Skrive møtereferat.	<i>VF/NS</i>	Skrive møtereferat fra styringsmøte.
Bestille utstyr/materiale.	<i>VF/NS</i>	Bestille nødvendig utstyr/materiale for den valgte løsningen.

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IE303612 Hovedprosjekt	Pusherobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 4 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 7 og 8	Antall timer denne perioden 80t	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 16.02.2016

Saksliste	<i>NS/VF</i>	Lage en saksliste til neste veiledermøte.
Oppdatering av ganttdiagrammet	<i>NS/VF</i>	Oppdatere/utvide etter behov.
Annet		
Har vært å intervjuet ansatt på Sandella samt testet vakuumsugekopper på sandella. ANN/ANFIS ser ut til å være en god løsning for identifisering.		
Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers		
Godkjenning/signatur gruppeleder	Signatur øvrige gruppedeltakere	

Saksliste 22/02

1. Forprosjektrapporten

2. Vakuumsugekopper evt. innkjøp av et vakuumsystem(vakuumpumpe eller ejektor).

IE303612 Hovedprosjekt	Posserobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 1 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 9 og 10	Antall timer denne perioden 80t	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 16.02.2016

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden

I denne perioden har vi fokusert på hovedsaklig på bilde behandlingen. Vi har prøvd ulike måter for å få ut data på. Etter prat med Hans Støle så fant vi ut at vi skal finne formen og ta FFT av den. Vi har også sett på løsninger for vakuum løfting. Vi hørte litt med festo om ulike løsninger. Bestilt nye vakuum ejetorer, men det virket ikke sånn som tenkt. Ny løsninger blir Robot som pusser og puten blir hold fast på et underlag med mye friksjon.

Planlagte aktiviteter i denne perioden

Aktivitet	<i>Ansvarlig/ deltagere</i>	Beskrivelse
Plan for prototype	<i>VF/NS</i>	Lage en konkret plan for utvikling av prototypen
Utvikle prototypen	<i>NS/VF</i>	Begynne å utvikle prototypen
Velge løsning	<i>VF/NS</i>	
Veiledermøte	<i>VF/NS</i>	Internmøte med veiledere på NTNU.
Presentere valgt løsning	<i>NS/VF</i>	Presentere valgt løsning for stryingsgruppen (veiledere + Amatec og Sandella).
Skrive møtereferat.	<i>VF/NS</i>	Skrive møtereferat fra styringsmøte.
Bestille utstyr/materiale.	<i>VF/NS</i>	Bestille nødvendig utstyr/materiale for den valgte løsningen.
Saksliste	<i>NS/VF</i>	Lage en saksliste til neste veiledermøte.
Oppdatering av gantt diagrammet	<i>NS/VF</i>	Oppdatere/utvide etter behov.

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IE303612 Hovedprosjekt	Pusherobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 2 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 9 og 10	Antall timer denne perioden 80t	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 16.02.2016

Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden		
Aktivitet	<i>Ansvarlig/ deltagere</i>	Beskrivelse
Plan for prototype	<i>VF/NS</i>	Lage en konkret plan for utvikling av prototypen
Utvikle prototypen	<i>NS/VF</i>	Begynne å utvikle prototypen
Velge løsning	<i>VF/NS</i>	
Veiledermøte	<i>VF/NS</i>	Internmøte med veiledere på NTNU.
Presentere valgt løsning	<i>NS/VF</i>	Presentere valgt løsning for styringsgruppen (veiledere + Amatec og Sandella).
Skrive møterreferat.	<i>VF/NS</i>	Skrive møterreferat fra styringsmøte.
Bestille utstyr/materiale.	<i>VF/NS</i>	Bestille nødvendig utstyr/materiale for den valgte løsningen.

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IE303612 Hovedprosjekt	Pusherobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 3 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 9 og 10	Antall timer denne perioden 80t	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 16.02.2016

Saksliste	<i>NS/VF</i>	Lage en saksliste til neste veiledermøte.
Oppdatering av gantt-diagrammet	<i>NS/VF</i>	Oppdatere/utvide etter behov.
Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter		
Etter nye tester med nye vakuum ejektorer har gruppen bestemt at vakuum ikke fungerer. FTT gir heller ikke de verdien som vi ønsker.		
Beskrivelse av/begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen		
Gruppen har bestemt at robot armen skal holde pusseren og vi skal bruke noe med lite friksjon til å holde puten		
Hovederfaring fra denne perioden		
Hovederfaringen vår fra denne perioden er at ikke alltid alt fungerer som planlagt. Det viktig å være åpen for innspill til ulike løsninger.		
Hovedhensikt/fokus neste periode		
For neste arbeidsperiode blir det hovedsak eksamen som blir fokus. Etter eksamen forsette å utvikle prototype av valgt løsning. Hovedansvarlig for denne aktiviteten er NS.		
Planlagte aktiviteter neste periode		
Aktivitet	<i>Ansvarlig/deltagere</i>	Beskrivelse
ANN	<i>VF/NS</i>	Lage en konkret plan for utvikling av prototypen
Utvikle prototypen	<i>NS/VF</i>	Begynne å utvikle prototypen
Bildebehandling	<i>VF/NS</i>	Utvikle og optimalisere løsning
Veiledermøte	<i>VF/NS</i>	Internmøte med veiledere på NTNU.

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IE303612 Hovedprosjekt	Pusherobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 4 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 9 og 10	Antall timer denne perioden 80t	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 16.02.2016

utarbeid løsning for løfting av puten	<i>NS/VF</i>	Lage modul som fungerer på ulike typer puter
Skrive møterreferat.	<i>VF/NS</i>	Skrive møterreferat fra styringsmøte.
Eksamen	<i>VF/NS</i>	Eksamen blir hoved fokus denne uken.
Saksliste	<i>NS/VF</i>	Lage en saksliste til neste veiledermøte.
Oppdatering av ganttogrammet	<i>NS/VF</i>	Oppdatere/utvide etter behov.
Annet		
Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers		
Godkjenning/signatur gruppeleder	Signatur øvrige gruppedeltakere	

Sakliste

sak1

Vakuumpumpen fungerer ikke

sak2

Ny løsning holde puten

Forslag om samlebånd med grip tape

sak3

ANN

sak 4

Sette på pusseverktøy på UR10

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IE303612 Hovedprosjekt	Pusherobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 1 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 11 og 14	Antall timer denne perioden 80t	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 30.03.2016

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden

I denne arbeidsperiode blir det hovedsak eksamen som blir fokus. Etter eksamen forsette å utvikle prototype av valgt løsning. Hovedansvarlig for denne aktiviteten er NS.

Aktivitet	<i>Ansvarlig/ deltagere</i>	Beskrivelse
Plan for prototype	<i>VF/NS</i>	Lage en konkret plan for utvikling av prototypen
Utvikle prototypen	<i>NS/VF</i>	Begynne å utvikle prototypen
Velge løsning	<i>VF/NS</i>	
Veiledermøte	<i>VF/NS</i>	Internmøte med veiledere på NTNU.
Presentere valgt løsning	<i>NS/VF</i>	Presentere valgt løsning for stryingsgruppen (veiledere + Amatec og Sandella).
Skrive møtereferat.	<i>VF/NS</i>	Skrive møtereferat fra styringsmøte.
Bestille utstyr/materiale.	<i>VF/NS</i>	Bestille nødvendig utstyr/materiale for den valgte løsningen.
Saksliste	<i>NS/VF</i>	Lage en saksliste til neste veiledermøte.
Oppdatering av gantt diagrammet	<i>NS/VF</i>	Oppdatere/utvide etter behov.

Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IE303612 Hovedprosjekt	Pusherobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 2 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 11 og 14	Antall timer denne perioden 80t	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 30.03.2016

Aktivitet	<i>Ansvarlig/ deltagere</i>	Beskrivelse
Plan for prototype	<i>VF/NS</i>	Lage en konkret plan for utvikling av prototypen
Utvikle prototypen	<i>NS/VF</i>	Begynne å utvikle prototypen
Velge løsning	<i>VF/NS</i>	
Veiledermøte	<i>VF/NS</i>	Internmøte med veiledere på NTNU.
Presentere valgt løsning	<i>NS/VF</i>	Presentere valgt løsning for stryingsgruppen (veiledere + Amatec og Sandella).
Skrive møtereferat.	<i>VF/NS</i>	Skrive møtereferat fra styringsmøte.
Bestille utstyr/materiale.	<i>VF/NS</i>	Bestille nødvendig utstyr/materiale for den valgte løsningen.
Saksliste	<i>NS/VF</i>	Lage en saksliste til neste veiledermøte.
Oppdatering av gantt diagrammet	<i>NS/VF</i>	Oppdatere/utvide etter behov.
Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter		
Beskrivelse av /begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen		
<p>Gruppen har bestemt at robot armen skal holde pusseren og vi skal bruke noe med lite friksjon til å holde puten</p>		
Hovederfaring fra denne perioden		

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IE303612 Hovedprosjekt	Posserobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 3 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 11 og 14	Antall timer denne perioden 80t	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 30.03.2016

Hovedhensikt/fokus neste periode forsette å lage prototype		
Planlagte aktiviteter neste periode		
Aktivitet	Ansvarlig/ deltagere	Beskrivelse
ANN	<i>VF/NS</i>	Lage en konkret plan for utvikling av prototypen
Utvikle prototypen	<i>NS/VF</i>	Begynne å utvikle prototypen
Bildebehandling	<i>VF/NS</i>	Utvikle og optimalisere løsning
Veiledermøte	<i>VF/NS</i>	Internmøte med veiledere på NTNU.
utarbeid løsning for løfting av puten	<i>NS/VF</i>	Lage modul som fungerer på ulike typer puter
Skrive møterreferat.	<i>VF/NS</i>	Skrive møterreferat fra styringsmøte.
Pusseverktøy	<i>VF/NS</i>	Finne verktøy for å feste på UR10
Saksliste	<i>NS/VF</i>	Lage en saksliste til neste veiledermøte.
Oppdatering av gantt diagrammet	<i>NS/VF</i>	Oppdatere/utvide etter behov.
Annet		
Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers		
Godkjenning/signatur gruppeleder		Signatur øvrige gruppedeltakere

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IE303612 Hovedprosjekt	Posserobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 4 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 11 og 14	Antall timer denne perioden 80t	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 30.03.2016

--	--

Sakliste

sak1

Forslag om samlebånd med grip tape

sak2

ANN

sak 3

Sette på pusseverktøy på UR10

IE303612 Hovedprosjekt	Posserobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 1 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 15 og 16	Antall timer denne perioden	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 30.03.2016

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden

I denne arbeidsperiode blir det hovedfokus på å få inn signature verdien i ANN og begynne og utvikle prototypen. Hovedansvarlig for denne aktiviteten er NS.

Aktivitet	<i>Ansvarlig/ deltagere</i>	Beskrivelse
ANN	<i>VF/NS</i>	Utarbeide ANN
Utvikle prototypen	<i>NS/VF</i>	Begynne å utvikle prototypen
Bildebehandling	<i>VF/NS</i>	Utvikle og optimalisere løsning
Veiledermøte	<i>VF/NS</i>	Internmøte med veiledere på NTNU.
utarbeid løsning for løfting av puten	<i>NS/VF</i>	Lage modul som fungerer på ulike typer puter
Skrive møterreferat.	<i>VF/NS</i>	Skrive møterreferat fra styringsmøte.
Pusseverktøy	<i>VF/NS</i>	Finne verktøy for å feste på UR10
Saksliste	<i>NS/VF</i>	Lage en saksliste til neste veiledermøte.
Oppdatering av gantt diagrammet	<i>NS/VF</i>	Oppdatere/utvide etter behov.

Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden

Aktivitet	<i>Ansvarlig/</i>	Beskrivelse
-----------	-------------------	-------------

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IE303612 Hovedprosjekt	Pusherobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 2 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 15 og 16	Antall timer denne perioden	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 30.03.2016

	deltagere	
ANN	<i>VF/NS</i>	Lage en konkret plan for utvikling av prototypen
Utvikle prototypen	<i>NS/VF</i>	Begynne å utvikle prototypen
Bildebehandling	<i>VF/NS</i>	Utvikle og optimalisere løsning
Veiledermøte	<i>VF/NS</i>	Internmøte med veiledere på NTNU.
utarbeid løsning for løfting av puten	<i>NS/VF</i>	Lage modul som fungerer på ulike typer puter
Skrive møtereferat.	<i>VF/NS</i>	Skrive møtereferat fra styringsmøte.
Pusseverktøy	<i>VF/NS</i>	Finne verktøy for å feste på UR10
Saksliste	<i>NS/VF</i>	Lage en saksliste til neste veiledermøte.
Oppdatering av ganttogrammet	<i>NS/VF</i>	Oppdatere/utvide etter behov.
Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter		
Beskrivelse av /begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen		
<p>Gruppen har bestemt at robot armen skal holde pusseren og vi skal bruke noe med mye friksjon til å holde puten</p>		
Hovederfaring fra denne perioden		
Hovedhensikt/fokus neste periode		
forsette å lage prototype og slutt still et produkt.		

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IE303612 Hovedprosjekt	Posserobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 3 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 15 og 16	Antall timer denne perioden	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 30.03.2016

Planlagte aktiviteter neste periode		
Aktivitet	<i>Ansvarlig/ deltagere</i>	Beskrivelse
ANN	<i>VF/NS</i>	lage sluttprodukt
Utvikle prototypen	<i>NS/VF</i>	Utvikle prototypen, programmere UR10
Bildebehandling	<i>VF/NS</i>	Utvikle og optimalisere løsning
Veiledermøte	<i>VF/NS</i>	Internmøte med veiledere på NTNU.
Skrive møtereferat.	<i>VF/NS</i>	Skrive møtereferat fra styringsmøte.
UR10	<i>VF/NS</i>	Finne offset og orientere roboten.
Saksliste	<i>NS/VF</i>	Lage en saksliste til neste veiledermøte.
Oppdatering av gantt diagrammet	<i>NS/VF</i>	Oppdatere/utvide etter behov.
Annet		
Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers		
Godkjenning/signatur gruppeleder		Signatur øvrige gruppedeltakere

Sakliste

sak 1

Forslag om samlebånd med grip tape

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

<p align="center">IE303612 Hovedprosjekt</p>	<p>Posserobot</p>	<p>Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte</p>	<p>Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec</p>	<p>Side 4 av 4</p>
<p>Rapport fra prosess Framdriftsrapport</p>	<p>Periode/uke(r): 15 og 16</p>	<p>Antall timer denne perioden</p>	<p>Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen</p>	<p>Dato 30.03.2016</p>

Sak 1
ANN

Sak 2
Robotstyring UR10

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IE303612 Hovedprosjekt	Posserobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 1 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 17 og 18	Antall timer denne perioden	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 28.04.2016

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden

I denne arbeidsperiode blir det hovedfokus på å få utviklet prototypen og skrevet rapport

Aktivitet	<i>Ansvarlig/ deltagere</i>	Beskrivelse
ANN	<i>VF/NS</i>	lage sluttprodukt
Utvikle prototypen	<i>NS/VF</i>	Utvikle prototypen, programmere UR10
Bildebehandling	<i>VF/NS</i>	Utvikle og optimalisere løsning
Veiledermøte	<i>VF/NS</i>	Internmøte med veiledere på NTNU.
Skrive møtereferat.	<i>VF/NS</i>	Skrive møtereferat fra styringsmøte.
UR10	<i>VF/NS</i>	Finne offset og orientere roboten.
Saksliste	<i>NS/VF</i>	Lage en saksliste til neste veiledermøte.
Oppdatering av gantt-diagrammet	<i>NS/VF</i>	Oppdatere/utvide etter behov.

Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden

Aktivitet	<i>Ansvarlig/ deltagere</i>	Beskrivelse
ANN	<i>VF/NS</i>	lage sluttprodukt
Utvikle prototypen	<i>NS/VF</i>	Utvikle prototypen, programmere UR10

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IE303612 Hovedprosjekt	Posserobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 2 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 17 og 18	Antall timer denne perioden	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 28.04.2016

Bildebehandling	<i>VF/NS</i>	Utvikle og optimalisere løsning
Veiledermøte	<i>VF/NS</i>	Internmøte med veiledere på NTNU.
Skrive møtereferat.	<i>VF/NS</i>	Skrive møtereferat fra styringsmøte.
UR10	<i>VF/NS</i>	Finne offset og orientere roboten.
Saksliste	<i>NS/VF</i>	Lage en saksliste til neste veiledermøte.
Oppdatering av gantt diagrammet	<i>NS/VF</i>	Oppdatere/utvide etter behov.
Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter		
Beskrivelse av/begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen Gruppen har bestemt at robot armen skal holde posseren og vi skal bruke noe med mye friksjon til å holde puten		
Hovederfaring fra denne perioden		
Hovedhensikt/fokus neste periode Ferdig stille prototypen og rappoort		
Planlagte aktiviteter neste periode		
Aktivitet	<i>Ansvarlig/ deltagere</i>	Beskrivelse

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

IE303612 Hovedprosjekt	Posserobot	Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec	Side 3 av 4
Rapport fra prosess Framdriftsrapport	Periode/uke(r): 17 og 18	Antall timer denne perioden	Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen	Dato 28.04.2016

ANN	<i>VF/NS</i>	lage sluttprodukt
Utvikle prototypen	<i>NS/VF</i>	Ferdig stille prototypen, programmere UR10
Bildebehandling	<i>VF/NS</i>	ferdig stille
Veiledermøte	<i>VF/NS</i>	Internmøte med veiledere på NTNU.
Skrive møtereferat.	<i>VF/NS</i>	Skrive møtereferat fra styringsmøte.
UR10	<i>VF/NS</i>	Finne offset og orientere roboten.
Saksliste	<i>NS/VF</i>	Lage en saksliste til neste veiledermøte.
Oppdatering av gantt diagrammet	<i>NS/VF</i>	Oppdatere/utvide etter behov.
Rapport	<i>VF/NS</i>	Ferdig stille rapport
Annet		
Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers		
Godkjenning/signatur gruppeleder		Signatur øvrige gruppedeltakere

Sakliste

Sak1

Framføring og plakater av bachelor oppgaven

Sak 2

Robotstyring UR10 og kamera

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

<p>IE303612 Hovedprosjekt</p>	<p>Pusherobot</p>	<p>Antall møter denne periode: 1 veiledermøte, 1 styringsmøte</p>	<p>Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Sandella/Amatec</p>	<p>Side 4 av 4</p>
<p>Rapport fra prosess Framdriftsrapport</p>	<p>Periode/uke(r): 17 og 18</p>	<p>Antall timer denne perioden</p>	<p>Prosjektgruppe: Vegard Kvalvaag Farstad, Nikolai Skavhellen</p>	<p>Dato 28.04.2016</p>

1) Noter her kort tilbakemelding om antall møter – fordelt på typer (interne, styringsgruppe, møte med veileder) - i denne rapportperioden

Vedlegg 4

Møtereferat

Møtereferat 22.01

Sted: Sandella/Amatec i Sykkylven

Tid: 13:00-16:00

Til stede:

Prosjektgruppen: Vegard Farstad og Nikolai Skavhellen

Veiledere: Ottar Osen og Anders Sætersmoen

Oppdragsgivere: Sandella: Odd-Harald Gjersdal.

Amatec: Terje Riksheim, Tor Ronny Gjelstenli og Erik Rørhuus-Øie.

Sak 1: introduksjoner av prosjektgruppe, veildere og oppdragsgivere.

Sandella er en produktutvikler. De lager produkter fra en god ide til et sluttprodukt. Sandella har spisskompetanse innen mange felt vi ta frem prototyper ved hjelp av 3D-konstruksjon, scanning, fresing eller manuell modellering av fysiske modeller. De er mest kjent for sitt fleksible formstøpte polyuretanskum. De har over 600 forskjellige formen de produsere. Skummet er også lovpriset i blant kunder i Europa og i Nord-Amerika for sin gode kvalitet og komfort.

Amatec er Norges og Skandinavias største leverandør inne sømindustrien. De er totalleverandør for maskiner og utstyr for søm, tilskjæring, sveising, pressing, brodering, lasergravering, strikking m.m. Dette strekker seg fra enkle maskiner for håndverk og småindustri opp til store komplekse automater for industrien. Har også egen automasjonsavdeling som utvikler og automatisere løsninger til kunder.

Sak 2: Omvisning av Sandellas produksjonslokaler.

Odd-Harald Gjersdal, Vedlikeholdssjef for Sandella viste fram den aktuelle produksjonsprosessen for prosjektet. Vi fikk se prosessen fra støping, knusing og trimming.

Prosessen starter ved at man manuelt blåser og rengjør støpeformen som er montert på en karusell. Deretter legges det eventuelt innlegg (f. eksempel stålramme) i formen. Formen får en injeksjon med polyuretan og et ekspansjonsmiddel. Etter en runde med karusellen så blir støpen manuelt tatt ut av formen og lagt på samleband. Støpen inn i en "knuser". Etter "knusing" kommer støpen til en stasjon hvor den blir manuelt inspisert for feil og eventuelt trimmet for "skjegg"/limet. Dette gjøres av en produksjonsmedarbeider som bruker et roterende bord og et pneumatisk pusseverktøy.

Sak 3: Presentasjon av oppgaven

Sandella vil gjerne automatisere det å pusse "skjegget" av støpene. Prosjektgruppen skal undersøke om dette er mulig. Tiden på arbeidsprosessen bør ikke overskride 20 sekunder, for å holde følge med den øvrige prosessen. Det foreslåes å prøve ut det kan brukes vakuum for å holde tak i støpene. Det foretrekkes også en pussestasjon med forskjellige pusseverktøy slik at roboten kun trenger å holde støpen. Prosjektgruppen skal også lage en prototype på NTNU i Ålesund. Siden det er så mange forskjellige former (ca. 600), kan prototypen til å begynne med beherske to former.

Sak 4: Omvisning Amatec sin automasjonsavdeling

Amatec viser fram sine lokaler og noen prosjekt de jobber på. Deriblant en maskin for å sy nøter og en maskin for å sy sømmer på skinnstoler.

Referat veiledermøte 05.02

Sted: NTNU i Ålesund

Tid:10:45-11:45

Til stede:

Prosjektgruppen: Vegard Farstad og Nikolai Skavhellen

Veiledere: Anders Sætersmoen, Ola Jon Mork, Ottar L. Osen

Sak 1: Tilbakemelding på forprosjektrapporten

Utgår, kommer tilbake til dette senere.

Sak 2: Avklare hvilken robot som skal brukes

Veiledere mener at det kan brukes enten UR10 eller KUKA, og at dette er opp til prosjektgruppen å velge.

Sak 3: Vakuum sugekopper og pusseinnetning

Flere enn en sugekopp for stabilitet.

Sylindrisk pussebånd

Hør med Amatec om sugekopper, samt sjekk Festo for pris.

Sak 4: ANN

Annet:

Prøv forskjellige typer lys til bilder(ultrafiolett, infrarød osv)

Hold en dialog med Sandella/Amatec underveis i prosjektet.

Når det sendes mail mellom prosjektgruppen og veiledergruppen skal det brukes studentepost. Det skal også sendes CC til prosjektgruppen og veiledergruppen. Innkallinger til møter skjer ved å sende kalenderinvitasjon. Veiledergruppen foretrekker møter på mandager før klokken 15:00. Innkalling til neste møte 15.02 før 15:00.

Veiledergruppen oppfordrer også til å få et innblikk i bedriften (sandella) evt. intervju med sjef. Dette for å få et bredere perspektiv på bedriftens helhetsbilde med driftsgrunnlag, kunder, utfordringer, i hvilken grad det er automatisert osv. Det minnes også om at det er viktig å skrive underveis i arbeidet.

To do:

Send forprosjektrapporten

Inviter til gantt

Google Drive tilgang for veiledere

Anbefalte ressurser:

Office 365

Sharelatex

Referat veiledermøte 22.02

Sted: NTNU i Ålesund

Tid:13:00-14:00

Til stede:

Prosjektgruppen: Vegard Farstad og Nikolai Skavhellen

Veiledere: Anders Sætersmoen, Ottar L. Osen

Saksliste

1. Forprosjektrapporten

2. Vakuumsugekopper evt. innkjøp av et vakuumsystem(vakuumpumpe eller ejektor).

sjekk rs-online.com

Annet

Spør Hans Støle angående bildebehandlingen og få avklart hva som er mulig og ikke.

Feature extraction

Forslag til å analysere geometri på putene for å få samme orientering.

Forslag til å f. eks gjenkjenne på areal, max høyde, max bredde, antall hjørner.

Farge på skummet.

Møtereferat 07.03

Sted: NTNU i Ålesund

Tid: 10:00-11:00

Til stede

Prosjektgruppen: Vegard Farstad, Nikolai Skavhellen

Veiledergruppen: Ottar Osen, Anders Sætersmoen, Ola Jon Mork

Saksliste

sak1

Vakuum fungerer ikke som tenkt.

Test med større sugekopp evt. med støvsuger

sak2

Ny løsning holde puten

Forslag om samleband med grip tape

sak3

ANN

FFT 1-D

Amplitude og fase

Møtereferat 04/04

Sted: NTNU i Ålesund

Tid: 11:00-12:00

Til stede

Prosjektgruppen: Vegard Farstad, Nikolai Skavhellen

Veiledergruppen: Ottar Osen, Anders Sætersmoen, Ola Jon Mork

Vakuum fungerer ikke.

Sjekk om vakuumløsing kan fungere rett før/rett etter knusing.

Sak 1 Forslag om samleband med grip tape

Til prototype bruk borrelås fra rødt skap tunglab evt. grip tape.

Sak 2 ANN

Signature feature

Signature FFT

Funksjon av puta

BAM/Hopfield

Anfis

Sak 3 Sette på pusseverktøy på UR10

3d-printe feste til roboten

evt. plate

Møtereferat 19/04

Sted: NTNU i Ålesund

Tid:09:00

Til stede

Prosjektgruppen: Vegard Farstad, Nikolai Skavhellen

Veiledergruppen: Ottar Osen, Anders Sætersmoen

Ny patent for pussepapir.

Undersøke lamell

flytte origo til senter av 1 kvadrant.

Hør med universal robots ang. kraftkompensasjon

BAM - prøv å implementere

Kalibrer kamera

Dato: 02.05

Sted: NTNU i Ålesund rom F426

Til stede

Vegard Farstad, Nikolai Skavhellen

Anders Sætersmoen, Ottar Osen

Sjekk ut å bruke bane og med forflytning

Rotasjon

Transformasjon

Skalering

plakat

Vedlegg 5

Intervju Sandella

Plassering

- Hvorfor Sykkylven?
- Har dere andre lokaler utenom i Sykkylven? Hvorfor?

Kunder

- Hvem er kundene deres? Hvor holder kundene deres til?
- Hvorfor produserer dere på ordre? Hvor mye produserer dere?

Utfordringer

- Hvilke utfordringer har dere med å produsere på ordre?
- Hvilke utfordringer har dere med tanke på å automatisere?
- Hvordan ser dere på framtiden? Vil produksjonen bli hel automatisert?

Grad av automatisering

- Hvorfor er ikke flere arbeidsoppgaver automatisert?
- Hvorfor automatiser akkurat pussestasjonen?

Sandella utløper fra Sande Fabrikker A/S som holdt til på østlandet. Som den første bedriften i Norge som produserte skumgummi og det er blitt gjort helt siden 1947. Etersom større deler av produksjonen gikk til møbelindustrien på Sunnmøre. Bestemte ledelsen at det var gunnstig å flytte produksjonen opptil Sunnmøre mer bestemt Sykkylven. Dette er siden at Sykkylven er et sentrum innen møbelindustrien i Norge.

De begynte produksjonen i en tidligere møbelfabrikk i Straumgjerde i 1961, det viste seg fort at Sunnmøre var et riktig valg. I 1968 flyttet man hele produksjonen over i nytt moderne industribygg på Vik og allerede i august 1969, var det andre byggetrinnet ferdig.

Nå har Sandella kontor i Malmø og Panevezys i Lithauen. Hoved grunne til at de har kontor i disse landene er siden det er billig arbeidskraft og de ligger nær møbelindustrien i disse landene.

Sandella lever produktene sin til 15 land fordelt på Europa, Nord Amerika og Australia. Tidligere hadde de små lagrer på produktene sine, men siden at de har så mange ulike produkter har de nå leveransen sin på ordre.

I produksjon har de ulike utfordringer. Det som de sliter mest med er å støp med mye tileggs utstyr som borrelås og innlegg. Siden bedriften driver med å produsere på ordre har de litt problemer med å ha rett balanse forhold til bemanning. At når det er mye produksjon tør de ikke å ansett nye folk og omvendt når det lite produksjon.

Automatisering av Sandella? Sandella har ikke blitt automatisert, siden at de har drevet på med det samme i all tid. Det er ikke alltid like lett å forandre noe som allerede er bra. De har også hørt fra andre bedrifter som driver med det samme, har prøvd, men ikke fått det til. Sandella har automatisert karusellen, dette er hvor doseringen av skummet som skal i støpeformene.

Hvorfor automatisere pussestasjonen? Idag står det en mann å pusser alle putene manuelt. Dette er lønnet arbeid som lett kan bli erstattet av en robot. Dette vil gjøre at man kutter ned på en hel person.

Sandella mener at iløpet av 10-15 års periode vil bedriften bort i mot være helautomatisert.

Vedlegg 6

Kode:Hovedprogram

```

%Endelig program for å pusse putene
load('C:\Users\Vegard\Desktop\skole\[Vår 2016\Bachelor\Main
\net.mat'); %Laster inn trenet ANN

load('C:\Users\Vegard\Desktop\skole\[Vår 2016\Bachelor\Main
\Homografibane.mat'); %Laster inn ...
%homografimatrise bygget med 36 punkter(predefinert bane)

%load('C:\Users\Vegard\Desktop\skole\[Vår 2016\Bachelor\Main
\Homografi8.mat'); %Laster inn ...
%homografimatrise bygget med 8 punkter fra bildet og fysisk målt.

I=imread('Picture 212.jpg');
Ibw = im2bw(I);
Ibw = imclearborder(Ibw);
Ibw = imfill(Ibw, 'holes');
se = strel('diamond', 20);
Ibw = imerode(Ibw, se);
Ibw = imdilate(Ibw, se);
[L, num] = bwlabel(Ibw, 8);
count_pixels_per_obj = sum(bsxfun(@eq, L(:,), 1:num)); % teller alle
pixlene i objektene

[~, ind] = max(count_pixels_per_obj); % finner det største objektet
Ibw = (L==ind); % fjerner alle objektene untatt det største.

Ilabel = bwlabel(Ibw);
stat = regionprops(Ilabel, 'centroid');

degreeStep=1; % vinkeloppløsning
edgePos=zeros(length(degreeStep:degreeStep:360), 4);

%Finner signatur og XY-koordinater til banen
for degree = 0:degreeStep:360-degreeStep
    edgePos(degree/degreeStep+1, 4)=degree;
    centroid = stat(1).Centroid(); % senter
    tempPos = centroid; % midlertidig posisjon
    centroid(1)=round(centroid(1));
    centroid(2)=round(centroid(2));
    tanDeg=tan(degree*pi/180); % tangens til vinkelen tan(vink) =y/x
    x=0;
    y=0;
    % enhetssirkelen er vridd -45 grader, så den starte ved -90 grader
    og går
    % rundt.
    while edgePos(degree/degreeStep+1, 2) == 0; % Går helt til en
    endeposisjon er funnet

        if degree==180 % her går tanDeg mot 0
            y=y-1;

```

```

        elseif degree==360 % her går tanDeg mot 0
            y=y+1;
        elseif degree<45||degree>315 % for å få høy nøyaktighet når
tanDeg går mot 0
            y=y+1;
            x=round(y*tanDeg);
        elseif degree<225&&degree>135 % for å få høy nøyaktighet når
tanDeg går mot 0
            y=y-1;
            x=round(y*tanDeg);
        elseif (degree>180) % for å regne ut andre halvdel
            x=x-1;
            y=round(x/tanDeg);
        else % for å regne ut første halvdel
            x=x+1;
            y=round(x/tanDeg);
        end
        tempPos(1) = centroid(1)+x;
        tempPos(2) = centroid(2)+y;
        %plot(tempPos(1),tempPos(2),'r.')
        edgePos(degree/degreeStep+1,3)=sqrt((x^2)+(y^2));%vektorene
        if(Ibw(tempPos(2),tempPos(1))==0) % hvis punktet er på det
svarte skal det settes som en endeoposisjon.
            edgePos(degree/degreeStep+1,1)=tempPos(1);
            edgePos(degree/degreeStep+1,2)=tempPos(2);
        end
    end
end

%Finner signaturens minima
[k1,index1]=min(edgePos(:,3));

%Setter første punkt som minima
edgePosC=circshift(edgePos,-index1+1);
targetX=edgePosC(1:10:360,1);
targetY=edgePosC(1:10:360,2);
Pxy=[targetX targetY ones(1,36)']';
xyTemp=H*Pxy; %Regner ut robotens bane ved å multiplisere med
homografimatrisen

sig=edgePosC(:,3); %Signaturen
type=round(sim(net,sig)); %Finner ut hvilken type pute det er på
bildet

x=xyTemp(1,:);
y=xyTemp(2,:);
numPoints=36;
robotVelocity=1;
robotAcceleration=0.3;

```

```
zPos=0.2;

s1='move1(p[';
s2=',-3.14,0,0],a=';
s3=num2str(robotAcceleration);
s4=num2str(robotVelocity);
delayTime=0.4; %delay time i sekunder
socket = tcpip('192.168.250.21', 30002);
fopen(socket);

for k=1:numPoints;
    xPos=x(k);
    yPos=y(k);
    waypoint=[s1 num2str(xPos) ',' num2str(yPos) ',' num2str(zPos) s2
s3 ',v=' s4 ')] '\n'];
    pause(delayTime);
    fprintf(socket,waypoint);
    pause(delayTime);
end
fclose(socket);
```

Published with MATLAB® R2015b

Vedlegg 7

Kode: Homografi

Homografimatrise med 36 punkter(putens bane).

```
%Predefinert bane
close all; clear;
robotX=[-0.08132; -0.04210; 0.01026; 0.07244; 0.12683; 0.15413;
0.16153; 0.16599 ...
; 0.16912; 0.16976; 0.16531; 0.15606; 0.13769; 0.09416; 0.04664;
-0.00134 ...
; -0.03490; -0.07965; -0.12084; -0.16527; -0.21662; -0.24636;
-0.29086 ...
; -0.32410; -0.34115; -0.35035; -0.35571; -0.35795; -0.36128;
-0.36274 ...
; -0.34852; -0.29650; -0.24541; -0.20427; -0.15814; -0.11835];
robotY=[-0.67239; -0.67531; -0.67375; -0.68120; -0.71305; -0.76834;
-0.81548 ...
; -0.86232; -0.90450; -0.95120; -0.99406; -1.03913; -1.07484;
-1.12255 ...
; -1.14217; -1.15327; -1.15813; -1.16160; -1.16170; -1.15977;
-1.15384 ...
; -1.14173; -1.11185; -1.06886; -1.02256; -0.97890; -0.93699;
-0.89165 ...
; -0.84676; -0.79799; -0.74184; -0.69798; -0.68725; -0.68424;
-0.67746 ...
; -0.67724];

edgePos=load('C:\Users\Vegard\Desktop\skole\[Vår 2016\Bachelor\Main
\edgePosHomografi');
edgePos=edgePos(1).edgePos;

%Finner signaturens minima
[k1,index1]=min(edgePos(:,3));

%Setter første punkt som minima
edgePosC=circshift(edgePos,-index1+1);

cameraX=edgePosC(1:10:360,1);
cameraY=edgePosC(1:10:360,2);

robotP=[robotX robotY]; %Punktene fra roboten
cameraP=[cameraX cameraY]; %Punktene fra kamera

%Antall kalibreringspunkter,
antallPunkter = size(cameraP, 1);

%Data til type double
cameraP = double(cameraP);
robotP = double(robotP);
```

```

xC = cameraP(:,1);
yC = cameraP(:,2);
xR = robotP(:,1);
yR = robotP(:,2);

%Hjelpevektorer for lineært likningssystem
v0 = zeros(antallPunkter, 1);
v1 = ones(antallPunkter, 1);

xCxR = -xC.*xR;
yCxR = -yC.*xR;
xCyR = -xC.*yR;
yCyR = -yC.*yR;

%Bygger A matrise
A = [xC yC v1 v0 v0 v0 xCxR yCxR; ...
     v0 v0 v0 xC yC v1 xCyR yCyR];

%Bygger b vector
b = [xR; yR];

%Løser likningssettet ved minste kvadraters metode
h = A \ b;

%Bygger homografimatrise fra det løste likningssettet.
h(9) = 1;
H = reshape(h, 3, 3)';

```

Bygging av homografimatrise med 8 punkter.

```

close all;clear;
cameraX=[1729; 2579; 3293; 2553; 728; 4201; 722; 4212];
cameraY=[1369; 1813; 1391; 857; 564; 575; 2322; 2306];

robotX=[-0.31998; -0.07687; 0.23292; -0.04642; 0.55758; -0.50337;
        0.48695; -0.48855];
robotY=[-0.91044; -0.75362; -0.89573; -1.08517; -0.98091; -1.07353;
        -0.38712; -0.51938];

robotP=[robotX robotY]; %Punktene fra roboten
cameraP=[cameraX cameraY]; %Punktene fra kamera

%Antall kalibreringspunkter,
antallPunkter = size(cameraP, 1);

%Data til type double
cameraP = double(cameraP);
robotP = double(robotP);

xC = cameraP(:,1);
yC = cameraP(:,2);
xR = robotP(:,1);
yR = robotP(:,2);

```

```
%Hjelpevektorer for lineært likningssystem
v0 = zeros(antallPunkter, 1);
v1 = ones(antallPunkter, 1);

xCxR = -xC.*xR;
yCxR = -yC.*xR;
xCyR = -xC.*yR;
yCyR = -yC.*yR;

%Bygger A matrise
A = [xC yC v1 v0 v0 v0 xCxR yCxR; ...
     v0 v0 v0 xC yC v1 xCyR yCyR];

%Bygger b vector
b = [xR; yR];

%Løser likningssettet ved minste kvadraters metode
h = A \ b;

%Bygger homografimatrise fra det løste likningssettet.
h(9) = 1;
H = reshape(h, 3, 3)';
```

Published with MATLAB® R2015b

Vedlegg 8

Kode: ANN

Table of Contents

ANN 14 samples	1
FFT	1
ANN signatur 4 samples	1
Endelig nettverk	2

ANN 14 samples

```
close all; clear;
path(path, 'C:\Users\Vegard\Desktop\skole\[Vår 2016\Bachelor\ANN
signature')

t=[0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1]; %Targets
%t=[0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1];

dataset=load('dataset.txt');
%x=load('C:\Users\Vegard\Desktop\skole\[Vår 2016\Bachelor
\dataset2.txt');

x = dataset(1:10:360,1:14); %Input matrix

hiddenlayersize = 10;
net = patternnet(hiddenlayersize);
net = configure(net,x,t);
[net,tr,y,er] = train(net,x,t);
```

FFT

```
close all;clear;

path(path, 'C:\Users\Vegard\Desktop\skole\[Vår 2016\Bachelor\ANN
signature')

t=[0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1]; %Targets

dataset=load('dataset.txt');
x = dataset(1:360,1:14); %Input matrix

f=fft(x,360);
X=[real(f) ; imag(f)];

hiddenlayersize = 10;
net = patternnet(hiddenlayersize);
net = configure(net,X,t);
[net,tr,y,er] = train(net,X,t);
```

ANN signatur 4 samples

```
close all; clear;
```

```
path(path, 'C:\Users\Vegard\Desktop\skole\[Vår 2016\Bachelor\ANN
signature')

%t=[0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1]; %Targets
t=[0 0 1 1];
dataset=load('dataset.txt');

x = dataset(:,7:10); %Input matrix

hiddenlayersize = 10;
net = patternnet(hiddenlayersize);
net = configure(net,x,t);
[net,tr,y,er] = train(net,x,t);
```

Endelig nettverk

```
close all; clear
x=load('C:\Users\Vegard\Desktop\skole\[Vår 2016\Bachelor
\dataset2.txt'); %Inngangsvektorer (signatur)
t=[0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1]; %Målklasser (ønsket utgang, en verdi per
inngangsvektor

hiddenlayersize = 10; %Dimensjonaliteten på det skjulte laget, her
valgt et lag med 10 nevroner
net = patternnet(hiddenlayersize); %
net = configure(net,x,t);
[net,tr,y,er] = train(net,x,t);
%lagre nettverket
%save('C:\Users\Vegard\Desktop\skole\[Vår 2016\Bachelor\Main
\net.mat','net');
```

Published with MATLAB® R2015b

```

%ANN bildematrise
close all; clear all;
path(path, 'C:\Users\Vegard\Desktop\skole\[Vår 2016\Bachelor
\ANN'); %Desired path
resolution=[20 NaN]; %Desired resolution
numfiles=25; %Number of images to be read/written
fileextensionin='.jpg';
fileextensionout='.png';
startnumber=62;
dataset=cell(1,numfiles);

for i = startnumber:startnumber+numfiles-1
    s = ['Picture' ' ' num2str(i) fileextensionin];
    Irgb = imread(s);
    Irgb = imresize(Irgb, resolution); %Resizing to desired resolution
    level = graythresh(Irgb);
    BW = im2bw(Irgb,level); %Making it binary(black and white)
    s2 = ['bw' num2str(i) fileextensionout];
    imwrite(BW,s2); % Writing the files
    BW=+BW; %logical to double
    dataset{i-startnumber+1}=BW;
end

```

ANN

```

t=[0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1]; %Targets

x = []; %Input matrix
for i = 1 : length(dataset)
    tmp = cell2mat(dataset(i));
    x = [x; tmp(:)']; %Populating input matrix
end

X=im2double(x); %Converting to double data type
hiddenlayersize = 10;
net = patternnet(hiddenlayersize);
net = configure(net,X',t);
[net,tr,y,er] = train(net,X',t);

```

Testing ANN

```

testpicture=('Picture 87.jpg');
test=imread(testpicture);
test=imresize(test, resolution);
level = graythresh(test);
test = im2bw(test,level);
test=im2double(test);
test=test(:);
y=sim(net,test);
disp(y);

```

Published with MATLAB® R2015b

Vedlegg 9

Kode: BAM

BAM Signatur

```
%Funksjon sig2bin.m brukes til å lage bipolare verdier av heltall.
close all; clear;
path(path, 'C:\Users\Vegard\Desktop\skole\[Vår 2016\Bachelor\BAM')
dataset=load('dataset.txt');
x1=round(dataset(1:10:360,1)); %Signal 1: 362 pute
x2=round(dataset(1:10:360,2)); %Signal 2: 1471 pute
x3=round(dataset(1:10:360,4)); %Signal 3: 362 pute
x4=round(dataset(1:10:360,10)); %Signal 4: 1471 pute

x5=dataset(1:10:360,15); %Signal 5: 1471 pute
noise=30*rand(36,1);
x5=round(x5+noise);
%x5=round(40*ones(36,1)+noise);

[b1,b2]=sig2bin(x1,x2); %konverterer signaturens vektor til bipolar
form
[b3,b4]=sig2bin(x3,x4); %testvektorer
[~,b5]=sig2bin(x2,x5);

x=[b1 b2]; %Inngangssett
y=[-1 1 -1 1; 1 1 -1 1]; %Utgangssett

sizeX=size(x);
sizeY=size(y);
m=sizeY(2);
n=sizeX(1);
o=sizeX(2);

w=zeros(n,m); %Vektmatrise

for i=1:o; %Bygger vektmatrise
    w=w+x(:,i)*y(i,:);
end

%Testing sets
y1test=sign(w'*b1);
y2test=sign(w'*b2);
y3test=sign(w'*b3);
y4test=sign(w'*b4);
y5test=sign(w'*b5);

%Iterative probing BAM network
setX=b4; %The set to probe the network with
counter=0;

while(true)
```

```
    counter=counter+1; %Counts number of iterations
    setY=sign(w'*setX); %Probes network from left to right, produces
output
    E1=-setX'*w*setY; %Calculates the energy of the first association

    setX=w*setY; %Probes network from right to left, produces input
    E2=-setX'*w*setY; %Calculates the energy of the second association
    if(E1==E2)
        c=int2str(counter);
        displayString=['Energy is stable after' ' ' c '
' 'iterations.'];
        disp(displayString);

        break
    end
end
```

Published with MATLAB® R2015b

```

function [ b1,b2 ] = sig2bin( x1,x2 )
%Gjør om to heltallsverdier til binærverdier med -1 og 1.
n=size(x1);
n=n(1);
maxX1=max(x1);
maxX2=max(x2);
maxX=0;
if(maxX1>maxX2)
    maxX=maxX1;
else
    maxX=maxX2;
end
sX=log2(maxX); %Tar 2-logaritme av høyeste tallverdi i signalvektor
m=ceil(sX); %Runder _opp_ til nærmeste heltall.
x1b=de2bi(x1);%Konverterer til binærtall
x2b=de2bi(x2);%Konverterer til binærtall
s1b=size(x1b);
s2b=size(x2b);
if(s1b(2) < m)%Fyller med 0 foran binærtallet for å få lik dimensjon
    diffX1=m-s1b(2);
    x1b=[zeros(n,diffX1) x1b];
end

if(s2b(2) < m) %Fyller med 0 foran binærtallet for å få lik dimensjon
    diffX2=m-s2b(2);
    x1b=[zeros(n,diffX2) x1b];
end
%Konverterer 0 til -1.
for k=1:n
    b=x1b(k,:);
    for j=1:m
        f=b(j);
        if(f==0)
            x1b(k,j)=-1;
        end
    end
end
end

%Konverterer 0 til -1.
for l=1:n
    b=x2b(l,:);
    for o=1:m
        f=b(o);
        if(f==0)
            x2b(l,o)=-1;
        end
    end
end
end
end
%vectoriserer matrisen
b1=x1b(:);
b2=x2b(:);
end

```

Published with MATLAB® R2015b

Vedlegg 10

Kode: ANFIS

Table of Contents

.....	1
genfis2 signatur	1
genfis2 fft	1
Test	2
ANFIS endelig	2

```
%ANFIS signature
%genfis1
close all; clear;
path(path, 'C:\Users\Vegard\Desktop\skole\[Vår 2016\Bachelor\ANFIS
signature')

dataset=load('dataset.txt');
x = dataset(1:60:360,1:14);

t=[0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1];
trnData=[x' t'];
numMFs=2;
mfType='gbellmf';
fis=genfis1(trnData,numMFs,mfType);

epoch_n = 4;
dispOpt = zeros(1,4);
[out_fis,error] = anfis(trnData,fis,epoch_n,dispOpt);
```

genfis2 signatur

```
close all; clear;
path(path, 'C:\Users\Vegard\Desktop\skole\[Vår 2016\Bachelor\ANFIS
signature')

dataset=load('dataset.txt');
x = dataset(1:10:360,1:14)';

t=[0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1]';
trnData=[x t];
fis=genfis2(x,t,1);

epoch_n = 40;
dispOpt = ones(1,4);
[out_fis, error] = anfis(trnData,fis,epoch_n,dispOpt);
er=mean(error);
erm=min(error);
```

genfis2 fft

```
close all; clear;
```

```

path(path, 'C:\Users\Vegard\Desktop\skole\[Vår 2016\Bachelor\ANFIS
signature')

dataset=load('dataset.txt');
x = dataset(1:10:360,1:14);

f=fft(x);
X=[real(f) ; imag(f)]';

t=[0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1]';
trnData=[X t];
fis=genfis2(X,t,1);

epoch_n = 40;
dispOpt = ones(1,4);
[out_fis, error] = anfis(trnData,fis,epoch_n,dispOpt);
er=mean(error);
erm=min(error);

```

Test

```

xTest = dataset(1:10:360,15);
yTest = evalfis(xTest,out_fis);

```

ANFIS endelig

```

close all; clear;
path(path, 'C:\Users\Vegard\Desktop\skole\[Vår 2016\Bachelor\ANFIS
signature')

dataset=load('dataset.txt');
x = dataset(1:10:360,1:14)';

x1=[x(1:6,:); x(9:12,:)];
checkData=[x(7:8,:); x(13:14,:)];

t=[0 0 0 0 0 0 1 1 1 1]';
chkT=[0 0 1 1]';
trnData=[x1 t];
chkData=[checkData chkT];
fis=genfis2(x1,t,1);

trnOpt=[40 0 0.01 0.9 1.1];

epoch_n = 40;
dispOpt = ones(1,4);
[out_fis, error, stepsize, chkFis,chkErr] =
    anfis(trnData,fis,trnOpt,dispOpt,chkData);

er=mean(error);
erm=min(error);

```

```
xTest = dataset(1:10:360,15);  
testData=[xTest' 1];
```

Published with MATLAB® R2015b