

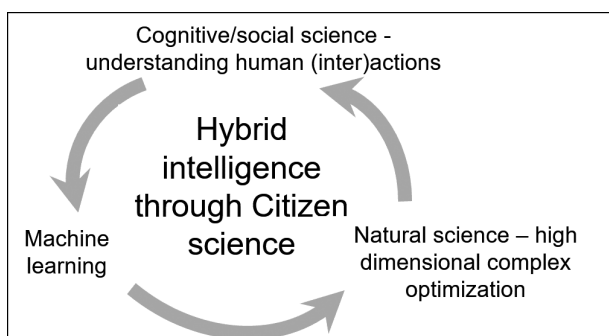
Er fremtidens forsker menneskelig eller kunstig intelligens?

Af Jacob Friis Sherson, Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet, og Carsten Bergenholtz, Institut for Virksomhedsledelse, School of Business and Social Sciences, Aarhus Universitet

Både i forskningens og den forretningsmæssige verden er der et intenst fokus på de muligheder, som kunstig intelligens indebærer. Mulighedernes verden synes at udvide sig år for år, og kunstig intelligens-algoritmer implementeres nu også i stor stil på kvantefysiske problemstillinger. Men hvad er grænserne for kunstig intelligens? Én kritisk vinkel fokuserer på, at kunstig intelligens-forskere ikke i tilstrækkelig grad forsøger at forstå og emulere menneskets særlige måder at løse komplekse problemer på. I forlængelse af dette perspektiv, udfolder vi i denne artikel vores citizen science-tilgang, hvor tusinder af almindelige borgere løser komplekse problemer via særligt designede spil. Vores analyser viser, at deres løsninger kvalitetsmæssigt er på niveau med fysikernes numeriske algoritmer, samtidig med at de komplementerer den kunstige intelligens ved at udvide en anden form for søgeadfærd. Dette arbejde peger mod udviklingen af en fremtidig hybrid intelligens, der kombinerer menneskers evolutionært betingede evne til at navigere komplekse problemer med algoritmers evne til at processere store datamængder.

Er der begrænsninger i kunstig intelligens

Kunstig intelligens (AI) er et felt i rivende udvikling, og vi hører næsten dagligt i pressen, hvordan AI har revolutioneret forretningsgangen i et nyt domæne. Inden for de sidste to årtier er vi gradvist blevet tvunget til at gentænke, hvad der kendetegner det unikke menneskelige intellekt i takt med at computeralgoritmer for eksempel lærer at genkende billeder, at genkende menneskelige følelser baseret på millioner af træningsvideoer og endda at kunne føre simple samtaler såsom telefonisk at bestille bord på en restaurant eller tid hos en frisør.



Figur 1. ScienceAtHomes vision: at udvikle hybrid menneske-computer-intelligens ved hjælp af citizen science-spil i både realistiske og komplekse naturvidenskabelige forskningsproblemer samt kontrollerede samfundsvidenskabelige situationer.

Nogle fremtidsforskere spår, at AI inden for få årtier vil overhale den menneskelige intelligens og dermed potentielt overflødig gøre hele den menneskelige race. Vil brudfladen mellem menneskelig og kunstig intelligens virkelig blive ved med at flytte sig med skræmmende hastighed? I denne artikel vil vi forsøge at tegne et langt mere opmuntrende fremtidsbillede af en kunstig intelligens med store, indbyggede mangler og fascinerende aspekter af menneskelig intelligens, som vi først nu er ved at begynde at forstå. Sammen peger det mod en fremtid med såkaldt hybrid intelligens, hvor nye og effektive løsninger vil opstå gennem systemer

og værktøjer, der udnytter synergier mellem de to. (Se figur 1 for en illustration af vores vision.)

Vi vil her ikke give en detaljeret gennemgang af forskellige former for AI. For dette henviser vi til artiklen af Thomas Bolander i dette nummer af KVANT. Derimod vil vi beskæftige os med påstanden fra et stigende antal AI-forskere om, at det nuværende Big-Data paradigme i AI ikke vil lede til intelligens på en menneskelig skala. En af kritikerne, professor i kognitiv psykologi Gary Marcus, fremførte tidligere i år en tankeprovokerende gennemgang [1] af svaghederne ved den prominente AI teknologi, Deep Learning (DL), hvori beregninger foretages ved at gemme information i flere lag af forbundne neurale netværk. (Se faktaboks for de mest prominente eksempler).

Faktaboks: Deep Learning

Hvor trænger Deep Learning (måske) til at forbedre sig?

1. DL fungerer primært med store datamængder
2. DL er domænespecifik og udviser meget begrænset transfer til andre områder
3. DL involverer ikke nogen naturlig måde at håndtere hierarkisk struktur på
4. DL kan ikke skelne kausalitet fra korrelation
5. DL er svært at tilpasse en ny problemformulering
6. DL forsøger ikke i høj nok grad at integrere tilgængelig baggrundsinformation

Gary Marcus starter sin kritiske gennemgang med et citat fra Google-forsker Francois Chollet: "For most problems where Deep Learning has enabled transformationally better solutions (vision, speech), we've entered diminishing returns territory in 2016-2017". Så selvom det måske ikke ser sådan ud i medierne, kan det være, at DL-hype-bølgen vil miste momentum.

Gary Marcus hævder i stedet, at vi skal vende os mod indsigter fra menneskelig problemløsning for at forstå vores evne til at træffe hurtige, intuitive og ofte korrekte beslutninger baseret på begrænsede data. Hans kritik har udløst heftige reaktioner fra AI-forskere, der mener, at problemerne sagtens kan adresseres med tiden inden for DL-paradigmet. Hvem der får ret, vil tiden vise. Bag polemikken står dog erkendelsen af, at mange af de spektakulære DL-fremskridt af fx projekter som Google DeepMind i høj grad er fremkommet ikke bare ved kombinationen af eksponentielt voksende tilgængelig computerberegnskraft og algoritmiske udviklinger, men også i høj grad skyldes den voksende tilgængelighed af enorme datasæt med menneskeligt-genereret label, som kan bruges til at træne de neurale netværk.

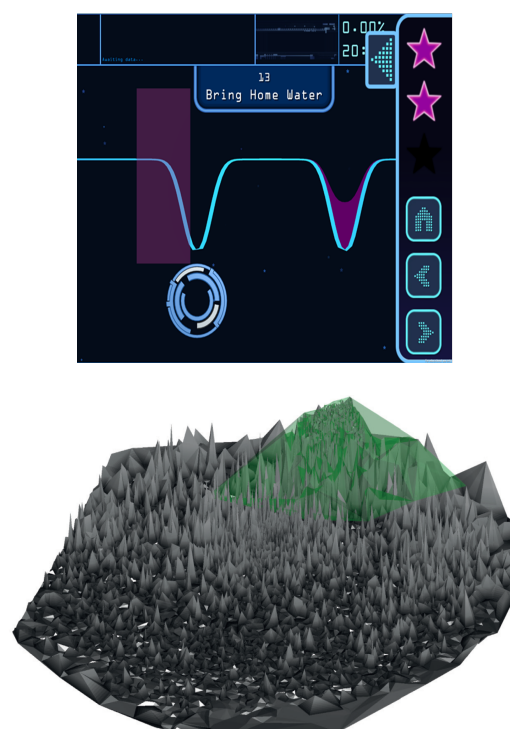
Dette rejser et reelt spørgsmål om, hvad AI skal gøre i domæner, hvor store mængder af menneskeligt genererede data ikke er tilgængelige? Et svar har været at udvikle selv-lærende algoritmer, der især har høstet enorm opmærksomhed inden for spilverdenen som fx DeepMinds AlphaZero-algoritme, der på få dage lærte sig selv at udkonkurrere alle tidligere algoritmer [2]. Selvom disse resultater virker overvældende, har de også givet anledning til kritik [3]. AlphaZero har vist autonom læring inden for et snævert spildomæne, men kun fordi specifikke regler for problemet blev skrevet ind i algoritmen. Det er ikke klart, at algoritmen kan anvendes i realistiske, komplekse situationer, hvor vi ikke kender problemets natur fuldstændigt. Selv om læring kunne foregå her, vil omkostningerne ved at gennemkøre tilstrækkeligt mange træningsepisoder ofte være så store, at det vil sætte alvorlige begrænsninger. Ifølge Marcus' kritik kan disse omkostningsudfordringer evt. imødegås ved at emulere menneskers effektive evne til mønstergenkendelse. Vi vil ikke behandle polemikken yderligere, men blot konstatere, at billedet omkring menneskelig versus kunstig intelligens er væsentligt mere mudret, end det fremstår fra den konstante storm af medieindslag om succesfulde implementeringer af AI. Endvidere vil det fremgå nedenfor, at selv projekter som DeepMind er begyndt at vende blikket mod udviklingen af hybrid-intelligensalgoritmer, der kombinerer maskinernes rå regnekraft med menneskets intuition inden for et givent domæne.

Nu er vi klar til at vende tilbage til denne artikels titel. Hvilken rolle har AI at spille i et så komplekst domæne som forskning? Ligesom inden for industrielle anvendelser og spil, er der også eksplosiv vækst i eksemplerne på anvendelsen af kunstig intelligens inden for forskningsverden.

Optimering som vandring i et landskab

Før vi giver konkrete eksempler på brugen af AI i kvantefysik, er det nødvendigt kort at dvæle ved den matematiske formalisme, der forener tankerne om optimering og problemløsning på tværs af natur- og samfundsvidenskaben. Allerede i 1930'erne begyndte man at opfatte søgning efter løsninger til komplekse problemer som vandring i et ikke-konvekst, multi-dimensionelt kontrollandskab, hvor koordinater udgøres af et sæt af variable, og højden i landskabet repræsenterer kvali-

teten af løsningen genereret af de korresponderende variable. Det har siden udviklet sig til et uvurderligt redskab inden for et utal af videnskabelige og industrielle grene. Et simpelt eksempel: et firma skal vælge, om de vil ansætte ingeniører eller fysikere i en udviklingsafdeling. Man kan nu forestille sig, at alle kombinationer af (antal fysikere, antal ingeniører) vil generere en given profit for firmaet (højden i landskabet), der ønskes optimeret. Dette illustrerer, at landskabet ofte ikke vil kunne afsøges fuldstændigt: enten på grund af et enormt antal af mulige konfigurationer (såkaldt "curse of dimensionality") eller fordi omkostningerne ved at undersøge hver mulighed er alt for høje eller i nogle tilfælde fysisk umulige, fordi begivenheder i den virkelige verden ikke kan afprøves flere gange under lignende forhold. (Se figur 2 for et eksempel på et landskab, der udsprang af kvanteforskningen beskrevet i detaljer nedenfor.)



Figur 2. Øverst: Quantum Moves-spillet. Brugeren styrer position og styrke af en laserstråle, der for atomet (lilla væske) virker som en fordybning i landskabet. Målet er at transportere atomet hurtigst muligt ind i målzonen uden skvulpning til sidst. Nederst: en lav-dimensionel visualisering af det 1000-dimensionelle landskab i Quantum Moves-spillet. Den grønne region markerer den gode del af landskabet, hvori spillernes resultater klumpede sig sammen.

Det åbne spørgsmål inden for alle felter er derfor: hvordan afsøger man mest effektivt landskabet for at sikre sig, at man finder det globale optimum på kortest mulig tid? Søgning kommer generelt i to varianter: lokal og global. De lokale algoritmer bruger kendskabet omkring den lokale gradient i landskabet til at kravle hurtigt og effektivt til den nærmeste top. I et landskab med mange toppe skal man derimod have en global komponent, der undslipper de lokale maksima ved at tage større spring rundt i landskabet. Eftersom formen af landskabet i høj grad er ukendt, vil disse spring typisk være tilfældige som eksempelvis i standard evolutionære algoritmer, men også i moderne AI. De

tilfældige skridt er beregningsmæssigt meget dyre, fordi de ofte resulterer i dårligere løsninger. En af de største udestående udfordringer lige nu er derfor at finde den optimale balance mellem lokale og globale elementer, det såkaldte "exploration-exploitation tradeoff". I den nyeste datalogiske forskning er der begyndende fokus på at udvikle algoritmer, der bruger en del af deres beregninger på at udforske strukturen af landskabet og derefter udvælge den algoritme, der mest effektivt søger i dette landskab. I denne artikel stiller vi et andet grundlæggende spørgsmål. Kan vi forstå, hvordan mennesker navigerer i et ukendt landskab tilhørende en given problemstilling, og kunne dette give anledning til forståelsen af semi-tilfældige (optimale) spring ud i det ukendte? Før vi beskriver vores respons på dette spørgsmål, giver vi her eksempler på maskinlæring i moderne kvantefysikforskning.

Kunstig intelligens i kvantefysik

Det første eksempel er fra eksperimentalfysikken. Ultra-kolde atomer bliver i stigende grad brugt til at realisere uhørt rene kvantefysiske eksperimenter og er gode kandidater til diverse moderne kvanteteknologier. Kølingsprocessen kræver en serie af kompleks manipulation af atomerne for i sidste ende at skabe et såkaldt Bose-Einstein-kondensat (BEC), hvori alle atomerne samles i den laveste energitilstand og bliver eksakte kopier af hinanden: én samlet makroskopisk kvantefysisk bølge. For at optimere kølingsprocessen skal et stort antal elektriske, magnetiske og laserfelter konfigureres med stor præcision. Denne optimeringsproces foregår traditionelt ved hjælp af eksperimentalfysikernes erfaring og intuition, men er gennem de seneste par årtier også blevet foretaget med autonome genetiske algoritmer. Disse har dog lidt under lange optimeringstider pga. de mange tilfældige skridt i processen. I 2016 implementerede Michael Hush og hans kolleger for første gang optimering ved hjælp af maskinlæring, mere præcist en Gaussisk procesoptimering, der lærte af tidligere eksperimenter og forsøgte at opstille en simpel model for det underliggende landskab [4]. Nye kontrolparametre blev udvalgt med henblik på at minimere usikkerheden i den konstruerede model. Forskerne viste, at optimeringen var ti gange hurtigere end tidligere algoritmer og demonstrerede også, at algoritmen kunne bruges til at bestemme, hvilke parametre der var vigtige for processen og hvilke, der var redundante. (Algoritmen detekterede fx autonomt, at forskerne med vilje havde trukket et af kablerne ud af maskinen.)

En af de mest opsigtsvækkende nyskabelser inden for feltet er introduktionen af DL-algoritmer i fysikken. Dette startede i 2017, da Carleo og Troyer viste, at komplekse mange-legeme-problemer kunne repræsenteres ved noderne i neurale netværk, og at man endda kunne lave tidsudvikling i disse [5]. Det har sat gang i spekulationer om, at neurale netværk måske kan byde på et fundamentalt paradigmeskift i beskrivelsen og fortolkningen af kvantefysiske fænomener såsom entanglement på linje med Københavner- og mange-verden-fortolkningerne. Fra et praktisk synspunkt er resultaterne potentielt revolutionerende, fordi netop tids-

simulering af kompleks mange-legeme-fysik er blandt de største udfordringer for moderne klassiske computere. Interessen for mange-legeme-fysik er enorm, fordi den giver anledning til eksotiske kvantefaser som fx topologiske tilstande og høj-temperatursuperledere. Disse faser er notorisk svære at beregne numerisk. En fascinerende udvikling i feltet er, at man nu er begyndt at anvende supervised learning i mønstergenkendelse med dybe neurale netværk på træningssæt af kvantefaser langt fra kritiske punkter, hvor bestemmelsen af den korresponderende fase er simpel. Når det resulterende neurale netværk så fodres med data fra det mellem-liggende parameterregime, kan netværket bestemme de kritiske punkter overraskende præcist [6,7]. Selvom tanken om autonom klassificering er besnærende, skal det nævnes, at forskerne erkender, at "de blev overhalet indenom af forskere, der brugte deres hoveder" på de mest spændende af resultaterne. Vi ser dette som en påmindelse om, at det vil være fornuftigt at lægge mærke til faktaboksens indvending nr. 6 og ikke forfalde til næsegrus begejstring ved autonom AI på bekostning af integrering af forskernes opbyggede erfaring.

I skrivende stund har ingen grupper publiceret fysikresultater med de nyeste selv-lærende AI-algoritmer såsom AlphaZero, men vi har implementeret algoritmen til optimering af kvantecomputer-gate-operationer med lovende resultater, så der vil bestemt komme mange nyheder fra den front i de kommende måneder og år.

Sidst, men ikke mindst, i kontekst af denne artikel skal nævnes Google DeepMinds resultat fra sidste sommer [8], hvori de tager et skridt væk fra autonome algoritmer, der søger at opdage løsningerne til problemet fra bunden. I stedet udforsker de hybrid intelligens inden for fusionsforskning ved at blande forskernes erfaringsbaserede selektion af resultater med maskinens evne til at søge i høj-dimensionelle parameterum. Den eksperimentelle optimering af fusionsplasma er yderst kompleks i sig selv og kompliceres yderligere af, at der ikke eksisterer en entydig kvantificering af kvaliteten af et givent eksperiment (fitnessfunktion). I stedet har forskerne udviklet en algoritme, der ligesom i BEC-optimeringen ovenfor udforsker det høj-dimensionelle rum, men samtidig giver forskerne mulighed for at påvirke optimeringsflowet ved regelmæssigt kvalitativt at vurdere mellem forskellige aktuelle konfigurationer og måleresultater.

Citizen science: Quantum Moves

Som nævnt i indledningen, er Gary Marcus' kritik af megen AI-forskning, at den ikke i tilstrækkelig grad forsøger at forstå, hvad der kendetegner menneskers søgen gennem et komplekst landskab. Men i modsætning til fx billedgenkendelse, findes der ikke store datasæt for menneskelig problemløsning af forskningsudfordringer, hvorfor en sådan tilgang ikke umiddelbart er mulig. Derfor søger vi i vores projekt at løse dette dilemma ved at indkapsle naturvidenskabelige forskningsudfordringer i form af computerspil, der er tilgængelige for den brede befolkning: citizen science.

Citizen science-feltet er måske mest kendt for storstilede dataindsamlingsprojekter, hvor fx naturelskere

ved hjælp af deres mobiltelefon kan være med til at dokumentere biologisk diversitet. Et stigende antal forskningsgrupper er dog begyndt at indkapsle beregningsmæssigt komplicerede forskningsudfordringer i form af online aktiviteter eller computerspil, der ikke kræver formel videnskabelig træning. På den måde har frivillige citizen scientists gennem de seneste år bl.a. bidraget til så forskellige felter som astronomi, protein- og RNA-foldning og udmåling af neuroner i hjerneskanninger. Hvor mange af disse projekter udnytter den menneskelige evne til mønstergenkendelse gennem ganske simple brugerinteraktioner (se fx zooniverse.org), forfølger vi i www.ScienceAtHome.org (SAH)-projektet baseret på Aarhus Universitet en anden strategi. Med en veludrustet spiludviklingsafdeling forsøger vi at omforme matematisk veldefinerede optimeringsudfordringer til underholdende spil i stil med de populære casual games til mobiltelefoner.

Det første citizen science-spil udviklet af SAH er Quantum Moves (se figur 2), der er udsprunget af gruppens arbejde mod eksperimentelt at realisere en såkaldt kvantecomputer. Vi har tidligere givet populære videnskabelige fremstillinger af fysikken og spillet [9,10], så her gennemgås bare de overordnede principper og resultaterne af relevans for denne artikels tema. Vi har tidligere eksperimentelt demonstreret, at ultrakolde atomer kan organiseres i en krystalstruktur, der er blandt verdens koldeste temperaturer på få nanokelvin over det absolutte nulpunkt. Vi har ydermere vist, at en ultra-fokuseret laserstråle kan bruges til at manipulere tilstanden af de enkelte atomer. Atomer søger mod midten af laserstrålen, så hvis denne flyttes, vil atomet flytte med. Hvis man havde fuld kontrol over at omorganisere atomerne, ville man kunne benytte atomernes evne til at være i to forskellige tilstande samtidig til at realisere uhørt kraftige computerberegninger. Desværre opfører de meget kolde atomer sig som en kvantefysisk bølge, og ligesom vandet i en kop vil den skulpe, når den bliver bevæget hurtigt. At gennemløbe alle mulige bevægelser af laserstrålen for at levere atomet i slutområdet i hvile viste sig at være et beregningsmæssigt meget tungt problem at optimere for de konventionelle optimeringsalgoritmer. Hvor de kvantefysiske algoritmer fejlede, valgte vi et uortodokst alternativ: at transformere det matematiske problem til et computerspil, hvor spillerne kunne gennemprøve forskellige bevægelser af laserstrålen (se figur 2).

Mere end 250.000 spillere fra hele verden har nu prøvet spillet, Quantum Moves, og til vores store overraskelse viste studier af deres løsninger, at de afsøger mulighedsrummet helt anderledes og mere effektivt end de konventionelle algoritmer [11]! Konkret fandt et lille antal spillere løsninger af højere kvalitet end de bedste maskinresultater. Det er imponerende i sig selv, men mere interessant viste det sig, at over halvdelen af spillerne fandt løsninger, der kunne producere forbedrede løsninger, hvis de blev brugt som startkonfiguration for en videre maskinoptimering. Med andre ord: optimeringslandskabet er 1000-dimensionelt og er fyldt med meget spidse optima (se figur 2). Spillernes reelle bidrag var altså ikke at levere højkvalitetsløsninger, men

derimod – i lighed med Google DeepMinds arbejde med fusionsoptimering – at identificere de regioner i parameter rummet, hvor gode løsninger eksisterer (grønt område i figur 2). Givet det menneskelige startgæt, kan optimeringsalgoritmerne hurtigt og effektivt klatre til det nærmeste lokale optimum. Endnu en overraskelse i de menneskelige data viste sig, da clustering-algoritmer, altså algoritmer, der søges at inddеле datasættet i forskellige grupper, afslørede, at de spillergenererede løsninger fordelte sig i to særskilte grupper. Ved at tage gennemsnittet af alle løsninger inden for hver gruppe fremkom glatte kurver med to særskilte fysiske fortolkninger. Storskala-genereringen af menneskeligt input kan altså i lighed med AI-genererede data bruges til “autonomt” at identificere fundamentale træk ved den bagvedliggende fysik.

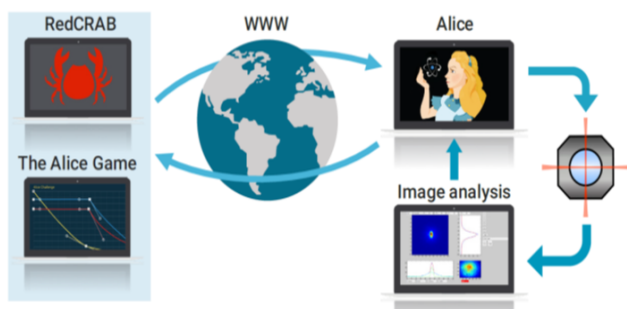
Menneskets kreativitet

Spørgsmålet er nu, hvordan spillere uden formel kvantefysisk træning kan udvikle en sådan “kvanteintuition”? For at være i stand til at udnytte menneskets særlige evne i fremtidige projekter, må vi først udforske, hvorfor og hvornår menneskers bidrag kan være værdifulde, når komplekse problemer skal løses.

Socialvidenskabelige forskere har allerede langvarig erfaring med at undersøge, hvordan mennesker alene og i fællesskab med andre mennesker løser problemer. De eksperimenter, som socialvidenskaben har udført, har dog almindeligvis haft fokus på meget simple og kunstige problemstillinger som fx Prisoners Dilemma eller andre to-dimensionelle problemer. I vores samarbejde mellem fysik og socialvidenskaben kan vi i en matematisk veldefineret kontekst undersøge, hvordan mennesker løser et virkeligt og meget komplekst problem, hvortil der findes et meget stort antal mulige løsninger. Herved udfolder vi et ægte interdisciplinært samarbejde, der kan bidrage til både fysik og socialvidenskab på én gang.

For at teste hvorfor almindelige mennesker kan være så effektive til at løse fysikproblemer, udviklede vi et nyt spil hvor vi kunne undersøge, hvordan spillere løbende tilpasser deres spiladfærd og lærer af andres løsninger i en kollektiv problemløsningsproces [12]. Et vigtigt element i udviklingen af dette nye spil var at gøre det ikke-intuitivt. Når vi fortæller om de spillergenererede resultater fra Quantum Moves, møder vi ofte spørgsmålet, om det ikke lykkedes fordi spilinterfacet var udformet til at minde så meget om den klassiske bevægelse af skulpende væsker. Den analogi kan nok ikke etableres ved særligt mange moderne forskningsproblemer, så det er et åbent spørgsmål om metoden kan finde bred anvendelighed. For at teste denne indvending tog vi med det næste citizen science-projekt, Alice Game (se figur 3), brugerinddragelsen et skridt videre. I stedet for at optimere på en simulering af atombevægelsen som i Quantum Moves gav vi nu ved hjælp af et nyt styringsprogram, Alice, brugerne direkte adgang til at styre parametrene i det konkrete kvanteeksperiment i kældrene på Aarhus Universitet. Gennem en periode på tre uger hjalp næsten tusinde mennesker fra hele verden med at finde måder at skabe så mange ultrakolde atomer

som muligt – vores datapunkter i dette spil var altså ikke af simulerede atomer, men af faktiske ultrakolde atomer i vores kælder i stil med AI-optimeringen af BEC diskuteret ovenfor. Konkret styrede spillerne laserintensiteter og magnetfelter i løbet af den cirka 35 sekunder lange eksperimentelle sekvens. Som det ses på figur 3 er ”spil”-interfacet langt fra intuitivt og denne gang heller ikke specielt underholdende. Spillerne trækker i en eller flere af tre kontrolkurver, trykker på submit-knappen, hvorefter løsningen sendes til laboratoriet, eksperimentet udføres og ca. 35 sekunder senere får brugere at vide, hvor mange atomer sekvensen resulterede i. Ingen af spillerne havde den eksperimentelle træning til at opbygge intuition for de underliggende fysiske processer. Alligevel lykkedes det konsekvent igen spillerne at lokalisere overraskende gode løsninger. Hvordan kan det være?



Figur 3. Alice interface. Remote-brugerne (eksperter eller citizen scientists) får adgang til direkte at optimere produktionen af ultrakolde atomer ved at programmere formen af magnetfelt og laserstyrke i eksperimentet (rød, blå og gul kurve). Efter at have modificeret formen i spillet, sendes løsningen til laboratoriet, hvor sekvensen udføres og ca. 35 sekunder senere får brugeren sin score.

Svaret indeholder to elementer. Et element illustreres i et interview med en af top-spillerne, en pensioneret italiensk mikrobølgeingeniør. Han udtalte, at for ham var det at deltage i Alice-udfordringen ligesom dengang han arbejdede som ingeniør. Han havde aldrig opnået en detaljeret forståelse af sine mikrobølgesystemer, men i stedet gennem årtier opbygget en evne til at gennemskue, hvilke ændringer man skulle lave på systemet for at gøre det mest sandsynligt, at opførslen blev forbedret. Disse citizen science-spil kan altså være med til at aktivere en evne til at søge den bedste løsning i et system, som mennesker har opbygget i andre domæner. Det andet element er, at spillerne er effektive til at lære af egne og andres tidligere gode og dårlige løsninger. Disse kollektive tilpasninger sørger for, at spillerne på effektiv vis formår at opdatere deres løsningsforslag. Samlet set komplementerer den kollektive søgeadfærd eksperternes mere konventionelle AI-algoritmer. Begge elementer er et udtryk for og anerkendelse af, at mennesket evolutionært set gennem mange generationer har opbygget en enestående evne til at balancere det fremtalte exploration-exploitation trade-off i deres navigation af komplekse landskaber.

Reelle menneskelige interaktioner er ikke lavdimensionelle, og sandheden omkring komplekse fænomener såsom samarbejde eller kreativitet kan ikke deduceres ud fra enkelte, stiliserede eksperimenter. Når Google og Facebook og de andre tech-giganter laver

avanceret personlig profilering af deres brugere sker det på baggrund af at have opsamlet data om dem fra mange sammenhænge. I SAH mener vi, at denne koncentration udgør et demokratisk problem, fordi de mange datadrevne erkendelser ikke publiceres frit, men derimod i høj grad benyttes til at maksimere firmaernes profit. Derfor er den bærende filosofi i SAH at få et sofistikeret indblik i menneskelig problemløsning og opførsel gennem udviklingen af mange forskellige forskningsspil inden for så forskellige discipliner som fysik, kemi, matematik, psykologi, kognitionsforskning og adfærdøkonomi samt åbent publicere alle erkendelser. Vi er ved at samle de samfundsvidenskabelige citizen science-spil til, hvad vi kalder en Social Science Super Collider (SSSC)-infrastruktur. Analogt til fysikkens CERN skal SSSC være en facilitet, hvor stor skala samfundsvidenskabelige studier nemt kan afvikles. Hermed håber vi at opbygge store nok datasæt til at kunne foretage en direkte sammenligning af menneskers og kunstig intelligens-algoritmers måde og evne til at løse komplekse problemer. Det faciliterer videre en forståelse for, hvornår og hvordan utrænede citizen scientists har mulighed for at medvirke til løsningen af komplekse problemer, som almindeligvis har været tænkt forbeholdt højtuddannede specialister og AI. I sidste ende søger vi på denne måde at bidrage til udviklingen af en hybrid intelligens, der forener de særlige, komplementære egenskaber, der kendetegner henholdsvis menneskelig og kunstig intelligens.

Litteratur

- [1] G. Marcus (2018) *Deep Learning: A Critical Appraisal*, arXiv:1801.00631.
- [2] D. Silver m.fl. (2017) *Mastering the game of Go without human knowledge*, Nature, bind **550**, side 354.
- [3] G. Marcus (2018) *Innateness, AlphaZero, and Artificial Intelligence*, arXiv:1801.05667.
- [4] P. B. Wigley m.fl. (2016) *Fast machine-learning online optimization of ultra-cold-atom experiments*, Sci. Rep., bind **6**, side 25890.
- [5] G. Carleo og M. Troyer (2017) *Solving the quantum many-body problem with artificial neural networks*, Science, bind **355**, side 602.
- [6] G. Broecker m.fl. (2017) *Machine learning quantum phases of matter beyond the fermion sign problem*, Sci. Rep., bind **7**, side 8823.
- [7] G. E. P. L. van Nieuwenburg m.fl. (2017) *Learning phase transitions by confusion*, Nat. Phys., bind **13**, side 435.
- [8] E. A. Baltz m.fl. (2017) *Achievement of Sustained Net Plasma Heating in a Fusion Experiment with the Optometrist Algorithm*, Sci. Rep., bind **7**, side 6425.
- [9] J. J. W. H. Sørensen m.fl. (2014) *Spillere hjælper kvantecomputer på vej*, KVANT, september.
- [10] M. K. Pedersen m.fl. (2016) *Computerspil tæmmer atomernes verden*, Aktuell Naturvidenskab.

[11] J. J. W. H. Sørensen m.fl. (2016) *Exploring the quantum speed limit with computer games*, Nature, bind **532**, side 210.



Jacob Friis Sherson er professor MSO ved Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet. Han arbejder eksperimentelt og teoretisk mod implementeringen af kvanteteknologi og er leder af det tværfaglige citizen science-projekt ScienceAtHome.

[12] R. Heck m.fl. (2017) *Remote optimization of an ultra-cold atoms experiment by experts and citizen scientists*, arXiv:1709.02230.



Carsten Bergenholtz er lektor ved Institut for Virksomhedsledelse, School of Business and Social Sciences, Aarhus Universitet, samt affilieret ved ScienceAtHome. Han undersøger via eksperimenter, hvordan mennesker både individuelt og kollektivt løser komplekse problemer.

Årsmøde i Dansk Fysisk Selskab

Af Jens Olaf Pepke Pedersen, KVANT

Dansk Fysisk Selskab afholdt sit årsmøde den 6.-7. juni på FænøSund Conferencecenter ved Middelfart. Programmet bød både på fælles plenar-foredrag og foredrag i parallelle tematiske sessioner, samt poster-session, godt samvær og after-dinner foredrag om GastroPhysics ved professor Ole Mouritsen fra KU Food. Ved samme lejlighed afholdt Kvinder i Fysik, som er en sektion under DFS, også deres årsmøde.

Foredragene på årsmødet præsenterede de nyeste resultater indenfor en bred vifte af fysiske discipliner, fra astro-, partikel- og fusionsfysik til glasfysik, metamaterialer og kvantekommunikation. Derudover var der diskussion om fysikundervisningen på de danske gymnasier med Fagkonsulent Kim Bertelsen og formanden for Fysiklærerforeningen Michael Agermose.

Der var også arrangeret to undervisnings-workshops rettet mod (primært) undervisningen i gymnasiet: “DIY gamma spectrometer” og “Build your own cloud chamber”.

Der var igen kontante præmier til de bedste poster, og vinderne blev inviteret til at skrive en artikel om deres projekt til KVANT.

Førstepladsen gik til Nina Stiesdal (SDU) med posteren “Free-space QED with a single Rydberg superatom”. På vegne af bedømmelsesudvalget motiverede Tina Hecksher fra Roskilde Universitet valget med at Nina Stiesdal udviste et fantastisk godt overblik over sit felt og formåede at formidle et meget komplekst projekt til en “ikke-ekspert” fysiker med sin posterpræsentation.

Andenpladsen blev delt mellem Adrian B. Salo (SDU) og Mikkel Tang (KU). Adrian B. Salo deltog med posteren “Free electron production during ion

beam cancer therapy” og imponerede komiteen med sin entusiastiske og vidende præsentation af et projekt af meget høj kvalitet – især for så ung en studerende.



Figur 1. Vinderne af DFS's posterkonkurrence blev (fra højre) Nina Stiesdal (SDU), Adrian B. Salo (SDU) og Mikkel Tang (KU). Yderst til venstre ses en glad formand for DFS, Kristoffer Haldrup (DTU Fysik), der overrakte priserne.

Mikkel Tang havde medbragt posteren “Modelling lasing on a forbidden transition in a thermal cloud of Sr atoms”, som fungerede rigtig godt både med og uden præsentation med en særlig god balance mellem skreven tekst og visuelle virkemidler.

Redaktionen ser frem til at bringe artiklerne i løbet af efteråret.