

MODELVALG OG ANSVAR

Matematiske modeller er et uundværligt redskab, når matematik skal bruges til at beskrive verden. Men konstruktionen af modeller fører ofte til en række videnskabsteoretiske spørgsmål.

Forfatterne



Mikkel Willum Johansen er lektor ved Sektionen for Videnskabsteori og Videnskabshistorie ved Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet. Hans forskning og undervisning ligger inden for videnskabsteori og etik med særligt fokus på matematikkens videnskabsteori. mwj@ind.ku.dk



Henrik Kragh Sørensen er professor MSO samme sted. Hans forskning ligger inden for videnskabshistorie og videnskabsteori med særligt fokus på matematikkens historie efter 1800. henrik.kragh@ind.ku.dk

Det er ikke så let, som man måske skulle tro, at lave en matematisk model. Når man opstiller og udbygger modellen, skal man typisk træffe en række valg, der kan påvirke modellens konklusioner. Og selv om man gør sig umage, kan man aldrig sige, at en model er sand i den forstand, at den er en 1:1-afspejling af grundlæggende træk ved virkeligheden. Det stiller både modelkonstruktører og brugere af den viden, som modellerne frembringer, i interessante videnskabsteoretiske og etiske dilemmaer.

For at illustrere problemstillingen, vil vi tage udgangspunkt i et tænkt eksempel. Forestil dig, at du skal forudsige, hvor mange alvorlige skader, der kunne undgås, hvis alle cyklister brugte cykelhjelme. Det spørgsmål kan angribes med mange metoder, men her tænker vi, at vi laver en simpel matematisk model, hvor vi på baggrund af kendte data får beskrevet antal skader som en funktion af antal cykelhjelme. Det lyder ligetil, men inden vi kan gå i gang, er vi nødt til at foretage en række grundlæggende valg. For eksempel skal vi beslutte, hvordan en "alvorlig skade", en "cyklist" og "at køre med cykelhjelme" præcist skal defineres. Er en let hjernerystelse en "alvorlig" skade, og skal vi fokusere på hovedskader eller for eksempel også tage brækkede håndled med? Og er et børnehavsbarn på en trehjulet cykel cyklist, eller vil vi hellere se på bestemte grupper som cykelpendlere? Vi skal

også vælge, hvordan vi matematisk vil behandle og præsentere data. Skal vi for eksempel fokusere på den enkeltes risiko for at komme til skade, eller skal vi se på cykelhjelmenes effekt på det samlede antal (hoved)skader og deraf følgende sundhedsøkonomiske konsekvenser? Vi skal også gøre os klart, at vi med vores metode kun kan vise en eventuel statistisk sammenhæng mellem cykelhjelme og uheld, og ikke en direkte årsagssammenhæng. Det skal vi huske i vores konklusion. Og endelig skal vi overveje, hvilke data vi kan få adgang til. Det er ikke sikkert, at der findes statistik på hvor mange cyklister, der har brækket håndled, så alene af den grund vil nogle af vores modelvalg blive påvirkede af pragmatiske overvejelser. Men hvornår skal vi tage de pragmatiske løsninger, og hvornår skal vi lade være?

Kunsten at teste en model

Som eksemplet illustrerer, kan man ikke lave en matematisk model uden at tage en række beslutninger undervejs: Det område, modellen udtaler sig om (genstandsfeltet), skal afgrænses og struktureres, vage begreber skal præciseres, nye begreber skal defineres, og endelig skal der indføres passende forsimplinger og idealiseringer for at få matematik og virkelighed til at mødes.

Man skal også beslutte, hvilken form for matematik man vil bringe i spil. Og endelig skal de matematiske resultater fortolkes, så de giver

et udsagn eller en forudsigtelse om virkeligheden, der svarer på de spørgsmål, der i første omgang fik os til at bygge modellen. Og typisk skal hele processen gentages flere gange, fordi man finder ud af, at de resultater, modellen giver, er så langt fra virkeligheden, at nogle af de valg, man har foretaget, må have været uhensigtsmæssige. Typisk vil man teste modellen ved at sammenligne dens forudsigelser med historiske data. I eksemplet med cykelhjelmene giver det ikke rigtig mening, da modellen jo netop bygger på historiske data, men man kunne så sammenligne med resultater fra andre metoder, reservere visse historiske data til validering, eller simpelthen vente fem år og se, om modellens forudsigelser passer.

Man skal dog være forsigtig med at overdrive betydningen af den slags tests. Selv om en model stemmer perfekt overens med kendte data, kan man ikke sige, at modellen er "sand" i den forstand, at den er en korrekt afspejling af grundlæggende træk ved virkeligheden. Der er som minimum to problemer: For det første er der det såkaldte *induktionsproblem*, som grunder i, at det ikke er sikkert, at de data, man har testet modellen med, er repræsentative for det, man ønsker at sige noget om. I vores eksempel vil det for eksempel være relevant at overveje, om det segment af befolkningen, der indtil videre er begyndt at køre med hjelm, er repræsentativt for resten af populationen af cyklister. Hvis det for eksempel kun var

Indsamling af data om sammenhæng mellem brug af cykelhjelme og forskellige skadestyper kunne fx resultere i en tabel som denne:

Frekvens af cykelhelme (konstruerede data)

Skadestyper	Kendt data			Modelforudsigelser							
	10%	15%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Hovedskade	400	380	360	320	280	240	200	160	120	80	40
Nakkeskade	20	30	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Alle skader	920	915	910	900	890	880	870	860	850	840	830

særligt udsatte cyklister, der hidtil har taget hjelmen til sig, ville effekten af, at alle begyndte at køre med hjelm, være langt mindre, end vores model måske ville forudse.

For det andet står man over for det såkaldte *underbestemthedsproblem*, der består i, at der i princippet vil være uendelig mange modeller, der beskriver de kendte data lige godt. Så selv om den model, vi har lavet, beskriver alle kendte data perfekt, kan vi ikke være sikre på, at netop vores model er den rigtige. Det kunne lige så godt være en anden model, og den ville måske føre til andre konklusioner. Af de grunde kan man aldrig sige, at en model er rigtig eller sand i en stærk forstand af ordet. Det højeste, man kan sige, er, at en model er *empirisk adækvat*, det vil sige at den (med angivne tilnærmelser) stemmer overens med de kendte data. Med andre ord vedbliver der altid at være forskel på model og virkelighed, og man må ikke forveksle de to.

Fra erkendelse til etik

I videnskabsteorien bruger man ordet "erkendelsesteori" til at beskrive læren om, hvordan vi ved det, vi ved. Det, vi har beskrevet ovenfor, kan altså betegnes som nogle af de erkendelsesteoretiske aspekter ved matematiske modeller: En matematisk model kan give vigtig viden, som man ofte ikke kan opnå ad anden vej; men man skal være klar over, at kvaliteten af den viden kan variere kraftigt og til dels

afhænger af de valg, modelkonstruktøren bevidst eller ubevidst har foretaget. Det er væsentligt at være opmærksom på den slags erkendelsesteoretiske problemstillinger, når man beslutter, hvor meget vægt man vil lægge på en bestemt information, og derfor hører erkendelsesteoretiske overvejelser med til den sunde, kritiske og dannede vurdering af modellers brug. Men det er interessant og nogle gange overset, at erkendelsesteoretiske problemstillinger også kan lede til etiske problemstillinger, specielt for de forskere, der laver modellerne. Resultaterne af en model kan have vidtrækkende konsekvenser, og for så vidt resultaterne afhænger af valg, modelkonstruktøren har foretaget, er det relevant at overveje, om modelkonstruktøren har pådraget sig et etisk ansvar for disse valg, og hvordan dette ansvar i så fald skal løftes.

I eksemplet med cykelhjelme kan vi for eksempel forestille os, at vi kan indsamle tal for henholdsvis antallet af hovedskader og nakkeskader, og et totalt antal skader fra forskellige tidspunkter i fortiden, hvorom vi også kender den gennemsnitlige udbredelse af brugen af cykelhjelme. Ud fra disse tal kan det være, at der viser sig en antydning af en lineær fremskrivning, sådan at vi også kan sige noget om, hvad der vil ske med antallet af de forskellige skader, hvis brugen af cykelhjelme blev endnu mere udbredt. Tallene kan for eksempel vise, at selvom antallet

af hovedskader falder med større udbredelse af cykelhjelme, så stiger antallet af nakkeskader måske, og det totale antal af skader falder, men ikke så hurtigt som antallet af hovedskader (se tabel).

Inden vi går videre, skal vi gøre os klart, at når vi indsamler tal på denne måde, kan de kun vise en statistisk sammenhæng – en korrelation – mellem cykelhjelme og skader. Statistikken alene fortæller os ikke, om faldet i skader skyldes cykelhjelme eller noget helt andet – måske at der er færre, der kører på cykel, eller bilerne har fået bedre bremses eller noget helt tredje. Men lad os se bort fra dette vigtige problem og i stedet fokusere på, hvordan vi skal fortolke de forudsigelser, som vores model har givet. Tallene stiller os nemlig i et dilemma. Det er klart, at valget af skadestype vil fremstille effekten af cykelhjelme meget forskelligt: Hvis vi vælger at fokusere på hovedskader, vil det se ud som om effekten er stor; hvis vi kigger på samtlige skader, er effekten lille; og ser vi isoleret på nakkeskader, er hjelme lettere skadelige. På den anden side er det ikke klart, at den ene måde at gøre tingene op på er mere rigtig end den anden. Så hvad gør vi?

En klassisk konflikt

Fra et etisk synspunkt står vi nu i en klassisk konflikt mellem hensynet til det fælles bedste og hensynet til den enkeltes autonomi. Ifølge nytteetikken (se boks) er den moralsk rigtige handling den, der øger den

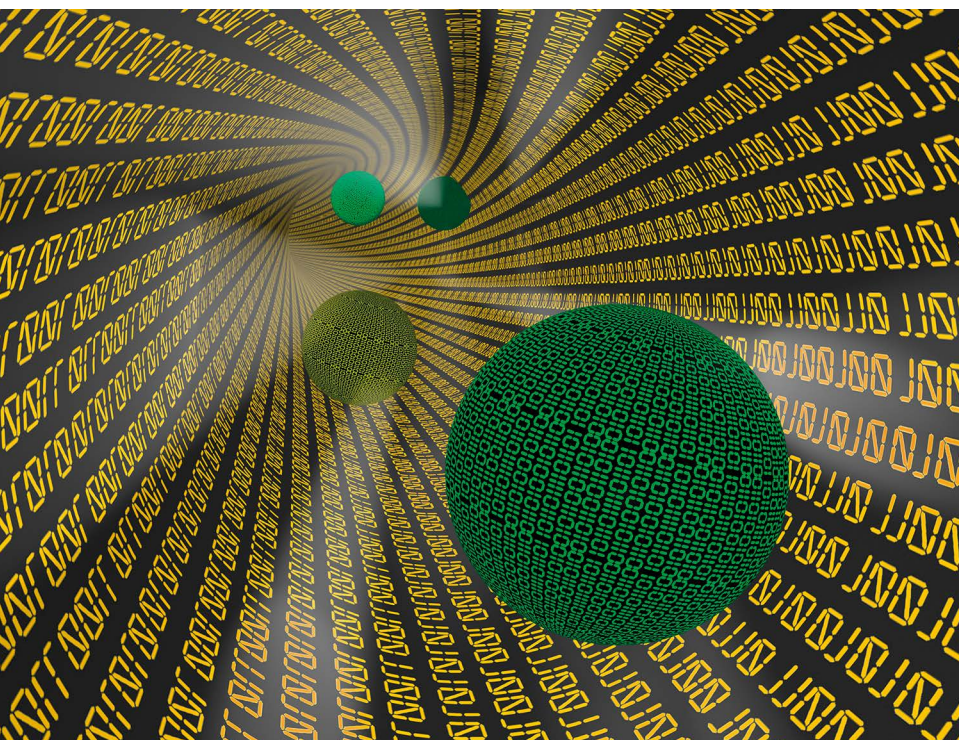
samlede nytte i samfundet mest muligt. Så fra et nytteetisk synspunkt kunne man argumentere for, at vi bør fremhæve de positive sider ved at bruge cykelhjelme. Hjelmen har jo tilsyneladende en positiv effekt (omend vi ikke kan være helt sikre på, at hjelmen er årsag til de ændringer, vi ser), så har vi ikke en etisk forpligtelse til at konstruere vores model, så den overbeviser så mange som muligt til at køre med hjelm?

Nu er der en del kendte problemer forbundet med nytteetikken. For det første er det sjældent klart, præcist hvilke konsekvenser en handling vil have. Hvis vi for eksempel valgte at

fremstille cykelhelme i et positivt lys, kunne det have den positive effekt, at flere bruger hjelme; men hvis vores kalkulerende valg blev afsløret, kunne det også have den negative effekt, at folk mistede tillid til videnskaben. For det andet kan nytteetikken kritiseres for sit entydige fokus på nytte, og andre teorier som pligtetik påpeger, at vores valg bør afspejle en bredere vifte af etiske værdier. I det her behandlede eksempel kunne en værdi som autonomi for eksempel komme i spil: Hvis vi manipulerer folk til at køre med cykelhjelme, er det meget muligt, at vi redder dem fra en skade, men samtidig tilsidesætter vi deres mulighed for at træffe selv-

stændige beslutninger på et oplyst grundlag. Hvis vi vil tage hensyn til og respektere andre individers autonomi, kan vi ikke tillade os at "nudge" dem til at træffe bestemte valg. Det er vigtigt, at vi er klar over disse dilemmaer og er åbne omkring de valg, vi træffer.

I praksis er det dog ikke kun op til den enkelte modelkonstruktør at vælge, hvordan modellen skal konstrueres. Hvis der er interesse om forskningsfeltet, vil der ofte være debat om, hvordan man bedst muligt undersøger spørgsmål inden for området. Og hvis matematiske modeller spiller en central rolle, vil de forskellige antagelser og valg, der tages i modelleringsprocessen, være genstand for diskussion og måske ligefrem kontrovers. Tænk her på de heftige debatter om, hvordan man bedst modellerer klimaet. Selv om man ikke kan udpege én model som den sande model, kan det godt vise sig, at visse valg er mindre hensigtsmæssige eller mere vildledende end andre. Der er derfor en oplagt, omend ofte mindre iøjnefaldende, social komponent i modellering, idet en model sjældent udelukkende er et udtryk for en enkelt forskers subjektive valg. Ofte vil modellen udtrykke en kollektiv proces, hvor man igennem længere tid og flere forsøg diskuterer sig frem til, hvilke valg, der vil være de rigtigste at tage i en given situation. Konstruktionen af matematiske modeller minder her på mange måder om den proces, vi generelt ser i (natur) videnskabernes udvikling.



Etiske positioner

To af de mest indflydelsesrige etiske teorier er *nytteetik* og *pligtetik*. Nytteetikken blev i sin moderne form grundlagt af Jeremy Bentham (1748-1832) og John Stuart Mill (1806-1873). Den grundlæggende tanke i nytteetikken er, at den etisk rigtige handling i en situation er den handling, der vil føre til størst mulig nytte (eller lykke) hos de implicerede parter. Pligtetikken er i sin moderne form primært formuleret af den tyske filosof Immanuel Kant (1724-1804). Kant hævdede bl.a. at man aldrig må bruge et andet menneske udelukkende som et middel til at opnå et mål. Det medfører bl.a. at man skal respektere andres autonomi, og at man ikke må lyve for andre eller skade dem mod deres vilje, heller ikke selv om det kan have gavnlige konsekvenser for samfundet som sådan.

Hvad sponsoren ønsker...

Lad os til sidst ændre scenariet en lille smule. Lad os sige, at modellen var et bestillingsarbejde, og at vores sponsor var interesseret i, at modellen viste, at flere cykelhelme ville føre til færre hovedskader. Undersøgelser fra fødevarerforskning og medicinsk forskning har vist, at forskere både bevidst og ubevidst lader ønsker hos dem, der betaler for forskningen, påvirke både metodevalg og fortolkning af resultaterne. Det etiske spørgsmål er så:

Bør vi lade det ske, eller har vi en etisk forpligtelse til at se bort fra arbejdsgiverens interesser, uanset hvilke konsekvenser det måtte have for os? Umiddelbart lyder det som et simpelt spørgsmål: Selvfølgelig må det etisk set rigtige være at sige sandheden, uanset hvad en sponsor ønsker. Men i praksis er det ikke helt så let. For det første er det ikke helt klart, hvad sandheden er. Som vi har set, vil der i en modelleringsproces ofte være tale om egentlige valg, hvor der ikke er et entydigt rigtigt svar. Så hvis en arbejdsgiver specifikt ønsker en model for sammenhængen mellem hovedskader og cykelhelme, er det svært at argumentere for, at man ikke skulle give ham det, også selv om man fra et fagligt synspunkt synes det vil være mere korrekt at inddrage andre skadestyper også.

For det andet kan man diskutere, om det nu også bør være den enkelte forsker, der bærer ansvaret. Det er klart, at det kan have alvorlige følger for en forsker, hvis hun næg-

ter at følge en sponsors ønsker eller måske bliver whistleblower og fortæller om det pres, hun har været udsat for. Så her står vi i en konflikt mellem hensynet til almenvellet og beskyttelsen af den enkelte forsker: Kan vi kræve, at en forsker ofrer sig og sætter sin karriere på spil for almenvellets skyld? Det er ikke et simpelt spørgsmål at svare på, men det er interessant, at man blandt andet i de nye danske retningslinjer for ansvarlig forskningspraksis har lagt en del af ansvaret over på forskningsinstitutionerne. Ifølge §3.2 i den nyligt udkomne *Danish Code of Conduct for Research Integrity* er universiteterne således forpligtede til at skabe et miljø, der fremmer ærlighed og transparens, og til at sikre, at eksterne sponsorer respekterer forskernes pligt til at være ærlige og transparente.

Modeller, viden og etik

Flere af de diskussioner, vi har set her, er ikke unikke for modeller, men når det er værd at beskæftige sig specifikt med matematiske

modeller skyldes det, at modellerne spiller en central rolle i mange samfundsmæssige beslutninger. Det er derfor vigtigt, at man som modelkonstruktør forstår de etiske dilemmaer, man kan blive sat i, og at man som bruger af modellerne (og borger i landet) forstår deres erkendelsesteoretiske status. Det, at forstå matematiske modellers erkendelsesteoretiske status og at forstå, hvordan man kan kritisere dem, er derfor en del af den almen-
ne, kritiske dannelse.

Modellen, vi har brugt som eksempel, er ekstremt simpel, men de virkelige modeller er ofte så komplekse, at det kræver ekspertviden både for at bygge og for at kritisere dem. Den ekspertviden kan handle om området, der modelleres, men den kan lige så vel angå den matematiske konstruktion af modellen – eller begge dele. Men for at omgå dette kan man vælge at diskutere simplificerede modeller eller behandle autentiske, historiske eksempler. ■

Videre læsning

Se mere om matematiske modeller og andre videnskabsteoretiske aspekter af matematik i M. W. Johansen & H. K. Sørensen (2014): *Invitation til matematikkens videnskabsteori*. København: Samfundslitteratur.

For et eksempel på en autentisk modelbygning omkring logistisk vækst, se Danielsen, K. & Sørensen, H.K. (2014): *Vækst i nationens tjeneste*. København: Matematiklærereforeningen.

Cases til videnskabsteori

I det næste år vil vi præsentere læserne for videnskabsteoretiske aspekter af alle de naturvidenskabelige gymnasiefag. Vi tager udgangspunkt i cases, som vi på Institut for Naturfagernes Didaktik bruger i vores undervisning i videnskabsteori og etik på bacheloruddannelser ved SCIENCE på Københavns Universitet.

SKAL DINE ELEVER PRØVE AT VÆRE INGENIØRSTUDERENDE FOR EN DAG?

Din elev følger en af vores ingeniørstuderende gennem en hel dag, deltager i undervisningen og i projektarbejdet. Eleven får en rundvisning på Det Tekniske Fakultet, ser laboratorier og vores andre spændende, innovative faciliteter. Dagen giver et indblik i at studere på ingeniøruddannelserne, og eleven får mulighed for at spørge vores studerende om alt fra det faglige til det sociale.

Målet er at give dine elever forudsætningerne for at tage et kvalificeret studievalg. Vores studievejleder står ligeledes til rådighed på dagen.

Eleven laver selv besøgsaftalen. Studerende for en dag afholdes i februar-maj og september-december.

Mere information og tilmelding:

www.sdu.dk/tek/studerendeforendag

Find vores forskellige ingeniøruddannelser på:

www.sdu.dk/ing

Kontakt:

Tlf. 6550 7444 eller brobygning@tek.sdu.dk

HUSK OGSÅ! Electronics-studerende for en dag: Arrangement den 10. april 2018 i Sønderborg, hvor man besøger de nye uddannelser Civilingeniør- og Diplomingeniør i Electronics.

Mere information og tilmelding:

www.sdu.dk/da/electronicstuderendeforendag

