

# Human AI Interaction

Individuell innlevering 3

*IN5480 - Høst 2018*

Madelen H. Ljunggren

**Mail:** [Madelehl@ifi.uio.no](mailto:Madelehl@ifi.uio.no)

## 1. Tre definisjoner av AI

**Definisjon 1:** Russel & Norvig (2016) definerer AI som studiet av agenter som mottar persepter fra miljøet, og utfører handlinger. De utdyper at hver slik agent har en implementert funksjon som kartlegger persept-sekvenser til handling. Som med andre ord kan bety at agentene handler basert på det de oppfatter rundt seg.

**Definisjon 2:** Luger (2005, s.1) definerer AI som den grenen av datavitenskap som omfatter automatisering av intelligent oppførsel.

**Definisjon 3:** Britannica (2018) definerer AI som en datamaskin sin evne til å utføre oppgaver ofte knyttet til intelligente vesener (beings). Som vil si at en datamaskin kan utføre oppgaver som vi ser for oss stiller krav til en viss intelligens.

### 1.1 Definisjoner av AI relative til diskusjoner i AI-kurset

I dette kurset har vi sett på det som kalles strong artificial intelligence, eller med andre ord ekte AI, som betyr at en hypotetisk maskin utfører atferd minst like dyktig og fleksibelt som mennesker gjør. Pensum viser til Noessel (2017, s.18) sin forklaring av AI, hvor han uttaler at slik AI vi ofte kan se i filmer faller inn under en av tre kategorier av strong artificial intelligence; enten *artificial super intelligence* (ASI), *artificial general intelligence* (AGI), *artificial narrow intelligence* (ANI).

**ASI:** Den første, og mest avanserte, kategorien av strong AI er ASI, og beskriver en AI med lagt mer avanserte evner enn mennesker, og langt utover det vi kan forestille oss. Vi kan i denne kontekst sammenligne hvordan en fugl sin intelligens er i forhold til mennesket sin intelligent på samme måte som menneskets intelligens er i forhold til ASI sin.

**AGI:** Den andre kategorien er AGI, og er kalt dette fordi den viser en generell eller abstrakt problemløsning evne som ligner på menneskelig intelligens.

**ANI:** Den tredje kategorien er ANI. Dette er en mer begrenset AI som kan være helt fantastisk for å søke i en massiv database bestående av titalls millioner av sanger etter en ny sang, men fortsatt er den ikke i stand til å spille spillet tic-tac-toe. Intelligensen disse systemene viser kan ikke generaliseres, som vil si at den kan ikke bruke “det den vet” til nye kategorier av problemer. Dette er AIen som er i verden i dag.

Alt i alt vil jeg si at Noessel (2017) gir en litt annen vinkling, og går mer i dybden av ulike, i sin definisjon av AI sammenlignet med for eksempel Russel & Norvig (2016).

## **2. Tre definisjoner av robotikk**

**Definisjon 1:** Bruno & Oussama (2016) sin definisjon av robotikk baserer seg på definisjonen av robotikk fra 1980-tallet, som sier at robotikk er den vitenskapen som studerer intelligente forbindelser mellom oppfatning og handling. Bruno & Oussama tolker dette som at handlingene til et robotsystem er overlatt til et type "lokomotiv apparat" som gjør at den kan bevege seg rundt i miljøet (hjul, ben, propeller etc.), samt et manipuleringsapparat som gjør at den kan operere med gjenstander i miljøet (armer, kunstige hender etc.).

**Definisjon 2:** Nettsiden Oxforddictionaries (n.d) definerer robotikk som den delen av teknologi som omhandler design, konstruksjon, drift og bruk av roboter.

**Definisjon 3:** WhatIs (2005) sin definisjon sier at robotikk er en gren av ingeniørfag som involverer utforming, design, produksjon og drift av roboter, og at feltet overlapper blant annet med elektronikk, datavitenskap og AI.

## **3. Tre definisjoner av maskinlæring**

**Definisjon 1:** Hosch (2018) definerer ML i AI som en disiplin opptatt av implementeringen av dataprogramvare som kan lære autonomt.

**Definisjon 2:** ML er en del av kunstig intelligens som gir systemer muligheten til å automatisk lære og forbedre basert på erfaring, som vil si uten at det eksplisitt er programmert. (Expert System, 2018)

**Definisjon 3:** Sinnott (2018) definerer ML som et element av AI, og kanskje selve drivkraften til AI, hvor en datamaskin er programmert med evnen til selvundervisning og å forbedre utførelsen av spesifikke oppgaver. I hovedsak handler ML om å analysere data og bruke det til å lage prediksjoner, hvor den lærer basert på om prediksjonene var riktige eller feil.

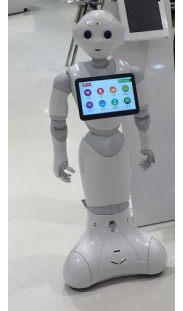
### **3.1 Definisjoner av maskinlæring relative til diskusjoner av maskinlæring i AI-kurset**

Noessel (2017, s. 20) definerer Machine Learning som evnen til å raffinere prediktive modeller ettersom økende erfaring og ny sanntidsinformasjon kommer inn. Han sier det viktigste rundt ML er å forstå at programvare kan bli programmert til å gjøre seg selv bedre på det den gjør over tid, og at dette bidrar til at AI tilpasser seg en persons atferd, og også blir bedre over tid. Jeg vil si at denne

definisjonen minner litt om Sinnott (2018) sin definisjon av ML. Begge fokuserer på dens relasjon til AI, og hvordan den kan hjelpe AI med evnen til selvundervisning.

#### **4. Forholdet mellom AI og robotikk**

Min oppfatning av AI er at det omhandler hvordan datamaskiner kan utvikles til å ha intelligent oppførsel. Jeg ser på robotikk som utvikling av roboter, alt fra ide og design til utvikling. Mine tanker rundt forholdet mellom disiplinene AI og robotikk er at de kan fint kombineres, og at de kanskje overlapper litt, hvor man for eksempel kan utvikle en type robot som har intelligent atferd. Et eksempel på en slik robot er Pepper →



#### **5. Min definisjon av AI**

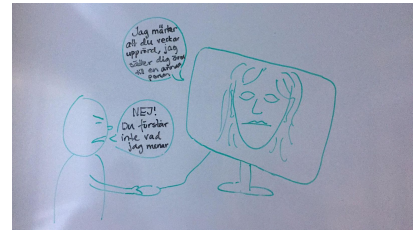
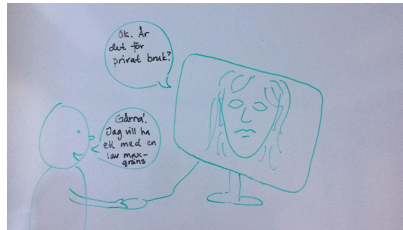
Jeg ser på AI som den teknologien som gjør det mulig for datamaskiner å være i stand til å løse samme type “tanke-oppgaver” som det den menneskelige hjernen kan gjøre. Min oppfatning er at AI tar sikte på å lage noe som kan tenke som et menneske.

##### **5.1 Forholdet mellom AI og ML**

Som sagt betyr AI at maskiner kan utføre oppgaver på en måte som er “intelligent”. Disse maskinene er ikke bare programmert til å gjøre enkle og gjentakende, oppgaver, men de kan tilpasse seg til ulike situasjoner. Machine Learning (ML) er teknisk sett en gren av AI, men det er mye mer spesifikt enn det overordnede konseptet AI. ML er basert på ideen om at vi kan bygge maskiner til å prosessere data og lære på egen hånd, uten å få konstant tilsyn av mennesker (Forbes, 2018). Så ML er mer fokusert på at maskinen skal klare å lære å utføre oppgaver selv, mens AI fokuserer på hvordan en maskin kan imitere menneskelige kognitive prosesser.

#### **6. En tegning av interaksjon med AI - noe jeg forestiller meg**

Tegningen illustrerer en person som ringer til banken med skype for å bestille et kredittkort. Banken har implementert en chatbot avatar som tar skype samtalen. Avataren kan gjennom samtalen registrere om kunden er fornøyd eller misfornøyd ut i fra ansiktsuttrykk, tonefall og valg av ord. Hvis kunden viser misnøye settes den over til en menneskelig kundebehandler.



## 6. 1 Oppsummering av nøkkel karakteristikk for interaksjonsdesign rundt AI-baserte systemet (utfordringer, prinsipper og trender)

Følstad (2018) foreslår at AI-baserte interaktive systemer typisk er satt opp slik at det lærer og forbedrer seg basert på store datasett, og innsamling av ny data. Følstad (2018) viser til tre prinsipper man burde tenke på når man designer AI-baserte interaktive systemer, i tråd med denne uttalelsen; *lære, forbedre* og *drevet av store datasett*. Prinsippet *lære* handler om å forklare den dynamiske karakteren i systemet. Systemer må være dynamiske og forberedt på endringer, samt være i stand til å lære fra dette. Prinsippet *forbedre* handler om å lære fra feil. Feil er umulig å unngå, og noe systemet kan lære av. Det siste prinsippet, *drevet av store datasett*, handler om at man “mater” systemet med nye data, for å så få brukerne til å dra nytte av dataene. Brukerne må få noe tilbake for å dele data. Selve datainnsamlingen foregår gjennom interaksjonen med systemet.

### Tegning av et brukergrensesnitt som illustrerer en eller flere av disse karakteristikkene

Jeg har valgt å illustrere et eksempel innen prinsippet “lære”. Følstad (2018) mener man skal vise systemets evner for brukeren som skal interagere med systemet. Vi må sette riktige forventninger, og ikke legge opp til at brukerne, ved å interagere med systemet, får urealistiske forventninger.

Diagrammer under illustrerer et flytdiagram for en chatbot-samtale, som blant annet innebærer en feilmelding som forklarer brukeren av systemet at den ikke har lært seg å svare på spørsmålet den har fått, men at den kan hjelpe brukeren med spørsmål innen gitte kategorier.



## 7. Ulike perspektiver adressert i artikkelen "On the Subject of Objects: Four Views on Object Perception and Tool Use" av Susi & Ziemke.

Hva gjør at vi ser på objekter som verktøy med en spesifikk funksjonalitet? Artikkelen ser på fire ulike teorier om forholdet mellom subjekt og objekt. Objektene i fokus her er hovedsaklig artefakter og verktøy. Til tross for at teoriene ser på samme fenomen, skiller de seg fra hverandre ved noen aspekter, og gir noe ulike perspektiver på problemet.

### **Functional tone (von Uexkull)**

*Hvordan vet vi hva ting er for?* Uexkull mener at hvis vi ser på subjekt-objekt interaksjonen så krever objektet det han kaller *functional tone*, som er at vi konstruerer vårt eget subjektive univers, hvor objektet forandrer seg når den for et forhold til subjektet. Objektet transformeres til perseptuelle hint eller bilder med en functional tone. Subjektet gjør opp seg en mening om objektet, og vi kan alle ha ulike forhold til objektet. For eksempel så kan jeg se på steiner (objektet) i veien som noe som støtter meg når jeg går, men også bruke samme steiner for å jage bort fugler i hagen. Egenskapene til objektet endrer seg ikke, objektet er det samme, men egenskapene til objektet er perseptuelle hint, og det kan gi forskjellig meninger.

### **Equipment (Heidegger)**

Heidegger viser et ganske likt perspektiv som Uexkull, han fokuserer på ideen om at det er noe mentalt (intensjoner, representasjoner etc.) som utgjør forholdet mellom subjektet og objektet. Et sterkt aspekt ved Heideggers teori er at objekter ikke kan bli sett på isolert, objektet er alltid involvert med andre verktøy, og de kan ikke defineres i form av objektive, kontekstfrie egenskaper. Subjekt og objekt kan heller ikke bli sett på som separate enheter fordi det foreligger et gjensidig forhold mellom de. Måten et verktøyet blir oppfattet på er avhengig av subjektets pågående aktivitet, hvor objektet får sin betydning i den konteksten den er i.

### **Affordance (Gibson)**

Gibson hevder at det er en sammenheng mellom det motoriske og perseptuelle systemet, og at vi tar i bruk omgivelsene på den måten som vi oppfatter dem. Han presenterer konseptet *affordance*, som er de funksjonene et element i landskapet kan tilby individet. Når man oppfatter elementer i landskapet, oppfatter vi hva de kan tilby av funksjoner. For eksempel slik som barn kan oppfatte et tre i landskapet med hensiktsmessig grensesetting som et objekt som gir mulighet for å klatre.

## Entry point (Kirsh)

Kirsh introduserer konseptet *entry points* som brukes som en måte å oppnå kognitive affordances. Entry points inviterer oss til å gjøre noe. Kirsh definerer det som en struktur eller et hint som representerer en invitasjon til å gå inn i et informasjonsrom eller kontoroppgave. Slike hint på kontorer kan være mapper, planner, ark etc. Det folk gjør er at de lager en samling av entry points som forklarer dem hva som skjer, hva som må gjøres i løpet av dagen etc. Entry point kolleksjoner er personlige, slik som hvor mange man trenger, og hva slags type. Strukturen gitt av entry points reduserer kognitive krav, og hjelper mennesker med å forbedre deres ytelse. Entry points kan være objektive (bruker-uavhengig) eller subjektive (bruker-avhengig).

## 8. Mer detaljert beskrivelse av perspektivet *Affordances*

Affordances referer til relasjoner og ikke egenskaper, det er relasjoner mellom fysiske objekter og et subjekt. Afford står for råd eller "gir et hint". Vi oppfatter hint i landskapet som indikerer muligheter for handling, slik som for eksempel at vi kan se knapper vi kan trykke på, eller håndtak vi kan dra i.

I interaksjonsdesign sammenheng handler kanskje affordance om å utforme, for eksempel knapper, slik at man enkelt skjønner hvordan de skal opereres. At brukeren forstår hvordan den skal brukes, kun ved å se. Gibson foreslår at informasjonen om landskapet blir tilgjengeliggjort gjennom oppfattede mønstre som reflekteres fra overflaten. Affordances er derfor objektive eiendommer i landskapet, objektive på den måte at de er uforandret og alltid der for å oppfattes.

## 9. Oppsummering og tanker rundt valgfri artikkel fra modul 1: *Interactive robots as social partners and peer tutors for children: A field trial.* (Kanda et al, 2004)

Artikkelen undersøker om roboter kan danne forhold til barn, og om barn kan lære av roboter på lik linje som de lærer fra andre barn. Denne ideen ble studert på en japansk grunnskole, hvor elever interagerer med to roboter satt i deres klasserom. Robotene skulle lære elevene å snakke engelsk, hvor elevene derfor ble gitt en engelsk test før de hadde møtt robotene, og en test etter de hadde integrert med robotene over en periode på 17 uker. Testene ble utført for å se om de hadde lært noe av robotene.

Resultatet tyder på at roboten faktisk oppmuntret/motiverte noen barn til å forbedre engelsken, spesielt de elevene som allerede kunne litt engelsk fra før av. Noen av elevene utviklet sosiale forhold til robotene, og Kanda et al. (2004) viser til at disse funnene støtter argumenter basert på tidligere



litteratur om *similarity* og *common ground*; som foreslår at roboter burde bli designet til å ha like attributter og kunnskap som de som skal interagerer med den, og at dette er faktorer som kan være med på å legge til rette for sosiale relasjoner.

Artikkelen støtter også argumenter om at roboter sin påvirkning på individer endres over tid, og at derfor må studere langsiktig interaksjoner for å lære om hvordan vi kan skape effektive robot-partnere. Studiet viser at innvirkningen roboten hadde på elevene ikke viste seg før uke nummer 2. Denne artikkelen presenterer mange interessante funn rundt HRI, men jeg får desverre ikke presentert alle her.

## **10. Valgfri film som adresserer og fremstiller interaksjon med AI: I, Robot (2004)**

Filmen *i, robot* fra 2004 illustrerer en fremtidsverden der menneskelignende roboter er en del av befolkningen. Filmen handler om en robot som har gjort en forbrytelse som fører til en trussel for menneskeheten.

I 1942 introdusere Isaac Asimov “Three Laws of Robotics”:

1. *A robot may not injure a human being or, through inaction, allow a human being to come to harm.*
2. *A robot must obey the orders given it by human beings except where such orders would conflict with the First Law.*
3. *A robot must protect its own existence as long as such protection does not conflict with the First or Second Laws*

Filmen viser et tilfelle der de tre lovene ikke blir fulgt. Jeg vil si at filmen fremstiller AI, i form av en robot, som noe ukjent og truende når den ikke “adlyder” menneskene som har utviklet den. Dette antageligvis på grunn av dens kunstige intelligens.

## **11. Hvordan jeg forstår autonomi; både menneskelig autonomi og maskin autonomi.**

Jeg ser på menneskelig autonomi som at mennesket kan handle ut fra egen, fri vilje. Som vil si at en person er i stand til å ta egne valg eller utføre handlinger basert på sine egne verdier eller interesser. Slik som f.eks i helsetjenesten hvor vi må gi vårt samtykke for at de skal kunne bruke informasjon om oss. Jeg ser på maskin autonomi som at f.eks roboter har/utfører atferd eller oppgaver med en grad av autonomi. Dette vil si at de kan ta valg eller utføre handler selv basert på det de oppfatter. Valgene roboten tar er da ikke kontrollert av mennesket, og roboten trenger ikke hjelp for å ta valgene.

## **12. Når ble begrepet AI først brukt?**

Begrepet AI ble først brukt av John McCarthy i 1956 da han for første gang holdt den første akademiske konferansen om emnet. (Smith, 2006)



### **13. To spørsmål til artikkelen “What we talk about when we talk about context” av**

#### **Paul Dourish**

- 1) Hva mener Paul Dourish er en av hovedbetydning for allestedsnærværende databehandling (ubiquitous computing research)? og hvorfor?
- 2) Hva mener Paul Dourish med tilnærmingene *orderliness from without* og *orderliness from within*?

### **14. Et spørsmål til en artikkel i pensum:**

*Designing robots with movement in mind (Hoffman & Ju, 2014)*

Har du noen eksempler på hvilke problemer/utfordringer som kan komme til spille når vi designer roboter med evnen til å bevege seg rundt i det fysiske rom? og hva er Hoffman & Ju sine tanker rundt dette?

### **15. a) Les artikkelen: “Like Having a Really Bad Pa” av Luger & Sellen. Oppsumere med dine egne ord hva du har lært (interaksjonsdesign med dialogsystemer og AI-baserte systemer generelt)**

Luger & Sellen (2016) intervjuet 14 brukere av *conversational agents* (CA) for å forstå nåværende interaksjonelle faktorer som påvirker daglig bruk av CAer. Gjennom dette studiet fant de flere utfordringer/problemer ved hvordan enkelte designaspekter av CAer kan skape dårlig brukeropplevelse.

Blant annet fant de at forventningene brukerne hadde til CAene var langt fra de praktiske realiteter av bruk. Dette skyldtes brukernes forventninger til systemets intelligens, og svarer til det Norman beskriver som “*gulfs of execution and evaluation*”, forstått som graden systemrepresentasjonene kan bli oppfattet og dekodet til korrekte forventninger og intensjoner for bruk. “*The smaller the gulf, the more satisfying the user experience*”, og “*the small gulf*” blir oppnådd når systemet gir informasjon om sin tilstand på en måte som er enkel å forstå, tolke, og samsvarer med hvordan personen tenker om systemet.

Brukernes evne til å gi en nøyaktig vurdering av systemenes kapasitet varierende veldig. Brukere med kunnskap innen datavitenskap hadde utviklet en mental modell av systemkapasiteten, som gjorde det mindre sannsynlig at de forlot oppgaver. De uten teknisk kunnskap dro mer i en retning av menneske-til-menneske dialog med CAene, som ble illustrert gjennom bruk av naturlige setninger, og

søket etter en mer dagligdags dialog. Disse brukerne opplevde mer frustrasjon grunnet for høye forventninger til systemene. Det kom klart frem at fraværende hint til systemets kapasitet forvirret brukerne, og skapte dårligere brukeropplevelse.

**Humor skaper interaksjonelle løfter:** mange CAer bruker humor som en form for interaksjon.

Luger & Seller (2016) fant at humor påvirket brukernes forventninger til system intelligens ved at de forventet mer fra deres CAer når systemene brukte disse engasjerende mekanismene. Forfatterne foreslår at man burde revurdere den interaksjonelle løfter skapt av humoristisk engasjement, da dette skapte urealistiske forventninger hos brukerne. Kanskje vi isteden burde prøve å utforske hvordan slikt engasjement kan støtte brukere av slike intelligente systemer?

## **16. Beskriv med dine egne ord hvordan du forstår de ulike nivåene av automatisering.**

### **Hva er fordelene og ulempene i forhold til høyt/lavt nivå av automatisering?**

En av de første kategoriseringene av nivåer av automatisering (levels of automation, forkortet som LOA) ble foreslått av Sheridan & Verplank i 1978 (Beer et al., 2014). Det er en skala med 10 punkter som kategoriserer de høyere nivåer som å representere økt autonomi, og de lavere nivåer som redusert autonomi. Dette vil si at mennesket har en større rolle i de lavere nivåene enn de høyere, i de høyere nivåene er det fra liten grad involvering av mennesket til helt fraværende, da systemet handler fullt autonomt.

Sheridan & Verplank (1978) sin autonomi skala med 10 nivåer:

Level 1: Mennesker tar alle avgjørelser

Level 2: Datamaskin hjelper med å fremheve nøkkelinformasjon på skjerm, eller rydder bort irrelevant informasjon

Level 3: Systemet samler nøkkelinformasjon og integrerer

Level 4: Datamaskin hjelper med å gjøre hver handling som beskrevet

Level 5: Datamaskin utfører en oppgave, eller et sett med oppgaver gitt av mennesker.

Level 6: Datamaskin og mennesker genererer valgalternativer, mennesker bestemmer og utfører med støtte.

Level 7: Datamaskin genererer anbefalte alternativer

Level 8: Informerer mennesket hvis den blir spurt om å gjøre det

Level 9: Informerer mennesker kun hvis datamaskinen velger å gjøre det

Level 10: Datamaskinen handler autonomt, og ignorerer mennesket.

En fordel med automatiserte systemer er effektivisering. Systemer er i stand til å utføre og løse visse oppgaver raskere enn det mennesker er i stand til. Systemer kan være mer produktive enn mennesker, noe som kan redusere kostnader ved at man ikke trenger å gi lønn eller ansatte mennesker til å gjøre disse oppgavene. Andre fordeler inkluderer eliminering av menneskelige feil, da systemer er mer pålitelige enn mennesker.

En ulempe ved automatisering, i konteksten beskrevet ovenfor, kan være at mennesker som tidligere utførte disse oppgavene systemene nå har blitt arbeidsløse. Videre så vil jeg tenke meg at å implementere slik automatiserte systemer krever en viss grad av teknisk assistanse.

## Referanser

- Beer, J., Fisk, A., & Rogers, W. (2014). Toward a Framework for Levels of Robot Autonomy in Human-Robot Interaction. *Journal Of Human-Robot Interaction*, 3(2), 74. doi: 10.5898/jhri.3.2.beer
- Dourish, P. (2004). What we talk about when we talk about context. *Personal and Ubiquitous Computing*, 8(1), 19-30.
- Encyclopedia Britannica. (2018). artificial intelligence | Definition, Examples, and Applications. [online] Available at: <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence> [Accessed 28 Aug. 2018].
- Expertsystem.com. (2018). What is Machine Learning? A definition - Expert System. [online] Available at: <https://www.expertsystem.com/machine-learning-definition/> [Accessed 30 Aug. 2018].
- Hoffman, G. and Ju, W. (2014). Designing Robots With Movement in Mind. *Journal of Human-Robot Interaction*, 3(1), p.89.
- Kanda, Hirano, Eaton, & Ishiguro. (2004). Interactive Robots as Social Partners and Peer Tutors for Children: A Field Trial. *Human-Computer Interaction*, 19(1-2), 61-84.
- Luger, G. (2005). *Artificial intelligence : Structures and strategies for complex problem solving* (5th ed.). Harlow: Addison-Wesley.
- Luger, E., & Sellen, A. (2016). "Like Having a Really Bad PA": The Gulf between User Expectation and Experience of Conversational Agents. *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 5286-5297.
- Mills, T. (2018). Machine Learning Vs. Artificial Intelligence: How Are They Different?. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2018/07/11/machine-learning-vs-artificial-intelligence-how-are-they-different/#2b89964a3521>
- Noessel, C. (2017). *Designing agentive technology : Ai that works for people*. Brooklyn, New York.
- Russell, S., & Norvig, P. (2016). *Artificial intelligence : A modern approach* (3rd ed., Prentice Hall series in artificial intelligence). Boston: Pearson.
- Sheridan, Verplank, & Massachusetts Inst Of Tech Cambridge Man-Machine Systems Lab. (1978). *Human and Computer Control of Undersea Teleoperators*.
- Siciliano, Bruno ; Khatib, Oussama. (2016). *Springer Handbook of Robotics*. Cham: Springer International Publishing.

Sinnott, N. (2018). How Machine Learning Is Changing the World -- and Your Everyday Life. [online] Entrepreneur. Available at: <https://www.entrepreneur.com/article/312016> [Accessed 30 Aug. 2018].

Smith, C. (2006). The history of Artificial Intelligence. Chapter 1. Available at: <https://courses.cs.washington.edu/courses/csep590/06au/projects/history-ai.pdf> [Accessed 29 Aug. 2018].

Susi, T., Ziemke, T., 2005. On the Subject of Objects: Four Views on Object Perception and Tool Use. 13, 6–19. <https://doi.org/10.31269/triplec.v3i2.19>

WhatIs.com. (2018). What is robotics? - Definition from WhatIs.com. [online] Available at: <https://whatis.techtarget.com/definition/robotics> [Accessed 29 Aug. 2018].

William L. Hosch. (2018). Machine learning. *Britannica Online Academic Edition*, Encyclopædia Britannica, Inc.