

# Simulation og Projektstyring: Fra madpapir til SimCity?

Af Thomas Gulløv og Kent Wickstrøm Jensen

## Resumé

Mens simulation i første omgang har været koncentreret omkring relativt afgrænsede fænomener og specielt har været rettet mod ingeniørvidenskaberne og den tekniske del af produktudviklingen, så har computeren gjort det muligt at simulere mere komplekse fænomener. Dette har betydet, at simulation på det seneste har gjort sit indtog som et værktøj til at øge forståelsen af komplekse sociale systemer. Et af de seneste skud på stammen af simulationsværktøjer er projektstyringsværktøjet "The Virtual Design Team" (VDT), udviklet på Center for Integrated Engineering (CIFE) på Stanford University. VDT-

tankegangen er, at det bør være muligt at designe projekter på samme måde, som man designer bygninger. VDT simulerer gennemførelsen af projekter ud fra oplysninger om opgavens natur og sammensætning samt karakteristika for projektdeltagerne og projektorganisationen. Herunder simuleres beslutnings- og koordinationsprocessernes indflydelse på et eller flere simultane projekters gennemførelse. Denne artikel ser nærmere på udviklingen i simulationsværktøjernes kompleksitet samt retter fokus mod softwarepakken "SimVision", der er den senest kommercialiserede udgave af VDT.

## Indledning

Simulation kan defineres som en metode til at genskabe karaktertræk ved et fænomen i en anden kontekst. Eksempler på simulationer er således vindtunneler til at teste fly og biler, snoretræk til at bestemme kritiske veje gennem et netværk, men også f.eks. militær planlægning i form af krigsspil gennemført på kort eller terrænborde kan ses som eksempler på simulation. I dag vil de fleste dog nok tænke på avancerede softwareprogrammer, når man taler om simulation. Således har simulation specielt inden for ingeniørvidenskaben gennemgået en stor udvikling. Som eksempler herpå kan nævnes test af ski-hopanlæg og konstruktion af bygninger i et "virtuelt univers", før bygningerne bliver opført. Også

inden for organisationsteorien har simulationsmodellerne vundet indpas. Inden for dette område har man f.eks. anvendt simulation i vurdering af omfattende evakueringsplaner for ambassader i kritiske områder, løsningsmodeller for kritiske politiske beslutningsprocesser, samt teoriudledning inden for ledelsesmæssige og organisatoriske problemstillinger.

Valideringen af simulationsmodellerne har fokuseret på balancen mellem modelernes realisme, deres kompleksitet og den troværdighed, hvormed de opfylder deres formål (Cohen and Cyert, 1965; Burton og Obel, 1995). Kravet om realisme gengiver ønsket om at genskabe et fænomen under bedst lignende omstændigheder. Dette krav

har dog sin naturlige begrænsning, idet baggrunden for simulation er et krav om, at fænomenet genskabes, hvor omkostningerne ved at studere fænomenet er væsentligt lavere end ved en egentlig gennemførelse af fænomenet. Således gennemføres simulationer ofte, hvor de økonomiske og/eller menneskelige risici ved fænomenet er store. Kravet om realisme står unægtelig i modsætning til kravet om, at modellerne skal være relativt simple. Hermed menes, at modellerne ikke må blive så komplekse, at det ikke længere er muligt at tolke årsags-sammenhænge ud fra simulationen.

Herbert Simon (1990) beskrev dette forhold således:

*“At best, the situations we wish to model are orders of magnitude more complex than the most elaborate models that supercomputers of the present and future will sustain. We need to apply keen intelligence, whether of people or computers, to make sure that we capture in our models the aspects of the world’s systems that are important to us”.*

Hvilke aspekter der må anses for “vigtige” i den forbindelse, skal ses i sammenhæng med det formål, for hvilken simulationen gennemføres. Formålet med simulation beskrives generelt som værende enten beskrivende eller forudsigende. Hvor vurderingen af beskrivende modeller er rettet mod deres evne til at belyse, hvorledes parametre indvirker på systemets adfærd, så må det yderligere kræves af forudsigende modeller, at de rent faktisk har en evne til at gengive og forudsige reelle systemers adfærd.

Formålet med denne artikel er at beskrive, hvorledes balancen mellem realisme, kompleksitet og formålet med simulation har ændret sig i takt med udviklingen i informationsteknologien. Denne beskrivelse tager udgangspunkt i simulation som et projektstyringsværktøj samt udviklingen af simulationsmodeller vedrørende komplekse sociale systemer. Således vil den sidste del af artiklen være rettet imod en beskrivelse af projektstyringsværktøjet Sim-

Vision, der gennem emulation af beslutnings- og koordinationsprocesser har som formål at give pålidelige forudsigelser for tid, omkostninger og kvalitet.

### **Simulation og projektledelse i et historisk perspektiv**

Mens simulationer af fænomener i første omgang var koncentreret omkring relativt afgrænsede fænomener, så har computeren gjort det muligt at simulere mere komplekse fænomener, eller om man vil, tilføje flere parametre og processer til eksisterende simulationsmodeller. Udviklingen har derfor skabt en naturlig progression mod mere virkelighedstro modeller med højere grad af kompleksitet. Spørgsmålet er så, om anvendelsen af disse modeller giver mere pålidelige resultater, end man kan opnå ved simple modeller, om kompleksiteten i modellerne vil bidrage med mere information, eller om modellerne har den effekt, at en del af informationen er blevet sværere tilgængelig?

Et område, hvor simulation traditionelt har været benyttet, er inden for projektledelse. Her har et centralt ønske været at kunne forudsige tid og omkostninger for projekter, gennem anvendelsen af ressourcer. Tilgangen til at løse dette problem har været domineret af normative teknikker og metoder udviklet af konsulenter og ingeniører (Engwall, 1992). En hovedantagelse har her været, at det er muligt entydigt at definere projektaktiviteter og herudfra at finde den optimale sekvens for disse aktiviteter med en optimal allokering af ressourcer (Packendorff, 1995).

Cleland and King, 1983:

*“Jo bedre strukturering af delene, jo bedre helheden”.*

Til dette formål har mange projektledere traditionelt benyttet sig af metoder fra operationsanalysen så som Critical Path Method (CPM) og Program Evaluation Review Technique (PERT). Disse teknikker har da også vist sig at give troværdige esti-

mater for projekter med en lav grad af afhængighed mellem opgaverne, og hvor opgaverne har været gennemført sekventielt. Dog har disse modeller gennem tiden været genstand for en del kritik. Kritikken har bl.a. gået på, at modellerne udelukker de medtager usikkerheden inden for de enkelte aktiviteter og ikke medregner sammenhænge imellem aktiviteterne. En anden kritik har gået på, at gennemførelsen af aktiviteter i bund og grund er en social proces (indeholdende beslutnings- og koordinationsprocesser blandt et sæt af menneskelige aktører) og ikke blot udførelsen af et sæt opgaver, der er afhængige i tid.

Første del af kritikken er først og fremmest affødt af et voksende pres på udviklingstid samt øget opgavekompleksitet, med heraf følgende øget fokus på "concurrent engineering", dvs. parallel udførelse af multiple aktiviteter. Under disse forhold har CPM og PERT vist sig at give misvisende resultater og generelt for optimistiske forudsigelser om resultatet (Duncan, 1996; Levitt et al., 1999). Mens usikkerheden omkring de enkelte projektopgaver og deres afhængigheder er vokset, så er projektledelesrollen også vokset. Ud over at have fokus på tid og omkostninger er der nu også et krav om at have fokus på kvalitetsstyring – altså yderligere parametre at tage højde for.

Anden del af kritikken tager afsæt i organisationsteorien, hvor simulationsteknikken gennem to perioder har haft sit gennembrud. Den første generation af simulerede sociale og organisatoriske fænomener så man i 1960'erne og 1970'erne. Mens disse modeller tidsmæssigt kun lå et årti efter fremkomsten af CPM og PERT, så brød modellerne med, hvad man kan kalde den rationelle tilgang. Således blev fokus nu rettet mod organisationer bestående af begrænset rationelle aktører med henblik på at beskrive deres informationsbehandlingskapacitet. Dette krav indebar langt større variation i modellerne, idet aktørerne nu havde muligheden for f.eks. at lave fejl. Mens modellerne nu kunne indeholde langt højere grad af

kompleksitet, så var fokus imidlertid blevet fjernet fra de forudsigende modeller til mere deskriptive modeller. Således var den primære intention nu at beskrive organisatoriske processer.

Periodens første "peak" så man i form af Garbage Can modellen (Cohen, March and Olsen, 1972), som af mange ses som faderen til den nyere generation af simulationsmodeller, der begyndte at tage form omkring midten af 1980'erne. Garbage Can modellen tog udgangspunkt i individet som en begrænset rationel informationsbehandler i den simulerede udførelse af en opgave. Garbage Can Modellen blev dog samtidig kritiseret for, at den ikke medtog den organisatoriske aspekt af beslutningsprocessen, samt at den var for simpel og ikke dækkede alle beslutningssituationer.

Den nye generation af simulationsmodeller er derfor primært baseret på objekt-orienteret programmering, hvilket giver en øget fleksibilitet i modellerne, samt en mulighed for at håndtere mere komplekse processer. Den kumulative teoriopbygning og udvikling har endvidere betydet, at det er blevet kendetegnende for modellerne, at de som minimum indeholder et sæt af aktører beskæftiget på en opgave inden for rammerne af en organisationsstruktur (Carley, 1995).

I kraft af at simulationsmodellerne over tid er blevet mere komplekse, har formålet med simulation også ændret sig. Dette skinner f.eks. klart igennem, hvis man ser på udviklingen fra Garbage Can modellen over Double AISS (Masuch and LaPotin, 1989) til VDT-modellen (Levitt et al., 1994).

Double AISS modellen udviklede således perspektivet fra Garbage Can modellen, så simulationen nu inkluderede **Actors** (aktører), **Issues** (opgaver), **Skills** (ressourcer) samt organisations-**Strukturer**, og **actions** (handlinger/processer). Double AISS var dog stadig udelukkende en beskrivende model med det formål, at illustrere beslutningsprocessen. Således var opgaverne i Double AISS modellen formet omkring en "lege-tøjs-organisation", og modellen lå derfor

stadig for fjernt fra de virkelige organisationer, man ønskede at simulere.

Først med udviklingen af VDT blev det muligt at simulere og forudsige adfærd. Hvor Double AISS havde som formål at beskrive, havde VDT som formål at kunne forudsige performance i større og mere rutineprægede produktudviklingsprojekter.

### VDT modellen

Forskningsteamet omkring VDT blev grundlagt sidst i 1980'erne med det formål at udvikle mikro-organisatorisk teori, som kunne anvendes i softwareprogrammer til at designe organisationer/projekter. Det var derfor visionen, at virksomhedsledere og projektledere skulle være i stand til at modellere, analysere og evaluere multiple virtuelle designprojekter via en computer. Arbejdet i VDT-gruppen har indtil videre båret frugt i form af flere kommercialiserede programpakker, hvoraf seneste skud på stammen er SimVision 3.7.

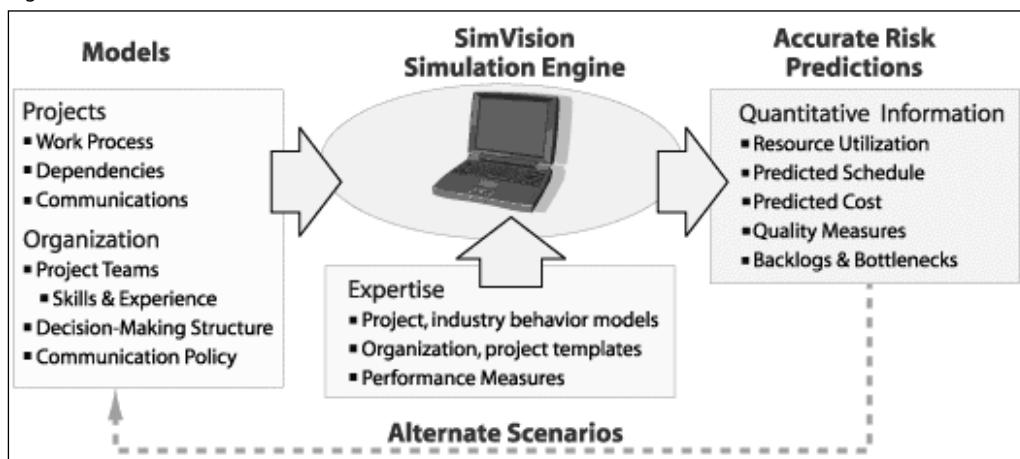
VDT-“frameworket” bygger på informationsbehandlingsteorien (Galbraith, 1973; March, 1988), kontingensteorien (Thompson, 1967) samt beslutningsteorien (Simon, 1958). Med baggrund i disse tilgange præsenterer VDT-frameworket en mikro-kontingens teori for informationsbehandlings-

behovet samt informationsbehandlingskapaciteten i produktudviklingsprojekter.

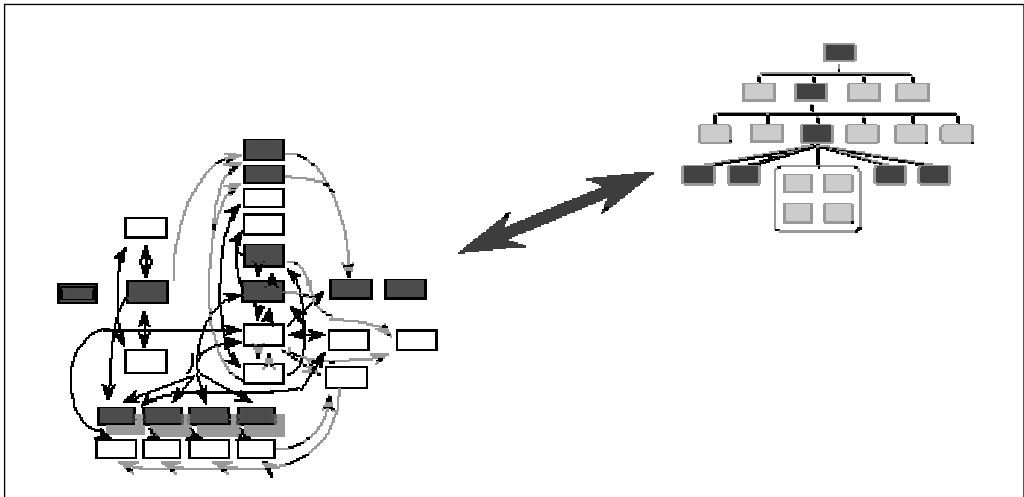
Denne teori er indkapslet i en “diskret event” simulationsmodel, hvor projektdeltagerne er modelleret som informationsbehandlingsenheder med individuelle færdigheder og erfaring. Modellen modellerer eksplícit laterale afhængigheder mellem aktiviteter og retter fokus mod koordinationsbehovet mellem parallelt gennemførte aktiviteter. Yderligere rettes fokus mod effekten af projektdeltageres interaktioner på projektets samlede resultat (Thomson, 1998). Ved implementeringen af stokastiske proceselementer tager VDT endvidere højde for den usikkerhed, der opstår som følge af begrænset rationelle beslutningsprocesser. Herved dannes simulationen af projektperformance ud fra de enkelte aktørers handlinger/interaktioner, og dermed bliver det muligt at forudsige koordinationsbelastningen på de enkelte aktører samt aktiviteter.

Ved at bygge på antagelserne, at koordination tager tid, kan forsinke færdiggørelsestiden, øge omkostningerne og påvirke proceskvaliteten, angriber VDT således begrænsningerne i CPM og PERT i forhold til deres evne til at håndtere komplekse udviklingsprocesser. I CPM og PERT er det ikke muligt at dekomponere udviklingsproces-

Figur 1. SimVision modellen



Figur 2. Modelopbygning i SimVision



sen i et sæt af uafhængige aktiviteter. I den forstand kan VDT altså ses som en sammenkædning af flere årtiers forskning inden for både projektledelsesteorien samt organisationsteorien.

### En praktisk introduktion til SimVision

SimVision kan beskrives som en simulationsmotor, der ud fra specifikation af input genererer nogle forudsigelser om præstationsmål. I store træk består simulationsmotoren af en diskret event-simulation, hvor processen genereres ud fra et sæt af erfaringsbaserede adfærdsmatricer. Disse specificerer, med hvilken sandsynlighed bestemte aktører udfører bestemte handlinger i bestemte situationer. Yderligere specificeres, hvilken effekt disse handlinger har på såvel projektets præstationsmål samt på sandsynligheden for fremtidige handlinger. Mens parametrene i adfærdsmatricen kan ændres, så anvendes normalt faste default-værdier for specifikke projekttyper.

Det basale input i simulationen går på at definere projektdeltagerne, projektorganisationen, projektaktiviteterne, samt relationerne mellem disse. Som det første skridt i

modelleringen af et projekt, defineres de væsentligste milestones (milepæle) for projektet. Herefter defineres de aktiviteter, der skal gennemføres for at nå hver milestone. Herved når man, som på sædvanlig måde, frem til et aktivitetsnetværk i stil med CPM- og PERT-analyserne.

I venstre side i figur 2 er aktiviteterne vist som rektangler, hvor man ved at forbinde aktiviteterne får "precedens"-relationerne (disse forbindelser er dog ikke med i figuren). Herefter defineres projektdeltagerne med hver deres skill-sæt, erfaringsniveau og ansvarsforpligtigelser i forhold til projektaktiviteterne. Yderligere fastsættes projektdeltagernes placering i hierarkiet, dvs. hvem rapporterer til hvem. Dette ses i højre side af figur 2, hvor organisationen defineres. Ved at udføre disse to første skridt og koble dem sammen, får man en såkaldt baselinemodel, og denne anvendes som en første verifikation af modellen. Således vil en simulation af baselinemodellen give et resultat svarende til en ordinær CPM-analyse.

Herefter tilføjes nu den forventede koordinationsbelastning i form af "information dependency links" og "failure dependency links". Her angiver informationsafhængig-

heder et behov for koordination mellem to parallelt gennemførte aktiviteter. Failure dependencies angiver, at en given aktivitet har et behov for information, der først bliver genereret ved en efterfølgende aktivitet. Således vil der ved en failure dependency være en risiko for at skulle tilbage og rette i en allerede afsluttet aktivitet. I figur 2 ses informationsafhængighederne som dobbeltrettede pile mellem aktiviteterne, mens failure dependencies er illustreret ved enkeltrettede pile. Via aktørernes ansvarstilknytning til de enkelte projekter overføres afhængighederne mellem aktiviteter til et afhængighedsforhold mellem aktører og resulterer således i et koordinationsbehov mellem aktørerne.

Efter modelleringen af relationerne mellem aktiviteterne angives nu et mål for den forventede kommunikationsintensitet projektdeltagerne imellem. Der fastsættes et usikkerhedsmål for de enkelte aktiviteter samt et usikkerhedsmål for projektet som helhed. Disse værdier er baseret på projektets karakter, samt en erfaringsbase fra tidligere projekter af samme karakter. Således vil man f.eks. anvende højere værdier for et software projekt end for et rutinemæssigt bygningsprojekt.

Resultatet af simulationen viser nu, ud over det almindelige arbejde, hvor meget arbejdstid, der kan forventes at medgå til rettelser i de enkelte aktiviteter, koordination mellem aktiviteter samt tid medgået til at vente på beslutninger i hierarkiet. Denne opdeling i anvendelsen af tid til bestemte formål vises i outputtet, både i forhold til de enkelte aktiviteter og i forhold til de enkelte projektdeltagere. Denne opdeling udgør en vigtig faktor i diagnosticeringen af den forventede projektgennemførelse. Således kan meget ventetid f.eks. skyldes, at de øvre led i hierarkiet er u hensigtsmæssigt hård belastede.

Output kan jvf. Figur 1 opdeles i 5 punkter. Først vises ressourcendnyttelsen for de enkelte personer, teams eller øvrige ressourcer for projektet. Dette har en tæt forbindelse til punkt 5 i figuren, som omhand-

ler ressourcebelastningen. Her angives, hvor meget hver enkelt deltager forventes at være bagud for tidsplanen, hvilket giver en indikation af flaskehalsproblemer. Som punkt 2 vises den forventede varighed for projektet og de enkelte aktiviteter. Dette illustreres gennem et Gantt-kort og via en analyse af koordinationsbelastningen på hver enkelt aktivitet. Ligeledes vises omkostningerne for projektet på såvel projekt- som aktivitetsniveau (pkt.3). Endelig, som pkt. 4, gives et mål for projektkvaliteten for de enkelte aktiviteter. Dette er udregnet på basis af de enkelte aktiviteters kompleksitet, usikkerhed, samt på basis af, hvorledes de ansvarlige personer/teams har kvalifikationer, der matcher aktivitetens beskaffenhed. Yderligere er kvaliteten afhængig af, hvor belastede de ansvarlige personer er på tidspunktet for opgavens gennemførelse.

## Diskussion

Efter denne gennemgang af nogle af VDT-modellens vigtigste faciliteter er det hensigtsmæssigt at stoppe op og tage en vurdering af modellens troværdighed. Herunder er det naturligt at vurdere, om modellen opfylder kravet om en balance mellem at være virkelighedstro og samtidig ikke at overskride grænsen for kompleksitet.

Som et simulationsværktøj er det klart, at antallet af parametre i VDT langt overstiger graden af parametre for en CPM- eller en PERT-analyse. Denne kompleksitet stiller store krav til brugerens kendskab til forståelsen af de organisatoriske mekanismer, som er indbygget i simulationen. Dette gør sig specielt gældende i de tilfælde, hvor det ikke er muligt præcist at modellere givne karakteristika for et projekt. Her må brugeren foretage et valg, så disse karakteristika bedst muligt kan indpasses i VDT-modellens aggregerede rammer. Her er det derfor vigtigt at kunne overskue konsekvenserne af en given aggregering, når output skal fortolkes.

I forhold til modellens formål, nemlig at forudsige med henblik på at diagnosticere og intervenere, er det yderligere vigtigt at

være opmærksom på, at VDT foretager visse aggregeringer. Således er det klart, at forudsigelserne på projekt-niveau vil have en mindre usikkerhed end forudsigelserne på aktivitets- og personniveau. VDT-modelens evne til at forudsige og dens værdi i forhold til at diagnosticere er blevet testet gennem et omfattende akademisk valideringsprogram (Kuhn, 1998; Thomson, 1998). Her er modellen blevet anvendt inden for adskillige projekttyper omfattende bl.a. byggeprojekter, hospitalsprocedurer, softwareudvikling m.m. Dette har bl.a. betydet, at modellen i dag anvendes i virksomheder som AT&T Wireless, Dell Computers, Applied Materials, Hewlett Packard, Proctor & Gamble, John Deer etc.

Man kan så stille sig selv det spørgsmål, om disse virksomheder får mere ud af VDT, end hvad de ville have fået ved at bruge bagsiden på et stykke madpapir? Generelt vil VDT-modellen, hvis modelleret korrekt, angive en forøgelse i projektets varighed samt omkostninger på mellem 30 og 60 %, alt efter projektets karakter. Denne beregning i sig selv kræver ikke den store udregningskapacitet, såfremt man kender opgavens karakter. En sådan udregning giver dog kun en forudsigelse af et resultat og indeholder intet omkring selve processen frem til resultatet. På dette punkt giver modeller som VDT en stor mængde af information om selve processen frem til projektets afslutning.

Man kan så spørge sig selv, om vi her får mere at vide, end vi i forvejen vidste? Her kan man se på hvilken information, der genereres forud for simulationen, og hvilken information, der genereres via simulationen. I analysen, der danner baggrund for selve modelleringen af projektet og den deraf følgende simulation, retter VDT via en formaliseret brug af anerkendte analyseværktøjer opmærksomheden mod centrale dele af projektets natur og projektets organisering. Denne analyse og vidensindsamling kunne selvfølgelig foregå uden en efterfølgende simulation og være til nytte i sig selv. Informationskravet for inputtet til

simulationen sikrer dog, at denne analyse bliver gennemført udførligt.

Efter foranalysen kommer så spørgsmålet om, hvorvidt den indsamlede informationsmængde skal analyseres og anvendes? Her giver simulation, med et avanceret værktøj som VDT, muligheden for relativt hurtigt at få et overblik over konsekvenserne af denne potentielt meget komplekse informationsmængde. Yderligere giver simulation muligheden for hurtigt at danne sig et overblik over konsekvenserne ved at ændre på en eller flere af de opstillede forudsætninger for projektet. Dette være sig en ændring i opgavens karakter, projektdeltagernes beslutningskompetence, ressourcefordelingen, osv. Endelig giver den formaliserede opbygning af programmet en god mulighed for at opbygge en vidensbase, bygget på en struktureret dataindsamling, såvel før og under som efter projektets gennemførelse.

## Konklusion

Der er ingen tvivl om, at vi fremover kommer til at se flere avancerede simulationsprogrammer som SimVision. Der er heller ingen tvivl om, at disse programmer med deres kompleksitet vil stille store krav til viden om de processer, der er indeholdt i modellerne. Denne balance mellem modellernes kompleksitet og brugers viden vil komme til at danne begrænsningen for udviklingen i modellernes kompleksitet. Derfor vil vi i fremtiden se, at udviklingen vil gå mod mindre genrealiserbare modeller, der er designet til specifikke problemstillinger i specifikke typer af organisationer, projekter, m.m.

Bidraget fra disse modeller vil komme fra flere sider. Først vil de henlede opmærksomheden på processer og faktorer der påvirker. En "bi-effekt" som man bl.a. også kender til i forbindelse med implementering af eksempelvis "just-in-time". For det andet vil modellerne bygge på erfaringsbaser, der gøre det muligt at fortolke data med en relative høj grad af kompleksitet. Dette giver, via simulation, en mulighed for

at uddrage konsekvenser af ændrede forudsætninger. Endelig rummer modellerne gode muligheder for at opsamle viden i henhold til deres formaliserede struktur, en viden der ikke alene er baseret på resultater, men også på selve processen.

## Summary

*While, initially, simulation was centred around relatively limited phenomena and specifically targeted towards the engineering sciences and the technical part of product development, the computer has made it possible to simulate more complex phenomena. This has meant the recent entry of simulation as a tool to increase the understanding of complex social systems. One of the latest addition of simulation tools is the project management tool "The Virtual Design Team" (VDT), developed at the Center for Integrated Engineering (CIFE) at Stanford University. The idea behind VDT is that it*

*For yderligere information om SimVision (VDT) se:  
[http://www.vite.com/products/white\\_papers.htm](http://www.vite.com/products/white_papers.htm)  
<http://www.stanford.edu/group/CIFE/VDT/>*

*should be possible to design projects in the same way as buildings. VDT simulates the implementation of projects, using data on the nature and composition of the project and characteristics for project participants and project organisation, including the simulation of the impact of the decision and coordination processes on the implementation of one or more simultaneous projects. This article takes a closer look at the development of simulation tool complexity and focuses on the software package SimVision, which is the latest commercial edition of VDT.*



## Litteratur

- Burton**, R. M., Obel, B.: The Validity of Computational Models in Organization Science: From Model Realism to Purpose of the Model. Computational and Mathematical Organization Theory 1:1. Kluwer Academic Publishers 1995.
- Carley**, K. M. : Computational and Mathematical Organization Theory: Perspective and Directions, 1995.
- Cleland**, D. I., King, W., R. : Project Management Handbook. McGraw-Hill, New York, 1983.
- Cohen**, K. J., Cyert, R. M.: Simulation of Organizational Behavior. J. G. March (Ed.), Handbook of Organizations, Chicago, IL: Rand McNally, 1965.
- Cohen**, M. D., March, J. G., Olsen J. P.: A Garbage Can Model of Organizational Choice. Administrative Science Quarterly 17, 1972.
- Daft**, R. L., Wiginton, J. C. : Language and Organization. The Academy of Management Review, Vol. 4, No. 2. April, 1979.
- Duncan**, W. R. : A Guide to the Project Management Body of Knowledge. PMI Standards Committee, 1996.
- Engwall**, M. : Project Management and Ambiguity: Findings From a Comparative Case Study in I. Hägg and E. Segelod (Eds.), Issues In Empirical Investment Research, 1992.
- Kunz**, J. C., Christiansen, T. R., Cohen, G. P., Jin, Y., and Levitt, R. E.: "The Virtual Design Team: A Computational Simulation Model of Project Organizations". Communications of the Association for Computing Machinery, 41 (11), 1998, pp. 84-92. [1998 RJ38].
- Levitt**, R. E., Cohen, G. P., Kunz, J. C., Nass, C. I., Christiansen, T. R., Jin, Y. : The Virtual Design Team: Simulating how organization structure and information processing tools affect team performance. In Kathleen M. Carley and Michael Prietula (Eds.) Computational Organization Theory, Hillsdale, NJ. Lawrence Erlbaum, 1994.
- Levitt**, R. E., Thomsen, J., Christiansen, T. R., Kunz, J. C., Jin, Y., Nass, C.: Simulating Project Work Processes and Organizations: Toward a Micro-Contingency Theory of Organizational Design. Management Science, Vol. 45, No. 11, November 1999.
- Lundin**, R. A., Söderholm, A. : A Theory of the Temporary Organization. Scandinavian Journal of Management, Vol.11, No. 4, 1995.
- March**, J. G. : Exploration and Exploitation in Organizational Learning. Organization Science, Vol. 2, No.1, February 1991.
- Masuch**, M., LaPotin, P. : Beyond Garbage Cans: An AI Model of Organizational Choice. Administrative Science Quarterly 34, 1989.
- Meredith**, J., Mantel, S. : Project Management. John Wiley & Sons, New York, 2000.
- Packendorff**, J. : Temporary Organizing: Integrated Organization Theory and Project Management. Proceedings from IPNOP Conference Lycksele, Sverige, 1994.
- Schoemaker**, P. J. H. : Multiple Scenario Development: Its Conceptual and Behavioral Foundation. Strategic Management Journal, Vol. 14, March, 1993.
- Simon**, H. A. : Prediction and Prescription in Systems Modeling Operations Research, Vol. 38(1), 1990.
- Teece**, D. J. : Profiting From Technological Innovation: Implications for Integration, Collaboration, Licensing and Public Policy. Research Policy, Vol. 15, December 1986.
- Thomsen**, J., Levitt, R. E., Kunz, J. C., and Nass, C. I.: A Proposed Trajectory of Validation Experiments for Computational Emulation Models of Organizations. CIFE Working Paper #47(1998), Stanford University. Submitted to the Journal of Computational and Mathematical Organization Theory.

