

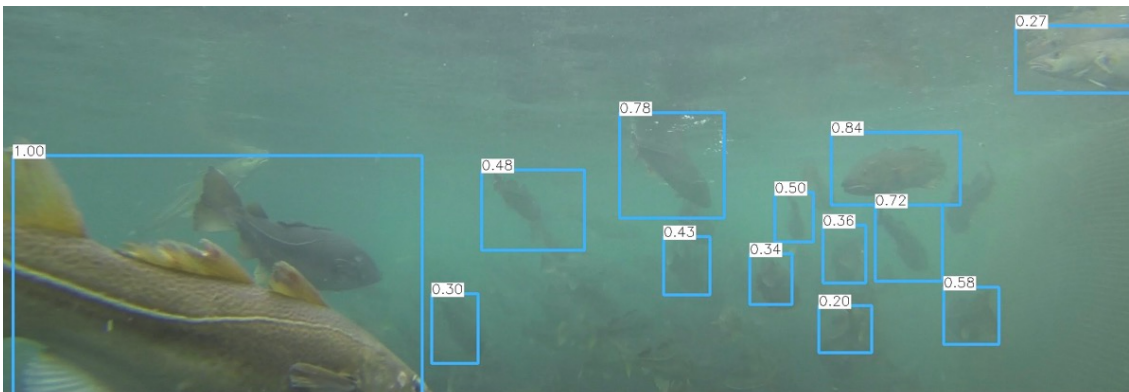


NTNU - Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for bioteknologi og matvitenskap

## BACHELOROPPGAVE 2020

20 studiepoeng

Bruk av maskinsyn for deteksjon av ulike fiskearter



utført av

Hans Alan Whitburn Haugen

Dette arbeidet er gjennomført som ledd i bachelorutdanningen i matteknologi ved Institutt for bioteknologi og matvitenskap, NTNU. Bruk av rapportens innhold skjer på eget ansvar.

## Sammendrag

Forsprengt fisk har blitt vanlig i Lyngen kommune i Troms. “Pellets-fisk” ble vanlig etter at de begynte med oppdrett i fjorden. Fisken er full av før og stinker. Den er unaturlig og tjukk.

“Pellets-fisk” er villfisk som har spist oppdrettsfôr som inneholder medisin. Denne fisken blir omsatt. Et eksempel er når lakselusmiddelet emamectin ble gitt til oppdrettsfisk i tre uker i 2017 i denne fjorden i Lyngen. Oppdrettsfisken var i karantene i denne perioden, og blir ansett som giftig. I samme periode leverte fiskere villfisk fra denne fjorden til et mottak i Troms. Den var full av pellets. Det sto ut av munnen på både sei og torsk.

Det er et ønske å kartlegge omfanget av problemet, og fiskere vil ha svar på om pellets-fisken kan være farlig. Det er et ønske å kartlegge hvor mange villfisk som trekker til oppdrettsanlegg, og under hvilke forhold. Sjømatdivisjonen og Akvadivisjonen ved Nofima har en strategisk internsatsing å samle kunnskap om sameksistens mellom ulike marine næringer og interesser, deriblant hvordan man kan unngå konflikter mellom ulike interesser.

Dette prosjektet har gått ut på å lage programvare for Nofima som kan skape en oversikt over mengden fisk av typen torsk og sei som beiter rundt oppdrettsanlegg, og som viser fordelingen av fiskeartene til forskjellige tider på døgnet.

Maskinlæring er når datamaskiner lærer fra data. I 2012 vant AlexNet Stanford University sin årlige ImageNet bildeklassifiseringskonkurranse. Teamet til Alex anvendte deep learning og det har revolusjonert maskinsyn og kunstig intelligens. Flere modeller har blitt laget siden AlexNet, og bildeklassifisering, objekt-deteksjon og segmentering har blitt mye mer nøyaktig nå som de anvender dype kunstige neurale nettverk. Facebook introduserte RetinaNet i 2017, og i 2018 kom YOLOv3. Det er disse teknologiene som har blitt anvendt til å lage en modell som kan kjenne igjen torsk og sei med ...(resultater) .

Prosjektet viser at maskinsyn kan anvendes til å løse oppgaver innenfor akvakultur. Teknologien som presenteres i dette dokumentet kan anvendes til å finne omfanget av torsk og sei som beiter rundt oppdrettsanlegg, og kan muligens anvendes til å detektere rømminger fra merder samt utvikles videre til å detektere lakselus på fisk i merdene.

# Takk

Jeg ønsker å takke min veileder Eirin Bar. Denne oppgaven har vært en stor utfordring for meg, jeg hadde ikke gjennomført oppgaven uten veiledningen jeg fikk.

Jeg ønsker å takke Stein-Kato Lindberg og Karsten Heia fra Nofima. Det var KVASS-prosjektet<sup>1</sup> til Nofima som gjorde at jeg kontaktet dem og spurte om jeg kunne gjøre bacheloroppgaven i samarbeid med dem. Det har vært en drøm å jobbe på en bacheloroppgave som handler om maskinsyn. Stein-Kato foreslo at jeg tok del i sameksistens prosjektet, og har bidratt med data, hyggelige tilbakemeldinger og råd.

I tillegg ønsker jeg også å takke Satya Malik for utmerkede kurs ved courses.opencv.org.

---

<sup>1</sup><https://nofima.no/prosjekt/kvass/>

# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>1</b>
1.1	Delmål . . . . .	3
1.1.1	Programvare skrevet i C++ . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Teori</b>	<b>5</b>
2.1	Build your own . . . . .	5
2.2	resnet . . . . .	6
2.3	Andrej Karpathy . . . . .	6
2.4	Mål . . . . .	6
2.5	Delmål . . . . .	6
2.5.1	Programvare skrevet i C++ . . . . .	6
2.5.2	Maskinsyn i matindustrien . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Teori</b>	<b>8</b>
3.0.1	Introduksjon til kunstig intelligens . . . . .	8
3.0.2	Maskinlæring . . . . .	19
3.0.3	Neural networks . . . . .	20
3.0.4	Maskinsyn med OpenCV . . . . .	22
3.0.5	Video med undervannskamera fra merdene . . . . .	22
3.0.6	Analysere video . . . . .	22
3.0.7	Deep Learning med OpenCV . . . . .	22
3.0.8	PyTorch . . . . .	22
3.0.9	Segmentere ut fisk . . . . .	22
3.0.10	Object Detection med OpenCV . . . . .	22
3.0.11	Object Tracking med OpenCV . . . . .	22
3.0.12	Klassifisere hver fisk etter art . . . . .	22
3.0.13	Registrere antall individer av hver art fortløpende . . . . .	22
3.1	Praktisk gjennomføring . . . . .	22
3.1.1	Programvareutvikling med maskinlæring implementert i C++ . . . . .	22
3.1.2	Videostrøm fra merdene . . . . .	22
3.2	Resultater . . . . .	22
3.3	Diskusjon . . . . .	22
3.4	Konklusjon . . . . .	22
3.5	Referanseliste . . . . .	22
<b>4</b>	<b>Metode</b>	<b>23</b>
<b>5</b>	<b>Analyse</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>Drøfting</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>Avslutning</b>	<b>26</b>



Figur 1: Figuren viser et eksempel av “pellets-fisken”. Det lukter ekkelt og det er forferdelig å sløye en førsprengt fisk, ifølge flere fiskere som har vært i kontakt med NRK (Trana m.fl. 2019). Seien har vært under merdene, da blir den full av pellets. Førsprengt fisk er unaturlig, hode blir for liten og kroppen for stor. Dette har pågått i mange år. Likevel blir fisken omsatt, fiskere får levert slik fisk til enkelte fiskebruk. (Angell og Ekanger 2017)

## 1 Innledning

Kystfiskere hevder villfisken får i seg så mye laksefôr at fiskeplassene blir ødelagt. “Litt overraskende utspill” svarer oppdrettsbransjen. Fisker Tor Inge Larsen i Brønnøysund sa til NRK i 2018 at han fortviler over det han mener er dårligere kvalitet hos fisken han fanger. Han hevder han kan knapt huske sist han fikk en sei om bord i båten uten at den hadde pellets fra lakseoppdrett i magen. Han hevder fiskerne har blitt frastjålet fiskeområder på høylys dag, og mener fiskefeltene nært Brønnøysund på Sør-Helgeland i Nordland har fått betydelig lavere kvalitet på grunn av oppdrettsanleggene. (Olsen m.fl. 2018)

Johnny Eliassen som er bosatt på Reinøya i Troms, Karlsøy kommune, fortalte til NRK at han hadde tidligere engasjert seg i saken for å hindre at kystområdet ble lokasjon for oppdrettsanlegg. Det ble allikevel åpnet et oppdrettsanlegg mai 2017 i fjorden på Reinøya, og det hevder de lokale fiskerne at de har merket. De har fisket “pelletstorsk”, torsk med magen full av pellets, selv over en kilometer unna anlegget. Oppdrettere reklamerer oppdrettsfisk som den absolutte beste fisken. Eliassen kunne ikke tenke seg at det virkelig er tilfelle, for lukten og konsistensen på fisken gjør den uspiselig i hans øyne. (Jakobsen 2017)

Men fiskerne og forskerne har vært uenige om hvorvidt pellets fra lakseoppdrett påvirker kvaliteten av vill fisk som spiser den. Det er forsket relativt lite på hvordan oppdrett påvirker villfisk. Seniorrådgiver Bjørn-Steinar Sæther fra No-



Figur 2: Figuren viser et eksempel av førsprengt fisk. Det lukter ekkelt og det er forferdelig å sløye en førsprengt fisk, ifølge flere fiskere som har vært i kontakt med NRK. Foto: Arnold Jensen. (**Trana m.fl. 2019**)

fima ga ut en artikkel i 2017 der han mener seien som hadde spist oppdrettsfôr får en litt bløtere og noe mer spaltet muskel enn annen sei, men den var fortsatt stort sett innenfor kategorien god kvalitet. (**Saether 2017**)

Kommunikasjonsdirektør Are Kvistad i Sjømat Norge er litt overrasket over utspillet fra fiskeren på Helgeland. Han mener laksepellets ikke utgjør noen fare for villfisk. “Det er et fiskefôr som blir sjekket av myndighetene, og er et trygt og næringsrikt fôr som også er trygt for villfisk”, sa Kvistad til NRK i 2018. Kvistad mente det også er i oppdretternes interesse, både økonomisk og utslippsmessig, å redusere føringen av oppdrettslaksen slik at den kun får den maten den trenger. (**Olsen m.fl. 2018**)

I 2019 kom “pellets-fisken” i medienes søkelys igjen, denne gangen var det fiskere i Lyngen kommune i Troms som slo alarm. Villfisk som hadde spist oppdrettsfôr som inneholdt medisin omsettes av fiskere i fjorden. De ønsker svar på om det kan være farlig for forbrukere. (**Trana m.fl. 2019**)

Sjømatdivisjonen og Akvadisjonen ved Nofima har en strategisk internsatsing som går ut på å samle kunnskap om sameksistens mellom ulike marine næringer og interesser, deriblant om hvordan man kan unngå konflikter mellom ulike interesser. (**Robertsen 2020**)

En av problemstillingene er sameksistens mellom fiskeri- og oppdrettsnæringene, og hvordan oppdrettsanlegg påvirker de nærliggende fiskeplassene. I den forbindelse er det interessant å kartlegge omfanget av hvitfisk som beiter på fôr fra oppdrettsanlegg. Dette er en problemstilling som har vært i fokus hos media etter at flere fiskere har fanget førsprengt torsk og sei i fjorder hvor det finnes



Figur 3: Figuren viser et oppdrettsanlegg. (Olsen m.fl. 2018)

oppdrettsanlegg. Det hevdes at denne fisken er av betydelig dårligere kvalitet og den kan ha fått i seg medisiner gjennom fôret som gjør at den kan være farlig å spise. (Olsen 2019)

Det behøves kunnskap om hvor mange villfisk som trekker til oppdrettsanlegg, og under hvilke forhold, slik at man kan komme nærmere en løsning som kan dempe konflikten mellom disse to næringene.

Målet med dette prosjektet var å utvikle et system som kan telle antall villfisk av ulike arter basert på en videostrøm fra et undervannskamera. Det er ønskelig å kunne vise resultatet som en fordeling av observasjoner over tid for hver art.

## 1.1 Delmål

### 1.1.1 Programvare skrevet i C++

Prosjektet består i hovedsak av å utvikle en programvare som kan gjøre følgende ved hjelp av maskinlæring:

1. Segmentere fisk fra bakgrunn
2. Klassifisere hver fisk etter art
3. Spore hver fisk gjennom hvert bilde i videostrømmen inntil fisken forlater kameraets synsfelt

Programvaren implementeres i C++ ved hjelp av OpenCV-biblioteket<sup>2</sup>. Det kan også være aktuelt å lage et grafisk grensesnitt hvor tellingene fra hver art kan vises i sanntid, men dette er avhengig av om prosjektets omfang tillater det.

---

<sup>2</sup><https://opencv.org/>



## 2 Teori

Machine Learning: Learning from data

Data is king.

Data collection, annotation, preparation etc.

Data  $\hookrightarrow$  Algorithm  $\hookrightarrow$  Training  $\hookrightarrow$  Evaluation  $\hookrightarrow$  Deployment  $\hookrightarrow$  Predictions

Gather data from every legal source possible (public data sets, purchase data, collect data, synthesize data (super powerful))

Manually check data Look for biases Look for insights Clean up

Iterative: Partition data 60 (training)/20 (testing accuracy training)/20 (test)

Model / Algorithm

Image classification Object detection Segmentation

Constraints

Experimentation (test multiple viable models)

Training

Data augmentation Training parameter (optimizer, rate etc.) Visualisation (check if it is going correctly)

Evaluation

Test. Check model size, speed and ACCURACY

Deployment

Optimizations, deploy, feedback (know when it went badly, check failed images)

### 2.1 Build your own

Build your own:

- 1) Pick a state-of-the-art architecture
- 2) Make sure there is an open-source implementation
- 3) Make sure you get weights for this network trained on ImageNet

Experiment

- 1) Minimal architectural change Fine tune
- 2) If not enough: Tweak architecture More network blocks, new types of layers etc.
- 3) Search (Google's neural architecture search)

## 2.2 resnet

## 2.3 Andrej Karpathy

Andrej Karpathy (5,1 %)

Sjømatdivisjonen og Akvadivisjonen ved Nofima har en strategisk internsatsing<sup>3</sup> som går ut på å samle kunnskap om sameksistens mellom ulike marine næringer og interesser, deriblant om hvordan man kan unngå konflikter mellom ulike interesser.

En av problemstillingene er sameksistens mellom fiskeri- og oppdrettsnæringene, og hvordan oppdrettsanlegg påvirker de nærliggende fiskeplassene. I den forbindelse er det interessant å kartlegge omfanget av hvitfisk som beiter på fôr fra oppdrettsanlegg. Dette er en problemstilling som har vært i fokus hos media<sup>4</sup> etter at flere fiskere har fanget fôrsprengt torsk og sei i fjorder hvor det finnes oppdrettsanlegg. Det hevdes at denne fisken er av betydelig dårligere kvalitet og den kan ha fått i seg medisiner gjennom fôret som gjør at den kan være farlig å spise.

Det behøves kunnskap om hvor mange villfisk som trekker til oppdrettsanlegg, og under hvilke forhold, slik at man kan komme nærmere en løsning som kan dempe konflikten mellom disse to næringene.

## 2.4 Mål

Målet med dette prosjektet er å utvikle et system som kan telle antall villfisk av ulike arter basert på en videostrøm fra et undervannskamera. Det er ønskelig å kunne vise resultatet som en fordeling av observasjoner over tid for hver art. Til dette prosjektet er det anskaffet et undervannskamera av typen Steinsvik Orbit-3300 som styres via et MB-3000 kontrollpanel. Dette systemet er utviklet for inspeksjon av fisk i merd og tar opp data i form av en analog videostrøm. Denne kan sendes gjennom en analog-digital-omformer til en datamaskin hvor dataene til slutt vil kunne prosesseres i sanntid.

## 2.5 Delmål

### 2.5.1 Programvare skrevet i C++

Prosjektet består i hovedsak av å utvikle en programvare som kan gjøre følgende ved hjelp av maskinlæring:

1. Segmentere fisk fra bakgrunn

---

<sup>3</sup><https://nofima.no/prosjekt/sameksistens/>

<sup>4</sup>For eksempel <https://fiskeribladet.no/nyheter/?artikkel=69867> (hentet 12.02.2020)

2. Klassifisere hver fisk etter art
3. Spore hver fisk gjennom hvert bilde i videostrømmen inntil fisken forlater kameraets synsfelt

Programvaren implementeres i C++ ved hjelp av OpenCV-biblioteket<sup>5</sup>. Det kan også være aktuelt å lage et grafisk grensesnitt hvor tellingene fra hver art kan vises i sanntid, men dette er avhengig av om prosjektets omfang tillater det.

### 2.5.2 Maskinsyn i matindustrien

Nofima is a research organisation in the food industry

What about the salads and bama

The mathematics course had both calculus and optimization

You can explain about the tedious counting the salad leaves etc

Your data camera may do this

I can justify how computer vision is important in the food industry, and might revolutionize many industries

I can say this is a problem Nofima has, and wanted it solved with computer vision, as it is not only done before it is also cheaper than getting someone to manually count fish.

Say how you came to realise the importance doing practice at Bama, how you tried then to rig up a camera

There are already several players

You have marine robotics

And you have StingRay

The same with marine robotics

They use OpenCV and Qt

Mention that too lakselus very severe problem

I could also mention solving problems in an interesting way is the difference between drudgery and fun

And most problems are solved since they are interesting to someone

---

<sup>5</sup><https://opencv.org/>

## 3 Teori

### 3.0.1 Introduksjon til kunstig intelligens

Dette er den offisielt første dagen av bacheloroppgaven. Den ble markert med en presentasjon av Sunniva Hoel, der hun presenterte blant annet [innsida.ntnu.no/oppgaveskriving](https://innsida.ntnu.no/oppgaveskriving) og tidligere bacheloroppgaver. Jeg fant en av dem, en litteraturgjennomgang som omhandlet matsvinn, på [ntnuopen.ntnu.no](https://ntnuopen.ntnu.no).

Jeg avtalte med Stein-Kato på Nofima å møte ham tidlig mandag neste uke. Jeg skal være i Tromsø i to uker og jobbe på oppgaven, i uke 12 og 13.

Jeg har blitt ferdig med det første OpenCV kurset. Jeg har et kurs igjen, som handler om PyTorch, et deep convolutional neural network bibliotek. I løpet av det forrige kurset, lagde jeg en QR-kode leser, jeg lærte om ansiktsgjenkjenning (HAAR algoritmen) og folkemengdegjenkjenning (HOG algoritmen), jeg lagde chroma-keying (greenscreen) og kvisejerningsprogrammer, jeg implementerte algoritmer for noen morfologiske operasjoner som er typisk i maskinsyn fra scratch, jeg implementerte to forskjellige algoritmer som kameraer bruker til autofokus-egenskapen, jeg justerte fargelagene på bilder fra Sergey Prokudin-Gorsky, en klassisk fotograf fra tidlig 1900-tallet, og skal denne uken gjøre ferdig et prosjekt som handler om objekt-deteksjon og tracking.

Jeg hadde problemer i går å få tracking, da spesifikt YOLOv3 tracking, til å virke med openCV på windows. I dag fant jeg ut at Visual Studio 2017 (vc15) støttes ikke helt av openCV lenger, og fikk tracking til å virke med Visual Studio 2019 (vc16).

I dag så gjorde jeg ferdig object deteksjon og object tracking prosjektet. Den bruker et dnn som heter YOLOv3, det er en modell som er trent til å gjenkjenne 80 forskjellige objekter. Blant dem er mennesker, bøker, vinglass osv. Det er fascinerende hvor enkelt det er å ta i bruk YOLO, og hvor godt den virker, selv om den ikke er perfekt. For tracking så brukte jeg KFC, en tracker som er implementert i openCV.

OpenCV er kun en inference engine, dvs. den kan kun gjøre forward passes", eller eksekvere modeller, den kan ikke trene dem. For trening så må jeg ta i bruk PyTorch, som er det neste prosjektet. Ettersom YOLO ikke vet hva en fisk er, og i hvert fall ikke hva en torsk eller sei er, så må jeg trene en dnn selv. Det krever at jeg har mange bilder av fiskene. ImageNet er brukt at dataforskere til å trene netverk, men jeg finner ikke saith eller atlantic cod der. Så jeg får ta noen bilder selv i morgen av fisk fra frysedisken, og håpe at jeg får gode filmer og bilder i Tromsø av sei og torsk.

Jeg skal trene en supervised classification convolution network. Det vil si at jeg vil lære den opp ved å vise mange bilder av det jeg ønsker at den skal kjenne igjen, og noen eksempler på hva som ikke er det den skal vite om. Kunstige neurale nettverk lærer litt som barn. Det er viktig å vise så mange eksempler

som mulig, og om en sier at noe er feil så må man være veldig sikker på at det faktisk er feil. Nettverket skal ha 3 outputs. Torsk, sei og ukjent.

Jeg så etter torsk og sei i dag i Trondheim. De selger kun fisk uten hode.

Prosjektet med YOLOv3 modellen må forbedres. Jeg lærte om kaggle.com, den har datasett for dataforskere. Den ser ikke ut til å ha fiskene heller.

Her er planen som alle Machine Learning oppgaver følger, The ML Pipeline". Den består av følgende

**Samling av data:** Kan gjøres på 4 måter.

A) Fra offentlige datasett med lovlige lisenser (kaggle.com, ImageNet osv.) B) Kjøpe data C) Samle data (Nofima Tromsø) D) Syntesere data (Slik som 3D torsken som vi har)

**Sjekke data** A) Manuelt se igjennom dataen (lurt å se alle frames/bilder) B) Se etter bias i bildene (f. eks, om bildene av fiskene inkluderer menneskehender, da kan modellen se etter ting på hendene på folk istedet for egenskapene til fisken) C) Se etter innsikt (kan lære mye av å bare se på dataen) D) Fiks opp dataen

**Randomiser dataen**

**Partisjoner dataen** 60 % til trening av modellen 20 % til å forbedre modellen (validation) 20 % til testing (data modellen har aldri sett før)

Ettersom mennesker er late så er det mer vanlig med denne fordelingen:

80 % trening 20 % validation (test set)

**Velg en algoritme eller modell** Det finnes 3 typer problemer

Image classification Object detection Segmentation

**Tenk på krav** Presisjon Hastighet Plattform (mobil, windows, unix, GPU-server, osv.)

**Eksperimenter** Velg en modell, men prøv mange

**Valg** Velg en arkitektur og gjør prosjektet ferdig

I går så ble koronavirus offisielt betegnet som et pandemi av WHO, og Norge ble i dag stengt”. NTNU fraråder reise og campus er stengt for studenter. Stein-Kato har blitt satt i karantene da han har vært i Skottland denne uken. Jeg har avlyst turen til Tromsø. Jeg kommer til å fortsette å trene mine modeller på datasett som er tilgjengelige med PyTorch.

Jeg testet YOLOv3 på en syntetisk 3D torsk som vi har laget, YOLO har aldri sett en fisk før, og trodde det var en fugl. Nå får jeg mer tid på å lære PyTorch, det er egentlig veldig bra at jeg vet mer før jeg lager mitt eget datasett, så vet jeg bedre hva jeg burde gjøre når jeg er i Tromsø.

I dag så skulle jeg egentlig begynne reisen opp til Tromsø, men det ble avlyst pga. koronaviruset. Istedet så har jeg jobbet videre på PyTorch og objekt deteksjon og tracking programmet. Jeg har implementert ReLU, softmax og et kunstig neuron i Python, for å lære mer om hvordan PyTorch virker.

PyTorch er først og fremst rettet mot Python, og forskere og utviklere som foretrekker Python. De har laget et grensesnitt for C++ også. For å forstå PyTorch kreves det en forståelse av kalkulus, også kjent som funksjonsdrøfting, og lineær algebra. Vi hadde om kalkulus i kurset i første året, jeg kan noe lineær algebra fra forkurset, og universitetet jeg gikk på i Skottland.

Et kunstig neuron som anvendes i et neuralt nettverk ligner på ligningen til en linje.

$$y = ax + b \quad (1)$$

Men den må være for flere dimensjoner.

$$y = w_i x + b \quad (2)$$

Og  $X$ , som er input, kan også bestå av flere dimensjoner. Så en kan like gjerne representere  $w$ , weights (lagret i modellen) og input ( $x$ ) med matriser.  $b$  er bias, og må lagres som en vektor.

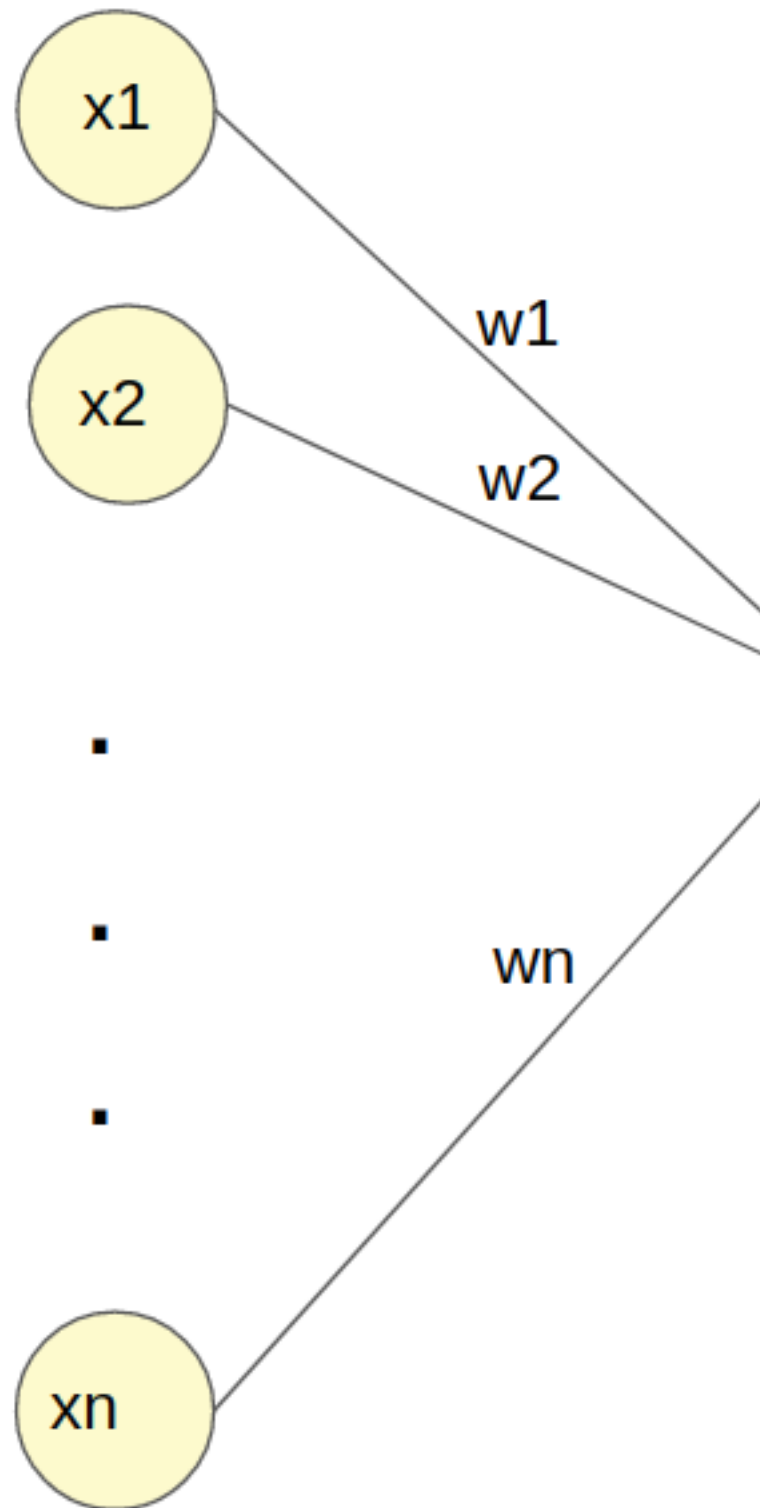
$$y = WX + B \quad (3)$$

Og that's it. I python blir dette

```
np.dot(W, X) + B
```

Veldig enkelt.

Jeg har implementert stochastic gradient descent i Python + PyTorch. Jeg har også laget nye implementasjoner av softmax, rectifier og kunstige neuroner i PyTorch.



Fordelen med PyTorch er at den er maskinvareakselerert. Det vil si at GPU-en gjør beregningene, ikke bare CPU-en.

GPU-er kommer fra dataspillindustrien. Alle datamaskiner i dag er heterogene, det vil si at de har både en CPU, en generell datahjerne, og en GPU, en grafikkdatahjerne. GPU-er er mange tusen ganger raskere enn en CPU, men kun for oppgaver som er "massively parallel". Både medisin, neurale nettverk, maskinsyn CAD, 3D animasjonsfilmproduksjon, spillutvikling og virtual reality drar nytte fra GPU-er.

Det er viktig i kunstig intelligens å vite hvor et datapunkt hører hjemme. Dette gjøres med kalkulus. Mange av problemene i kunstig intelligens, og maskinsyn, er optimaliseringsproblemer. Stokastisk Gradient Descent (SGD) handler om å finne en linje som passer en modell. Det er matematisk optimalisering.

Jeg fikk vite om boken [deeplearningbook.org](http://deeplearningbook.org), en gratis og svært god bok om deep learning. Elon Musk sier om boken: "Written by three experts in the field, Deep Learning is the only comprehensive book on the subject." (CEO SpaceX og Tesla)

Jeg har lært mye om deep learning i dag. Jeg har blitt tipset om <http://cs231n.stanford.edu/> og <http://playground.tensorflow.org/>.

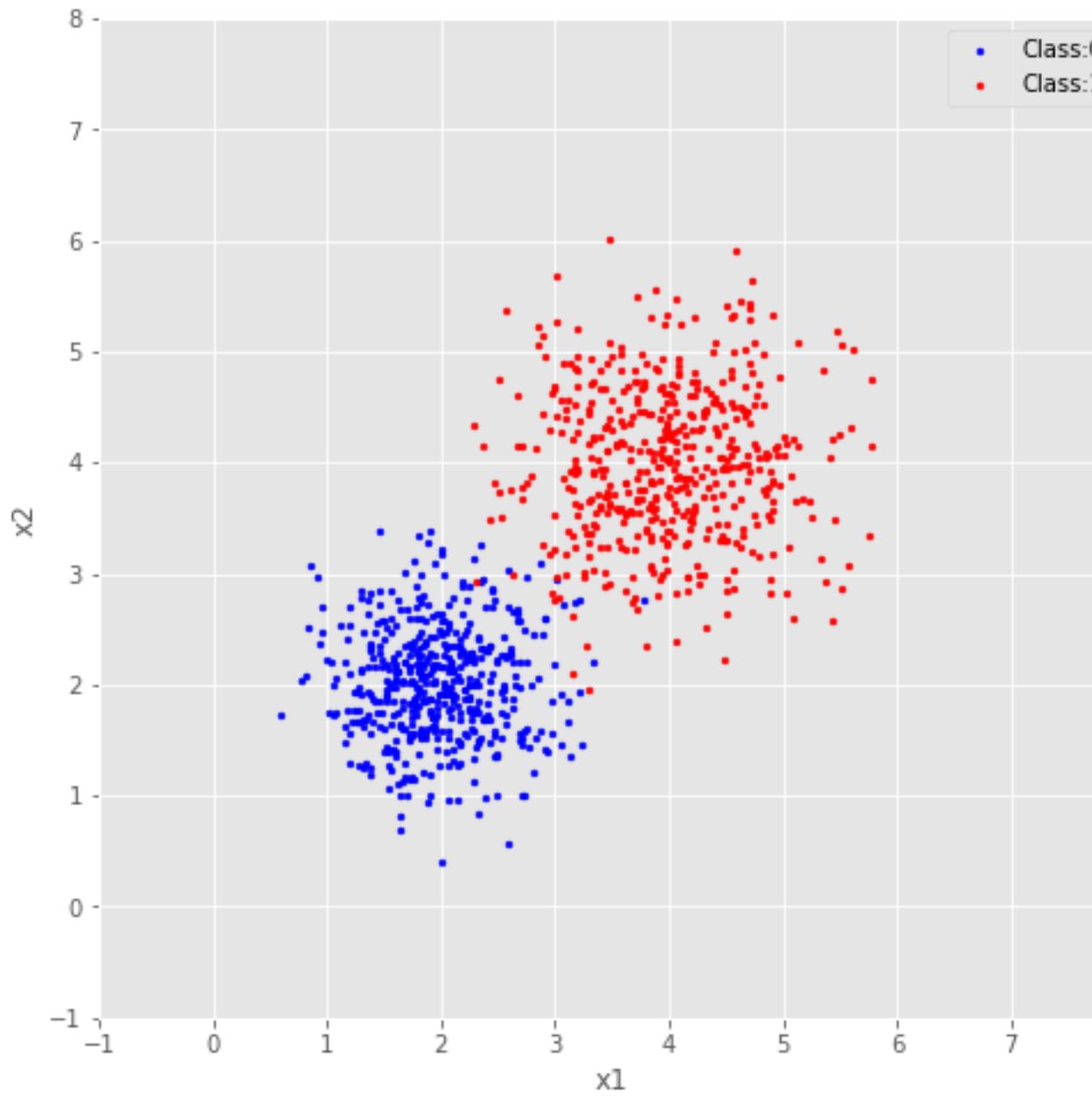
Som sagt så er de fleste maskinlæringsproblemer optimaliseringsproblemer. Det handler å finne ut hvor forskjellige datapunkter hører hjemme.

Det finnes flere forskjellige typer problemer. Kategorisering (gi navn på data inn) og regresjon (gi et tall ut fra data inn) er typiske.

Gamle neurale nettverk var perceptrons med lineære aktiveringsfunksjoner der en måtte gjøre features engineering per prosjekt for at modellen skulle virke. En kan leke med dette på tensorflow sin playground, aktiver inputs utover x1 og x2, fjern alle "hidden layers" og sett activation til linear. Test med forskjellig data. Den vil takle dataen som er i to godt avskilte skyer uten at en må tulle med features. Denne gamle måten å trene nettverkene (å finne parametere til activation featuren, for så å lage gode weights for modellen) krevde at en hadde god intuisjon om dataen en ønsket å trene nettverket på. Deep Learning med en ikke-lineær aktiveringsfunksjon gjør at den samme arkitekturen virker for alle problemer, uten feature engineering. Dette kan også lekes med, lag en eller to "hidden layers", fjern alle features untatt x1 og x2, og velg en ikke-lineær aktiveringsfunksjon. Vips, den takler alle data uten noen engineering/tweaking, gitt nok neuroner. Tensorflow er Google sin rival til PyTorch, PyTorch er laget av Facebook.

PyTorch er delvis implementert i CUDA. Dette er en GPGPU-API som fungerer kun på Nvidia GPU-er. Jeg er mer interessert i Khronos sin OpenCL-standard, som er støttet av AMD, Nvidia, Intel, samt ARM og mange mobile GPU produsenter. Jeg får bruke PC-en i stua, som har en Nvidia-GPU, når jeg trener nettverket med PyTorch.





Figur 5: Eksempel av datapunkter. De består av to forskjellige klasser, vist i rødt og blått.

Se figur ??.

Jeg har begynt å trene opp en cnn. Jeg har en viss oversikt over deep learning nå. Det var i 2012 deep learning ble stort med AlexNet, de vant ImageNet med stor margin ved å finne på en ny måte å gjøre maskinlæring, det var deep learning.

Jeg har samlet en del whitepapers som jeg skal bruke i rapporten.

PyTorch har mange modeller. De har blitt veldig gode siden 2012, da måtte teamet til Geoffrey Hinton lage hele nettverket selv i CUDA. Nå er det veldig lett å lage programmer som kjenner igjen bilder med PyTorch. PyTorch gjør det også lett å laste ned test-data, og laste inn datasett, til å teste og trene modellen en velger.

Det er visstnok ikke lov (de vil se stygt på deg”) å si at et kunstig neuron er som et biologisk neuron. Det er litt som å si at et fly er som en fugl. Kunstige neuroner er lignende biologiske neuroner på samme måte som fly er inspirert av fugler.

I dag trente jeg en ny modell og forbedret den jeg jobbet på Fredag. Denne modellen er trent med data fra PC-en min, av en panda, katt og hund. Det jeg gjorde i dag var bare en test på pipelinen og på at dataen lastes inn riktig. Jeg testet dermed kun 1

Jeg fant mange gode whitepapers på deteksjon og tracking av fisk. Å google fish detection gir mange resultater fra mange forskjellige prosjekter. Det blir veldig nyttig for senere.

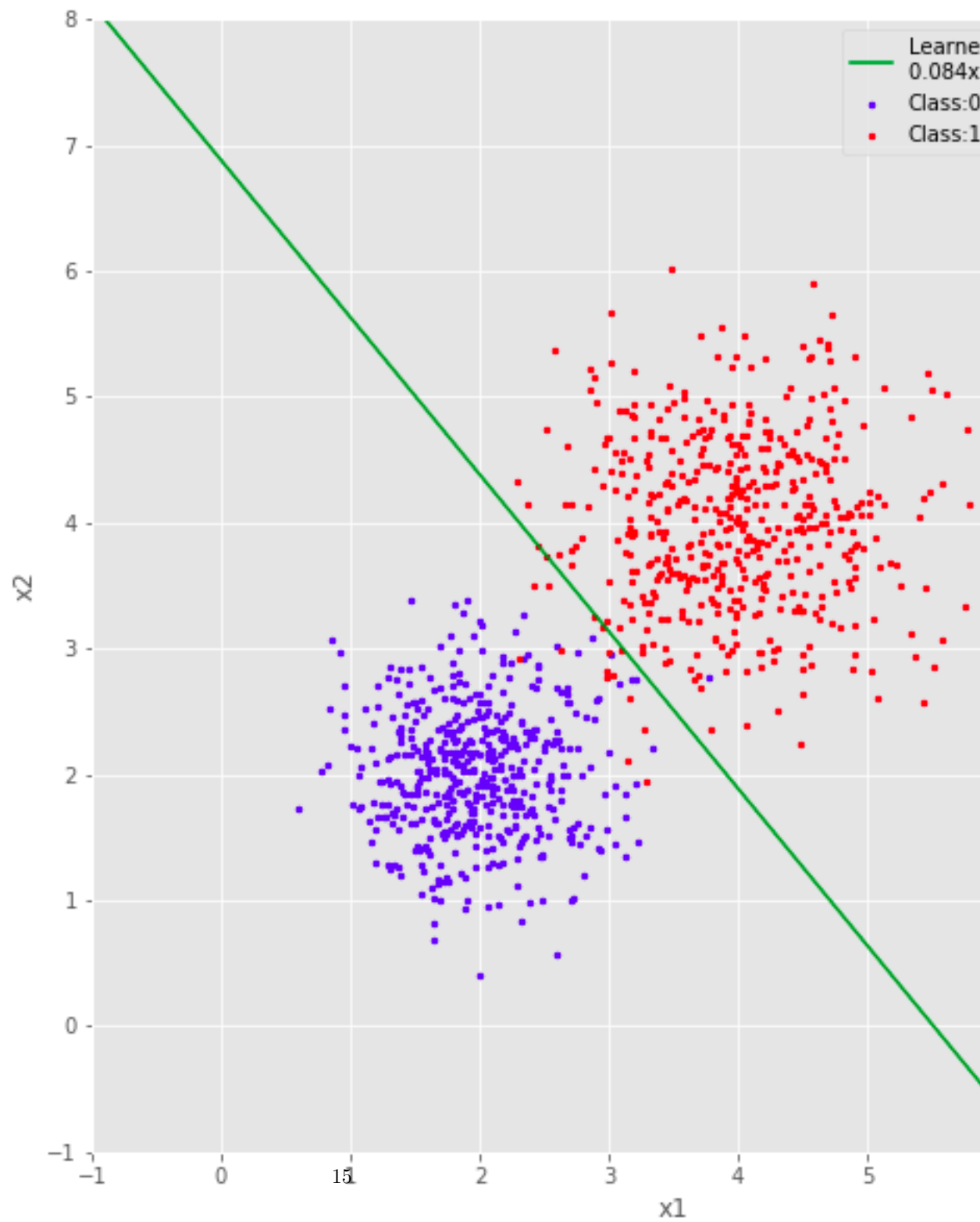
Treningen jeg skal gjøre er å lage en modell som ser forskjellen på torsk og sei. Jeg skal også lage et program som tracker og teller fisken. Å telle fisken er trivielt etter deteksjon. Dette er fine-grained detection. Jeg fant en whitepaper som tar opp spesifikt å detektere fisk av forskjellige fiskearter. Kanskje jeg låner ideer fra dem. Kan også prøve å trene deres datasett også for å få litt mer erfaring.

<https://www.kaggle.com/ashishsaxena2209/animal-image-datasetdog-cat-and-panda>

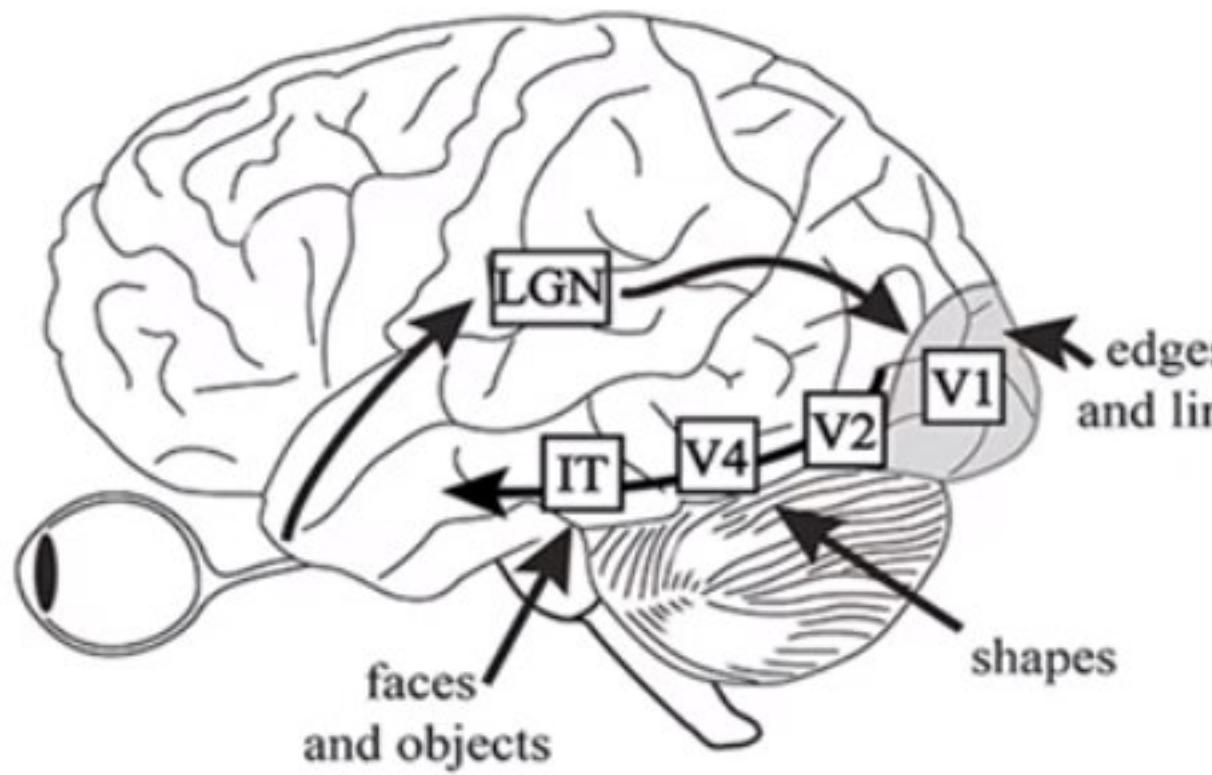
[https://www.researchgate.net/publication/317558591\\_Automatic\\_fish\\_species\\_classification\\_in\\_underwater\\_videos\\_Exploiting\\_pretrained\\_deep\\_neural\\_network\\_models\\_to\\_compensate\\_for\\_limited\\_labelled\\_data](https://www.researchgate.net/publication/317558591_Automatic_fish_species_classification_in_underwater_videos_Exploiting_pretrained_deep_neural_network_models_to_compensate_for_limited_labelled_data)

Steg 1 - Forstå problemet Steg 2A - Få tak i data Steg 2B - Utforsk og forstå dataen Steg 2C - Lag et utvalg av dataen fra datasettet Steg 3 - Gjør klar dataen Steg 4 - Tren en enkel modell på datautvalget og test pipelinen før trening av et komplett nettverk påbegynnes Steg 5 - Tren med et komplett datasett Steg 6 - Iterativt forbedre modellen

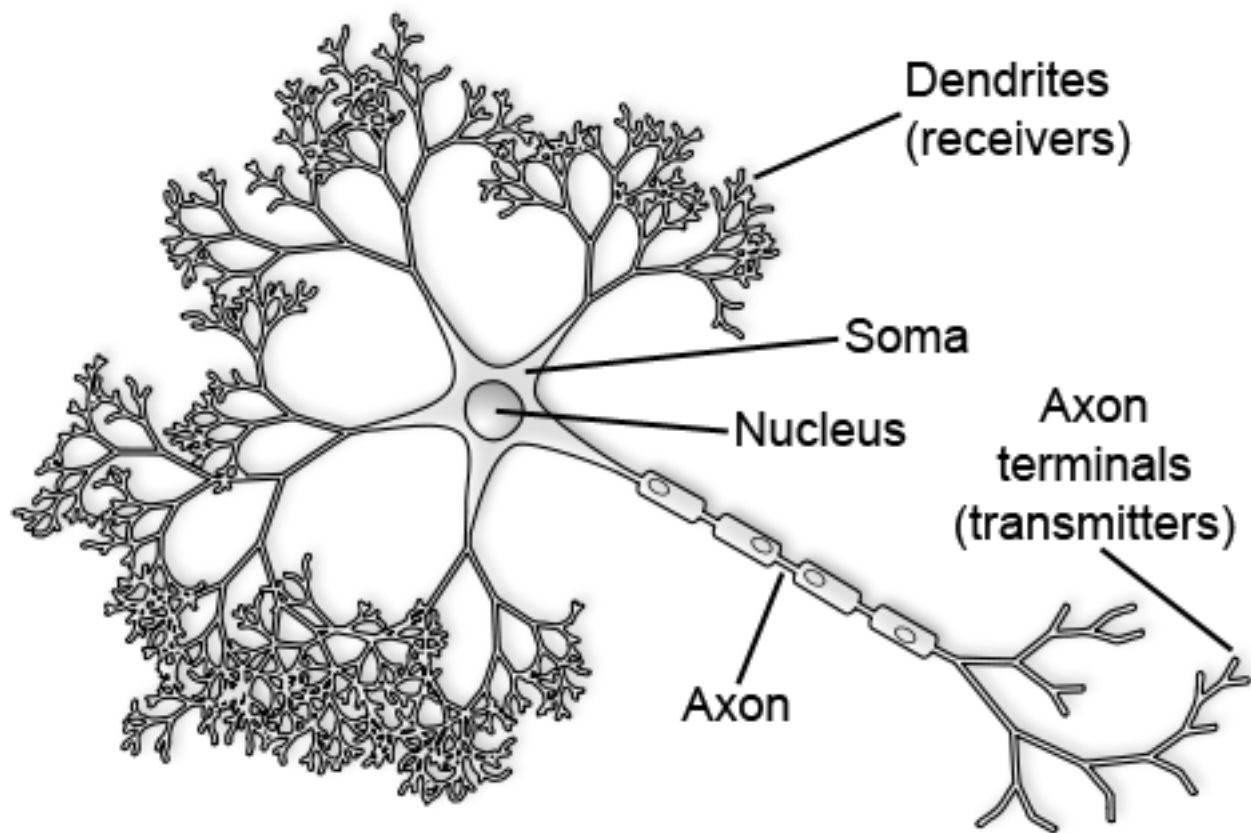
I dag jobbet jeg på modellen. Jeg har testet den på datasei og datatorsk. Den klarer å se forskjellen på dem med 100 % nøyaktighet. Jeg har enda ikke gjort ferdig modellen. Jeg må fortsatt trene hele modellen, så langt så har jeg gjort steg 1-4, jeg har steg 5-6 igjen. Den neste delen av oppgaven blir å bruke modellen til objekt deteksjon og tracking i en film, slik jeg gjorde med YOLOv3



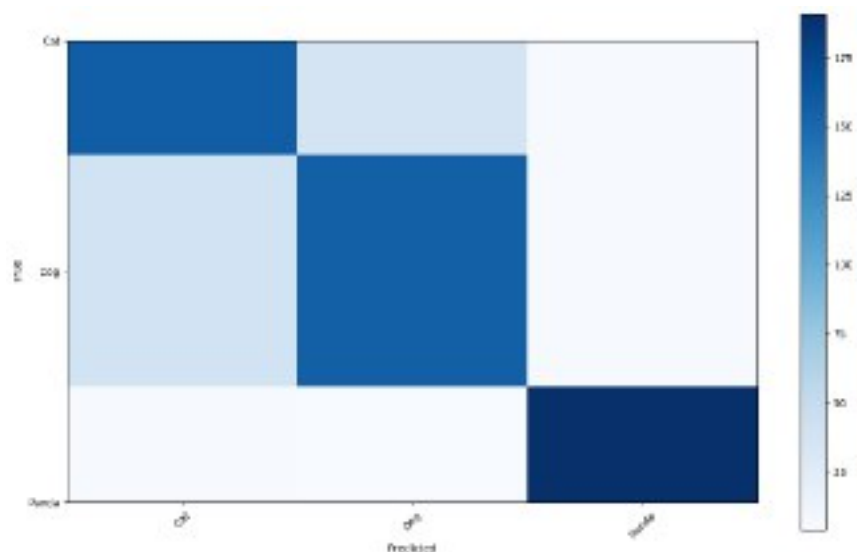
Figur 6: Figuren over viser decision boundary. Det er dette ML handler om, å lage denne funksjonen som skiller dataen i to grupper, her binært til gruppe 0 og 1.



Figur 7: Den biologiske inspirasjonen for cnn.



Figur 8: *Neuron*



Figur 9: Forvirringsmatrise.  $n \times n$ . Den vil vise falske positive, sanne positive, falske negative og sanne negative for hver klasse. Om denne cnn-en var for å detektere brystkreft, og positivt sykdom betyr at en kvinne har brystkreft, så hadde falske positive vært ganske dårlig, og falske negative vært katastrofalt. En modell som, for eksempel, sier negativ hele tiden vil være 95 % riktig, da brystkreft skjer sjeldent (i 5 % av tilfellene, i dette tilfellet). Bias er farlig, det er viktig å balansere dataen sendt til en modell. Like mye data per klasse.

modellen tidligere.

Jeg skal lage et nytt datasett med ekte torsk og sei.

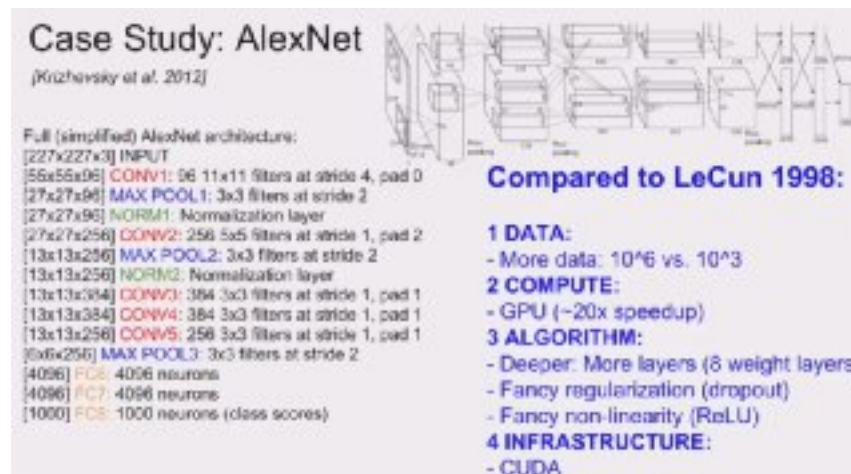
I dag implementerte jeg step-wise learning decay til modellen i et forsøk på å få bedre nøyaktighet. En modell skal ha høy learning rate i begynnelsen, så skal den bli mindre for å nå bunnen av læringskurven.

Videre, å detektere fisk med maskinsyn har blitt gjort før. Det er mye bra som er skrevet om dette.

Vi diskuterte hva som har gjort deep learning så populært den siste tiden. Her er nye fremskritt de siste 10 årene som har gjort deep learning populært (LeNet vs AlexNet, Andrej Karpathy 2020)

Jeg har fått til YOLOv3 nå. Den går mye raskere enn RetinaNet, og kan gå i sanntid med en Nvidia GPU, slik som en 2070 gtx (regner jeg med).

Jeg har brukt dagen på å se på tracking. Den må tracke flere objekter, det betyr flere trackere. En tracker krever ganske mye fra CPU-en. Det gjør programmet saktere. Men de kan multithreades. Jeg har enda ikke klart å gjøre alle fiskene som blir detektert til noe som trackes. Tracking skal være raskere enn objekt-



Figur 10: Vi diskuterte hva som har gjort deep learning så populært den siste tiden. Her er nye fremskritt de siste 10 årene som har gjort deep learning populært (LeNet vs AlexNet, Andrej Karpathy 2020)

deteksjon. Jeg kan gjøre deteksjon sjeldnere enn tracking, slik at programmet går raskere. Men det må fortsatt testes. Deteksjon må uansett skje med jevne mellomrom, da nye kommer stadig inn i i bildet.

Jeg har laget flere masks for segmentering, som blir et siste eksperiment, etter YOLOv3 er trent opp på sei og tracking er blitt eksperimentert med.

Jeg snakket med Nofima i dag. Jeg forklarte arbeidet som jeg har gjort. Vi ble enige om å se litt mer på tracking, jeg forklarte at deteksjon uten tracking vil nok virke like bra.

I dag lastet jeg opp releases av app på github. Stein-Kato har tilgang til prosjektet nå. Jeg håper han får brukt arbeidet.

Jeg har begynt å se på segmentering. Jeg håper å bli med på to kaggle konkurranser i løpet av måneden. Jeg har begynt å tenke mer på rapporten, skrivingen får nesten begynne for fullt nå, så stiller jeg bedre forberedt til BO-seminaret den 30. April.

### 3.0.2 Maskinlæring

Machine Learning: Learning from data

Data is king.

Data collection, annotation, preparation etc.

Data  $\hookrightarrow$  Algorithm  $\hookrightarrow$  Training  $\hookrightarrow$  Evaluation  $\hookrightarrow$  Deployment  $\hookrightarrow$  Predictions

Gather data from every legal source possible (public data sets, purchase data, collect data, synthesize data (super powerful))

Manually check data Look for biases Look for insights Clean up

Iterative: Partition data 60 (training)/20 (testing accuracy training)/20 (test)

Model / Algorithm

Image classification Object detection Segmentation

Constraints

Experimentation (test multiple viable models)

Training

Data augmentation Training parameter (optimizer, rate etc.) Visualisation (check if it is going correctly)

Evaluation

Test. Check model size, speed and ACCURACY

Deployment

Optimizations, deploy, feedback (know when it went badly, check failed images)

### 3.0.3 Neural networks

Classification (Supervised learning)

Separating data into groups

Binary classification (two groups) (Sigmoid activation is used)

Multiclass classification (Activation: Softmax) (Loss function: Cross entropy loss)

Regression (Activation: Linear) (Loss function: MSE loss)

Decision boundary separates the groups by the decision function

Training is learning the decision function

Deciding decision function is called training

Data is on a plane (2D) or a hyperplane (higher dimensions)

Input layer  $i$  Hidden layer (can be many layers)  $j$  output

Each layer (node) in a nn is a neuron or perceptron

Perceptron: Calculate weighted sum of inputs and add bias. Then apply activation function (non-linear)



Every layer looks for a pattern found in the previous layer. If it is found, it fires up”

An example of an activation function is ReLU (Rectified Linear Unit)

Another example is the sigmoid function, and tanh

An activation function creates non-linearity

The number of hidden layers is called the networks depth (depth = 2 is typical for simple problems)

Loss functions

Classification outputs a category (class)

Regression outputs numerical values (or a vector of numerical values)

Many problems are optimization problems in ML, either to minimize or maximize a value of a function

These functions are called the objective function

When finding the minimum, it is called a loss, or cost, function

$e = y - \hat{y}$  (error is ground truth minus model output)

An error,  $L$ , can be considered either a square (MSE, most common) or an absolute number (MAE, when data has many outliers)

Single layer perceptron kan løse lineære problemer

Ved å gjøre feature engineering så kan ikke-lineære problemer løses

Deep learning gjør at en kan løse lineære problemer om en bruker ikke-lineær aktivisering. ReLU konvergerer raskt.

- 3.0.4 Maskinsyn med OpenCV
- 3.0.5 Video med undervannskamera fra merdene
- 3.0.6 Analysere video
- 3.0.7 Deep Learning med OpenCV
- 3.0.8 PyTorch
- 3.0.9 Segmentere ut fisk
- 3.0.10 Object Detection med OpenCV
- 3.0.11 Object Tracking med OpenCV
- 3.0.12 Klassifisere hver fisk etter art
- 3.0.13 Registrere antall individer av hver art fortløpende
- 3.1 Praktisk gjennomføring
  - 3.1.1 Programvareutvikling med maskinlæring implementert i C++
  - 3.1.2 Videostrøm fra merdene
- 3.2 Resultater
- 3.3 Diskusjon
- 3.4 Konklusjon
- 3.5 Referanseliste

## 4 Metode

## 5 Analyse

## 6 Drøfting

## 7 Avslutning

## Referanser

- [1] Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, og Geoffrey E. Hinton. *ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks*. University of Toronto, 2012.
- [2] D. Sculley, Gary Holt, Daniel Golovin, Eugene Davydov, Todd Phillips, Dietmar Ebner, Vinay Chaudhary, Michael Young, Jean-Francois Crespo, og Dan Dennison. *Hidden Technical Debt in Machine Learning Systems*. Google Inc., 2015.
- [3] Alfredo Canziani, Eugenio Culurciello, og Adam Paszke. *AN ANALYSIS OF DEEP NEURAL NETWORK MODELS FOR PRACTICAL APPLICATIONS*. Weldon School of Biomedical Engineering Purdue University, Faculty of Mathematics, Informatics and Mechanics University of Warsaw, 2017.
- [4] Shoaib Ahmed Siddiqui, Faisal Shafait, Ajmal Saeed Mian, og Mark R Shortis. *Automatic fish species classification in underwater videos: Exploiting pre-trained deep neural network models to compensate for limited labelled data*. ICES Journal of Marine Science, 2017.
- [5] Sergey Ioffe, og Christian Szegedy. *Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift*. Google Inc, 2015.
- [6] D. H. HUBEL\*, og T. N. WIESEL. *RECEPTIVE FIELDS OF SINGLE NEURONES IN THE CAT'S STRIATE CORTEX*. Wilmer Institute, The Johns Hopkins Hospital and University, Baltimore, Maryland, U.S.A., 1959.
- [7] Tsung-Yi Lin Michael Maire Serge Belongie Lubomir Bourdev Ross Girshick James Hays Pietro Perona Deva Ramanan C. Lawrence Zitnick Piotr Dollár. *Microsoft COCO: Common Objects in Context*. Microsoft, 2015.
- [8] Wenwei Xu, og Shari Matzner. *Underwater Fish Detection using Deep Learning for Water Power Applications*. Pacific Northwest National Laboratory, 2018.
- [9] C. E. SHANNON. *A Mathematical Theory of Communication*. Bell Labs, 1948.
- [10] Jonas Jäger, Erik Rodner, Joachim Denzler, Viviane Wolff1, og Klaus Fricke-Neuderth. *SeaCLEF 2016: Object proposal classification for fish detection in underwater videos*. Department of Electrical Engineering and Information Technology, Fulda University of Applied Sciences, Germany, Computer Vision Group, Friedrich Schiller University Jena, Germany, 2016.
- [11] Ahmad Salman, Shoaib Ahmad Siddiqui, Faisal Shafait, Ajmal Mian, Mark R. Shortis, Khawar Khurshid, Adrian Ulges, og Ulrich Schwanecke. *Automatic fish detection in underwater videos by a deep neural network-based hybrid motion learning system*. ICES Journal of Marine Science, 2019.

- [12] Suxia Cui , Yu Zhou, Yonghui Wang, og Lujun Zhai. *Fish Detection Using Deep Learning*. Applied Computational Intelligence and Soft Computing, 2020.
- [13] Christian Szegedy, Wei Liu, Yangqing Jia, Pierre Sermanet, Scott Reed, Dragomir Anguelov, Dumitru Erhan, Vincent Vanhoucke, og Andrew Rabinovich. *Going deeper with convolutions*. Google Inc., University of Michigan, University of North Carolina, Chapel Hill, arXiv, 2014.
- [14] Yann LeCun, Léon Bottou, Yoshua Bengio, og Patrick Haner. *Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition*. IEEE, 1998.
- [15] Vincent Dumoulin, og Francesco Visin. *A guide to convolution arithmetic for deep learning*. MILA, Université de Montréal, AIRLab, Politecnico di Milano, 2018.
- [16] Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, og Jian Sun. *Deep Residual Learning for Image Recognition*. Microsoft Research, 2015.
- [17] Karen Simonyan, og Andrew Zisserman. *VERY DEEP CONVOLUTIONAL NETWORKS FOR LARGE-SCALE IMAGE RECOGNITION*. Visual Geometry Group, Department of Engineering Science, University of Oxford, 2015.
- [18] Andrej Karpathy. *What I learned from competing against a ConvNet on ImageNet*. Andrej Karpathy blog, 2014.
- [19] Jamie Shotton, Matthew Johnson, og Roberto Cipolla. *Semantic Texton Forests for Image Categorization and Segmentation*. Toshiba Corporate R&D Center Kawasaki, Japan, Department of Engineering University of Cambridge, UK, 2008.
- [20] Jeffrey Dean, Greg S. Corrado, Rajat Monga, Kai Chen, Matthieu Devin, Quoc V. Le, Mark Z. Mao, Marc’Aurelio Ranzato, Andrew Senior, Paul Tucker, Ke Yang, og Andrew Y. Ng. *Large Scale Distributed Deep Networks*. Google Inc., Mountain View, CA, 1993.
- [21] Charles F. Cadieu, Ha Hong, Daniel L. K. Yamins, Nicolas Pinto, Diego Ardila, Ethan A. Solomon, Najib J. Majaj, og James J. DiCarlo. *Deep Neural Networks Rival the Representation of Primate IT Cortex for Core Visual Object Recognition*. PLOS Computational Biology, 2014.
- [22] Justin Johnson, Andrej Karpathy, og Li Fei-Fei. *DenseCap: Fully Convolutional Localization Networks for Dense Captioning*. Department of Computer Science, Stanford University, 2015.
- [23] Michel Goossens, Frank Mittelbach, and Alexander Samarin. *The L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X Companion*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1993.
- [24] Ross Girshick. *Fast R-CNN*. Microsoft Research, 2015.



- [25] Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick, og Jian Sun *Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks*. University of Science and Technology of China, Microsoft Research, 2016.
- [26] Ross Girshick, Jeff Donahue, Trevor Darrell, og Jitendra Malik. *Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation*. UC Berkeley, 2014.
- [27] Tsung-Yi Lin, Priya Goyal, Ross Girshick, Kaiming He, Piotr Dollár. *Focal Loss for Dense Object Detection* Facebook AI Research, 2018.
- [28] Gao Huang, Yu Sun, Zhuang Liu, Daniel Sedra, og Kilian Q. Weinberger. *Deep Networks with Stochastic Depth*. Cornell University, Tsinghua University, 2016.
- [29] Michael Ying Yang, og Wolfgang Förstner. *A Hierarchical Conditional Random Field Model for Labeling and Classifying Images of Man-made Scenes*. Department of Photogrammetry, Institute of Geodesy and Geoinformation, University of Bonn Nussallee 15, 53115 Bonn, Germany, 2011.
- [30] Joseph Redmon. *Darknet: Open Source Neural Networks in C*. <http://pjreddie.com/darknet/>, 2013-2016.
- [31] Joseph Redmon. *YOLOv3: An Incremental Improvement*. arXiv, 2018.
- [32] Roy Robertsen. *Sameksistens av marine næringer i kystsonen*. Nofima, <https://nofima.no/prosjekt/sameksistens>, 2020.
- [33] Jon Eirik Olsen. *Ny oppmerksomhet rundt "pellets-fisken"*. fiskeribladet, <https://fiskeribladet.no/nyheter/?artikkel=69867>, 2019. (hentet 24. April 2020)
- [34] Kjartan Trana, Dan Henrik Klausen, og Jon Bolstad *Denne torsken er full av fôr fra oppdrettsnæringa*. NRK, <https://www.nrk.no/trondelag/fiskere-har-solgt-torsk-som-er-full-av-lakselusmiddel--vet-ikke-om-det-er-farlig-1.14742706>, 2019. (hentet 24. April 2020)
- [35] Amalie Nygård Jakobsen *Fikk torsk full av oppdrettsfôr: – Motbydelig fisk*. NRK, <https://www.nrk.no/tromsogfinnmark/fikk-torsk-full-av-oppdrettsfor--motbydelig-fisk-1.13662637>, 2017. (hentet 24. April 2020)
- [36] Bjørn-Steinar Sæther. *Effekter av oppdrett på vill marin fisk*. Nofima, <https://nofima.no/nyhet/2017/09/effekter-av-oppdrett-pa-vill-marin-fisk/>, 2017. (hentet 24. April 2020)
- [37] Elise Angell, og Anders Ekanger. *Fekk fisk med magen full av oppdrettsfôr*. NRK, <https://www.nrk.no/vestland/fekk-fisk-med-magen-full-av-oppdrettsfor-1.13677856>, 2017. (hentet 24. April 2020)

- [38] Ole-Christian Olsen, John Inge Johansen, og Benedikte Grov.  
*Villfisk mettes av oppdrettsmat: – Jeg blir rett og slett forbanna.*  
NRK, [https://www.nrk.no/nordland/villfisk-mettes-av-oppdrettsmat\\_-\\_-jeg-blir-rett-og-slett-forbanna-1.14003547](https://www.nrk.no/nordland/villfisk-mettes-av-oppdrettsmat_-_-jeg-blir-rett-og-slett-forbanna-1.14003547), 2018. (hentet 24. April 2020)  
<https://www.nrk.no/trondelag/laks-har-romt-fra-marine-harvest-anlegg-i-naeroy-1.13902322>