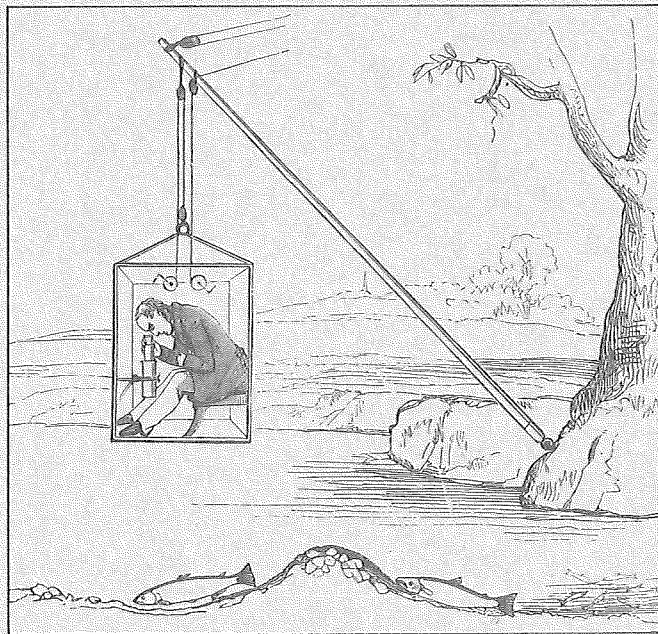


Information från

SÖTVATTENS- LABORATORIET

Drottningholm



THOROLF LINDSTRÖM

Om biomatematikens arbetssituation.

OM BIOMATEMATIKENS ARBETSSITUATION

Thorolf Lindström

MATEMATIKER HAR STIMULERAT EKOLOGER TILL NYA METODER	2§
RISKER VID FORTSATT DIVERGENS I EKOLOGISK FORSKNING	6
SUMMARY: TRENDS IN BIOMATHEMATICS	7

MATEMATIKER HAR STIMULERAT EKOLOGER TILL NYA METODER

Biologerna har under 1900-talet mött tre "utmaningar" från matematiken. Med detta påstående inledde J.N.R. Jeffers en kongress över "matematiska modeller i ekologi", mars 1971. Jeffers talade om följande tre gränsmråden: statistik, populationsmodeller och systemanalys.

Jeffers spetsade till sitt uttalande genom att säga att ekologer har en tendens att gräva ner sig i frågor om hur miljöfaktorer påverkar en enda djur- eller växtpopulation och att de därvid glömma helheten. Mötet skulle tjäna till att låsa upp positionerna och låta friska vindar svepa in i forskningens dammiga studerkamrar (fritt översatt).

Helhetsfrågorna, det är ofta dem som det mänskliga samhället har intresse av, och metodiken för att angripa sådana frågor behandlades utförligt vid mötet. Det hölls i Grange-over-Sands på Englands västkust vid Morecambe Bay. Det sandiga, grunda tidvattensområdet sträcker sig över ungefär 2x2 kvadratmil och är det "andra" ryktbara övervintringsområdet för vadare (det "första" är the Wash på östkusten). Mötet fick avslutningsvis i arbetsuppgift att beräkna hur ekosystemet skulle reagera, om man förvandlade estuariet till en sötvattensreservoar. Inlandsreservoarerna börjar nämligen bli otillräckliga för de brittiska industrierna och samhällena, och förslag om att dämna in estuariet och förvandla det till en sötvattensreservoar föreligger - en helhetsfråga så god som någon.

Atmosfären var ganska laddad, när G.M. van Dyne med några raska penndrag skisserade en systemanalys, som skulle "ta hand om" och värdera alla större förändringar i växtliv, lägre djurliv, fågelfaunan och fisket. Med värdering menas i detta sammanhang också en ekonomisk värdering av skador och vinster. Många fackekologer var upprörda över det lättfärdiga sättet att behandla ett forskningsprojekt, och dessutom fanns det personer, som befarade att medeltida kyrkor och andra kulturföremål inom området skulle uttraderas som en mindre väsentlig post i kalkylmaskineriet.

Denna gång rörde det sig dock bara om en tankelek, men diskussionen visade på konflikter som uppstår, när en matematisk teknik tillämpas litet för bryskt på ett biologiskt problem. Det är ju inte enda gången sådana konflikter uppstår. Här hemma har kanske formuleringen "ekosystemet Sverige" i den fysiska riksplanen verkat som en utmaning på någon, och med följande personliga intryck skulle författaren vilja belysa frågan om biomatematiken idag har funnit sin rätta form.

När ärftlighets- och jordbruksforskare började intressera sig för både medeltal och variation kring medeltalen, så gällde det bl a att skaffa ett mått på säkerhet: var försöksdjuren i en grupp verkligen längre än i en annan på grund av att de fått olika föda, eller var det bara slumpens verk? Kunde idéerna om ärftlighetsfaktorerna i ett korsningsexperiment vara riktiga trots att antalet "gula" och "röda" inte fick helt idealiska värden? När fältekologerna övertog dessa metoder med χ^2 och variansanalys etc, så tror jag att något inträffade, som blev avgörande för den framtida utvecklingen. Låt säga att ekologen prövade om djur i en varmare sjö var kortare än i en kallare. Man hade övertagit en del stränga regler för att pröva resultatens säkerhet - och fick sällan

så snygga och säkra resultat som i jordbruks- och ärftlighetsexperiment. Nog fick detta en del fältekologer att nedvärdera sina egna resultat. Andra blev kanske skrämde av den biologiska statistikens språk. Annu mer skada är det att man i dag inte alltid accepterat att spridningen d v s variationen kring ett medeltal är en biologisk information i sig själv, lika viktig som medeltalet. Medelsvensson och index-familjen är ju figurer, som vi ofta skojar med, därför att de avviker från vår egen situation -- varför skall då inte läsaren av ett planktonarbete få veta både hur många Daphnior det finns per liter, och hur mycket denna siffra varierar från prov till prov? Detta behöver inte ha något att göra med en jämförelse med en annan del av sjön eller en annan sjö. För den planktonätare som lever instängd i en sjö är jämförelser med andra sjöar utan intresse, men det är mycket viktigt att observera planktonolikheter mellan områden som bara ligger på meteravstånd från varandra.

Något allvarligt och högröstat motstånd har den biologiska statistiken inte mött på länge, men den har inte spritt sig till alla de områden där den borde tillämpas, och den har ibland blivit övervärderad (på Grange-mötet antydde att multipel regressionsanalys inte är så användbar som man trott). Detta om den första av Jeffers' tre utmaningar, som räknades upp i inledningen.

En något mer hörbar opposition mot modeller kan väl avlyssnas i samtiden. Man var vid Grange-mötet tämligen överens om vad begreppet modell skulle betyda (British Ecological Society, 12:e symposiet, Blackwell scient.publ., 1972). För cirka tio år sedan utgav Society for Experimental Biology en volym (Models and Analogues in Biology), där det fanns ungefär lika många definitioner på termen modell som det fanns författare. I icke vetenskaplig text leder ordet tanken till skepp i flaskor, modeller av maskiner eller hela industriprocesser på tekniska museer eller mekaniska dockor. En strikt definiering av begreppet modell behövs alltså innan oppositionen mot modell-metodiken kan diskuteras. En matematisk populationsmodell beskriver i matematiskt språk hur reproduktionen förnyar ett bestånd eller hur dödligheten minskar ner antalet igen, hur individerna växer eller hur stor utvandring och invandring i området är. Om möjligt skall den beskriva vilka nyckelfaktorer i miljön som kontrollerar dessa beståndsändringar. Detta kan givetvis beskrivas med ord också: tillväxten ökar när det blir varmare, hälften av populationen utvandrar varje år. När opponenter mot matematiska modeller emellertid uppger att modellerna är för invecklade och skrivna på ett fikonspråk, som bara de invigda förstår, och att det därför är bättre att tala om populationerna på "svenska", så är detta i bästa fall en halv-sanning. Beskriver man en populationsförändring i vanlig text så rör det sig i alla fall om samma processer, invecklade eller enkla, men det kan för läsaren verka klarare och enklare än det är. Om någon skärskådar en sådan beskrivning, som saknar matematiskt språk, så kan författaren ofta få ägna en artikel till att förklara vad han menade, och andra författare kan bli tvungna att publicera vad de menar med orden, som den förste författaren använt. Det är samma material, som vi ägnar vår tankemöda åt, vare sig vi använder vanlig text eller matematiskt språk. Valet mellan dem är närmast en fråga om bästa sättet att nå läsekretsen och hur mycket spaltutrymme det får kosta.

En helt annan sak är frågan om modellens tillförlitlighet. Vare sig vi använder vanlig text eller matematiska symboler, så förenklar vi verkligheten grovt. Modellerna har alltid något gemensamt med modellen av en maskin på ett tekniskt museum: i bästa fall kan man sätta modellen i rörelse och få den att imitera en verklig population resp. en verklig maskin i full skala, men detta bevisar inte alltid att modellen säger något väsentligt om verkligheten. Den dansande dockan Coppelia var en grov förfälskning av en levande människa, vilket slutligen smärtsamt avslöjades. Det räcker inte heller med att reproduktion, dödlighet och tillväxt i modellen passar data från en verklig population i det förflutna. Kan man göra lyckade prognoser med hjälp av en modell, så är den mer hoppfull, men även då måste alla enskildheterna stämma överens med det biologiska vetande vi har, och testas på många sätt.

C.S.Holling i Vancouver har beskrivit hur en bönsyrsa bär sig åt för att fånga flugor, på hur långt håll syrsan reagerar, vilken betydelse bytets rörelse har, vad det betyder om syrsan är mätt eller hungrig. Detta har sedan utvecklats vidare till en analys av rovdjurs reaktion på bytesdjur i allmänhet. Han utgår även från flygfoten av renarnas fördelning runt en varg och från bytesfiskens fördelning runt en rovfisk etc. Med hjälp av foton observerades "respektavståndet" från rovdjuret, vilken riktning bytesdjuren cirkulerade för att komma undan och hur de reagerade på en snabb frontalattack. Sedan har han fortsatt med experiment med Stilla-Havs-laxungar i akvarier, som fick reagera på attrapper vilka matades fram i viss hastighet. Rovdjur/bytesdjur-analysen är inte färdig ännu, men den har hjälpt andra forskare att förstå hur bytesdjuren populationer påverkas av rovdjur i naturliga ekosystem, och här är det fråga om den tredje utmaningen, systemanalys.

Enkla eller mer invecklade modeller behöver inte vara självändamål, utan kan vara steg på vägen mot systemanalys. Skall man undersöka hur en hel sjö fungerar och hur den förvandlar solenergi till fiskavkastning eller hur en hjortpopulation kan överleva i en halvöken, tillgriper man numera gärna någon form av systemanalys för att lösa frågan. För varje population kan man uppställa en rad matematiska modeller, varje process kan beskrivas i stil med rovdjur/bytesdjurrelationen. Det behövs inte mycket fantasi för att föreställa sig vilken uppsättning matematiska formler det verkligen skulle behövas för att uttömmande beskriva ens det enklaste system.

Många naturvetare arbetar med att i detalj utreda en enda population och hur den påverkas av ändringar i miljön, men denna typ av vetenskap håller på att bli akterseglad, trots att den arbetar med moderna medel bl a statistik och matematiska modeller. Både vid mötet i Grange och vid Institutet för djurekologi i Vancouver betecknade ledande personer detta "sysslande med enskilda djurbestånd" och deras förändringar som förlegat, motiverat bara av den enskilde forskarens naturvetardrifter. Det är lätt att förstå att anslagsfördelning styrelser kan vara intresserade av "större grepp". En undersökning av balansräkningen för ett helt landskap är mera samhällstillvänt, speciellt om landskapet skall förvandlas (i samhällets eget intresse), eller om det påverkas av gifter och avfallsprodukter. Det världsom-

spännande Internationella Biologiska Programmet, som bland annat visar hur väsentlig den biologiska forskningen är för mänsklighetens välfärd, arbetar med systemanalys av det kanske största biologiska system som undersökts inom ramen för ett projekt.

Systemanalys är ingen radikalt ny vetenskap som på kort tid vuxit fram ur tomma intet. Det är inte bara det att metoden slog igenom i samhällsplanering och i industriella och militära sammanhang innan den togs i bruk i det biologiska arbetet. Det är också så att många undersökningar av plankton, botten djur, fiskföda och vandringer under mer än ett halvt sekel ökat vår kunskap om solenergiens omvandling i fiskkött. Hellsidesdiagram med "rutor och pilar", som illustrerade energiens vägar fram genom ekosystemen, började dyka upp på 1940- och 50-talen och syftade till en förståelse för helhetsbilden i ekosystemet fast analysen och presentationen var en annan än systemanalysens. Matematiska modeller hade då funnits sen seklets början inom fiskeri-biologin. Senare har bl a följande inträffat:

- 1) kunskapen har fördjupats om djurpopulationernas förmåga att påverka varandra (konkurrera i vidaste bemärkelse) och om födans förvandling till växande fisk via fysiologiska processer m m, m m
- 2) mängden biologiska data, som krävs för variansanalys och korrelationsanalys etc, har ökat
- 3) detta har i sin tur krävt ökat samarbete med statistiker och bearbetning med datorer. Systemanalys är i och för sig inte absolut beroende av datorer, men möten som gäller systemanalys inkluderar ofta något arbete eller någon diskussion om hur man skall överföra data i en form som blir lättsmält för datorerna, och här möter vi återigen språkfrågor. En biolog har av ålder måst behärska ett visst mått av matematiskt språk eller tänkande för att kunna diskutera populationer. För behandling av mera invecklade modeller och för en statistisk "finish" av sådana modeller krävs det mera, även om det bara gäller att överantvarda materialet åt andra fackmän. Det kommer att bli ofrånkomligt att många biologer lär sig en del om datorernas chiffrerspråk för att kunna samarbeta med dem som behärskar datateknik.
- 4) Hellsidesdiagrammen med "rutor och pilar", som visar energiens vandring genom ekosystemet får numer ett ändrat innehåll. Den skall i koncis form redogöra för en väv av matematiska funktioner, som sätts samman av enskilda matematiska modeller och som leder över beståndsdynamik och olika ekologiska processer till en helhetsbild. Denna nya vetenskapliga metodik kräver specialstudier och därmed nya termer. Endast de som studerat denna metodik och tillägnat sig dess språk kan i full utsträckning meddela sig med varandra.

Människor har olika läggning, en del biologer har förmågan att göra observationer i naturen och att lättare sätta sig in i och analysera djurens uppförande, medan andra är mera lagda för abstrakta analyser och har lättare för de vetenskapliga språk på olika nivåer, som den biomatematiska forskningen arbetar med. Det vore inte önskvärt om gränserna mellan grupperna blir tydligare än de redan är, men är det inte just det som håller på att hända? Ekologer får olika skolning och kan inte tillgodogöra sig andra ekologers arbete i full utsträckning. Inget under då att systemanalysens värde bedöms mycket olika. Den tredje och sista av Jeffers "utmaningar" har utsikter att bli verkligt splittrande och partiskiljande. Några ytterligare negativa och positiva synpunkter följer.

RISKER VID FORTSATT DIVERGENS I EKOLOGISK FORSKNING

En systemanalys av en biotop eller ett helt landskap kan vara oerhört invecklad men gör inte ändå på långa vägar bruk för allt det biologiska vetande, som finns om alla de ingående delprocesser och alla de berörda djurarternas ekologi. Det vore ingen svårighet att göra en önskelista på matematiska modeller, som skulle bli ohanterlig. Man måste alltså göra många förenklingar, och man måste dessutom slå helt hypotetiska bryggor över klyftor av okunnighet. Förenklingar och hypoteser är knappast naturvetenskapens kardinalgenskaper. Det är lätt att finna biologiska oriktigheter i publicerade systemanalyser. Å andra sidan, varje gång man gör en förenkling i systemanalysen, kan man också försöka beräkna hur mycket ett så och så stort fel i förenklingen medför för slutresultatet. Varför dra in en massa svårhanterliga problem när man har de stora linjerna för ögonen nämligen den ändring i miljön, som följer på någon mänsklig aktivitet, och denna förändrings slutgiltiga effekt på de nyttigheter människan är intresserad av, fiskavkastning eller rekreationsvärden eller vad det kan vara? Även äldre tider har haft sina visionära biologer, som har sett stora sammanhang och därvid givetvis fått arbete med mycket hypoteser i bagaget. I institutet för djurresursekologi i Vancouver finns bl a en stor grupp vetenskapsmän med abstrakt begåvning (samt en större data-anläggning). Denna universitetsinstitution har dragit i gång flera mycket samhälls-tillvända projekt, och deltar bl a i det Internationella Biologiska Programmet (IBP) samt har gjort en utredning av hur de hittills ganska orörda Gulf Islands utanför Vancouver bäst skall utnyttjas. De nedre delarna av floddalarna i British Columbia är mest befolkade och hårt exploaterade av jordbruk, industri m m och planeringen för nedre Fraser Valley runt Vancouver har också utretts med deltagare från institutionen. Målet är en "simulationsmodell" för ömsesidig samverkan mellan människa och miljö, en modell som kan förutsäga effekten av de alternativa politiska beslut, som man vill aktualisera. Föreståndaren för nämnda zoologiska institution deltog även i Brooks-haven Symposium 1969 med en artikel om likheter mellan mekanismerna, som styr markköp, och förhållandet mellan rovdjur och bytesdjur. Artikeln handlar även om möjligheten att få varningssignaler vid för stark befolkningsökning i dagens industrialiserade samhälle.

Lika litet som ytliga likheter mellan en modell och en verklig population utgör något bevis för att modellen säger något väsentligt om verkligheten, lika litet kan man bevisa att en systemanalys, som passar tidigare insamlade data och resulterar i ett "matematiskt supra-maskineri", vilket tycks efterlikna ett ekosystem, verkligen har gett oss någon ökad insikt. Carl Walters och Ian Efford vid samma institution skriver, att en systemanalys (IBP) startades så att ekologerna fick ge impulser och formulera idéerna, som skulle provas, medan experterna på systemanalys fungerade som tekniker, vilka höll det matematiska maskineriet i gott skick. Det färdiga resultatet skall enligt dem också värderas efter möjligheterna att upptäcka nya ingångar för en andra runda med problemet. Det skall också framgå om problemet blivit tillräckligt teoretiskt genomlyst - en attityd som bör öppna dörren för samarbete med mer kritiska bedömare av systemanalys.

Systemanalysen kommer säkert också att ge nya vinklar på biologiska problem, synpunkter som kanske aldrig upptäckts om inte denna nya vetenskapliga metodik hade tillämpats. Något försvar för denna redan

etablerade forskningsgren är inte aktuellt här. Författaren har endast velat sammanställa några attityder inom och utom systemanalytikernas krets, varvid exempel har tagits från en zoologisk institution, som helt och fullt satsar på denna nya gren. Att attityderna är kontroversitella är varken förvånande eller egentligen oroande. Det finns dock ett oroande drag i reaktionen på den serie av utmaningar som Jeffers beskrev, en tydlig tendens i denna halvsekellånga utveckling från biologisk statistik över matematiska modeller till systemanalys: det intellektuella arbetsfältet ökar på ett sådant sätt att biologer med olika läggning fjärras allt mer från varandra. Får vi i framtiden en biologisk hierarki med fältekologer-materialinsamlare, som lämnar över sitt material till abstrakta teoretiker utan att tillfälle ges till verklig kommunikation mellan grupperna, då har vi verkligen förlorat något mycket värdefullt i biologisk forskning. Det krävs i stället ett samarbete mellan olika grupper av biologer, alla lika nödvändiga och alla lika engagerade i slutresultatet men med olika skolning. Till en del består problemet i en språkförbistring, som skulle kunna lösas genom utbildning, men därtill krävs en sorts ömsesidig anpassning under aktivt samarbete i projekt där alla parter känner att man får erkänsla för och utbyte av de speciella kvalifikationer man representerar.

SUMMARY: TRENDS IN BIOMATHEMATICS

This mimeo contains some viewpoints on the future development of ecological research, starting from models and system analysis presented at a meeting in Grange 1971 and research in this field carried out in University of B.C., Canada.