
Kaotisk dynamikk

BOKOVERSIKT

Kaos omfatter forskjellige typer uforutsigbare utviklingsmønstre som følger av deterministiske regler, vanligvis formulert som differensiallikninger. Kaos relatert til tid kalles kaotiske dynamiske systemer. Slike systemer kan beskrives geometrisk i et såkalt faserom (på engelsk: phase space), som kan ha mange dimensjoner.

Systemets numeriske verdier projiseres gjerne som en graf i et todimensjonalt aksediagram. Hvis det ikke er støy man studerer, kan man få opptegnet orbitale kurver eller kretsløp som ikke er periodiske, men heller ikke tilfeldige. Avgrensningen av slike grafer kalles en attraktor, som samtidig er navnet på en forbudt region med en grense som systemet ikke overskrider. Attraktoren er ofte en fraktal. To kretsløp som på et tidspunkt så vidt avviker fra hverandre, vil med tid kunne avvike mer og mer. I hvilken grad dette skjer, uttrykkes matematisk med den såkalte Lyapunov-eksponenten. Det finnes én slik eksponent for hver dimensjon systemet har. Når man tar for seg en seksjon av en slik graf, så likner den et knippe med kurver. Men hvis en av disse forstørres, vil man finne enda et sett med liknende kurver, som igjen kan forstørres og avsløre et nytt sett ad infinitum. Strukturen viser egenlikhet (selfsimilarity) i den retning fasevolumet avtar. Det geometriske bilde av kaos karakteriseres ved hjelp av såkalt fraktale dimensjoner som oftest vil være desimaltall. Selv den minste forskjell i systemers startbetingelser kan bli forstørret til store og tilsynelatende uforklarlige forskjeller senere. I noen regioner i et plottet kaotisk system kan det på overraskende vis oppstå velordnede mønstre.

Hvor vanlig er kaotiske systemer i den virkelige verden? Forfatterne av denne ikke helt enkle bok mener slike systemer er vanlige, ikke minst innen biologi og økologi. Deres spesielle interessefelt er spatiotemporal kaos, som går ut på å analysere systemer som er regionalt utbredt, i stedet for rene tidsserier. I biologien kan dette svare til et topografisk kart med celler som er forbundet med hverandre (coupled map lattice model), som i et nevronalt nettverk. Den numeriske verdi for hver celle kalkuleres ved hjelp av iterasjoner som både påvirkes av den foregående verdi og de forutgående verdier hos nabocellene. I et slikt kart kan det oppstå mange komplekse fenomener. Avhengig av koblingsstyrke og koblingsregler kan man finne regioner der frekvens, amplitude og faseforskjeller er låst fast i korte eller lange intervaller, for så å bli borte. Innen bestemte parameterområder kan man se periodiske svingninger, bifurkasjoner og kaos. En distinkt oppførsel som tilsynelatende uten grunn kommer og går, kalles på engelsk emergent behaviour fordi fenomenet ikke er programmert inn i likningene.

De to forfatterne beskriver flere ulike matematiske modeller, men har også gjort biologiske registreringer av f.eks. kapillærpuls og EKG. Kapillærpulsen vitner om aktiviteten i det autonome nervesystem. Verdiene er plottet i fasediagrammer, og Lyapunov-eksponenter beregnet. Hos friske personer finner forfatterne kaotisk dynamikk. Dette er et sunnhetstegn fordi en slik dynamikk er mer robust enn lineære systemer vil være. Med økende alder blir den kaotiske komponent mindre. En monoton regularitet varsler død. Grafene er forbløffende godt reproduserbare, og de forandringene som induseres ved sykdommer som f.eks. migreanfall og etter hodetraumer, er tydelige. For psykiatere vil det kanskje være av interesse at man her kan ha fått et objektivt mål for sykdomsutvikling og virkninger av behandlingstiltak. Andre eksempler på kaotisk dynamikk har forfatterne funnet innen cellebiologien og nevrobiologi. De diskuterer også betydningen av kaos for informasjonsoverføring, mental bildedanning og hukommelse.

Det er et viktig trekk ved kaotiske systemer at de fungerer så godt uten å være stabile. Det kan henge sammen med at slike systemer kan kontrolleres raskere og mer nøyaktig enn de lineære. Det er tilstrekkelig med en liten endring i korreksjonssignalet for å oppnå en ønsket endring. Samtidig kan store og uønskede eksterne påvirkninger vise seg knapt å ha noen effekt i det hele tatt.

Boken er skrevet i en fortettet stil. Her er ikke mange overflødige ord. Forfatterne er matematikere, og vil vel nødvendigvis virke banale overfor andre matematikere. For oss med en biologisk/medisinsk bakgrunn i et land der realfag står svakt, er en slik innstilling ikke bare av det gode. Jeg vil konkludere med å si at dette er en innholdsrik bok med en god del vanskelig matematikk, men også med mange nye og fascinerende tanker med medisinsk relevans.

AntonHauge

Fysiologisk institutt

Universitetet i Oslo

Publisert: 30. april 2002. Tidsskr Nor Legeforen.

© Tidsskrift for Den norske legeforening 2026. Lastet ned fra tidsskriftet.no 21. juli 2026.