Litteratur

[1] www.forbes.com/sites/robynshulman/2018/01/26/edtech-investments-rise-to-a-historical-9-5-billion-what-your-startup-needs-to-know/#68c0547e3a38.

[2] www.axios.com/a-harvard-professor-predicts-that-50-of-u-s-colleges-will-soon-be-bankrupt-2509721438.html.

[3] medium.com/futurepi/a-vision-for-education-and-its-immersive-a-i-driven-future-b5a9d34ce26d.

[4] Se en række eksempler her: www.techemergence.com/examples-of-artificial-intelligence-in-education/.

[5] ai100.stanford.edu/2016-report.

[6] www.pwc.com/gx/en/ceo-survey/2017/deep-dives/ceo-survey-global-talent.pdf.

[7] Joseph E. Aoun (2017) *Robot-Proof: Higher Education in the Age of Artificial Intelligence*, MIT Press.



Jeppe Dørup Olesen er forskningsattaché ved det danske innovations center i Silicon Valley.

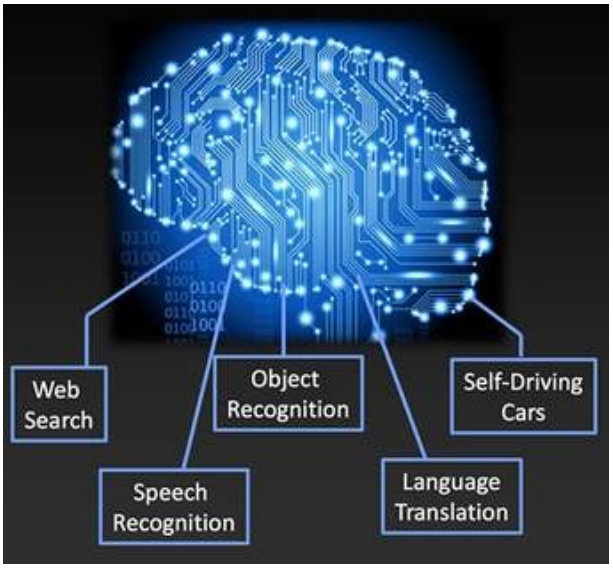
Kunstig intelligens, snart?

Af Henning Heiselberg, Security DTU

En fysikers syn på: hvad er kunstig intelligens, hvor langt er vi, og hvad venter os? Maskinintelligens og Google DeepMind buldrer uimodståeligt derudaf. Moores lov og de fleste eksperter forudsiger bred kunstig intelligens i dette århundrede og måske super AI.

Med kunstig intelligens (eller Artificial Intelligence, AI i det følgende) mener vi for det meste menneskelig intelligens – bare på en siliciumchip fremfor i biologisk materiale. AI findes ikke endnu, men vi arbejder stærkt derhen imod. Machine Learning er et godt stykke på vejen til AI. De er yderst nyttige og effektive selvlærende algoritmer, der de seneste år er udviklet til at løse et væld af opgaver og problemer. Maskinintelligens som Apples stemmegenkendelse Siri, Googles søgemaskiner, IBMs altvidende Watson, Microsofts Hanover til genkendelse af kræft, Tesla og Googles selvkørende biler, bankernes automatiske investeringsalgoritmer (som har ført til crash på aktiemarkedet), Amazons sociale trend-analyseprogrammer, osv. kalder de selv for AI.

Forskellen mellem kunstig/menneskelig intelligens og Machine Learning kan illustreres med vores Sudokuløsningsalgoritmer. Vi løser dem deduktivt ud fra reglerne ved brug af udelukkelsesmetoder. I Machine Learning lærer computeren selv at løse sudokuerne lynhurtigt ved smarte genkendelsesalgoritmer ud fra et større træningssæt og deres løsninger. Da den selv skal lære reglerne, er der ikke fuld garanti for, at løsningen er korrekt, men hvis træningssættet er stort, er det meget sandsynligt og i al fald meget hurtigere. Ved eftertanke bruger vi faktisk vores hjerne på samme måde for det meste. Vi indlærer træningssæt og genkeldelsesalgoritmer ved at vise børn billeder, ord, lyde, fx "En kat siger mjav", osv. Mange års skolegang er i den forstand Machine Learning. At tænke ud af boxen er derimod intelligens.



Figur 1. Hjernen er hovedsagelig et neuralt netværk til mønstergenkendelse.

1997 var et vendepunkt, da skakcomputeren Deep Blue bankede verdensmesteren i skak Gary Kasparov. Inden da ansås skak for at være højdepunktet for akademisk intellekt og den ultimative Turing test af AI. Bagefter indså man, at Deep Blue blot kunne spille skak. Den var en snæver, men på ingen måde bred AI. I alle andre sammenhænge var den "dum som et bræt", sagde vi med hånlig arrogance.

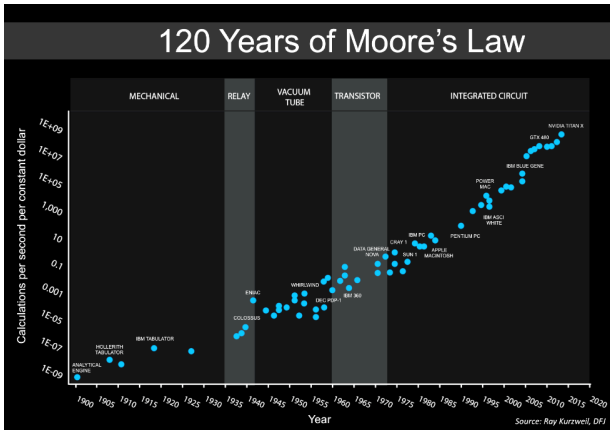
2017 var næste milepæl, da Google DeepMind generaliserede AlphaGos Machine Learning spillealgo-

ritmer til skak og andre spil. Denne nye selvlærende spillealgoritme hedder AlphaZero. Den havde skakreglerne som eneste input og blev sat til at spille mod en skakcomputer. I sin første time kludrede den håbløst rundt, men så begyndte den at lære spillet selv. Efter to timer kunne den banke menneskeheden, og efter fire timer lammetævede den selv den mest avancerede skakcomputer Stockfish8. Den havde vi ellers brugt tre årtier på at fodre med vores mest intelligente skakalgoritmer. AlphaZeros fire timers selvtræning skal sammenlignes med menneskets fire milliarder års biologiske evolution!

Mine kolleger på DTU Compute har for længst solgt deres sjæl til Machine Learning, Big Data Mining, Internet-of-Things, osv., og jeg forstår dem godt. Computere og software letter arbejdsbyrden, kværner gennem tonsvis af data, løser mange ting meget bedre, hurtigere og billigere end os. Fx kan Machine Learning-algoritmer lære sig selv at genkende hudkræft langt bedre end selv erfarne hudlæger. Der er et utal af nyttige eksempler, og vi har blot set begyndelsen. Vi er uimodståeligt fristet af bekvemmelighed, dovenskab og profit.

På mange områder overgår computere langt den menneskelige intelligens, omend de har ret i, at nutidens computer endnu er "dum som et bræt" sammenlignet med den brede menneskelige intelligens – softwaremæssigt. Hardwaren har faktisk for længst overgået menneskets hjerne i kapacitet (neuroner og synapser), processorkraft (operationer per sekund), og lager (memory). De påpeger samtidigt med stolthed, at Machine Learning-algoritmerne bliver mere og mere snedige, og det går stærkt. Facebook, Google og Amazon har forskningsbudgetter, der langt overgår danske universiteters samlede forskningsbudgetter inden for software og IT i det hele taget. Amazon har algoritmer, der analyser sociologiske samfundstrends og kan forudsige, hvilke bøger vi vil bestille længe før, at vi ved det selv. Facebook manipulerer os tilmed i "den rigtige retning". Nytten og dermed indtjeningen gør udviklingen i maskinintelligens ustoppelig.

Nu er min baggrund fysik, og her har vi lignende eksempler på, at forskerne ukritisk gribes af udviklingen. I Los Alamos fandtes nok den største samling af nobelpristagere – mange af mine helte. De udviklede dommedagsbomben, fordi de ville. Selv efter nazisternes kapitulation fortsatte de, og efter atombomben over Hiroshima fortsatte mange med brintbomben. Oppenheimer udtrykte dog visse moralske skrupler og blev derfor sat udenfor til sin store fortrydelse. Apropos dommedag er der en interessant fodnote: chefen for teoridivisionen, den store kernefysiker Hans Bethe, beregnede for en sikkerheds skyld, at atombomben ikke ville antænde atmosfæren og dermed kvæle alt liv på Jorden. Atombomben var nok en game-changer, men selv her kunne vi dog forudsige nogle af de umiddelbare konsekvenser. Vi har derimod ingen anelse om, hvad AI vil gøre ved menneskeheden: Dette irriterende, hurtigt formerende, hensynsløse, krigeriske, ressourceforbrugende, forurenende, klima- og planetødelæggende skadedyr.



Figur 2. Moores lov: eksponentiel vækst i transistorkapacitet , processorkraft , memory, mv.

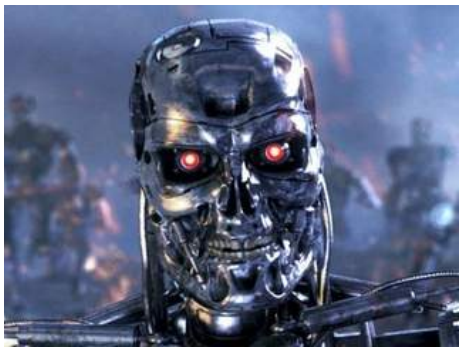
Hjerneforskere udi medicinsk neurovidenskab har fundet mange ligheder mellem hjernen og maskinintelligens. De elektrokemiske signaler mellem hjernecellerne i det komplekse neurale netværk i hjernen er kopieret i moderne maskinintelligens og kaldes af samme grund neurale netværk . Algoritmer til billedgenkendelse og læring ligner også hinanden. Nogle hjerneforskere mener dog, at bevidsthed kræver en dybere biologisk kompleks netværkskommunikation end dagens computere, og dermed at AI ikke kan opstå. Her ryger vi dog ind i en mere filosofisk diskussion af, hvad intelligens, bevidsthed og sjæl egentligt er. De er vanskelige at definere, hvad der jo typisk sker, når man bevæger sig uden for de eksakte videnskaber. Forsøg med elektroder på hjernen viser dog, at beslutningsprocesser let kan manipuleres med elektriske signaler, og at vi reelt ikke kan mærke forskel. Så er der nogen forskel? Vent og se.

Singulariteten er en slags dommedagsscenarium for maskinintelligens. Den blev først nævnt af computerens fader von Neumann (ifølge Stanislav Ulam, brintbombens fader). Singulariteten bygger på Intelgrundlæggeren Moores lov, at transistorkapaciteten fordobles hvert andet år. Tilsvarende vokser også CPU-processorkraft , RAM, internetbåndbredde , mv. Eksponentiel vækst kendes i mange sammenhænge, fx renters rente og inflation, befolkningseksplosioner, neutronspaltning i atombomber, etc.

Tæller man neuroner i hjernen og beregner processorkraft, finder man, at større computere for længst har overgået os. Ekstrapolerer man Moores lov, finder man, at en almindelig pc til 1000 dollars overgår hjernens processorkraft i 2023 og hele menneskeheden i 2047 ifølge Kurzweil. Han påpeger desuden, at væksten i processorkraft ikke flader ud, som forudset af teknologiske bagstræbere, men faktisk går hurtigere end eksponentiel . Moores lov er nu oppe på en fordobling hvert år. Ved overgang fra flade chips til 3D-chips forventes et kvantespring i processortæthed. Simpel matematik[1] viser, at sådanne ikke-lineære systemer leder til en singularitet. I fysikken ses tilsvarende singulariteter i tornadoer, hurricanes, sorte huller, big bang/crunch,

[1] $\frac{dx}{dt} = kx \rightarrow x \sim e^{kt}$; $\frac{dx}{dt} = kx^2 \rightarrow x \sim \frac{1}{t_{sing}-t}$

chirps fra gravitationelle bølger, når to neutronstjerner spirallerer mod hinanden, og mange andre situationer.



Figur 3. AI personificeres ofte som robotter, men AI har ikke hjernens begrænsning i rumfang på halvanden liter, som skyldes den trange fødselskanal.

Ved singulariteten vokser processorkraften mod (næsten) uendelig. Processorhastigheden i en computerchip er ti millioner gange hurtigere end signalhastigheden mellem hjernens neuroner. Hjernen har dog massiv parallel processering, hvor computere halter bagefter endnu. Hukommelsen er næsten ubegrænset, især hvis computeren går i skyen. Udviklingen rammer ikke lige et loft, som kaninerne gjorde i Australien. Denne invasive art ynglede bogstaveligt talt som kaniner, og antallet voksede eksponentielt, indtil det ramte ressourceloftet (og det hurtigt voksende antal af invasive ræve). Loftet for AI er derimod ufatteligt højt. Hvornår singulariteten rammes, vides ikke, måske allerede i dette århundrede. Hvad enten super-AI kommer ved singulariteten eller blot ved eksponentiel gradvis vækst, så vil den i alle tilfælde blive ufatteligt avanceret for en primitiv menneskelig hjerne.

Kvantecomputeren bringer nye ubekendte. De første qubits og kvanteberegninger af heltalsfaktorisering er lavet. Om 10-20 år kan vi koble os på kvantecomputere i skyen fra Microsoft, Apple, Google og andre. Ifølge partikelfysikeren Roger Penrose skyldes hjernens intelligens, at den grænser til kvanteinformation. Beviserne er dog svage, og flertallet tvivler. Hvad kvante-AI bringer, bliver dog spændende. Når vi på bjerget kaster os ud på den sorte pist med dødsforagt, er det fordi, vi har set andre overleve det – eller i værste fald tage med knogleekspressen hjem. Med AI er vi offpiste, og bjergskrænten kan vel være lodret med en lavine lurende bagved .

Techguruerne Elon Musk og Bill Gates, nyligt afdøde Stephen Hawkins samt AI-eksperter som Ray Kurzwell advarer, at AI vil overtage verden, og dommedag kan være nær. Vi ved reelt ikke, hvad AI bringer. Det kan være en fredelig og meget nyttig hjælp til menneskeheden som hidtil. Det kan blive til integrerede, biomekaniske organer og hjerneimplantater (cyborgs), hvor vores nylige afhængighed, mobiltelefonen, internettet og Google bliver tilsluttet hjernens elektrokemiske signaler. Super AI forventes at blive skabt i dette århundrede, men vi har ikke hjernekapaciteten til at forudsige, hvad der så sker. Til den tid er Arnold Schwarzenegger fortid, og vi skal nok ikke regne med, at han kommer fra fremtiden og redder os fra SkyNet.



Henning Heiselberg er PhD i fysik, BSc i matematik fra Aarhus Universitet. Tidligere lektor på Nordita, Staff Scientist på Lawrence Berkeley Laboratory, seniorforsker ved Forsvarets Forskningstjeneste og nu centerleder på Security DTU.

Nobelpriset i fysik 1932

Af Anders Bárány, Tomelilla

I forbindelse med artiklen i sidste nummer af KVANT om Werner Heisenberg skriver professor og tidligere sekretær for Nobelkomiteen for Fysik, Anders Bárány:

Det är rätt att Heisenberg mottog 1932 års Nobelpriset, men beslutet togs 1933, samtidigt med att man beslöt att belöna Schrödinger och Dirac med 1933 års pris. Så alla tre kom till Stockholm med nattåget från Köpenhamn (där de förstås hade träffat Bohr) på morgonen den 9 december 1933. Bilden nedan visar dem på Centralen, tillsammans med tre kvinnor.

Men vilka är kvinnorna? Det är Schrödingers hustru (nummer två från vänster) tillsammans med Heisenbergs mamma (längst till vänster) och Diracs mamma (nummer tre från vänster). Schrödinger var äldst och redan gift (med samma person hela livet) och hade just fått en sin första dotter (dock med en älskarinna) hemma i Dublin. Heisenberg och Dirac hade satsat allt på forskningen och inte ingått äktenskap ännu!



Foto: Nobelstiftelsen.

Vad jag vet är detta enda gången som fysikmammor dominerat över fysikhustrur vid Nobelceremonien!