

## 7

# MELLEM MENNESKELIG OG KUNSTIG INTELLIGENS

**Af**  
**JACOB FRIIS SHERSON**  
PROFESSOR MSO, PH.D.  
INSTITUT FOR FYSIK  
OG ASTRONOMI,  
AARHUS UNIVERSITET

MODTAGET  
CARLSBERGFONDETS  
DISTINGUISHED ASSOCIATE  
PROFESSOR FELLOWSHIP TIL  
PROJEKTET *POLYMATH CITIZEN*  
*SCIENTISTS: GAMES CAN*  
*CHANGE OUR WORLD, YEARS*

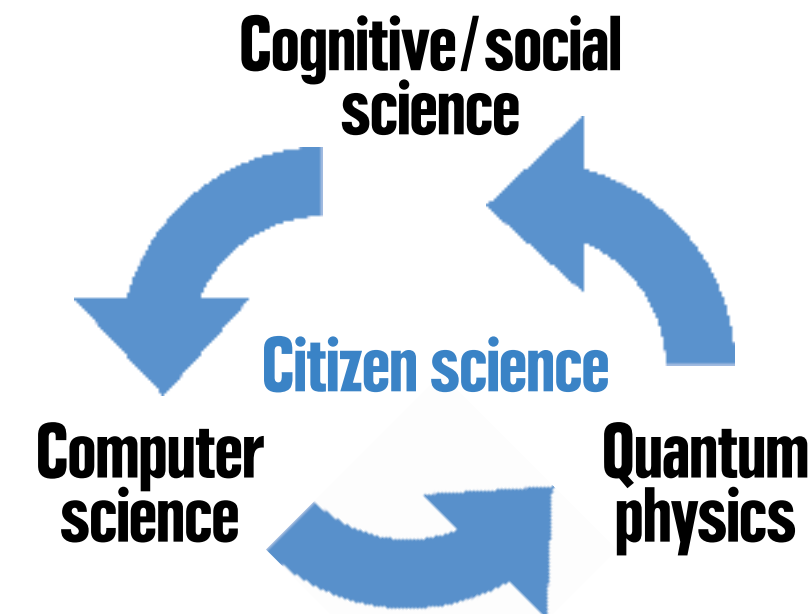
Citizen science-feltet udforsker effektivt brudfladen mellem menneskelig og kunstig intelligens ved at transformere komplekse forskningsudfordringer til intuitive computerspil. Hundrede tusindvis af spillere leverer ikke bare innovative løsninger til komplekse naturvidenskabelige udfordringer: Datamængden som herigennem genereres, udgør også en unik kilde til systematiske stor-skala-studier af menneskelig problemløsning og interaktion.

**K**unstig intelligens (AI) er et felt i rivende udvikling, og vi hører næsten dagligt i pressen hvordan AI har revolutioneret forretningsgangen inden for et nyt område. Mens nogle fremtidsforskere spår at computerintelligens inden for få årtier vil overhale den menneskelige intelligens og potentielt dermed overflodiggøre hele den menneskelige race, hævder andre AI-forskere at vi stadig er langt fra at forstå den menneskelige evne til at træffe hurtige, intuitive og ofte korrekte beslutninger baseret på tilsyneladende utilstrækkelige data.<sup>1</sup> Sikkert er det dog at brudfladen mellem menneskelig og kunstig intelligens har udviklet sig enormt inden for de sidste to årtier. Vi er gradvist blevet tvunget til at gentænke og ud-specificere det unikt menneskelige intellekt i takt med at computeralgoritmer for eksempel lærer at genkende billeder, at konstruere meningsfulde sætninger baseret på konteksten i billeder og endda at kunne genkende menneskelige følelser baseret på millioner af træningsvideoer.

### Citizen science viser en vej frem

Et relativt nyt videnskabeligt felt der hele tiden udforsker brudfladen mellem menneskelig og kunstig intelligens, er citizen science. Feltet er måske mest kendt for storstilede dataindsamlingsprojekter hvor for eksempel naturelskere vha. deres mobiltelefon kan være med til at dokumentere biologisk diversitet. Et stigende antal grupper er dog begyndt at udvikle computerspil der tillader den generelle befolkning at bidrage til løsningen af beregningsmæssigt komplicerede forskningsudfordringer. På den måde har frivillige citizen scientists gennem de seneste år bl.a. bidraget inden for så forskellige felter som astronomi, protein og RNA-foldning og udmåling af neuroner i hjerneskaninger.

Mens mange af disse projekter udnytter den menneskelige evne til mønstergenkendelse gennem ganske simple brugerinteraktioner (se f.eks. zooniverse.org), følger vi i [www.ScienceAtHome.org](http://www.ScienceAtHome.org) og SAH-projektet, der er hjemmehørende på Aarhus Universitet og støttet af Carlsbergfondet, 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. Fra oprindeligt at beskæftige sig med kvantefysiske forskningsemner har SAH nu udviklet sig til en alsidig platform med spil der er lanceret eller er under udvikling inden for bl.a. fysik, kemi, matematik, psykologi, kognitionsforskning og adfærdøkonomi. Projektets bærende filosofi er at massive online studier af menneskelig problemløsning både kan være en kilde til innovative løsninger på komplekse na-



turvidenskabelige forskningsproblemer, men også give ny indsigt i individers kognitive processer samt i sociale dynamikker. Store dele af samfundsvidenskaben befinder sig i dag i en reproducerbarhedskrise bl.a. på grund af eksperimentelle studier med pools af testpersoner der er for små og for kulturelt og demografisk homogene. Vi tror at citizen science-metoden kan anvise en vej ud af disse problemer. På langt sigt tror vi også at denne systematiske indsigt i menneskets natur kan fungere som inspiration til designet af næste generation af kunstig intelligens-algoritmer (se Figur 1). Nedenfor vil jeg beskrive denne sammensmeltning af natur- og samfundsvidenskabelig forskning gennem tre spilprojekter på SAH.

### Quantum Moves: kvantecomputeren

Det første citizen science-spil udviklet af SAH er Quantum Moves,<sup>2</sup> der er udsprunget af gruppens arbejde med eksperimentelt at realisere en såkaldt kvantecomputer. Vi har tidligere demonstreret at ultrakolde atomer kan organiseres i en krystalstruktur der er blandt verdens koldeste – kun få nanograder over det absolutte nulpunkt. Vi har ydermere vist at en ultrafokuseret 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 skvulpe når

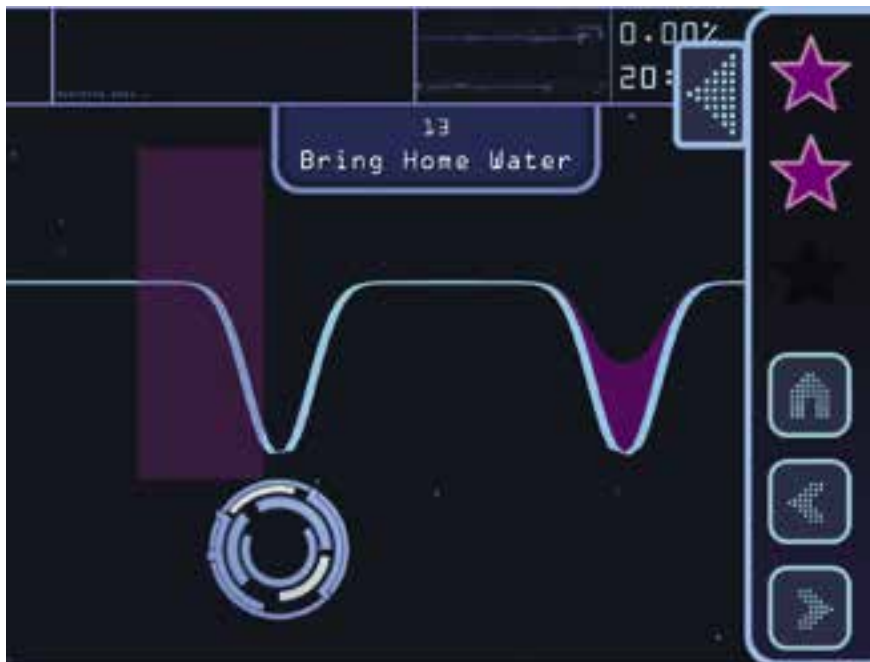
Figur 1.

En visualisering af den interdisciplinære ide med ScienceAtHome-projektet. Data fra naturvidenskabelige komplekse forskningsspil bruges som en kilde til studier af menneskelig problemløsning og interaktion. Denne indsigt kan så bruges i udviklingen af fremtidens AI.

“

*Denne systematiske indsigt i menneskets natur kan fungere som inspiration til designet af næste generation af kunstig intelligensalgoritmer.*

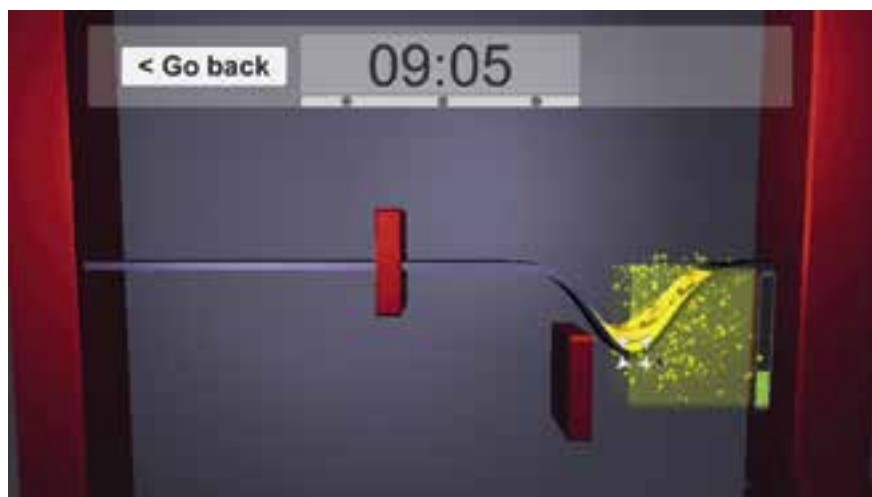
”



Figur 2. 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.

Figur 3. Quantum Minds spillet. Minder om Quantum Moves spillet men er nu udformet som et systematisk kognitivt studie af processen, der fører op til læring. Målet er, at føre atomet forbi forhindringerne og opnå en god score tre gange i træk for at bevise at man rent faktisk har lært bevægelsen.

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 tungt problem at optimere, så hvor de kvantefysiske algoritmer fejlede, valgte vi et uortodokst alternativ: at transformere det matematiske problem om 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. Hvordan spillere uden formel kvantefysisk træning udviklede denne *kvanteintuition*, er et åbent og meget interessant spørgsmål.



## Quantum Minds: fremtidig læring

Det næste spil er endnu ikke videnskabeligt afsluttet, men medtages her fordi det illustrerer SAH's mål med at kombinere stor-skala dataopsamling af spillere der løser komplekse og matematisk veldefinerede opgaver med systematiske kognitive og sociale eksperimenter. I Quantum Minds har vi bibeholdt den basale spillemekanik, men overladt det til kognitionsforskerne at bestemme scoringsreglerne. Formålet er nærmere at undersøge de kognitive processer der leder op til succesfuld læring i komplekse optimeringsproblemer (se Figur 3). Derfor er målet i hver bane nu at opnå en god score tre gange i træk. Det tæller så som at have "lært" at mestre banens dynamik, og spilleren får derefter adgang til næste niveau. Ideen er nu at gruppere data fra den fjerde og sidste bane i spillet i forhold til om den enkelte spiller lærte at mestre banen eller ej. For hver spiller har vi adgang til både deres score og deres specifikke bevægelser i hvert forsøg. Al data for hver spiller splittes nu i to halvdele. I den første halvdel har ingen af spillerne endnu lært at mestre banens udfordringer tilpas godt. Spørgsmålet er nu om man ved hjælp af maskinlæringscluster-metoder kan identificere mønstre i den enkelte spilgennemførelse eller i udforskningsprocessen der er karakteristisk for den gruppe af spillere der kommer til at lære at mestre banen i anden halvdel af deres spildata. Alle optimerings- og innovationsopgaver kan løses ved en blanding af gradvis forbedring af eksisterende løsninger og eksplorativ udforskning af nye muligheder. At finde den optimale balance af dette såkaldte *exploration-exploitation trade-off* er et af de største uløste problemer i både udviklingen af nye AI-algoritmer samt i forståelsen af menneskelig problemløsning og kreativitet. Med Quantum Minds benytter vi altså den matematisk veldefinerede struktur af problemet samt adgangen til tusindvis af spillere til at lede efter den succesfulde opskrift på at udforske mulighedsrummet.

## Alice Game: hvad er erfaring?

Et spørgsmål som vi tit bliver mødt med når vi fortæller om de spillergenererede resultater fra Quantum Moves-spillet, er om ikke det lykkes fordi spilinterfacet specifikt var udformet til at minde så meget om den klassiske bevægelse af skvulpende 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<sup>3</sup>, brugerinddragelsen et skridt videre. I stedet for at optimere på en simulering af atombevægelsen som i Qu-

antum 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 tusind mennesker fra hele verden med at finde måder at skabe så mange ultra-kolde atomer som muligt. Konkret styrede spillerne laser-intensiteter og magnetfelter i løbet af den cirka 35 sekunder lange eksperimentelle sekvens. Som det ses på Figur 4 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 cirka 35 sekunder senere får brugeren 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 bedre løsninger end de trænede eksperimentalfysikere kunne finde inden forsoget.

Hvordan kan det være? Et interview med en af top-spillerne, en pensioneret italiensk mikrobølgeingeniør, giver et fascinerende bud. Han udtalte at for ham var det at deltage i Alice en udfordring som 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 forbedre opførslen. Det kan altså være at brugerflader som i citizen science-spil kan være med til at aktivere vores opbyggede erfaring fra helt andre situationer. Forståelsen af sådanne mekanismer kunne potentielt være nøglen til at eksplicitere og dele professionel erfaring i højt specialiserede funktioner i både industri og forskning.

### Demokratisk alternativ til tech-giganterne

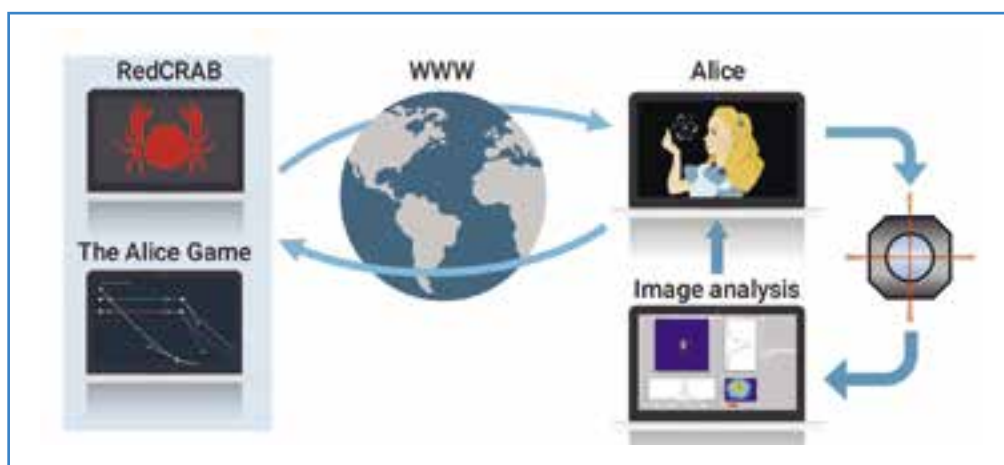
Hvad bringer fremtiden for citizen science? Gennem de seneste år er der sket en foruroligende koncentration af datamængder ved nogle få tech-giganter, som gennem deres alsidige dataindsamling efterhånden kan tegne et forbløffende nøjagtigt billede af os som forbrugere og som mennesker. På SAH mener vi 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. Som svar er vi nu ved at udbygge vores første 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. Reelle menneskelige interaktioner er ikke lav-dimensionelle, og sandheden omkring komplekse fænomener såsom samarbejde eller kreativitet kan ikke deduceres ud fra enkelte stiliserede eksperimenter. Jo flere spil på platformen inden for relaterede emner der spilles af de samme spillere, jo bedre mulighed vil der være for at danne et raffineret, sandhedsnært billede af den menneskelige opførsel. Med SAH-projektet er intentionen at logge brugernes adfærd til mindste detalje, men vi gør det åbent og med det ene formål at publicere erkendelserne frit og dermed ruste menneskeheden til en fremtid hvor viden i stigende grad er magt.

Noter

1 Gary Marcus, *Deep Learning: A Critical Appraisal*, arxiv:1801.00631 (2018). 2 J.J. Sørensen et al, *Exploring the quantum speed limit with computer games*, Nature, 532, 210 (2016). 3 R. Heck et al, *Do physicists stop searches too early? A remote-science, optimization landscape investigation*, arxiv:1709.02230.

“  
**Sandheden omkring komplekse fænomener såsom samarbejde eller kreativitet kan ikke deduceres ud fra enkelte stiliserede eksperimenter.**  
 ”

“  
**Citizen science-spil kan være med til at aktivere vores opbyggede erfaring fra helt andre situationer.**  
 ”



Figur 4. Alice Game. Brugeren får adgang til direkte at optimere produktionen af ultra-kolde 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 og sekvensen udføres og ca. 35 sekunder senere får brugeren sin score.