

Multi-agent kunstig intelligens og offentlig politikk

*Av Roger Normann, Ivan Puga-Gonzalez, F. LeRon Shults og Gro Anita Homme *)*

Resumé

Teoretisk og metodisk utvikling innenfor modellering og kompleksitetsteori har i kombinasjon med teknologiske fremskritt og tilgjengelighet på infrastruktur det siste tiåret, gjort det til en realitet, at man nå kan lage digitale kopier av komplekse sosiale systemer, såkalte *multi-agent-simulasjonsmodeller*. I slike virtuelle verdener kan man både eksperimentere med og teste politiske løsninger og ulike virkemidler på felt som for eksempel integrering, arbeidsledighet, helse, terrorisme, økonomisk vekst, etc. Verktøyet har dermed potensiale til å gi politikere, planleggere og andre nye kapabiliteter i forhold til en mer effektiv utnyttelse av offentlige ressurser samt utvikle mer presise virkemidler og instrumenter for å nå politiske mål. Vi redegjør for «state of the art» på feltet og diskuterer muligheter, begrensninger og ulike etiske problemstillinger knyttet til simulering av sosiale prosesser.

*) Roger Normann er PhD og seniorforsker ved NORCE Center for Modeling Social Systems; Ivan Puga-Gonzalez er PhD og postdoktor tilknyttet NORCE Center for Modeling Social Systems; F. LeRon Shults er PhD, professor og seniorforsker ved NORCE Center for Modeling Social Systems; Gro Anita Homme er MA og senterkoordinator ved NORCE Center for Modeling Social Systems

A. Innledning

Teoretisk og metodisk utvikling innenfor modellering og kompleksitetsteori har i kombinasjon med teknologiske fremskritt og tilgjengelighet på infrastruktur det siste tiåret gjort det til en realitet, at man nå kan lage digitale kopier av komplekse sosiale systemer, såkalte *multi-agent-simulasjonsmodeller*. I slike virtuelle verdener kan man både eksperimentere med og teste politiske løsninger og ulike virkemidler på felt som for eksempel integrering, arbeidsledighet, helse, terrorisme, økonomisk vekst, etc (Ahrweiler, Gilbert & Pyka, 2016; Gilbert, Ahrweiler, Barbrook-Johnson, Narasimhan & Wilkinson, 2018). Dette verktøyet har dermed potensiale til å gi politikere, planleggere og andre nye kapabiliteter i forhold til en mer effektiv utnyttelse av offentlige ressurser samt utvikle mer presise virkemidler og instrumenter for å nå politiske mål. I dette paperet gir vi lesere, uten forutgående erfaring med sosial modellering, et innblikk i hvilke muligheter dette verktøyet nå gir. Vi redegjør for «state of the art» på feltet og diskuterer muligheter, begrensninger og ulike etiske problemstillinger knyttet til simulering av sosiale prosesser. Paperet er forfattet i felleskap av et forskersteam, som til daglig arbeider med denne tematikken i senteret CMSS (Center for Modeling Social Systems), som er knyttet til forskningsinstituttet NORCE Norwegian Research Centre.

Simulering av komplekse systemer har lenge vært et eksklusivt domene til store selskaper, militære formål, samt for grunnforskning. Men nå er *kunstig intelligens og multi-agent-simulasjonsmodeller* i ferd med å bli allemannseie. I Storbritannia signaliserte nylig et regjeringsoppnevnt utvalg at man vil ta en ledende global posisjon på feltet. De skriver: «Computational modelling is essential to our future productivity and competitiveness, [...] modelling will be crucial to the UK's future competitiveness» (Government Office for Science, 2018). Vi mener de nordiske landene har vel så gode forutsetninger som Storbritannia til å på et tidlig tidspunkt utnytte mulighetene denne teknologien gir.

Kort fortalt er en datasimulering en metode for å gjenskape mekanismene og dynamikken i et system, for eksempel kjemiske, biologiske eller fysiske systemer. I løpet av det siste tiåret har simuleringer i økende grad blitt utviklet og brukt for å forstå sosiale systemer. Dette har blant annet ledet til fremveksten av forskningsfeltet «computational social science» (Epstein, 2006; Squazzoni, 2012).

Kort fortalt er en multi-agent-simulasjonsmodell en datamodell, som gjenskaper en representasjon av sosial atferd i samfunnet. Slike representasjoner, «virtuelle verdener», er forenklinger og abstraksjoner av samfunnet. Men de kan være utformet slik, at mekanismene som er nødvendige for å «fange» en spesifikk sosial prosess eller scenario, er inkludert. Dermed kan disse virtuelle verdenene også brukes av forskere til å utvikle og teste sosiale teorier, til å forstå konsekvensene

av menneskelig atferd og/eller gi prognoser for konsekvenser av potensielle inngrep i den virkelige verden til bruk i scenarioutvikling og forecasting. Nylige eksempler på slike sosiale simuleringer inkluderer, hvordan formidling av ideer foregår (Flache et al., 2017); konflikter mellom sosiale grupper (Shults, Gore, et al., 2018); sekulariseringsprosesser (Gore, Lemos, Shults & Wildman, 2018); integrering av minoriteter (Puga-Gonzalez, Voas, Wildman, Diallo & Shults, In press); bruk og tilpasning av ny teknologi (Narasimhan, Gilbert, Hope & Roberts, 2018); spredning av smittsomme sykdommer (epidemiologi) (Badham et al., 2018), etc.

I løpet av det siste tiåret har sosial simulering i økende grad også blitt anvendt innenfor politikktutvikling. Datasimuleringer brukes for eksempel, når man skal utvikle politikk, der effektene av virkemidlet, det regulative rammeverket, incentivet, etc. testes, analyseres og evalueres virtuelt, før det eventuelt blir implementert i den virkelige verden (Ahrweiler, 2017; Calder et al., 2018; Gilbert et al., 2018; Jager & Edmonds, 2015).

I fortsettelsen ser vi først på noen kvalitative forskjeller mellom politikktutvikling basert på sosial simulering og en mer tradisjonell modell. Deretter går vi i del C mer detaljert inn på, hva en sosial simulering er, hvordan de lages, ulike hovedtyper, samt drøfting av noen styrker og svakheter. I del D ser vi på hvilke internasjonale erfaringer, som så langt er gjort knyttet til sosial simulering av politikk. I denne delen diskuteres også noen etiske utfordringer knyttet til simuleringsteknologi. Paperet konkluderes i del E. Her drøfter vi kort noen forutsetninger for modellering som en bærekraftig vei fremover for politikktutvikling i Norge og Norden. Paperet avsluttes med konkluderende bemerkninger.

B. Utforming av offentlig politikk

Politikktutvikling, planlegging og samfunnsutvikling kan være kjennetegnet ved at (policy) læring, evaluering, planlegging og implementering er diskrete prosesser. Det kan for eksempel bety, at disse prosessene helt eller delvis tidsmessig, organisatorisk eller økonomisk er frakoblet hverandre. I tillegg kan den kunnskapen, som brukes når man skal forstå, lære fra og evaluere gjennomført politikk være representert med data (tekst og tall), som i stor grad forenkler kompleksiteten de representerer. Data presentert på en slik måte vil ofte kreve forhåndskunnskap og ekspertise, for at en bruker på selvstendig grunnlag skal kunne vurdere datas gyldighet og gyldighetsområde. I tillegg er ofte governanceprosesser knyttet til å utvikle politikk krevende med hensyn til både tids- og ressursbruk. Det kan for eksempel være konflikterende forestillinger knyttet til politikkens mål og/eller virkemidler, samt være ulikhet knyttet til, hvordan informasjon (data) blir behandlet, forstått og brukt av ulike interessenter og aktørgrupper. Dette innebærer at utforming av offentlig politikk ofte er en prosess, der data om fortiden, kunnskap om nåtiden, verdier, mål, holdninger

knyttet til fremtidig utvikling, kan flyte sammen i prosesser, som er både uoversiktlige og uforutsigbare. Generelt er utfordringen at man ofte ikke kjenner tilsiktede og utilsiktede effekter av politikken, virkemidlet, det regulative rammeverket, loven, incentivet, etc., før det har fått virke i den virkelige verden over noe tid.

Sosial simulering av politikk kan designes slik, at det bidrar til å adressere, men naturligvis ikke fullt ut løse, noen av utfordringene som kjennetegner tradisjonelle governancemodeller, for hvordan offentlig politikk utformes. Dette er skjematisk forsøkt illustrert ved dikotomiene i tabell 1 under.

	Tradisjonell modell	Sosial simulering
Læring	Læring fra fortid og nåtid	Læring fra fortid, nåtid og eksperimenter med en simulert fremtid
Kunnskap	Ofte diskret og statisk («bilde»)	Dynamiske og koplede data («film»)
Planlegging	Basert på læring fra tilgjengelige datakilder som beskriver en tilstand eller en utvikling fra fortid til nåtid	Basert på læring fra tilgjengelige datakilder som beskriver en tilstand eller en utvikling fra fortid til nåtid, samt simulering av en kjent fortid frem til en kjent nåtid og simuleringer fra en kjent nåtid til en ukjent fremtid
Iverksetting	Basert på politisk beslutning, regelstyrt handling, forhandlinger eller kombinasjoner av disse	Basert på politisk beslutning, regelstyrt handling, forhandlinger eller kombinasjoner av disse. Men effekter simuleres med en kjent usikkerhet og innenfor kjente parametere
Governance	Kompleks	Kompleks. Kan reduseres ved aksept av modellens premisser blant ulike interessentgrupper, for eksempel gjennom deltakende modelleringsprosesser

Tabell 1: Sosial simulert og tradisjonell governance modell

Sosial simulering av politikk løser ikke i seg selv grunnleggende motsetninger knyttet til verdier og mål mellom ulike interessentgrupper. Erfaringene fra FNs klimapanel og klimamodellene viser oss, at med mindre ulike interessentgrupper også aksepterer modellens premisser, vil man ikke klare å bevege den politiske diskursen fra hva som er målet til hva som er de beste virkemidlene for å nå målet. Hvordan sosial simulering av politikk kan foregå, blir diskutert i mer detalj i det følgende, samt hvilke utfordringer og etiske problemstillinger dette reiser.

C. Hvorfor lage datamodeller?

1. Fordeler og ulemper med sosial simulering

Sosiale systemer er komplekse og har mekanismer og dynamikk, som er vanskelig å forstå og forutse konsekvensene av. I sosiale systemer tar individer beslutninger basert på tidligere erfaring, kunnskap, læring, forståelse av usikkerhet og/eller en kombinasjon av alle disse. Interaksjoner mellom individer, og mellom individer og deres omgivelser er vanligvis preget av ikke-lineære prosesser, kompleks dynamikk, «feedback loops» og innbyrdes avhengigheter.

I en multi-agent-simulasjonsmodell kan man integrere kunnskap om interaksjoner og prosesser i en kausal arkitektur. En verifisert og testet arkitektur lar interaksjoner på mikronivå (individer) produsere mønstre på makronivå (samfunn). Dette muliggjør at en sosial simulering blir analog til tilsvarende prosesser i den virkelige verden (samfunnet). Simuleringen kan dermed brukes til å observere og forstå mekanismer i systemet. Interaksjoner på mikronivå produserer makrofenomener og gir oss mulighet til å observere og forstå årsakssammenhenger og utilsiktede konsekvenser (Ahrweiler, 2017; Ahrweiler et al., 2016). Styrken til en sosial simulering er, at den kan håndtere stor kompleksitet med mange variabler, parallelle interaksjoner og usikkerhet og gir oss muligheten til å utforske mekanismene og identifisere dynamikken, som fører til spesifikke hendelser og scenarier.

I forhold til politikkutvikling er det eksempler på at sosial simulering allerede er i bruk for å utforme og evaluere politikk (Gilbert et al., 2018). Fremgangsmåten er å bruke multi-agent-simulasjonsmodell til å eksperimentere med alternative virkemidler og identifisere, hvilke som gir ønsket resultat. Modellen kan også brukes til å identifisere utilsiktede konsekvenser og potensielle konflikter, som kan følge implementering av et tiltak. Videre kan en simulering brukes til å belyse mekanismer, kostnader og hvilke kontekstuelle forhold, som er nødvendige for at en ønsket endring (politisk mål) skal finne sted. Hovedformålet med slike simuleringer vil være å veilede fremtidig implementering av aktuell politikk. Policy-modeller kan spare tid og kostnader, fordi de tillater testing og eksperimentering med politikk, oppdage utilsiktede konsekvenser og alternative virkemidler, før implementering finner sted. En multi-agent-simulasjonsmodell, som i en tilfredsstillende grad er testet og verifisert, kan gjenskape vesentlige sider ved det sosiale fenomener slik de empirisk blir observert. Når virtuelle aktører samhandler i modellen på en slik måte at de gir en representasjon av den virkelige verden, er dette å forstå som en kunstig intelligens. Man kan da for eksempel bruke den kunstige intelligensen til å kjøre ulike optimaliseringsrutiner, som hvilke hendelser, som må inntreffe for at politisk mål X skal bli realisert.

Selvsagt reflekterer ingen modeller virkeligheten fullt ut. Ingen modeller kan ta høyde for alle eventualiteter, og ingen modeller er perfekte. Forståelse av modellens svakheter er derfor like viktig

som å forstå dens styrker. Når man planlegger modellen, må man derfor være beviste på, hvilken type av spørsmål modellen skal hjelpe oss med å forstå, hvilken type modell man lager, hvilke elementer, data, mekanismer, som skal inkluderes. Noe forenklet kan vi si, at modeller, som er for abstrakte, kan være vanskelige å validere med empiriske observasjoner, mens modeller som inkluderer store mengder detaljer, mekanismer og faktorer krever store mengder data for å kalibreres og valideres. Slike modeller kan igjen ende opp med å være vanskelige, om ikke umulige å forstå. Når man bygger en modell, må man derfor være oppmerksom på at alle elementer, som ikke kan fanges opp og derfor nøye vurdere, hva som inkluderes, og hva som ikke inkluderes i modellen og dens arkitektur.

Sosial simulering er et verktøy, som har potensiale til å bidra til en bedre forståelse av komplekse sosiale fenomener, og som kan gi beslutningstagere bedre forutsetninger for å håndtere risiko og usikkerhet knyttet til, hvordan en policy kan påvirke økonomiske og sosiale faktorer slik, at helhetlige, bærekraftige løsninger effektivt kan identifiseres. Men de er komplekse å utvikle, og krever at brukere forstår simuleringens begrensninger og gyldighetsområde.

2. Agent baserte modeller

Det finnes mange typer modeller og simuleringer. Et skille er mellom forklarende og prediktive modeller. *Forklarende modeller* er designet for å identifisere mekanismene, som driver et system til et gitt resultat. De forklarer, hvilke scenarier som dukker opp under hvilke forhold, og hvilke mekanismer som fører til disse scenariene. Dette kan da hjelpe oss å (re)formulere hypoteser om årsakssammenhenger i de sosiale prosessene, som modelleres og til å belyse mekanismer, som påvirker sosiale prosesser. Modellen blir dermed brukt som et verktøy for å utvide forståelsen og potensielt generere nye innsikter om en sosial teori eller konsekvenser av en politikk (Calder et al., 2018). *Prediktive modeller* derimot er designet for å gi prognoser på potensielle fremtidsscenarier (foresight). Prognosering er imidlertid en ekstremt vanskelig oppgave, når det kommer til komplekse sosiale systemer, fordi små endringer kan føre til helt uventede resultater. Nytteverdien av prediktive modeller er derfor knyttet til, at man har mulighet til å utforske mange ulike og mulige fremtidsscenarier innenfor én og samme modell. Dette er naturligvis nyttig i forhold til strategi-, beredskaps- og planleggingsarbeid.

Modeller kan også klassifiseres ut fra, om de simulerer agenter eller systemet (systemdynamikk). *Systemdynamikkmodeller* har allerede i flere tiår blitt brukt til policyanalyse og design (Richardson, 2013) og er en top-down tilnærming, siden komponentene eller variablene, det refererer til, er på makronivå, for eksempel populasjoner, kapital, institusjoner osv. Disse komponentene er koblet via matematiske ligninger, som fanger komplekse «feedback loops», for eksempel innbyrdes avhengighet, gjensidig interaksjon og sirkulær kausalitet. *Agentbaserte modeller* (også kalt ABM)

følger derimot en bottom-up-tilnærming. Agentene representerer individuelle enheter (for eksempel en person eller en virksomhet), hver av dem med sine egenskaper og atferd, som samhandler i henhold til forhåndsdefinerte algoritmer, og ut ifra disse interaksjonene dukker fenomener på makronivå opp som såkalte «emergent properties».

I agentbaserte modeller modelleres hver enkelt agent (individ) separat. Hver av disse agentene kan samhandle og kommunisere med andre agenter og dets miljø samt lære og akkumulere erfaring. Disse agentene blir utformet slik at de i størst mulig grad ligner på aktørene i det sosiale systemet som modelleres, for eksempel knyttet til politiske preferanser, ideologi, verdier, religiøsitet, etnisitet, sosial tilhørighet og status, utdanning, arbeidstilknytning, familieforhold, med videre. Når den agentbaserte modellen settes i bevegelse («tiden startes»), kan modellen gjenskape kompleksiteten i det sosialt system. Agentbaserte modeller har den fordel at de kan vise sammenheng mellom interaksjoner på mikronivå og resultater på makronivå (Ding, Gong, Li & Wu, 2018). Agentbaserte modeller kan derfor brukes til å vise konsekvensene av en gitt policy, ikke bare på systemnivå eller for en bestemt gruppe av individer, men også for et spesifikt individ eller en bestemt institusjon (for eksempel en bedrift eller en skole). Det er hovedsakelig derfor agentbaserte modeller nå er den foretrukne type modell til bruk for samfunnsanalyse og politikkutvikling. Anvendelse og bruk av modeller av politikere og andre beslutningstakere innebærer imidlertid, at disse interessentene har tillitt, til at modellen gir en realistisk representasjon av forhold i den virkelige verden. Deltakende modellering kan bidra til, at en slik tillitt og forståelse utvikles.

3. Deltakende modellering

Utvikling av en simuleringsmodell inneholder flere definerte steg og prosesser; design, utvikling, analyse og anvendelse. Dette er en prosess, som gjerne starter med, at interessentene (de som skal bruke modellen) forklarer og definerer problemet til modellutviklerne. Utvikling av en spesifikk modell er, uansett valg av tilnærming, en iterativ prosess. Det vil si, at man bygger den steg for steg, går frem og tilbake mellom den virkelige verden, data og data som modellen predikerer. Ideelt sett deltar interessentene i modellutviklingen, får eierskap til den og kjennskap til modellens styrker og svakheter. Hvis interessentene ikke er direkte involvert, begynner prosessen som regel med, at modellørene konseptualiserer en overordnet arkitektur for modellen, og deretter bygger modellen ved at algoritmene programmeres. Deretter analyseres og valideres modellen. Hvis modellen blir vurdert å produsere valide funn, beholdes den, hvis ikke bearbeides den mer eller forkastes. Deretter blir modellen presentert for interessentene, som da kan velge å bruke den i sitt videre arbeid.

Validering er prosessen, der man vurderer om modellen er en passende representasjon av det sosiale systemet som modelleres. Validering kan gjøres på mikro- og på makronivå. På mikronivå må man vurdere om agentenes oppførsel er realistisk, fra et adferds-, psykologisk- og sosialt nettverksperspektiv. På makronivå innebærer det, at man vurderer om mønstrene, som kommer fra

mikronivåinteraksjonene, er som forventet i lys av etablert teori og gjenspeiler mønsteret, som empirisk kan observeres i samfunnet. Videre er det vanlig å teste resultatene som produseres av interaksjonene mellom agentene i modellen, mot historiske empiriske data. I noen tilfeller kan mangel på data hindre en kvantitativ/kvalitativ validering av modellen. I slike tilfeller kan «face validation» være nok, det vil si en subjektiv vurdering, av om modellen representerer, det den er designet for å representere. I alle slike tilfeller bør interessenter og fagekspertene være involvert i prosessen for å sikre, at modellen er representativ, og at den kan brukes til det formålet, den er blitt designet for.

En utfordring med denne tilnærmingen er, at interessentene ikke deltar i hele prosessen og derfor heller ikke får den nødvendige forståelse av modellens anvendelsesmuligheter og begrensninger. Det kan igjen føre til manglende tillit til resultatene, eller at det blir vanskelig å se nytteverdien av modellen (Puga-Gonzalez et al., In press). Modellutviklerne selv representerer ofte selv en begrensning ved at de ofte ikke har spesialkompetanse på det fagområdet, som modelleres. En ekspert på å utvikle avanserte algoritmer er ikke automatisk også ekspert på for eksempel dynamikken i det norske arbeidsmarkedet. Dette kan igjen vanskeliggjøre kommunikasjon med interessentene. Disse og relaterte utfordringer har bidratt til utviklingen av det, som kalles *deltakende modellering* (Ahrweiler, 2017, 2010; Gilbert et al., 2018; Jager & Edmonds, 2015). Denne tilnærmingen til modellering tar sikte på å sikre tett samarbeid mellom interessenter med praksiskunnskap, modellutviklere og fagekspertene (forskere), der det er behov for det. Målet er å sikre, at man utvikler en modell, som både passer til sitt formål og som blir brukt i praksis.

D. Internasjonale erfaringer og etiske problemstillinger

1. Internasjonale erfaringer

Helt siden 1950-tallet har modellering og simulering blitt brukt innenfor ulike akademiske disipliner for å analysere mekanismer i komplekse adaptive systemer. Dette har allerede i mange tiår blitt brukt som metode for å forstå komplekse systemer innenfor ulike naturvitenskapelige disipliner. Store internasjonale selskaper, forsvaret, organisasjoner som jobber med smittevern, og andre lignende organisasjoner, har også lenge tatt i bruk metoden for å simulere sannsynlige konsekvenser, før man implementerer et foreslått tiltak (Tolk, 2012). Modellering og simulering har hatt så stor innflytelse, at det har blitt kalt en tredje pilar i vitenskapen, i tillegg til teori og eksperiment (Yilmaz, 2015). I de senere år har også samfunnsvitenskapene i større utstrekning tatt i bruk modellering og simulering. En gjennomgang av publikasjoner innenfor simulering av sosiale fenomener viser, hvor raskt dette feltet har vokst det siste tiåret (Hauke, Lorscheid & Meyer, 2017). Modellering og simulering har videre blitt brukt innenfor felt som sosialpsykologi og organisasjonspsykologi (Smaldino, Calanchini & Pickett, 2015; Smith & Conrey, 2007), i tillegg til i

studier av, hvordan sosial endring påvirker innvandring, etnosentrisme og sekularisering (Gore et al., 2018; Lemos, Gore, Lessard-Phillips & Shults, 2019). Alle disse bidragene har ført til utviklingen av det fagfeltet, som nå har fått navnet “computational social science” (Epstein, 2006; Squazzoni, 2012).

Denne utviklingen har bidratt til, at modellering og simulering-verktøyene nå er modne for å bli tatt i bruk for å utforme politikk (Desai, 2012), og det har blitt påpekt av en rekke forskere, at agentbasert modellering er spesielt nyttig for å adressere den type komplekse adaptive systemer, som politikktutvikling må ta hensyn til, fordi den kan fange interaksjonen mellom variabler på mikro- og makronivå (Gilbert et al., 2018; Jager & Edmonds, 2015; Shults, 2018). Det er imidlertid også viktig å se på utfordringene knyttet til denne typen modellering. Adekvate simuleringer krever, at man er oppmerksom på, hvilke kognitive mekanismer som former menneskers handlegfrihet (Sun, 2018), kompleksiteten i sosiale nettverk (Flache et al., 2017), og hvordan geografiske rammer påvirker policy-scenarier (Polhill et al., 2019). Fagfeltet er i rask utvikling, og med den kompleksiteten som simulering av sosiale fenomener innebærer, og alle utfordringene som medfølger, er det viktig, at man også arbeider parallelt med å utvikle en beste praksis (Shults, Wildman, Diallo, Puga-Gonzalez & Voas, 2018).

Modelleringsteknikker har til nå blitt brukt innenfor flere ulike områder relatert til sosialpolitisk utvikling, de mest kjente er kanskje innenfor helsefeltet. Det har blant annet blitt anvendt for å forstå, hvordan regulering av lovverk kan påvirke alkoholinntak i befolkningen (Scott et al., 2016) og tobakksforbruk (Ogawa, Geller & Wallace, 2015). I arbeidet med å forbedre folkehelsen har man endatil foreslått modeller, som integrerer strategier med flere enn ett mål (Madhavan, Phelps, Rouse & Rappuoli, 2018). Helsen vår er selvfølgelig også knyttet til miljøet, vi lever i, og datamodeller, som viser effektene av klimaendringer er også relevante. En gruppe forskere har nylig forsøkt å utvikle modeller, som kan simulere den gjensidige påvirkningen mellom økologisk dynamikk og menneskelig handlinger for å finne måter, man kan redusere menneskeskapte klimaendringer på (Beckage et al., 2018; Bury, Bauch & Anand, 2019).

Et annet eksempel på, hvordan sosial simulering er brukt for å bedre menneskelige vilkår, er i studier av hva, som forårsaker, og hva som er konsekvensene av kulturelle konflikter. Dette inkluderer modeller, som fokuserer på mekanismer, som driver ideologisk polarisering (Flache, 2018), samt modeller, som ser på, hvilke faktorer som driver gjensidig eskalerende konflikter (Shults, Gore, et al., 2018). I disse tilfellene er det spesielt viktig å ha søkelys på, hvordan verdier og normer former relasjonene innenfor og på tvers av tilhørighet i grupper. Dette vil også bli stadig viktigere, når for eksempel forskere og politikere tar i bruk modelleringsteknikker for å simulere dynamikk knyttet til integrering av innvandrere. En nylig utviklet agentbasert modell, som simulerte agenter med ulikt

verdisett, viste for eksempel effekten av ulike regelverk på holdninger til innvandrere og til innvandrernes livskvalitet (Gore et al., 2019).

Noen av de mest avanserte politikkorienterte modellene finner vi eksempler på innenfor temaet innovative nettverk. Allerede på begynnelsen av 2000-tallet ble agentbaserte modeller og andre databehandlingsverktøy tatt i bruk for å studere innovative nettverk (Gilbert, Pyka & Ahrweiler, 2001), og i 2014 var teknikkene på dette området så godt konsolidert, at det ble regnet som et eget fagfelt (Watts & Gilbert, 2014). Det mest kjente verktøyet, som også er empirisk testet, er plattformen "Simulating Knowledge dynamics in Innovation Networks" (SKIN) (Gilbert, Pyka & Ahrweiler, 2014). SKIN-plattformen har blitt brukt til å simulere et bredt spekter av innovative nettverk, inkludert policy-relevante modeller, som har til hensikt å fremme regional, nasjonal og europeisk innovasjon innenfor forskning og teknologi (Ahrweiler et al., 2016). SKIN er også anvendt i analysene av EUs prosedyrer for evaluering av prosjektsøknader, der man blant annet simulerer deres effekt på innovasjonsprosesser (Ahrweiler, 2017; Ahrweiler, Schilperoord, Pyka & Gilbert, 2015).

I flere land viser nå regjeringen interesse for å anvende modellering til utforming av politikk. For eksempel ble det i en rapport bestilt av UK Council for Science and Technology om «Computational Modeling: Technological Futures» anbefalt etablering av et kompetansesenter for modellering, spesielt rettet mot offentlig og privat sektor. Et slikt kompetansesenter vil være nødvendig for å bedre dra nytte av, og regulere den raskt økende bruken av datamodeller for å simulere virkningen av politikk i næringsliv og industri, byer og infrastruktur, finans og samfunnsøkonomi. En av grunnene til at, beregningsmodeller viser seg å være lovende med tanke på politikkutforming, er fordi de gir beslutningstakere og interessenter bedre oversikt over faktorene, som kan spille inn i komplekse sosiale systemer. Det gir dem dermed bedre mulighet til å forstå, hva som driver utviklingen. Med denne bredere kunnskapen blir man bedre i stand til å evaluere, hvilke tiltak som vil være mest formålstjenlige i arbeidet med å forbedre samfunnet (Government Office for Science, 2018). Rapporten fremhever også betydningen av å involvere relevante interessenter i deltagende modellering for å øke muligheten for, at resultatene av simuleringene kan nyttiggjøres i videre politisk analyse og evaluering.

2. Etske problemstillinger

Simuleringsteknologi er i dag et av de mest effektive verktøyene, vi har for å analysere komplekse prosesser både innenfor naturvitenskapene og innenfor samfunnsvitenskapene. Nigel Gilbert og hans kolleger skrev nylig derfor, at «where the costs or risks associated with a policy change are high, and the context is complex, it is not only common sense to use policy modelling to inform decision making, but it would be *unethical not to*» (Gilbert et al., 2018, s. 6.1, vår utheving).

Selv om vi følger Gilbert og hans kollegers formaning om, at det er uetisk å ikke bruke sosial simulering i politikkmotivering av komplekse kontekster, vil det være mange spørsmål knyttet til, hvordan dette nettopp kan gjøres på en *etisk forsvarlig måte*. Etske spørsmål og problemstillinger fra feltet multi-agent kunstig intelligens (MAAI) har mange fellestrekk med det, vi finner fra forskning på det noe bredere feltet kunstig intelligens (AI). Problemstillingene blir aktualiserte som praktiske problemer, når teknologien, regnekraften og de kognitive arkitekturene til MAAI-modellene blir så kraftige, at de realistisk kan brukes til å predikere alternative scenarier i komplekse sosiale systemer. Det kan for eksempel innebære, at man kan «nudge» eller manipulere befolkningen eller en gruppe mennesker til å handle på bestemte måter. Når dette skjer, må vi også stille spørsmål om, hvem som skal ha tilgang til modellene, og hvem som får bestemme, hvilke simuleringer som skal kjøres på dem.

Bruk og utvikling av modeller forutsetter bruk av presise definisjoner av kontroversielle termer som for eksempel innvandrer, kultur, religion, konflikt, gruppeidentitet, etc. Siden en modell operasjonaliseres ved hjelp av algoritmer som programmeres, tvinger de både brukere og utviklere av modellen, for eksempel forskere, politikere, planleggere, etc., til en konseptuell klarhet, man ofte ellers ikke ville hatt. Når teorier og begreper implementeres i en modell, må hver variabel bli konseptuelt avklart: spesifiseres algoritmisk og programmeres. Det samme gjelder for reglene, som styrer interaksjonen mellom aktørene og modellens rammebetingelser. Våre personlige *antakelser* om begrepene og teoriene vil derfor komme til overflaten i prosessen, hvor algoritmene blir formalisert. I deltakende motiveringsprosesser betyr dette, at politikeres og planleggeres antakelser kommer til overflaten sammen med forskernes. Slike situasjoner kan også være egnet til å fremme dialog om etiske utfordringer. Videre forutsetter et simuleringseksperiment, at brukerne av den er eksplisitte om *formålet* med politikken, de er interessert i å implementere, siden dette også vil være gjenstand for programmering. Dette er derfor også et forhold, som gjør at ulike etiske spørsmål kommer til overflaten og dermed gis mulighet til å behandles dialogisk.

Det er også mulig å simulere prosesser, som leder til etisk og moralsk adferd. Flere modeller har allerede gjort dette i praksis, der man lar etiske fenomener på samfunnsnivå (makro) bli generert fra «moralske» interaksjoner, inkludert kulturelle normer, på mikro-nivå (Conte, Andrighetto & Campennl, 2014; Elsenbroich & Gilbert, 2014). Forskere har også laget modeller, som simulerer adferd og interaksjoner i situasjoner, som er konfliktfylte, for eksempel hvordan en gruppe reagerer på trusler (Shults, Lane, et al., 2018), gjensidig opptrapping av konflikt mellom grupper (Shults, Gore, et al., 2018), og reduksjon av religiøs tro og tilknytning i sekulariserende kontekster (Gore et al., 2018).

Gitt at bruk og utvikling av MAAI og de etiske problemene dette reiser, foregår det også i økende grad en samtale om dette i vitenskapelige miljøer, som arbeider med motivering og simulering.

Forskere har for eksempel foreslått, at det utvikles et meta-etisk rammeverk for diskusjon og utvikling av kunstige samfunn og sosiale simuleringer (Shults & Wildman, 2019; Shults, Wildman & Dignum, 2018). Dette er analogt til det, som i AI-litteraturen noen ganger kalles «maskin meta-etikk» (Anderson, 2011). Men, en MAAI «kunstig sosial etikk» som Shults, Wildman & Dignum foreslår, er eksplisitt fokusert på måten som kulturelle normer, sosiale nettverk og andre miljøparametere former moralsk atferd og interaksjoner. Dette aspektet av det meta-etiske rammeverket er derfor *filosofisk* og abstrakt. Det innebærer blant annet, at modellerere inviteres til å gjøre eksplisitte definisjoner av «det gode» og «det rette», samt forholdet mellom disse begrepene. Det andre aspektet er *vitenskapelig* og trekker veksler på kunnskap fra de biokulturelle vitenskapene, som har kunnskap om evolusjonen av vår moral, med videre. Forskere anbefaler her, at modellerere, som har ambisjoner om å konstruere realistiske kognitive arkitekturer og sosiale nettverk, tar hensyn til og inkluderer innsikter fra fagdisipliner som evolusjonsbiologi og moralpsykologi.

Det siste aspektet av det meta-etiske rammeverket handler om de *pragmatiske* implikasjonene av de filosofiske og vitenskapelige aspektene. Avklaring av filosofiske forutsetninger og kriterier for å evaluere formålet med en modell kan hjelpe oss å unngå moralsk forvirring, når vi snakker med hverandre om forutsetningene og implikasjonene av vår kunstige sosiale etikk. Bruk av vitenskapelig innsikt om de mekanismene, som former menneskelig etisk atferd innenfor og mellom grupper, kan hjelpe oss å unngå eller i det minste identifisere moralsk unnfalhet, som kan appellerer til idiosynkratiske ideologier fra bestemte grupper.

Gitt alle de globale utfordringene, menneskeheten står overfor (ekstreme klimaendringer, eskalerende kulturelle konflikter, overdreven forbrukerkapitalisme, etc.), er det fornuftig å bruke sosial simulering for å hjelpe oss med å tenke på og planlegge for fremtiden. Samtidig er det viktig, at vi er klar over og forberedte på utfordringene og farene ved å bruke denne teknologien og kunnskapen. Hvis ikke også et bredere lag enn bare de, som er engasjert i modellutvikling, er opptatt av disse utfordringene, risikerer man, at teknologien brukes på en ikke-inkluderende måte, eller enda verre, på en måte, som forsterker det problemet, som man søker å løse. Derfor har det stor betydningen, at det foregår en åpen, kritisk og pågående dialog om etiske spørsmål og andre utfordringer blant så mange interessenter som mulig.

E. Deltakende modellering i Norden?

1. Hvorfor Norden og hvorfor nå?

England leder nå an i Europa knyttet til det å ta i bruk simuleringsteknologi for politikkutvikling. Det kan imidlertid være grunn til å tro, at også de nordiske landene vil være tidlig ute med å ta i bruk mulighetene, sosial modellering har for politikkutvikling og planlegging.

Det er flere grunner til, at dette kan være en rimelig antakelse. For det første krever utvikling av vellykkede simuleringsmodeller tilgang på mye og gode empiriske data, samt forskere og andre med god innsikt om det fenomenet/feltet, som skal modelleres. Empiriske data brukes, som vi har sett, til å kalibrere og verifisere simuleringsmodellen, der man blant annet tester, i hvilken grad modellen evner å reprodusere kjent empiri. Få land i verden kan konkurrere med de nordiske, når det gjelder data og datatilgang. For det andre kjennetegnes de nordiske landene av å være relativt små, oversiktlige, transparente og egalitære. Dette gjør deltakende modellerings- og simuleringsprosesser mellom personer involvert i politikktutforming og modellering både mulig og realistisk. Det sannsynliggjør både økt relevans og praktisk bruk av simuleringsmodeller. De nordiske landene er også kjennetegnet av å ha en befolkning med høy tillitt til sentrale samfunnsinstitusjoner, en politisk diskurs, som er mindre polarisert enn det den er i mange andre land. Det er stor grad av enighet om overordnende verdier og politiske mål, knyttet til likhet, økonomisk utvikling, klima, miljø, velferdsstaten, mm. Dette er forhold, som igjen vil være fordelaktig ved modellutviklingsprosesser, fordi målet med modellen er klart, noe som gjør selve modellutviklingen betydelig enklere. Til slutt kan det trekkes frem, at vi i Norden er kjennetegnet ved politikere og en befolkning, som fortsatt er kunnskapsoptimister, der mange har en oppfatning av, at forskning og innovasjon er en del av løsningen på de utfordringene, vi som samfunn står overfor.

2. Konklusjon

Som vi har sett, har det i løpet av det siste tiåret vært en betydelig utvikling i bruken av datasimulering for å gjenskape komplekse sosiale systemer. Det er ingen lett oppgave å utvikle en god modell, men teknologien og kunnskapen om, hvordan dette gjøres går raskt fremover. Modellene gir oss en ny kapasitet og evne til å trenge inn og forstå dynamikken i komplekse sosiale systemer. Dermed gir de oss også bidrag til, at forskere kan utføre bedre analyser, og gi politikere og andre ledere bedre muligheter til å i større grad forutse potensielle utfall, før man velger å implementere en gitt politikk eller strategi. Det er på grunn av dette potensialet, at MAAI modeller, etterhvert som teknologien utvikles videre, med stor sannsynlighet vil ha en radikal innvirkning på samfunnet, og hvordan vi planlegger for å løse viktige samfunnsutfordringer. Denne teknologien kan også misbrukes og reiser flere etiske problemstillinger og praktiske utfordringer. Det er ikke mulig å putte «ånden» tilbake på flasken, derfor er den eneste farbare vei, at vi allerede nå begynner å forberede oss på en situasjon, der beslutningstakere har kvalitativt mer og annerledes informasjon om politikken og dens effekter enn det de har i dag. Denne forberedelsen gjøres best ved, at man arbeider tverrfaglig på tvers av sektorer og samfunnsfelt, har åpne og transparente prosesser om dette, og at man kritisk diskuterer, hvilke muligheter man har for å styre også denne delen av samfunnsutviklingen på en bærekraftig måte.

Referanser

Ahrweiler, P. (2017). Agent-based simulation for science, technology, and innovation policy. *Scientometrics*, 110(1), 391-415. <https://doi.org/10.1007/s11192-016-2105-0>

Ahrweiler, P. (Red.). (2010). *Innovation in complex social systems*. London. Routledge.

Ahrweiler, P., Gilbert, N. & Pyka, A. (2016). Policy modelling of large-scale social systems: Lessons from the SKIN model of innovation. I P. Ahrweiler, N. Gilbert & A. Pyka (Red.), *Joining complexity science and social simulation for innovation policy. Agent-based modelling using the SKIN platform* (s. 156-180). Newcastle upon Tyne, UK. Cambridge Scholars Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-540-92267-4_5

Ahrweiler, P., Schilperoord, M., Pyka, A. & Gilbert, N. (2015). Modelling Research Policy: Ex-Ante Evaluation of Complex Policy Instruments. *Jasss-The Journal Of Artificial Societies And Social Simulation*, 18(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.18564/jasss.2927>

Anderson, S. L. (2011). Machine Metaethics. I M. Anderson & S. L. Anderson (Red.), *Machine Ethics* (s. 21-27). Cambridge. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511978036.004>

Badham, J., Chattoe-Brown, E., Gilbert, N., Chalabi, Z., Kee, F. & Hunter, R. F. (2018). Developing agent-based models of complex health behaviour. *Health & Place*, 54, 170-177. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2018.08.022>

Beckage, B., Gross, L. J., Lacasse, K., Carr, E., Metcalf, S. S., Winter, J. M., ... Hoffman, F. M. (2018). Linking models of human behaviour and climate alters projected climate change. *Nature Climate Change*, 8(1), 79-84. <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0031-7>

Bury, T. M., Bauch, C. T. & Anand, M. (2019). Charting pathways to climate change mitigation in a coupled socio-climate model. *PLOS Computational Biology*, 15(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1007000>

Calder, M., Craig, C., Culley, D., de Cani, R., Donnelly Christl, A., Douglas, R., ... Wilson, A. (2018). Computational modelling for decision-making: where, why, what, who and how. *Royal Society Open Science*, 5(6), 172096. <https://doi.org/10.1098/rsos.172096>

Conte, R., Andrighetto, G. & Campennl, M. (Red.). (2014). *Minding Norms: Mechanisms and dynamics of social order in agent societies*. Oxford. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199812677.001.0001>

Desai, A. (Red.). (2012). *Simulation for Public Policy*. New York: Springer.

Ding, Z., Gong, W., Li, S. & Wu, Z. (2018). System Dynamics versus Agent-Based Modeling: A Review of Complexity Simulation in Construction Waste Management. *Sustainability*, 10(7), 1-13. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su10072484>

- Elsenbroich, C. & Gilbert, N. (2014). *Modelling Norms*. Dordrecht. Springer Netherlands.
- Epstein, J. M. (2006). *Generative Social Science: Studies in Agent-Based Computational Modeling*. Princeton. Princeton University Press.
- Flache, A. (2018). Between Monoculture and Cultural Polarization: Agent-based Models of the Interplay of Social Influence and Cultural Diversity. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 25, 996-1023. <https://doi.org/10.1007/s10816-018-9391-1>
- Flache, A., Mäs, M., Feliciani, T., Chattoe-Brown, E., Deffuant, G., Huet, S. & Lorenz, J. (2017). Models of Social Influence: Towards the Next Frontiers. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 20(4), 2. <https://doi.org/10.18564/jasss.3521>
- Gilbert, N., Ahrweiler, P., Barbrook-Johnson, P., Narasimhan, K. P. & Wilkinson, H. (2018). Computational Modelling of Public Policy: Reflections on Practice. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 21(1). <https://doi.org/10.18564/jasss.3669>
- Gilbert, N., Pyka, A. & Ahrweiler, P. (2001). Innovation networks-a simulation approach. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 4(3), 1-13.
- Gilbert, N., Pyka, A. & Ahrweiler, P. (Red.). (2014). *Simulating knowledge dynamics in innovation networks*. Heidelberg. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-43508-3>
- Gore, R., Lemos, C., Shults, F. L. & Wildman, W. J. (2018). Forecasting Changes in Religiosity and Existential Security with an Agent-Based Model. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 21(1), 4. <https://doi.org/10.18564/jasss.3596>
- Gore, R., Wozny, P., Dignum, F. P., Shults, F. L., van Burken, C. B. & Royakkers, L. (2019). A value sensitive ABM of the refugee crisis in the Netherlands. *Proceedings of the Annual Simulation Symposium: Society for Computer Simulation International*. <https://doi.org/10.23919/springsim.2019.8732867>
- Government Office for Science. (2018). *Computational Modelling: Technological Futures*. London: Government Office for Science.
- Hauke, J., Lorscheid, I. & Meyer, M. (2017). Recent Development of Social Simulation as Reflected in JASSS Between 2008 and 2014: A Citation and Co-Citation Analysis. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 20(1), 5. <https://doi.org/10.18564/jasss.3238>
- Jager, W. & Edmonds, B. (2015). Policy Making and Modelling in a Complex World. I M. Janssen, M. A. Wimmer & A. Deljoo (Red.), *Policy Practice and Digital Science: Integrating Complex Systems, Social Simulation and Public Administration in Policy Research* (s. 57-73). Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-12784-2>

- Lemos, C. M., Gore, R. J., Lessard-Phillips, L. & Shults, F. L. (2019). A network agent-based model of ethnocentrism and intergroup cooperation. *Quality & Quantity*. <https://doi.org/10.1007/s11135-019-00856-y>
- Madhavan, G., Phelps, C. E., Rouse, W. B. & Rappuoli, R. (2018). Vision for a systems architecture to integrate and transform population health. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(50), 12595-12602. <https://doi.org/10.1073/pnas.1809919115>
- Narasimhan, K. P., Gilbert, N. G., Hope, A. L. B. & Roberts, T. H. (2018). Demystifying Energy Demand using a Practice-centric Agent-based Model.
- Ogawa, V. A., Geller, A. & Wallace, R. (2015). *Assessing the Use of Agent-Based Models for Tobacco Regulation*. Washington, DC. The National Academies Press.
- Polhill, J. G., Ge, J., Hare, M. P., Matthews, K. B., Gimona, A., Salt, D. & Yeluripati, J. (2019). Crossing the chasm: a 'tube-map' for agent-based social simulation of policy scenarios in spatially-distributed systems. *GeoInformatica*, 23(2), 169-199. <https://doi.org/10.1007/s10707-018-00340-z>
- Puga-Gonzalez, I., Voas, D., Wildman, W. J., Diallo, S. & Shults, L. F. (In press). Minority integration in a Western city: An agent-based modelling approach. I S. Diallo, W. J. Wildman, S. L. F. & A. Tolk (Red.), *Human Simulation: Perspectives, Insights and Applications*. New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17090-5_10
- Richardson, G. P. (2013). System Dynamics. I S. I. Gass & M. C. Fu (Red.), *Encyclopedia of Operations Research and Management Science* (s. 1519-1522). Boston, MA: Springer.
- Scott, N., Livingston, M., Hart, A., Wilson, J., Moore, D. & Dietze, P. (2016). SimDrink: An agent-based netlogo model of young, heavy drinkers for conducting alcohol policy experiments. *Jasss-The Journal Of Artificial Societies And Social Simulation*, 19(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.18564/jasss.2943>
- Shults, F. L. (2018). Can we predict and prevent religious radicalization? I G. Overland, A. J. Andersen, K. E. Førde, K. Grødum & J. Salomonsen (Red.), *Violent Extremism in the 21st Century: International Perspectives* (s. 45-71). Cambridge: Cambridge Scholars Press.
- Shults, F. L., Gore, R., Wildman, W. J., Lynch, C., Lane, J. E. & Toft, M. (2018). A Generative Model of the Mutual Escalation of Anxiety Between Religious Groups. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 21(4), 7. <https://doi.org/10.18564/jasss.3840>
- Shults, F. L., Lane, J. E., Wildman, W. J., Diallo, S., Lynch, C. J. & Gore, R. (2018). Modelling terror management theory: computer simulations of the impact of mortality salience on religiosity. *Religion, Brain & Behavior*, 8(1), 77-100. <https://doi.org/10.1080/2153599X.2016.1238846>
- Shults, F. L. & Wildman, W. J. (2019). Ethics, Computer Simulation, and the Future of Humanity. I S. Y. Diallo, W. J. Wildman, F. L. Shults & A. Tolk (Red.), *Human Simulation: Perspectives, Insights, and*

Applications (s. 21-40). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17090-5_2

Shults, F. L., Wildman, W. J., Diallo, S., Puga-Gonzalez, I. & Voas, D. (2018). The Artificial Society Analytics Platform. *Proceedings of the 2018 Social Simulation Conference*.

Shults, F. L., Wildman, W. J. & Dignum, V. (2018). The ethics of computer modeling and simulation. *Winter Simulation Conference (WSC)*: 4069–4083. IEEE. <https://doi.org/10.1109/wsc.2018.8632517>

Smaldino, P. E., Calanchini, J. & Pickett, C. L. (2015). Theory development with agent-based models. *Organizational Psychology Review*, 5(4), 300-317. <https://doi.org/10.1177/2041386614546944>

Smith, E. R. & Conrey, F. R. (2007). Agent-Based Modeling: A New Approach for Theory Building in Social Psychology. *Personality and Social Psychology Review*, 11(1), 87-104. <https://doi.org/10.1177/1088868306294789>

Squazzoni, F. (2012). *Agent-Based Computational Sociology* (2. utg.). Hoboken, NJ. Wiley.

Sun, R. (2018). Cognitive Social Simulation for Policy Making. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 5(2), 240-246. <https://doi.org/10.1177/2372732218785925>

Tolk, A. (Red.). (2012). *Engineering principles of combat modeling and distributed simulation*. Hoboken, NJ. Wiley.

Watts, C. & Gilbert, N. (2014). *Simulating innovation: Computer-based tools for rethinking innovation*. Northampton, MA. Edward Elgar Publishing.

Yilmaz, L. (Red.). (2015). *Concepts and Methodologies for Modeling and Simulation*. New York. Springer.